



Manual de fuerza/par (F/T)

Introducción

Este manual es una recopilación de varias secciones modulares de un sistema de sensores de F/T. Las secciones modulares del manual siguen el orden siguiente y proporcionan la siguiente información:

A. Introducción

Esta sección incluye la información de contacto para ponerse en contacto con un representante de ATI, las directrices generales de seguridad y los términos y condiciones de venta. El número de documento de ATI correspondiente a esta sección del manual modular es: 9620-05-A-Introducción.

B. Sensor

Esta sección contiene información sobre el cuerpo mecánico del sensor.

El contenido incluye una descripción general del producto, instrucciones de instalación, información sobre el funcionamiento,

, directrices para la resolución de problemas y especificaciones.

El número de documento ATI correspondiente a esta sección del manual modular es: 9620-05-B-XX (XX = nombre del modelo del sensor).

C. Versión de la interfaz de comunicación

Esta sección contiene información sobre las características eléctricas y de software de una versión específica de la interfaz de comunicación. Algunos ejemplos de versiones de interfaz de comunicación son EtherCAT, Ethernet y RS422. Esta sección también incluye información sobre el cableado.

El número de documento ATI de esta sección del manual modular es: 9620-05-C-XX (XX = versión de la interfaz de comunicación).

D. Aplicación personalizada

Esta sección contiene información adicional necesaria para que el sistema de sensores funcione en una aplicación personalizada. El número de documento de ATI para esta sección del manual modular es: 9620-05-D-XX (XX = aplicación personalizada).

Productos de ingeniería para la productividad robótica

Pinnacle Park • 1034 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 EE. UU. • Tel.: +1 919 772 0115 • www.ati.novanta.com

A. Introducción

Póngase en contacto con ATI Industrial Automation si tiene alguna pregunta sobre un modelo concreto.



ADVERTENCIA: Utilice los productos de ATI únicamente para las aplicaciones aprobadas por el fabricante. El uso de los productos de ATI en aplicaciones distintas a las previstas por el fabricante podría provocar daños en los equipos y lesiones al personal.



PRECAUCIÓN: Este manual describe el funcionamiento, la aplicación y las consideraciones de seguridad de este producto. Es imprescindible leer y comprender este manual antes de intentar instalar o poner en funcionamiento el producto; de lo contrario,

La información contenida en este documento es propiedad de ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) y no podrá reproducirse, ni en su totalidad ni en parte, sin la autorización previa por escrito de ATI. La información aquí contenida está sujeta a cambios sin previo aviso. Este manual se revisa periódicamente para reflejar e incorporar los cambios realizados en el producto.

La información aquí contenida es confidencial y está reservada exclusivamente a los clientes y agentes autorizados de ATI Industrial Automation, y no podrá divulgarse a terceros sin el consentimiento previo por escrito de ATI. No se ofrece garantía alguna, incluidas las garantías implícitas, en relación con la exactitud de este documento o la idoneidad de este dispositivo para una aplicación concreta. ATI Industrial Automation no se hace responsable de los errores que pueda contener este documento ni de los daños incidentales o consecuentes que estos puedan ocasionar. ATI Industrial Automation se reserva asimismo el derecho a realizar modificaciones en este manual en cualquier momento y sin previo aviso.

ATI no asume ninguna responsabilidad por los errores u omisiones que pueda contener este documento. Copyright© (2022) por ATI Industrial Automation. Todos

Nota:

Lea el manual antes de llamar al servicio de atención al cliente y tenga a mano la siguiente información:

1. Número de serie, por ejemplo: FT01234
2. Modelo, por ejemplo: Axial30-M125
3. Calibración, por ejemplo: SI-800-50 o SI-2000-125
4. Descripción precisa y completa de la pregunta o la duda
5. Información sobre el ordenador y el software, por ejemplo: sistema operativo, tipo de PC, controladores y aplicaciones

Si es posible, manténgase cerca del sistema F/T cuando llame.

los derechos reservados.

Si lo necesita, póngase en contacto con un representante de ATI para obtener ayuda:

Ventas, servicio técnico e información sobre los productos de ATI:

ATI Industrial

Automation, 1031

Goodworth Drive, Apex, NC

27539, EE. UU.

www.ati-ia.com

Tel.: +1 919 772 0115

Fax: +1.919.772.8259

Ingeniería de aplicaciones

Tel.: +1 919 772 0115, extensión 511

Fax: +1 919 772 8259

Correo electrónico: ft.support@novanta.com

1. Seguridad

La sección de seguridad describe las directrices generales de seguridad que deben seguirse con este producto, explicaciones de las notificaciones que figuran en este manual y las precauciones de seguridad aplicables al producto. Las notificaciones específicas del producto se incluyen en las secciones correspondientes de este manual (cuando proceda).

1.1 Explicación de las notificaciones

Estas advertencias se utilizan en todos los manuales de ATI y no son específicas de este producto. El usuario debe tener en cuenta todas las advertencias del fabricante del robot y/o de los fabricantes de otros componentes utilizados en la instalación.



PELIGRO: Aviso que contiene información o instrucciones cuyo incumplimiento provocará la muerte o lesiones graves. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar la situación.



ADVERTENCIA: Notificación de información o instrucciones que, de no respetarse, podrían provocar la muerte o lesiones graves. La notificación proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar



PRECAUCIÓN: Aviso con información o instrucciones cuyo incumplimiento podría provocar lesiones moderadas o causar daños al equipo. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar la situación.

AVISO: Notificación de información o instrucciones específicas sobre el mantenimiento, el funcionamiento, la instalación o la puesta en marcha del producto que, de no respetarse, podrían provocar daños en el equipo. La notificación puede hacer hincapié, entre otros aspectos, en: tipos específicos de grasa, mejores prácticas de funcionamiento y consejos de

1.2 Pautas generales de seguridad

El cliente debe comprobar que el sensor seleccionado esté homologado para las cargas y pares máximos previstos durante el funcionamiento. Dado que las fuerzas estáticas son menores que las fuerzas dinámicas derivadas de la aceleración o la desaceleración del robot, hay que tener en cuenta las cargas dinámicas provocadas por el robot.

2. Términos y condiciones de venta

Los siguientes Términos y Condiciones constituyen un complemento de los Términos y , que se encuentran archivados en ATI y están disponibles previa solicitud.

ATI garantiza al comprador que los productos de cambio automático de herramientas robóticas adquiridos en virtud del presente contrato estarán libres de defectos de material y mano de obra en condiciones de uso normal durante un periodo de tres (3) años a partir de la fecha de envío. El periodo de garantía para las reparaciones realizadas en virtud de una autorización de devolución de mercancía (RMA) será el mismo que el de la garantía original o de noventa (90) días a partir de la fecha de envío del producto reparado, el que sea más largo.

ATI no asumirá responsabilidad alguna en virtud de la presente garantía a menos que: (a) se notifique por escrito a ATI el defecto reclamado y se facilite una descripción del mismo en un plazo de treinta (30) días a partir de la fecha en que el comprador descubra el defecto y, en cualquier caso, a más tardar el último día del periodo de garantía; y (b) ATI reciba el artículo defectuoso a más tardar diez (10) días después del último día del periodo de garantía. La responsabilidad total de ATI y la única compensación a la que tiene derecho el Comprador en virtud de la presente garantía se limitan a la reparación o sustitución, a elección de ATI, de la pieza o artículo defectuoso o, a elección de ATI, al reembolso del precio pagado por el artículo. La garantía anterior no se aplica a ningún defecto o avería que resulte de una instalación, funcionamiento, mantenimiento o reparación inadecuados realizados por cualquier persona que no sea ATI.

ATI no será responsable en ningún caso de daños incidentales, consecuentes o especiales de ningún tipo, incluso si se le ha advertido de la posibilidad de que se produzcan dichos daños. La responsabilidad total de ATI no superará en ningún caso el importe pagado por el comprador por el artículo objeto de la reclamación o la controversia. ATI no asumirá responsabilidad alguna por el fallo de cualquier equipo u otros artículos no suministrados por ATI.

No podrá interponerse ninguna acción contra ATI, independientemente de su forma, que se derive o esté relacionada de cualquier modo con los productos o servicios suministrados en virtud del presente documento, una vez transcurrido un (1) año desde que se produjo la causa de la acción.

ATI no autoriza ninguna declaración ni acuerdo que modifique o amplíe las disposiciones sobre garantía y limitación de recursos contenidas en el presente documento, y no se podrá considerar que han sido autorizados por ATI a menos que se hagan por escrito y estén firmados por un directivo de ATI.

Salvo que ATI acuerde lo contrario por escrito, todos los diseños, planos, datos, invenciones, software y demás tecnología creados o desarrollados por ATI en el marco de la prestación de los productos y servicios contemplados en el presente contrato, así como todos los derechos sobre los mismos en virtud de cualquier patente, derecho de autor u otra ley que proteja la propiedad intelectual, serán y seguirán siendo propiedad de ATI. La venta de productos o servicios en virtud del presente contrato no confiere ninguna licencia, ni expresa ni implícita, en virtud de ninguna patente, derecho de autor u otro derecho de propiedad intelectual que sea propiedad de ATI o esté bajo su control, ya sea en relación con los productos vendidos o con cualquier otro asunto, salvo la licencia que se concede expresamente a continuación.

En el marco del suministro de productos y servicios previsto en el presente contrato, ATI podrá facilitar o revelar al Comprador información confidencial y de propiedad exclusiva de ATI relativa al diseño, el funcionamiento u otros aspectos de los productos de ATI. En lo que respecta a la relación entre ATI y el Comprador, la titularidad de dicha información —incluido, entre otros, cualquier programa informático facilitado al Comprador por ATI— seguirá perteneciendo a ATI, y dicha información se cede bajo licencia al Comprador únicamente para que este la utilice en el funcionamiento de los productos suministrados por ATI en virtud del presente contrato, en el marco de las operaciones comerciales internas del Comprador.

Sin la autorización previa por escrito de ATI, el Comprador no utilizará dicha información para ningún otro fin ni la facilitará ni pondrá a disposición de terceros de ningún otro modo. El Comprador se compromete a tomar todas las precauciones razonables para evitar cualquier uso o divulgación no autorizados de dicha información.

El Comprador no será responsable, en virtud del presente contrato, de la divulgación o el uso de información que: (a) sea de dominio público en el momento de su recepción de ATI; (b) se publique posteriormente o pase a ser de dominio público por cualquier otro motivo sin culpa del Comprador; (c) esté en poder del Comprador antes de su recepción de ATI; (d) haya sido obtenida legalmente por el Comprador de un tercero con derecho a revelarla; o (f) deba ser revelada por orden judicial u otra autoridad gubernamental, siempre que, con respecto a dichas revelaciones obligatorias, el Comprador lo notifique previamente a ATI y utilice todos los medios legalmente disponibles para mantener la confidencialidad de dicha información.



Sano74

Manual del sensor F/T



N.º de documento: 9620-05-B-Sano74

Productos de ingeniería para la productividad robótica

Pinnacle Park • 1031 Goodworth Drive • Apex, NC 27539 • Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Prólogo

La información contenida en este documento es propiedad de ATI Industrial Automation, Inc. y no podrá reproducirse, ni en su totalidad ni en parte, sin la autorización previa por escrito de ATI Industrial Automation, Inc. La información aquí contenida está sujeta a cambios sin previo aviso y no debe interpretarse como un compromiso por parte de ATI Industrial Automation, Inc. Este manual se revisa periódicamente para reflejar e incorporar los cambios realizados en el sistema F/T.

ATI Industrial Automation, Inc. no asume ninguna responsabilidad por los errores u omisiones que pueda contener este documento.

Copyright © (2023) por ATI Industrial Automation, Inc., Apex, Carolina del Norte, EE. UU. Todos los derechos reservados. Publicado en EE. UU.

Los sistemas de detección F/T de ATI se consideran componentes o productos semiacabados destinados a su uso en sistemas, dispositivos o productos acabados de mayor tamaño.

Teniendo en cuenta que los productos de ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) están destinados a su uso con máquinas robóticas y/o automatizadas, ATI no recomienda el uso de sus productos en aplicaciones en las que el fallo o el mal funcionamiento de un componente o sistema de ATI ponga en peligro la vida o aumente el riesgo de lesiones. Cualquier persona que utilice o incorpore componentes de ATI en cualquier sistema que pueda suponer un riesgo para la vida deberá obtener el consentimiento previo de ATI, tras garantizar a esta que un mal funcionamiento de los componentes de ATI no supone una amenaza directa o indirecta de lesiones o muerte, y (incluso si se concede dicho consentimiento) deberá eximir a ATI de cualquier reclamación, pérdida, responsabilidad y gastos relacionados que se deriven de cualquier lesión o muerte resultante del uso de los componentes de ATI.

Todas las marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios.

Nota:

Lea el manual antes de llamar al servicio de atención al cliente y tenga a mano la siguiente información:

1. Número de serie, por ejemplo: FT01234.
2. Modelo del sensor, por ejemplo: Sano74.
3. Calibración, por ejemplo: SI-130-10.
4. Descripción precisa y completa de la pregunta o el problema.
5. Información sobre el ordenador y el software (sistema operativo, tipo de PC, controladores, y cualquier otro dato relevante sobre la configuración de la aplicación).

Si es posible, mantente cerca del sistema F/T cuando llames.

Si lo necesita, póngase en contacto con un representante de ATI para obtener ayuda:

Ventas, servicio técnico e información sobre los productos de ATI:

ATI Industrial Automation, una empresa de Novanta

1031 Goodworth Drive,

Apex, NC 27539, EE. UU.

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingeniería de aplicaciones

Correo electrónico: ft.support@novanta.com

Asistencia 24 horas al día, 7 días a la semana: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Índice

Glosario	B-4
1. Seguridad.....	B-6
1.1 Explicación de las notificaciones	B-6
1.2 Pautas generales de seguridad	B-6
1.3 Seguridad Precauciones	B-7
2. Descripción general del producto	B-8
3. Instalación	B-9
3.1 Interfaz Placas	B-10
3.2 Instalación del sensor	B-11
3.3 Comprobación de la precisión F/T	B-14
3.4 Comprobación de la precisión de la IMU	B-15
3.5 Procedimiento de calibración dinámica de la IMU	B-15
3.5.1 Calibración dinámica del acelerómetro.....	B-15
3.5.2 Calibración dinámica del giroscopio.....	B-16
3.5.3 Guardar una calibración	B-16
3.6 Detección de cambios en la sensibilidad	B-17
4. Funcionamiento	B-18
4.1 Entorno del sensor	B-18
4.2 Polarización	B-18
4.3 Condiciones de monitorización	B-18
4.4 Comportamiento del LED « »	B-18
5. Mantenimiento.....	B-19
5.1 Inspección periódica	B-19
5.2 Calibración periódica de los rangos de detección F/T.....	B-19
6. Solución de problemas.....	B-20
6.1 Guía básica para la resolución de problemas	B-21
7. Especificaciones	B-24
8. Planos	B-24

Glosario

Término	Definición
Acelerómetro	Dispositivo integrado en los sensores Sano de ATI que mide la aceleración. Los sensores Sano de ATI utilizan un acelerómetro de sistema microelectromecánico (MEMS).
Polarización	El sesgo resulta útil para eliminar los efectos de la gravedad (peso de la herramienta) u otras fuerzas que actúan sobre el sensor. Cuando se utiliza la función de sesgo, el software recopila datos sobre las fuerzas y los pares que actúan en ese momento sobre el sensor y utiliza estas lecturas como referencia para futuras lecturas. A las futuras lecturas se les restará esta referencia antes de que se transmitan. El sesgo también puede denominarse «puesta a cero» o «tara» del sensor.
Calibración	Define un rango específico de medición o detección para un sensor determinado. La calibración es también el proceso de medir la respuesta bruta de un transductor ante las cargas y de generar los datos que se utilizan para convertir dicha respuesta en fuerzas y pares.
Carga compleja	Cualquier carga que no se aplique exclusivamente en un solo eje.
Versiones de la interfaz de comunicación	El estándar de software que utiliza el dispositivo del cliente para aplicar funciones al sensor y para que este transmita datos; por ejemplo: EtherCAT, RS422 y Ethernet.
Sistema de coordenadas	Véase «Origen del sistema de coordenadas de detección».
Método del cubo	Método de calibración dinámica del acelerómetro en el que el usuario final orienta un dispositivo en entre cuatro y seis posiciones distintas y lo mantiene en cada posición durante al menos un segundo.
Velocidad de transmisión	Velocidad a la que se pueden transmitir datos a través de una red.
Fuerza	Una fuerza es una acción de empuje o tracción sobre un objeto provocada por la interacción con otro objeto. Fuerza = masa × aceleración.
FS	«Full-Scale» (escala completa) se refiere a los límites de un rango de calibración o de detección determinado.
F/T	Fuerza/Par.
F_{xy}	Vector de fuerza resultante compuesto por las componentes F_x y F_y .
g	La fuerza G, o equivalente a la fuerza gravitatoria, es una fuerza específica de la masa expresada en unidades de gravedad estándar.
Giroscopio	Dispositivo integrado en los sensores Sano de ATI que mide la orientación y la velocidad angular. Los sensores Sano de ATI utilizan un giroscopio de sistema microelectromecánico (MEMS).
Histéresis	Una fuente de error de medición provocada por los efectos residuales de las aplicadas.
Placa de interfaz	Placa independiente que permite fijar el sensor a otra superficie. Las placas de interfaz se utilizan a menudo cuando la disposición de los pernos del sensor no coincide con la del brazo robótico o con la de las herramientas del cliente. La placa de interfaz cuenta con dos disposiciones de pernos, una a cada lado de la placa. Un lado es para el sensor. El otro lado es para el brazo robótico o las herramientas del cliente.
IMU	La unidad de medición inercial (IMU) es un dispositivo que detecta la aceleración y la velocidad angular (datos giroscópicos).
Índice de protección contra la entrada de partículas (IP2X)	El sensor tiene una clasificación IP2X, que impide que objetos extraños de un tamaño inferior a 0,49 pulgadas o 12,5 mm de entrar en el dispositivo. El usuario final debe proteger el sensor contra la entrada de agua u otros líquidos.

Dispositivo maestro	Un dispositivo aportado por el cliente, como un ordenador personal, un robot o un controlador lógico programable (PLC), que sea compatible con una interfaz de comunicación específica.
---------------------	---

Término	Definición
Incertidumbre de medición	Conocida comúnmente como «precisión», la «incertidumbre de medición» es el error en el peor de los casos entre el valor medido y la carga real. La incertidumbre de medición se especifica como un porcentaje del rango de medición a fondo de escala para un modelo de sensor y un rango de calibración determinados. Este valor tiene en cuenta múltiples fuentes de error. El certificado de calibración del sensor indica el porcentaje de incertidumbre de medición. Para obtener más información, consulte <i>la sección 2.2: «Incertidumbre de medición»</i> en el documento de preguntas frecuentes (FAQ) disponible en: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf .
Acoplamiento mecánico	Cuando un objeto externo, como una herramienta del cliente o un elemento auxiliar, entra en contacto con la superficie del sensor entre el lado de montaje y el lado de la herramienta.
N/A	No aplicable
Sobrecarga	Condición en la que se aplica al transductor una carga superior a la que este puede medir. Esto provocará la saturación.
N.º de pieza	Número de pieza
Ciclo de encendido	Cuando un usuario desconecta y vuelve a conectar la alimentación de un dispositivo.
Resolución	El cambio más pequeño en la carga que se puede medir. La resolución suele ser mucho menor que la precisión.
Frecuencia de muestreo	La rapidez con la que el convertidor analógico-digital (ADC) convierte los datos analógicos del medidor en muestras digitales.
Saturación	Condición en la que el transductor o el hardware de adquisición de datos recibe una carga o señal fuera de su rango de detección.
Origen del marco de referencia de detección	El punto del sensor desde el que se miden todos los datos del F/T y de la IMU.
Sensor	Componente que convierte una carga detectada en señales eléctricas.
Sistema de sensores (o configuración)	El conjunto completo, compuesto por el cuerpo del sensor y una interfaz del sistema que convierte las señales de fuerza y par en una interfaz o protocolo de comunicación específico.
Placa adaptadora de herramientas (o TAP)	El componente superficial que fija la herramienta del cliente al lado de la herramienta (lado de detección) del sensor.
Par	La aplicación de una fuerza a través de una palanca o brazo de momento que provoca que algo tienda a girar. Por ejemplo, un usuario aplica par a un tornillo para hacer que gire. Par = fuerza × longitud del brazo de momento.
T _{xy}	El vector de par resultante compuesto por los componentes T _x y T _y .

1. Seguridad

La sección de seguridad describe las directrices generales de seguridad que deben seguirse con este producto, explicaciones sobre las indicaciones que figuran en este manual y las precauciones de seguridad aplicables al producto. Las indicaciones específicas del producto se incluyen en las distintas secciones de este manual (cuando proceda).

1.1 Explicación de las advertencias

Estas indicaciones se utilizan en todos los manuales de ATI y no son específicas de este producto. El usuario debe tener en cuenta todas las indicaciones del fabricante del robot y/o de los fabricantes de otros componentes utilizados en la instalación.



PELIGRO: Aviso que contiene información o instrucciones cuyo incumplimiento provocará la muerte o lesiones graves. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar la situación.



ADVERTENCIA: Aviso sobre información o instrucciones cuyo incumplimiento podría provocar la muerte o lesiones graves. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar



PRECAUCIÓN: Aviso con información o instrucciones que, de no respetarse, podrían provocar lesiones moderadas o causar daños al equipo. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar la situación.

AVISO: Notificación de información o instrucciones específicas sobre el mantenimiento, el funcionamiento, la instalación o la puesta en marcha del producto que, de no respetarse, podrían provocar daños en el equipo. La notificación puede hacer hincapié, entre otros aspectos, en: tipos específicos de grasa, mejores prácticas de funcionamiento y consejos de

1.2 Pautas generales de seguridad

El cliente debe comprobar que el sensor esté homologado para la carga y el par máximos previstos durante el funcionamiento. Dado que las fuerzas estáticas son menores que las fuerzas dinámicas derivadas de la aceleración o la desaceleración del robot, hay que tener en cuenta las cargas dinámicas provocadas por el robot.

1.3 Precauciones de seguridad



PRECAUCIÓN: La modificación o el desmontaje del sensor podrían provocar daños y anular la garantía. Utilice los patrones de tornillos proporcionados en los lados de montaje y de la herramienta del sensor para instalar el sensor en el robot y el utillaje del cliente en el sensor. Para obtener más información, consulte los planos del



PRECAUCIÓN: Introducir objetos en las aberturas del sensor provoca daños en el equipo. Evite introducir objetos en las aberturas del sensor.



PRECAUCIÓN: No sobrecargue el sensor. Superar los valores de sobrecarga en un solo eje del sensor provoca daños irreparables.



PRECAUCIÓN: El sensor debe protegerse de impactos y cargas de choque que superen los rangos nominales durante el transporte, ya que los impactos pueden afectar al rendimiento del sensor. Consulte [la sección 7 — Especificaciones](#) para obtener más información sobre los rangos nominales.

2. Descripción general del producto

El sensor de fuerza/par (F/T) Sano74 está diseñado para su uso en robótica quirúrgica y es ideal para aplicaciones ortopédicas, como la navegación robótica guiada manualmente y el corte o taladrado controlados por fuerza. El Sano74 mide seis componentes de fuerza y par ($F_x \setminus F_y \setminus F_z \setminus T_x \setminus T_y \setminus T_z$). Una unidad de medición inercial (IMU) integrada proporciona mediciones triaxiales de aceleración y velocidad angular. El sensor transmite estos datos a un dispositivo, como un ordenador personal, un robot o un PLC. Para obtener más información sobre la interfaz de comunicación, consulte el manual correspondiente en [la Tabla 2.1](#). Para conocer las especificaciones del producto, consulte [la Sección 7: Especificaciones](#).

La placa adaptadora de montaje del sensor (MAP) se fija a un soporte rígido o a un robot. La placa adaptadora de herramienta (TAP) se fija al utillaje del cliente. Para conocer los patrones de atornillado y las dimensiones específicas de la MAP y la TAP, consulte [la sección 8: «Planos»](#). Si el sensor no tiene el mismo patrón de atornillado que los lados de montaje o de herramienta, consulte [la sección 3.1: «Placas de interfaz»](#).

Antes de la instalación, los usuarios finales deben retirar la placa de cubierta, que protege la instrumentación interna durante el almacenamiento y el transporte. Los clientes deben suministrar y conectar los cables a los conectores de la placa principal del sensor. Una ranura situada en el lateral de la carcasa permite ver los LED de comunicación y de estado de la placa principal. En el centro del sensor hay un orificio de 20 mm para pasar los cables y facilitar la integración. Para obtener más información sobre las conexiones y los LED, consulte el manual correspondiente de [la Tabla 2.1](#).

Figura 2.1: Sensor Sano74 F/T

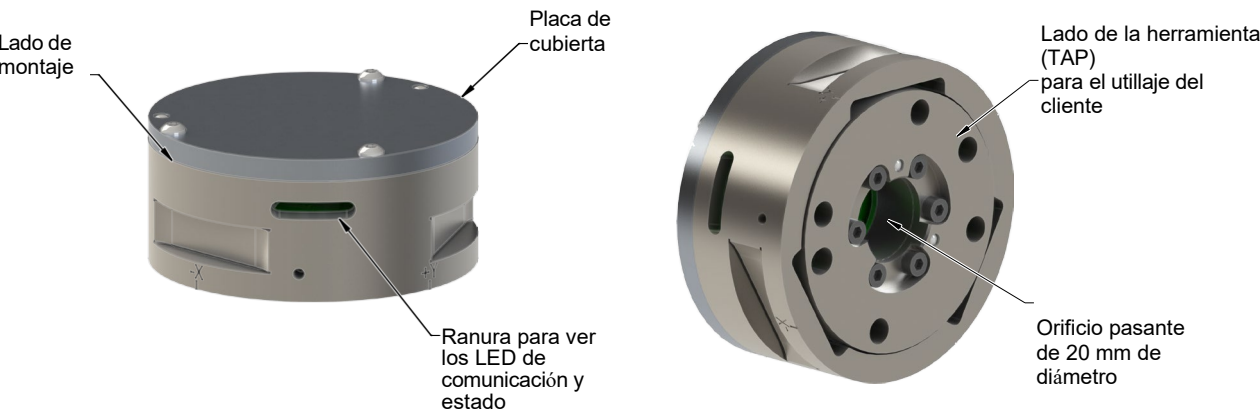


Tabla 2.1 — Manuales de comunicación de Sano		
Modelo del sensor N.º de pieza	Tipo de comunicación	Manual de ATI
9105-ECAT3-SANO74-M12	EtherCAT	9620-05-C-EtherCAT3 Sano

3. Instalación



ADVERTENCIA: Realizar tareas de mantenimiento o reparación en el sensor mientras los circuitos (por ejemplo: alimentación eléctrica, agua y aire) estén bajo tensión podría provocar la muerte o lesiones graves. Descargue y compruebe que todos los circuitos bajo tensión estén desactivados de acuerdo con las prácticas y políticas de seguridad del cliente.



PRECAUCIÓN: Proporcione una protección suficiente contra sobretensiones para evitar daños en el sensor. El cliente no debe exponer el sensor a tensiones ESD fuera del rango de ± 8 kV.



PRECAUCIÓN: Para evitar interferencias eléctricas con aplicaciones cercanas, minimice la entre el sensor y el sistema central donde se realiza el filtrado de compatibilidad electromagnética (EMC).



PRECAUCIÓN: Evite que el sensor sufra daños por descargas electrostáticas. Asegúrese de seguir los procedimientos de puesta a tierra adecuados al manipular el sensor o los cables conectados al mismo. El incumplimiento de los procedimientos de puesta a tierra adecuados



PRECAUCIÓN: La modificación o el desmontaje del sensor podrían causar daños y anular la garantía. Utilice la plantilla de pernos de montaje suministrada y la plantilla de pernos de montaje lateral de la herramienta proporcionada para montar el sensor en el robot y el utillaje del cliente en el sensor (consulte el [plano del cliente](#)).

3.1 Placas de interfaz

La parte de montaje del sensor se fija a una superficie, como el brazo del robot, y la placa adaptadora de herramientas (TAP) del sensor se acopla a las herramientas del cliente. Si el usuario final decide suministrar sus propias placas de interfaz, debe consultar las siguientes directrices de diseño y el plano Sano74 (véase [la sección 8: Planos](#)).



PRECAUCIÓN: Una instalación incorrecta de las placas de interfaz puede impedir que el sensor F/T funcione correctamente.



PRECAUCIÓN: La herramienta del cliente solo debe entrar en contacto con la placa de interfaz de la herramienta. Si la herramienta del cliente entra en contacto con cualquier otra parte del sensor, este no detectará correctamente las cargas.

Si el usuario final decide diseñar y fabricar una placa de interfaz, debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- La placa de interfaz debe incluir orificios para pernos destinados a la fijación, así como un pasador de centrado y un saliente para un posicionamiento preciso respecto al robot.
- El grosor de la placa de interfaz debe proporcionar un acoplamiento roscado suficiente para los elementos de fijación.
- Los elementos de fijación no deben interferir con los componentes electrónicos internos del sensor. En cuanto a la rosca
Para obtener información sobre la profundidad, los patrones de montaje y otros detalles, consulte [la sección 8: Planos](#)
- No utilice pasadores de fijación que superen los requisitos de longitud y que impidan que la placa de interfaz encaje a ras con el robot. Los elementos de fijación que superen los requisitos de longitud crean un hueco entre las superficies de contacto y provocan daños.
- La placa de interfaz debe ser tan resistente como el sensor, o más, para que los valores máximos de fuerza y par aplicados al sensor no la deformen. Para conocer estos valores de fuerza y par, consulte [la Sección 7: Especificaciones](#).
- La placa de interfaz debe proporcionar una superficie de montaje plana y paralela para el sensor.

3.2 Instalación del sensor

Materiales necesarios:

- Trapo limpio
- Fijador de roscas Loctite 222®
- Fijador de roscas Loctite 242®
- Loctite 7649® o fijador de roscas/imprimación equivalente
- Llave dinamométrica

Piezas

necesarias:

- (8) Tornillos de montaje, del sensor al robot:
 - Sano74-M12: M3
- (4) Tornillos de montaje, del sensor al utillaje
 - Sano74-M12: M6
- (Opcional) Cable plano flexible de 8 pines. Véase [la tabla 3.1](#).
- (Opcional) Cable plano flexible de 6 pines. Véase [la tabla 3.1](#).
- (Opcional) Cable con conector SM de 8 pines. Véase [la tabla 3.1](#).

Herramientas

necesarias:

- Llaves hexagonales.
 - Sano74-M12: llaves hexagonales de 2 mm, 2,5 mm y 5 mm
- Llave dinamométrica



PRECAUCIÓN: No aplique una fuerza excesiva al sensor y al conector durante la instalación, ya que podrían producirse daños.



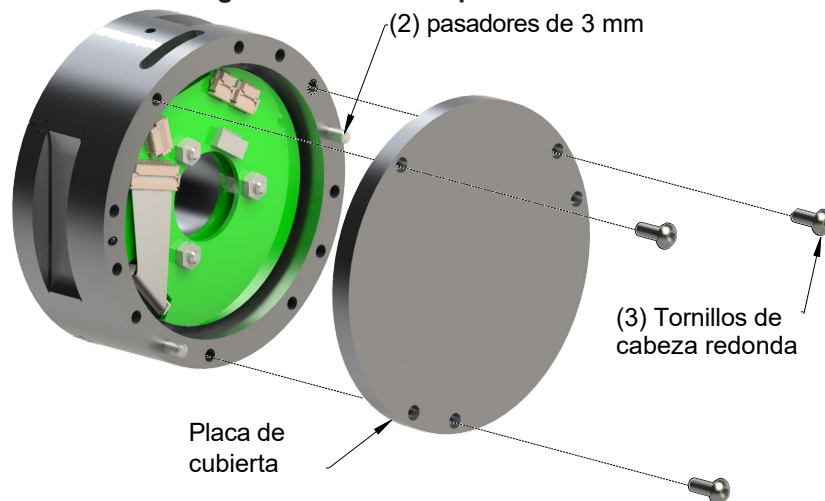
PRECAUCIÓN: El uso de elementos de fijación que superen la profundidad de interfaz del cliente provoca que estos penetren en el cuerpo del sensor, dañen los componentes electrónicos y anulen la garantía.



PRECAUCIÓN: El fijador de roscas aplicado a los elementos de fijación no debe utilizarse más de una vez. Los elementos de fijación podrían aflojarse y provocar daños en el equipo. Aplique siempre fijador de roscas nuevo al reutilizar los

1. Retire la placa de cubierta:
 - a. Utiliza una llave hexagonal de 2 mm para desenroscar los (3) tornillos de cabeza hueca con cabeza de botón M3.
 - b. Retire la placa de cubierta del sensor.

Figura 3.1: Retirar la placa de cubierta



2. Conecte el cable o cables suministrados por el cliente a los conectores tal y como se indica en [la Tabla 3.1](#). Consulte [la Figura 3.2](#) para identificar la ubicación de los conectores.

Figura 3.2: Conectores del sensor Sano74

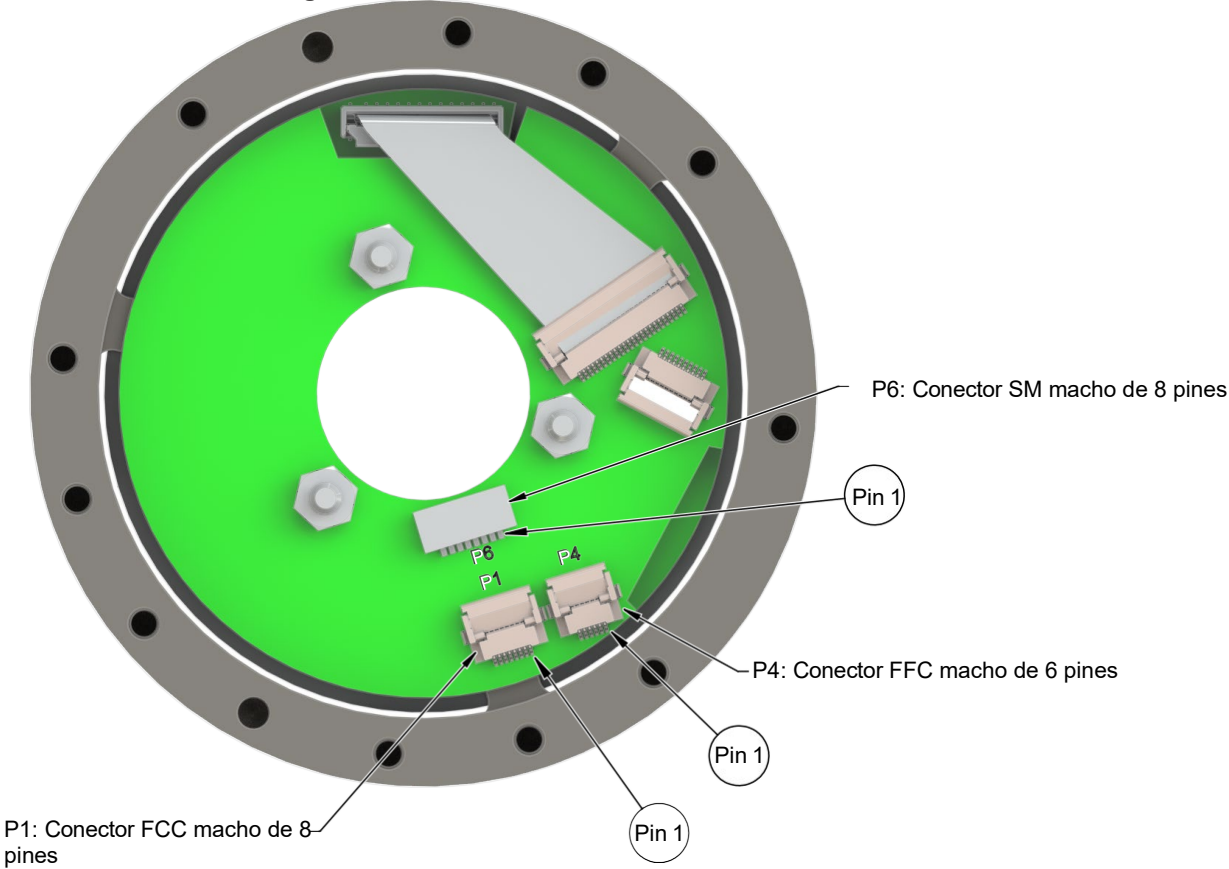


Tabla 3.1: Asignación de pines y señales de los conectores

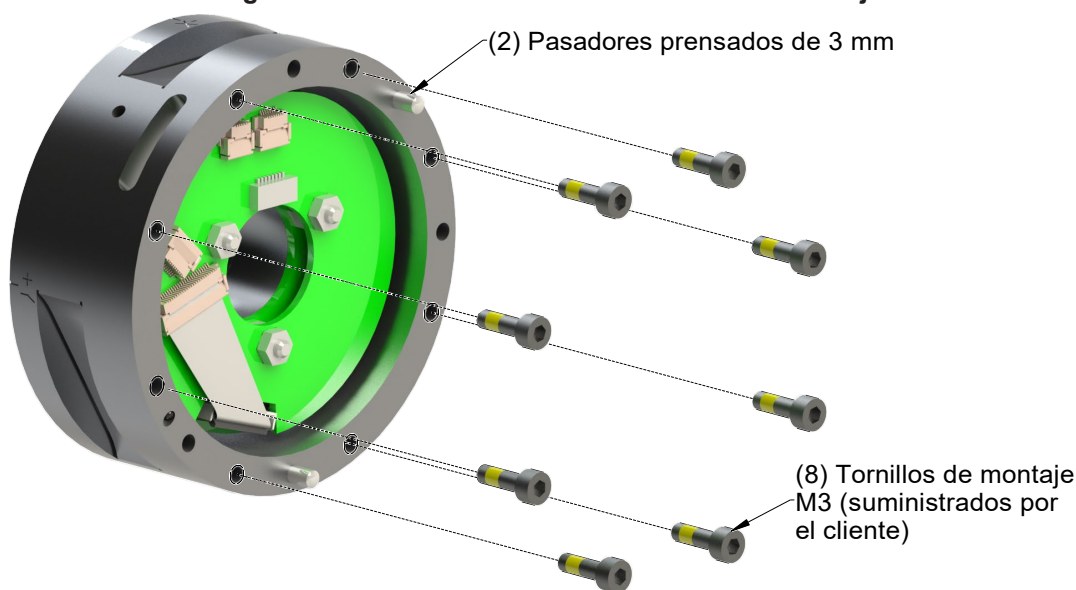
P1: Conector FFC macho de 8 pines		P4: Conector FFC macho de 6 pines		P6: Conector SM macho de 8 pines	
Número de pin	Señal	Número de pin	Señal	Número de pin	Señal
1	SL0_VP	1	SL0_VP_Fused	1	SL0_VP
2	RS485 +	2	TX1 +	2	RS485 +
3	RS485 -	3	TX1 -	3	RS485 -
4	TX0 +	4	RX1 +	4	TX0 +
5	TX0 -	5	RX1 -	5	TX0 -
6	RX0 +	6	SL0_Tierra	6	RX0 +
7	RX0 -	N/A	N/A	7	RX0 -
8	SL0_Tierra	N/A	N/A	8	SL0_Tierra

3. Limpie las superficies de montaje con un trapo limpio.

AVISO: La superficie de montaje del cliente debe tener (2) orificios de 3 mm para colocar los pasadores de centrado en el lado del sensor MAP.

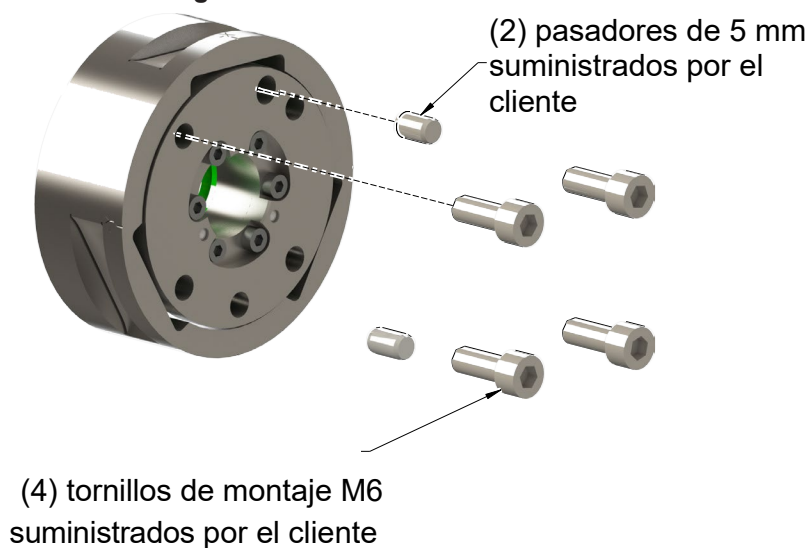
4. Fije el lado de montaje del sensor a la interfaz del cliente. Consulte la [figura 3.3](#).
 - a. Alinee el sensor con la interfaz del cliente utilizando (2) pasadores de 3 mm a presión
 - b. Aplique fijador de roscas Loctite 222 y Loctite 7649 (o equivalente) a las roscas de los (8) suministrados por el cliente, que unen el sensor al robot.
 - c. Utilice una llave hexagonal para apretar los elementos de fijación a 15 in-lb (1,7 Nm).

Figura 3.3 — Instalación del sensor: lado de montaje



5. Fije la herramienta del cliente a la rosca TAP del sensor. Consulte la [figura 3.4](#).
 - a. Alinee el sensor con el utillaje del cliente utilizando (2) pasadores de 5 mm suministrados por el cliente
 - a. Aplique fijador de roscas Loctite 242 y Loctite 7649 (o equivalente) a las roscas de los (4) suministrados por el cliente, que unen el sensor a la herramienta.
 - b. Utilice una llave hexagonal para apretar los elementos de fijación a 60 in-lb (6,8 Nm).

Figura 3.4 — Instalación del sensor: TAP



6. Configure el software de la interfaz de comunicación del sensor. Consulte el manual correspondiente en [la](#)

Tabla 2.1

7. Realice las comprobaciones de precisión descritas en *la sección 3.3 — Comprobación de precisión de F/T —* y en *la sección 3.4 — Comprobación de precisión de la IMU —*
8. Inicie el funcionamiento normal de forma segura.

3.3 Comprobación de precisión de F/T

Realice los siguientes procedimientos tras la instalación inicial del sensor en el robot y una vez al año como parte del mantenimiento.

AVISO: La masa en el lado de la herramienta puede ser el peso del utillaje utilizado en la

1. Fija una masa fija al lado de la herramienta del sensor F/T:
 - a. Retire los cables que forman puentes entre el lado de montaje del sensor y el lado de la herramienta.
2. Encienda el sensor. Deje que se caliente durante 30 minutos. Reduzca al mínimo las fuentes externas de cambio de temperatura.

AVISO: Para obtener resultados óptimos, escribe un programa para el robot que mueva el sensor y la masa a cada una de las siguientes posiciones de forma secuencial. En cada posición, el robot debe hacer una pausa para registrar la salida del sensor. Evita mover el robot

3. Mueve el robot de manera que el sensor se encuentre en las siguientes posiciones:
 - a. Registra la lectura del sensor, $F_{x,punto}$ $F_{y,punto}$ $F_{z,punto}$, en cada punto sin sesgos.
 - Punto 1: +Z hacia arriba
 - Punto 2: +X hacia arriba
 - Punto 3: +Y hacia arriba
 - Punto 4: -X hacia arriba
 - Punto 5: -Y hacia arriba
 - Punto 6: -Z hacia arriba
4. Calcula $F_{x, media}$, $F_{y, media}$ y $F_{z, media}$:
 - a. Utiliza las siguientes ecuaciones para realizar los cálculos:

$$F_{x,average} = \frac{F_{x,point 1} + F_{x,point 2} + \dots + F_{x,point 6}}{6}$$

$$F_{y,average} = \frac{F_{y,point 1} + F_{y,point 2} + \dots + F_{y,point 6}}{6}$$

$$F_{z,average} = \frac{F_{z,point 1} + F_{z,point 2} + \dots + F_{z,point 6}}{6}$$

5. Para cada uno de los 6 puntos, realiza el siguiente cálculo:

$$F_x = F_{x,point n} - F_{x,average}$$

$$F_y = F_{y,point n} - F_{y,average}$$

$$F_z = F_{z,point n} - F_{z,average}$$

$$\text{Tooling Mass} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

6. Las masas de las herramientas calculadas para los seis (6) puntos deben presentar una desviación entre sí inferior al doble de la peor índice de precisión del sensor.
 - Por ejemplo: la precisión nominal del sensor Sano74 es del 2 % del rango en todos los ejes. Para un rango de 130 N F y un rango de 400 N F_z, los errores admisibles de cualquier punto de datos concreto serían de $\pm 2,6 \text{ N F}_{xy}$ y $\pm 8 \text{ N F}_{(z)}$ respectivamente. Dado que F_z tiene la mayor tolerancia, un punto de datos podría ser de + 8 N y otro de - 8 N, lo que supone un rango total (máx.-mín.) de error de 16 N.
 - Además, la masa del utillaje debe estar dentro de un margen de 16 N respecto a los resultados de esta prueba cuando se realizó con un sensor nuevo.
7. Si esta prueba falla, el sensor deberá devolverse a ATI para su diagnóstico o recalibración.

3.4 Comprobación de la precisión de la IMU

La IMU del sensor incorpora una comprobación automática de precisión que supervisa la salida del acelerómetro. El usuario final puede consultar los resultados de la comprobación a través del código de estado del sensor. Para conocer los bits y la descripción de la Para consultar los resultados obtenidos, véase el manual del protocolo de comunicación, en [la tabla 2.1](#). Para mejorar el nivel de precisión, realice una calibración dinámica.

3.5 Procedimiento de calibración dinámica de la IMU

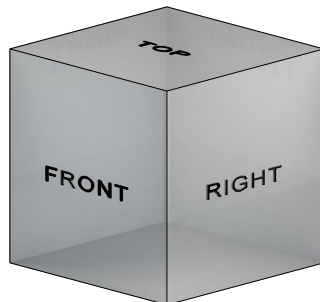
El hardware de la IMU del sensor requiere que las desviaciones del cero de cada eje se actualicen periódicamente. El acelerómetro en reposo solo debe registrar la gravedad, y cualquier desviación corresponde a la desviación del cero. Del mismo modo, mientras está en reposo, el giroscopio solo debe registrar cero para la velocidad angular en todos los ejes. Estas desviaciones del cero dependen del tiempo y tienen en cuenta las características de temperatura del hardware del sensor, así como otros efectos que varían con el tiempo. Las desviaciones de cero pueden ajustarse mediante un proceso de calibración dinámica, que siempre está activo en el sensor.

3.5.1 Calibración dinámica del acelerómetro

A medida que el sensor cambia de orientación durante su funcionamiento, el acelerómetro se calibra automáticamente, ya que los movimientos a lo largo de cada eje del sensor están, al menos parcialmente, alineados con el vector de gravedad. Si el sensor permanece más estático durante su funcionamiento, el usuario deberá realizar la siguiente calibración:

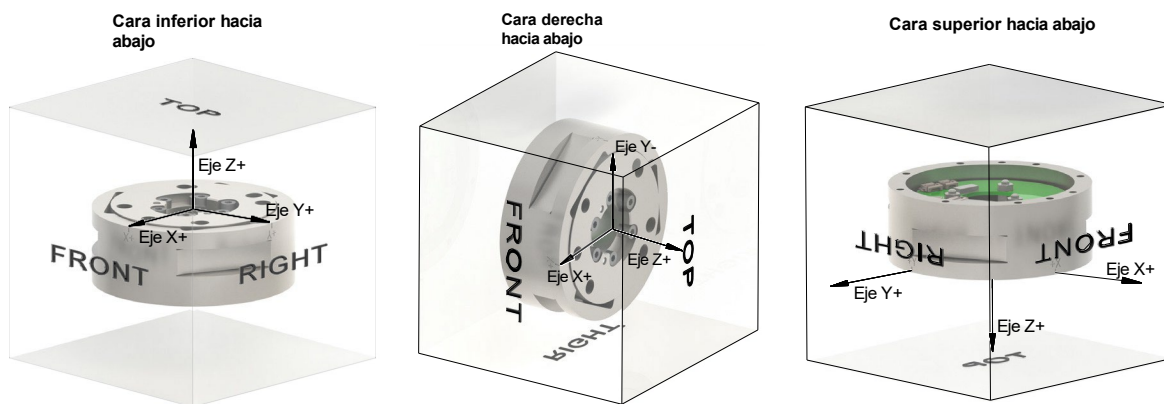
1. Imagina el sensor como un cubo estándar con seis caras: delantera, trasera, izquierda, derecha, superior e inferior.

Figura 3.5: Método del cubo



2. Orienta el sensor de modo que quede apoyado sobre una de las caras del cubo; por ejemplo: empieza con el sensor colocado con la cara superior hacia arriba y la inferior hacia abajo.
3. Mantenga el dispositivo estable en esa orientación durante al menos un segundo.
4. Continúa con el resto de las caras del cubo; por ejemplo: a continuación, orienta el sensor de modo que la cara derecha del cubo quede mirando hacia abajo.

Figura 3.6: Ejemplos de movimientos de calibración



5. Comprueba el estado de precisión:
 - a. Supervise la precisión del acelerómetro mediante el código de estado. Consulte el manual correspondiente en [la tabla 2.1](#).
 - b. Cuando el código de estado de precisión indique un valor alto, el proceso de calibración habrá finalizado.
6. Guarde la calibración en la memoria del sensor con el comando «IMU Calibrate Save». Consulte el manual correspondiente en [la Tabla 2.1](#).

AVISO: Para los movimientos de calibración, ten en cuenta los siguientes puntos:

- No es necesario utilizar las seis caras del cubo. Si una de las orientaciones resulta difícil de lograr, bastan cuatro o cinco orientaciones.
- No es necesario que las orientaciones estén perfectamente alineadas con las caras del cubo. Lo importante es que el sensor se coloque en entre cuatro y seis orientaciones distintas.

3.5.2 Calibración dinámica del giroscopio

El sensor realiza automáticamente una calibración dinámica del giroscopio cada vez que se enciende y permanece inactivo durante dos o tres segundos.

Para comprobar las desviaciones del cero, verifica que los valores indicados sean iguales a cero cuando el sensor no está en movimiento.

3.5.3 Guardar una calibración

Para que el sensor no pierda las calibraciones dinámicas al apagarse y volver a encenderse, guarde la calibración en la memoria del software. Encontrará más información en el manual de comunicación correspondiente, cuyo enlace figura en [la Tabla 2.1](#).

3.6 Detección de cambios en la sensibilidad

La comprobación de la sensibilidad del sensor también puede utilizarse para evaluar el estado del sensor Sano. Aplique cargas conocidas al sensor y compruebe que la salida del sistema se corresponde con dichas cargas. Por ejemplo, un sensor montado en un brazo robótico puede tener acoplado un efector final. Siga el siguiente procedimiento para establecer un valor de sensibilidad:

1. Si el efector final tiene piezas móviles, estas deben colocarse en una posición conocida.
2. Coloca el brazo del robot en una orientación que permita que la carga gravitatoria del efector final ejerza una fuerza sobre varios ejes de salida de los sensores.
3. Anota las lecturas de salida.
4. Coloca el brazo del robot de manera que aplique otra carga, que esta vez provoque que las lecturas se alejen de las anteriores.
5. Anota el segundo conjunto de lecturas de salida.
6. Calcula las diferencias entre el primer y el segundo conjunto de lecturas.
7. Utilice las diferencias como valor de sensibilidad.

Aunque los valores de sensibilidad varíen de un conjunto de muestras a otro, estos valores pueden utilizarse para detectar errores graves. Se pueden utilizar tanto las señales de salida procesadas como las tensiones brutas del sensor (debe utilizarse la misma opción en todos los pasos de este proceso).

4. Funcionamiento

La información que se aplica de forma general a todos los sensores Sano74 se encuentra en la siguiente sección. Para obtener información específica sobre el protocolo de comunicación del sensor, como la frecuencia de muestreo, los LED o los comandos de funcionamiento, consulte el manual correspondiente de [la Tabla 2.1](#).

4.1 Entorno del sensor

AVISO: Los sensores pueden reaccionar ante campos electromagnéticos excepcionalmente intensos y variables, como los generados por los aparatos de resonancia magnética (RM).

El sensor tiene una clasificación IP2X, lo que impide que entren en el dispositivo objetos extraños de un tamaño inferior a 0,49 pulgadas o 12,5 mm. El usuario final debe proteger el sensor contra la entrada de agua u otros líquidos. En caso de contacto accidental, como una ligera salpicadura con los siguientes productos químicos, el sensor Sano74 debería seguir funcionando y mantener su precisión de calibración:

- Cidex
- Solución de hipoclorito
- Solución de peróxido de hidrógeno
- Alcohol isopropílico al 70 %
- Solución Asepti-HB
- Solución de Enzol

Para conocer otras especificaciones ambientales, como la temperatura de funcionamiento y de almacenamiento, consulte [la sección 7—Especificaciones](#).

4.2 Polarización

El sesgo resulta útil para eliminar los efectos de la gravedad (peso de la herramienta) u otras fuerzas que actúan sobre el sensor. Cuando se utiliza la función de sesgo, el software recopila datos sobre las fuerzas y los pares que actúan en ese momento sobre el sensor y utiliza estas lecturas como referencia para futuras lecturas. A las lecturas futuras se les restará esta referencia antes de que se transmitan. El sesgo también puede denominarse «puesta a cero» o «tara» del sensor. Para obtener información sobre el uso de esta funcionalidad, consulte el manual de comunicaciones correspondiente, cuyo enlace figura en [la Tabla 2.1](#).

4.3 Condiciones de supervisión

Durante el funcionamiento, el firmware supervisa el hardware. Para conocer los códigos de estado, las condiciones de supervisión y

Para consultar las lecturas de diagnóstico, remítase al manual de comunicaciones correspondiente, cuyo enlace figura en [la tabla 2.1](#).

4.4 Comportamiento de los LED

Durante el funcionamiento, los LED de la placa principal del sensor son visibles a través de una ranura en la carcasa del sensor Sano74. Para obtener más información, consulte el manual correspondiente al que se hace referencia en [la Tabla 2.1](#).

5. Mantenimiento

5.1 Inspección periódica

Aunque el sensor Sano tiene clasificación IP2X, evite que se acumulen residuos y polvo sobre o dentro del sensor. Limpie la superficie del sensor con alcohol isopropílico.

5.2 Calibración periódica de los rangos de detección de F/T

Es necesario realizar una calibración periódica del sensor y de sus componentes electrónicos para mantener la trazabilidad con respecto a los patrones nacionales. Los rangos de detección no se pueden calibrar sobre el terreno. Para devolver el sensor a ATI para su recalibración, póngase en contacto con un gestor de cuentas de ATI o envíe un correo electrónico aati-rma-admin@novanta.com para solicitar una autorización de devolución de material (RMA) para la recalibración. ATI recomienda realizar comprobaciones de precisión anuales (consulte [la sección 3.3: Comprobación de precisión F/T](#)). Si el sensor no cumple los requisitos de rendimiento de la aplicación del usuario y no supera la comprobación de precisión, devuélvalo a ATI para su recalibración.

6. Solución de problemas

Esta sección incluye soluciones a algunos problemas que pueden surgir al configurar y utilizar el sensor. Para preguntas y ayuda para la resolución de problemas relacionados con el software, consulte el manual de comunicaciones correspondiente al que se hace referencia en [la tabla](#)

2.1. Las respuestas a las preguntas más frecuentes están disponibles en la página web de ATI: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

La información de esta sección debería responder a muchas de las dudas que puedan surgir sobre el terreno.

El servicio de atención al cliente está

a disposición de los usuarios que tengan preguntas o dudas relacionadas con los manuales.

Nota

Lea el manual antes de llamar al servicio de atención al cliente. Antes de llamar, tenga a mano la siguiente información:

1. Número de serie, por ejemplo: FT01234.
2. Modelo del sensor, por ejemplo: Sano74.
3. Calibración, por ejemplo: SI-130-10.
4. Descripción precisa y completa de la consulta o el problema
5. Información sobre el ordenador y el software (sistema operativo, tipo de PC, controladores, software de aplicación y otra información relevante sobre la configuración de la

Para obtener más información sobre la resolución de problemas o para hablar con un representante del servicio de atención al cliente, póngase en contacto con ATI:

Ventas, servicio técnico e información sobre los productos de ATI:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 EE. UU.

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingeniería de aplicaciones

Correo electrónico: ft.support@novanta.com

Asistencia 24 horas al día, 7 días a la semana: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

6.1 Guía básica para la resolución de problemas

En la siguiente sección se enumeran los síntomas básicos de datos inexactos y errores. Para cada síntoma, y las soluciones adecuadas.

Síntoma: Ruido — saltos en las lecturas de par de fuerza superiores al 0,05 % de los recuentos a escala completa.

Causa: El ruido puede deberse a vibraciones mecánicas y perturbaciones eléctricas que, posiblemente, se deben a una mala conexión a tierra. Las interferencias eléctricas también pueden provenir de un dispositivo que genere mucho ruido, como un motor.

Solución: Asegúrate de que la tensión de alimentación de CC del sensor Sano tenga poco o ningún ruido superpuesto. Conecta a tierra el sensor uniendo el apantallamiento del cable a tierra. En la mayoría de las configuraciones, el 0 V también se conecta a tierra. Conecta el robot u otro dispositivo a la misma toma de tierra.

Compruebe que los cables del sensor no se crucen con otros cables ni se encuentren muy cerca de otros equipos que puedan generar ruido eléctrico.

Evite las fuentes de ruido mecánico. Si no es posible, aplique un filtro a los datos tal y como se describe en el manual de comunicaciones correspondiente, cuyo enlace figura en [la Tabla 2.1](#).

Causa: El ruido también puede indicar un fallo en algún componente del sistema.

Solución: Compruebe el código de estado del sensor; consulte el manual de comunicaciones al que se hace referencia en [la Tabla 2.1](#).

Realice una comprobación de precisión; consulte la [sección 3.3 — Comprobación de precisión F/T](#) o la [sección 4.5: ¿Cómo](#)

evalúo la precisión y el estado del sensor?

en el documento de preguntas frecuentes (FAQ) de ATI que se encuentra en: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Para devolver el sensor a ATI para su inspección, ponte en contacto con ATI para obtener una autorización de devolución de material (RMA); consulta [la sección 5.2 — Calibración periódica de los rangos de detección del F/T](#).

Síntoma: Deriva — cuando los datos de fuerza y par siguen aumentando o disminuyendo después de retirar una carga.

Causa: Es normal que se produzca cierta deriva debido a un cambio de temperatura. La deriva se observa más fácilmente en el eje Z, en comparación con los ejes X e Y.

Solución: Deja que el sensor se caliente durante unos treinta minutos hasta que alcance un estado estable con el aire y los demás objetos que entran en contacto con él.

Utilice el comando de calibración para restablecer las lecturas a cero. Realice la calibración con regularidad.

Utiliza un aislante entre el sensor y cualquier herramienta o accesorios que se encuentren a una temperatura diferente. Evite crear un gradiente de temperatura a través del sensor. Proteja el sensor de un flujo de aire excesivo.

Para obtener más información sobre cómo evitar la deriva debida a los cambios de temperatura, consulte el siguiente documento de ATI: <https://www.atia.com/Library/Documents/DriftExplanation.pdf>.

Síntoma: Histéresis — cuando se aplica una carga al sensor desde un estado de cero o polarizado y, a continuación, se retira la carga, la salida del sensor no vuelve inmediatamente a cero.	Causa: El acoplamiento mecánico o un fallo interno pueden provocar una histéresis que se sitúe fuera del rango de incertidumbre de medición (error) especificado y aceptable del sensor. Solución: Compruebe que el sensor esté correctamente instalado, que los elementos de fijación estén bien apretados y que los accesorios del cliente estén instalados de forma segura, tal y como se indica en la sección 3 — Instalación. Utiliza el comando «bias» para poner a cero las lecturas.
Síntoma: Los valores iniciales de F/T no son cero y no se aplica ninguna carga.	Normal. Aplique un sesgo al sensor para que todos los valores F/T vuelvan a cero.
Síntoma: El sensor no proporciona datos F/T precisos.	Causa: Es posible que el sensor se encuentre en un estado de error. Solución: Compruebe el código de estado del sensor. Para saber cómo leer e interpretar el código de estado, consulte el manual de comunicaciones correspondiente al que se hace referencia en la Tabla 2.1. Si no hay bits de error activados, continúe con la resolución de problemas. Causa: El sensor no está instalado correctamente o no está montado sobre una superficie plana y rígida. Solución: Compruebe que el sensor esté correctamente instalado según se indica en la sección 3: «Instalación». Causa: Los elementos de fijación no están bien sujetos. Solución: Compruebe que los elementos de fijación estén bien sujetos según los procedimientos de instalación descritos en la sección 3.2: «Instalación del sensor». Si los elementos de fijación los suministra el cliente, no utilice elementos que sean demasiado largos. Para conocer la profundidad máxima de penetración del elemento de fijación en el sensor, consulte el plano del sensor. Al seleccionar los elementos de fijación: utilice un tornillo o perno de alta calidad y alta resistencia, y asegúrese de que el tipo de material, la cabeza y la clase del elemento de fijación sean adecuados para la aplicación. Causa: Acoplamiento mecánico: un objeto externo, como una herramienta del cliente o un elemento de infraestructura, entra en contacto con la superficie del sensor entre y el lado de la herramienta. Solución: Elimine cualquier residuo entre el lado de la herramienta y la placa de interfaz. Utilice un sistema adecuado de gestión de cables y mangueras; no los conecte de forma apretada entre el lado de montaje y el lado de la

herramienta del sensor.

Cualquier elemento que entre en contacto con superficies como el orificio pasante del sensor o las placas de interfaz a ambos lados del sensor provoca una carga o un movimiento que podría dar lugar a datos de F/T inexactos.

Síntoma: Los valores de F/T no coinciden con los valores esperados; por ejemplo: los valores de F/T fluctúan, pero son superiores a una carga aplicada conocida.

Causa: Es posible que el sensor se encuentre en un modo en el que transmite datos de calibración en lugar de datos de F/T.

Solución: Los datos del medidor no tienen una correlación 1:1 con los datos del eje F/T. Consulte los datos F/T en lugar de los del medidor; consulte el manual de comunicaciones correspondiente, cuyo enlace figura en [la Tabla 2.1](#).

Causa: El sensor emite datos en recuentos. El usuario debe convertir los recuentos a unidades de calibración.

Solución: Los recuentos deben dividirse por los recuentos por fuerza (CpF) o los recuentos por par (CpT) para convertirlos a unidades de calibración como N y Nm. Además de CpF y CpT, dependiendo del protocolo de comunicación, los valores pueden escalarse adicionalmente mediante un factor de escala de 16 bits. Los recuentos de 16 bits deben dividirse entre (CpF o CpT ÷ factor de escala de 16 bits) para convertirlos a unidades de calibración.

Causa: Si, una vez convertidas las lecturas de F/T a unidades de calibración, estas superan el rango de calibración del sensor según [la sección 7 — Especificaciones](#), los valores indicados son inexactos y el sensor podría estar sobrecargado.

Solución: Compruebe el código de estado. Para obtener información sobre cómo leer e interpretar el código de estado del sensor, consulte el manual de comunicaciones correspondiente, cuyo enlace figura en [la Tabla 2.1](#).
Desmonte el sensor. Los métodos de montaje inadecuados pueden provocar cargas elevadas en el sensor.
Si persisten errores como «F/T fuera de rango», «Medidor fuera de rango» o «Medidor averiado», es probable que el sensor haya sufrido daños permanentes debido a una sobrecarga

7. Especificaciones

En las siguientes secciones se tratan algunos requisitos y especificaciones del sensor Sano74. Para obtener más información, consulte el plano del cliente.

Tabla 7.1—Especificaciones del Sano74				
Parámetro	Valor			
Peso ¹	0,2 kg			
Fuente de alimentación	24 V (nominal) (de 12 V a 30 V)			
Temperatura de almacenamiento	De 0 a +85 °C			
Temperatura de funcionamiento	De 0 a +70 °C			
Humedad relativa	<95 %, sin condensación			
Resistencia a las vibraciones	Niveles de hasta 20 G _{rms} durante 20 minutos			
Calibración ²	SI-130-12			
Incertidumbre de medición	1,5 % en cualquier eje de fuerza o par			
Vida útil (dentro del rango de detección)	10 000 000 de ciclos totalmente reservados			
Resolución	Fxy	Fz	Txy	Tz
	0,015 N	0,0325 N	0,000715 Nm	0,000525 Nm
Rango de detección ²	130 N	400 N	12 Nm	
Rango ampliado ³	130 N	400 N	20 Nm	
Sobrecarga en un solo eje	1200 N	4100 N	67 Nm	69 Nm
Deriva de offset inducida térmicamente ⁴	0,2 N/°C	0,6 N/°C	0,015 Nm/°C	
Notas:				
1. Este peso no incluye la placa de cubierta, que se envía montada en el sensor y se retira antes de la instalación.				
2. El sensor F/T deberá calibrarse según los siguientes rangos de detección, de acuerdo con el procedimiento de calibración estándar de ATI.				
3. El sensor F/T puede funcionar de forma segura dentro del rango de detección ampliado durante un máximo de 250 000 ciclos.				
4. La deriva de la compensación no deberá superar estos valores en el rango de temperaturas comprendido entre +15 °C y +85 °C ante cualquier cambio de temperatura ambiente de 5 °C o más.				

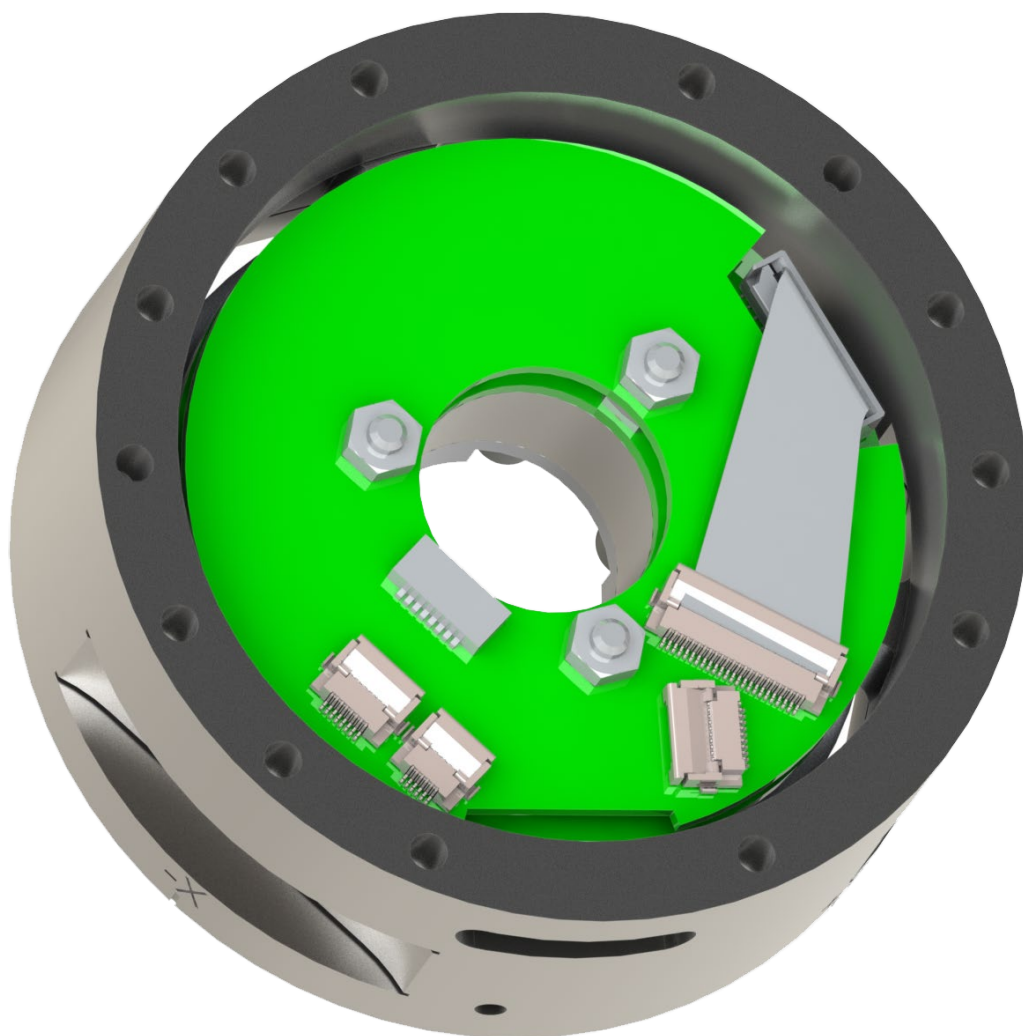
Tabla 7.2 — Especificaciones de la IMU				
Parámetro	Valor			
Fabricante de la IMU y n.º de referencia	CEVA VNO085			
Rango del acelerómetro	± 16 g			
Sensor compuesto	Calibración	Medición	Métrica de rendimiento	Valor
Vector de rotación	Nominal	Dinámico	Error de rotación	3,5 °
		Estático	Error de rotación	2,0 °
Vector de rotación para juegos	Nominal	Dinámico	Error de rumbo	2,5 °
		Estático	Error de rumbo	1,5 °
		Dinámico	Desviación del rumbo	0,5 °/min
Vector de rotación geomagnética	Nominal	Dinámico	Error de rotación	4,5 °
		Estático	Error de rotación	3,0 °
Gravedad	Nominal	Estático	Error de ángulo	1,5 °
Aceleración lineal	Nominal	Dinámica	Precisión	0,35 m/s ²
Acelerómetro	Nominal	Dinámica	Precisión	0,3 m/s ²
Giroscopio	Nominal	Dinámica	Precisión	3,1 °s
Magnetómetro	Cualquiera de los dos	Dinámico	Precisión	1,4 uT

8. Planos

Los planos están disponibles en la [página web de ATI](#) o poniéndose en contacto con un representante de ATI.



Manual del sensor F/T EtherCAT3 de Sano



N.º de documento: 9620-05-C-EtherCAT3 Sano

Prólogo

La información contenida en este documento es propiedad de ATI Industrial Automation, Inc. y no podrá reproducirse, ni en su totalidad ni en parte, sin la autorización previa por escrito de ATI Industrial Automation, Inc. La información aquí contenida está sujeta a cambios sin previo aviso y no debe interpretarse como un compromiso por parte de ATI Industrial Automation, Inc. Este manual se revisa periódicamente para reflejar e incorporar los cambios realizados en el sistema F/T.

ATI Industrial Automation, Inc. no asume ninguna responsabilidad por los errores u omisiones que pueda contener este documento.

Copyright © (2026) por ATI Industrial Automation, Inc., Apex, Carolina del Norte, EE. UU. Todos los derechos reservados. Publicado en EE. UU.

Los sistemas de detección de fuerza y par de ATI se consideran componentes o productos semiacabados destinados a su uso en sistemas, dispositivos o productos acabados de mayor tamaño.

Teniendo en cuenta que los productos de ATI Industrial Automation, Inc. (ATI) están destinados a su uso con máquinas robóticas y/o automatizadas, ATI no recomienda el uso de sus productos en aplicaciones en las que el fallo o el mal funcionamiento de un componente o sistema de ATI ponga en peligro la vida o aumente el riesgo de lesiones. Cualquier persona que utilice o incorpore componentes de ATI en cualquier sistema que pueda suponer un riesgo para la vida deberá obtener el consentimiento previo de ATI, tras garantizar a esta que un mal funcionamiento de los componentes de ATI no supone una amenaza directa o indirecta de lesiones o muerte, y (incluso si se concede dicho consentimiento) deberá eximir a ATI de cualquier reclamación, pérdida, responsabilidad y gastos relacionados que se deriven de cualquier lesión o muerte resultante del uso de los componentes de ATI.

Todas las marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. EtherCAT® es una marca comercial registrada y una tecnología patentada, cedida bajo licencia por Beckhoff Automation GmbH, Alemania.

Nota:

Lee el manual antes de llamar al servicio de atención al cliente y ten a mano la siguiente información:

1. Número de serie, por ejemplo: FT01234.
2. Modelo, por ejemplo: Sano74.
3. Calibración, por ejemplo: SI-130-10.
4. Descripción precisa y completa de la pregunta o duda.
Para el código de estado, consulte la [sección 5.2.8 — Objeto 0x6010: Código de estado](#).
5. Información sobre el ordenador y el software, por ejemplo: sistema operativo, tipo de PC, controladores y software de aplicación.

Si es posible, mantente cerca del sistema F/T cuando llames.

Si lo necesita, póngase en contacto con un representante de ATI para obtener ayuda:

Ventas, servicio técnico e información sobre los productos de ATI:

ATI Industrial Automation, una empresa *de Novanta*

1031 Goodworth Drive,

Apex, NC 27539, EE. UU.

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingeniería de aplicaciones

Correo electrónico: ft.support@novanta.com

Asistencia 24 horas al día, 7 días a la semana: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

Índice

Glosario	C-5
1. Seguridad.....	C-7
1.1 Explicación de las notificaciones	C-7
1.2 Normas generales de seguridad	C-7
1.3 Precauciones de seguridad	C-8
2. Descripción general del producto.....	C-9
3. Instalación	C-10
3.1 Asignación de pines para la conexión EtherCAT y de alimentación	C-10
3.2 Establecimiento de la comunicación con el sensor EtherCAT Sano	C-12
3.3 Configuración de la interfaz de comunicación RS485.....	C-12
4. Funcionamiento.....	C-15
4.1 Secuencia de autocomprobación de los LED	C-15
4.2 Funcionamiento normal de los LED	C-16
4.2.1 LED de estado	C-16
4.2.2 LED de funcionamiento	C-16
4.2.3 LEDs L/A (Link/Activity) de EtherCAT: L/A 0 y L/A 1	C-16
4.3 Frecuencia de muestreo F/T	C-17
4.3.1 Frecuencia de muestreo frente a velocidad de datos.....	C-17
4.4 Filtro de paso bajo	C-17
5. Interfaz de bus EtherCAT	C-18
5.1 Interfaz PDO.....	C-18
5.2 Objetos del diccionario EtherCAT (datos SDO), específicos de ATI	C-18
5.2.1 Objeto 0x2020: Transformación de herramientas.....	C-19
5.2.2 Objeto 0x2021: Calibración	C-19
5.2.3 Objeto 0x2023: Consola a través de EtherCAT.....	C-22
5.2.4 Objeto 0x2060: Condiciones de monitorización	C-22
5.2.5 Objeto 0x2080: Lecturas de diagnóstico	C-23
5.2.6 Objeto 0x2090: Versión	C-24
5.2.7 Objeto 0x6000: Lectura de datos	C-24
5.2.8 Objeto 0x6010: Código de estado	C-24

5.2.9	Objeto 0x6020: Contador de muestras	C-24
5.2.10	Objeto 0x6030: Datos del medidor	C-24
5.2.11	Objeto 0x6050: Datos de la IMU	C-25
5.2.12	Procedimiento de comprobación de la precisión de la IMU	C-25

5.2.13	Objeto 0x7010: Códigos de control	C-26
5.2.13.1	Acelerómetro y giroscopio de la IMU	C-27
5.2.14	Objetos de comunicación EtherCAT	C-28
5.2.14.1	Objeto 0x1000: Tipo de dispositivo	C-28
5.2.14.2	Objeto 0x1008: Nombre del dispositivo	C-28
5.2.14.3	Objeto 0x1018: Identidad	C-29
5.2.14.4	Objetos EtherCAT no utilizados	C-30
5.3	Conversión de datos F/T de recuentos a unidades	C-30
6.	Comandos de consola a través d	C-31
6.1	Resumen de comandos	C-31
6.2	Operandos para el comando de consulta (C o S)	C-33
6.2.1	Conversión de recuentos por fuerza/par a valores de F/T con unidades	C-34
6.3	Comando «Set»	C-35
6.4	Datos de la IMU	C-39
6.4.1	Configuración del acelerómetro y el giroscopio.....	C-39
6.4.2	Transmisión de datos de la IMU	C-39
6.4.3	Procedimiento de comprobación de la precisión de la IMU	C-41
6.5	Rango de carga ampliado.....	C-42
7.	Solución de problemas	C-43
7.1	Errores de los LED	C-43
7.2	Código de estado	C-44
7.2.3.1	Código de estado: Fuerza/par fuera de rango	C-46
7.3	Guía básica para la resolución de problemas	C-47
7.4	Reducción del ruido	C-51
7.4.1	Vibraciones mecánicas	C-51
7.4.2	Interferencias eléctricas	C-51
8.	Especificaciones	C-52
8.1	Especificaciones eléctricas	C-52
9.	Términos y condiciones de venta	C-53

Glosario

Término	Definición
Acelerómetro	Dispositivo integrado en los sensores Sano de ATI que mide la aceleración. Los sensores Sano de ATI utilizan un acelerómetro de sistema microelectromecánico (MEMS).
ADC	Convertidor analógico-digital.
Polarización	El sesgo también se conoce como «puesta a cero» o «tara» del sensor. El sesgo resulta útil para eliminar los efectos de la gravedad (peso de la herramienta) u otras fuerzas que actúan sobre el sensor. Cuando se utiliza la función de sesgo, el software recopila datos sobre las fuerzas y los pares que actúan en ese momento sobre el sensor y utiliza estas lecturas como referencia para futuras . A las lecturas futuras se les restará esta referencia antes de que se transmitan.
BOOL	Un tipo de datos booleano que puede tomar los valores TRUE o FALSE.
Calibración	Define un rango específico de medición o detección para un sensor determinado. La calibración es también el proceso de medir la respuesta bruta de un transductor ante cargas y de generar los datos que se utilizan para convertir dicha respuesta en fuerzas y pares.
CoE	CANopen sobre EtherCAT es el protocolo integrado preferido para configurar dispositivos EtherCAT. Se utiliza dentro de SDO para codificar los datos de configuración.
Carga compleja	Cualquier carga que no se aplique exclusivamente en un solo eje. La carga compleja puede reducir el rango de medición en un eje determinado.
Sistema de coordenadas	Véase «Punto de origen».
Velocidad de transmisión	Velocidad a la que se pueden transmitir los datos a través de una red. Para obtener más información, consulte Sección 4.3.1: Frecuencia de muestreo frente a velocidad de transmisión de datos.
DINT	Entero doble con signo (32 bits)
DPS	Grados por segundo. Es la unidad de medida utilizada por el giroscopio de la IMU.
EEPROM	Memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente: un tipo de memoria no volátil integrada en la electrónica del sensor.
EtherCAT	Un bus de campo para la automatización industrial. En ocasiones, se abrevia como ECAT.
EtherCAT3 o ECAT3	Interfaz de tercera generación de ATI para sistemas de fuerza y par EtherCAT.
Fuerza	Una fuerza es una acción de empuje o tracción sobre un objeto provocada por la interacción con otro objeto. Fuerza = masa × aceleración
FS	«A escala completa» se refiere a los límites de un rango de calibración o de detección determinado.
F/T	Fuerza/Par.
F _{xy}	Vector de fuerza resultante compuesto por los componentes F _x y F _y .
g	La fuerza G, o equivalente a la fuerza gravitatoria, es una fuerza específica de la masa expresada en unidades de gravedad estándar.
Giroscopio	Dispositivo integrado en los sensores Sano de ATI que mide la orientación y la velocidad angular. Los sensores Sano de ATI utilizan un giroscopio de sistema microelectromecánico (MEMS).
Histéresis	Fuente de error de medición causada por los efectos residuales de cargas aplicadas anteriormente.
IMU	Una unidad de medición inercial (IMU) es un dispositivo que detecta la aceleración y la velocidad angular (datos giroscópicos).
INT	Entero con signo (16 bits)

Placa de interfaz	Placa independiente que permite fijar el sensor a otra superficie. Las placas de interfaz se utilizan a menudo cuando la disposición de los tornillos del sensor no coincide con la del brazo robótico o con la de las herramientas del cliente. La placa de interfaz cuenta con dos disposiciones de tornillos, una a cada lado de la placa. Un lado es para el sensor. El otro lado es para el brazo robótico o las herramientas del cliente.
ISR	Rutina de servicio de interrupción

Término	Definición
Dispositivo maestro	Un dispositivo suministrado por el cliente, como un ordenador personal, un robot o un (PLC), que sea compatible con una interfaz de comunicación específica.
Incertidumbre de medición	Lo que comúnmente se conoce como «precisión», la «incertidumbre de medición», es el error en el peor de los casos entre el valor medido y la carga real. La incertidumbre de medición se especifica como un porcentaje del rango de medición a fondo de escala para un modelo de sensor y un rango de calibración determinados. Este valor tiene en cuenta múltiples fuentes de error. El certificado de calibración del sensor indica el porcentaje de incertidumbre de medición. Para obtener más información, consulte la sección 2.2: «Incertidumbre de medición» en el documento de preguntas frecuentes (FAQ) disponible en: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf .
Acoplamiento mecánico	Cuando un objeto externo, como una herramienta del cliente o un elemento auxiliar, entra en contacto con la superficie del sensor entre el lado de montaje y el lado de la herramienta.
N/A	No aplicable
Sobrecarga	Condición en la que se aplica al transductor una carga superior a la que este puede medir. La sobrecarga provoca saturación.
PDO	Objeto de datos de proceso, un protocolo para leer y escribir información de proceso en tiempo real de forma cíclica.
N.º de pieza	Número de pieza
Punto de origen	El punto del sensor desde el que se miden todas las fuerzas y pares.
Ciclo de encendido y apagado	Cuando un usuario desconecta y vuelve a conectar la alimentación de un dispositivo.
Formato Q (número)	Método de codificación de números fraccionarios. Este formato se utiliza para generar datos de la IMU.
Resolución	El cambio más pequeño en la carga que se puede medir. La resolución suele ser mucho menor que la precisión.
Frecuencia de muestreo	La rapidez con la que el convertidor analógico-digital (ADC) convierte los datos analógicos del medidor en muestras digitales.
Saturación	Condición en la que el transductor o el hardware de adquisición de datos recibe una carga o una señal que se encuentra fuera de su rango de detección.
SDO	Objeto de datos de servicio, un protocolo para leer y escribir información de configuración de forma acíclica.
Sensor	Componente que convierte una carga detectada en señales eléctricas.
Sistema de sensores (o de configuración)	Conjunto completo formado por el cuerpo del sensor y una interfaz del sistema para convertir las señales de fuerza y par en una interfaz o protocolo de comunicación específico.
SINT	Entero corto con signo (8 bits)
Bit de estado	Una unidad de datos informáticos enviada desde el sensor ATI F/T.
STRINGn	Cadena de n caracteres, que ocupa n bytes; por ejemplo: String(8) es un tipo de datos de caracteres que ocupa 8 bytes.
Par	La aplicación de una fuerza a través de una palanca o brazo de momento que provoca que algo tienda a girar. Por ejemplo, un usuario aplica par a un tornillo para hacer que gire. Par = fuerza $\times$ longitud del brazo de momento
T _{xy}	El vector de par resultante compuesto por los componentes T _x y T _y .
UDINT	Tipo de datos de (32) bits que representa un entero sin signo.

<i>UINTn</i>	Tipo de datos de (<i>n</i>) bits que representa un entero sin signo, donde <i>n</i> es el número de bits.
USINT	Tipo de datos de (8) bits que representa un entero sin signo.

1. Seguridad

La sección de seguridad describe las directrices generales de seguridad que deben seguirse con este producto, explicaciones de las notificaciones que aparecen en este manual y las precauciones de seguridad aplicables al producto. Las notificaciones específicas del producto se incluyen en las secciones correspondientes de este manual (cuando sean aplicables).

1.1 Explicación de las notificaciones

Estas notificaciones se utilizan en todos los manuales de ATI y no son específicas de este producto. El usuario debe prestar atención a todas las notificaciones del fabricante del robot y/o de los fabricantes de otros componentes utilizados en la instalación.



PELIGRO: Aviso que contiene información o instrucciones cuyo incumplimiento provocará la muerte o lesiones graves. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar la situación.



ADVERTENCIA: Notificación de información o instrucciones que, de no respetarse, podrían provocar la muerte o lesiones graves. La notificación proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar



PRECAUCIÓN: Aviso con información o instrucciones cuyo incumplimiento podría provocar lesiones moderadas o causar daños al equipo. El aviso proporciona información sobre la naturaleza de la situación de peligro, las consecuencias de no evitar el peligro y el método para evitar la situación.

AVISO: Notificación de información o instrucciones específicas sobre el mantenimiento, el funcionamiento, la instalación o la configuración del producto que, de no respetarse, podrían provocar daños en el equipo. La notificación puede hacer hincapié, entre otros aspectos, en: tipos específicos de grasa, mejores prácticas de funcionamiento y consejos de mantenimiento.

1.2 Pautas generales de seguridad

El cliente debe comprobar que el sensor seleccionado esté homologado para las cargas y pares máximos previstos durante el funcionamiento. Dado que las fuerzas estáticas son menores que las fuerzas dinámicas derivadas de la aceleración o desaceleración del robot, hay que tener en cuenta las cargas dinámicas provocadas por el robot.

1.3 Precauciones de seguridad



PRECAUCIÓN: La modificación o el desmontaje del sensor podrían causar daños y anular la garantía.



PRECAUCIÓN: Introducir objetos en las aberturas del sensor provoca daños en el equipo de medición. Evite introducir objetos en las aberturas del sensor.



PRECAUCIÓN: No sobrecargue el sensor. Superar los valores de sobrecarga en un solo eje del sensor provoca daños irreparables.



PRECAUCIÓN: El sensor debe protegerse de impactos y cargas de choque que superen los rangos nominales durante el transporte, ya que los impactos pueden afectar al rendimiento del sensor. Para obtener más información sobre los rangos

2. Descripción general del producto

El sensor de fuerza/par (F/T) EtherCAT3 Sano está diseñado para su uso en robótica quirúrgica y resulta ideal para aplicaciones ortopédicas, como la navegación robótica guiada manualmente y el corte o taladrado con control de fuerza. El Sano mide seis componentes de fuerza y par ($F_x \setminus F_y \setminus F_z \setminus T_x \setminus T_y \setminus T_z$). Una unidad de medición inercial (IMU) integrada proporciona mediciones triaxiales de aceleración y velocidad angular. Los dispositivos del cliente pueden recibir datos de F/T y de la IMU a través del bus de campo EtherCAT (consulte [la sección 5: Interfaz de bus EtherCAT](#)). Para utilizar EtherCAT, el usuario necesita una interfaz de software y un dispositivo, como un ordenador personal, un robot o un PLC, que sea compatible con EtherCAT. Gratuito,

Hay software descargable, como TwinCAT[®], disponible en línea para los usuarios con el sistema operativo Windows[®].

Los clientes pueden utilizar los dos (2) conectores de cable plano flexible (FFC) o el conector de cable a cable (SM).

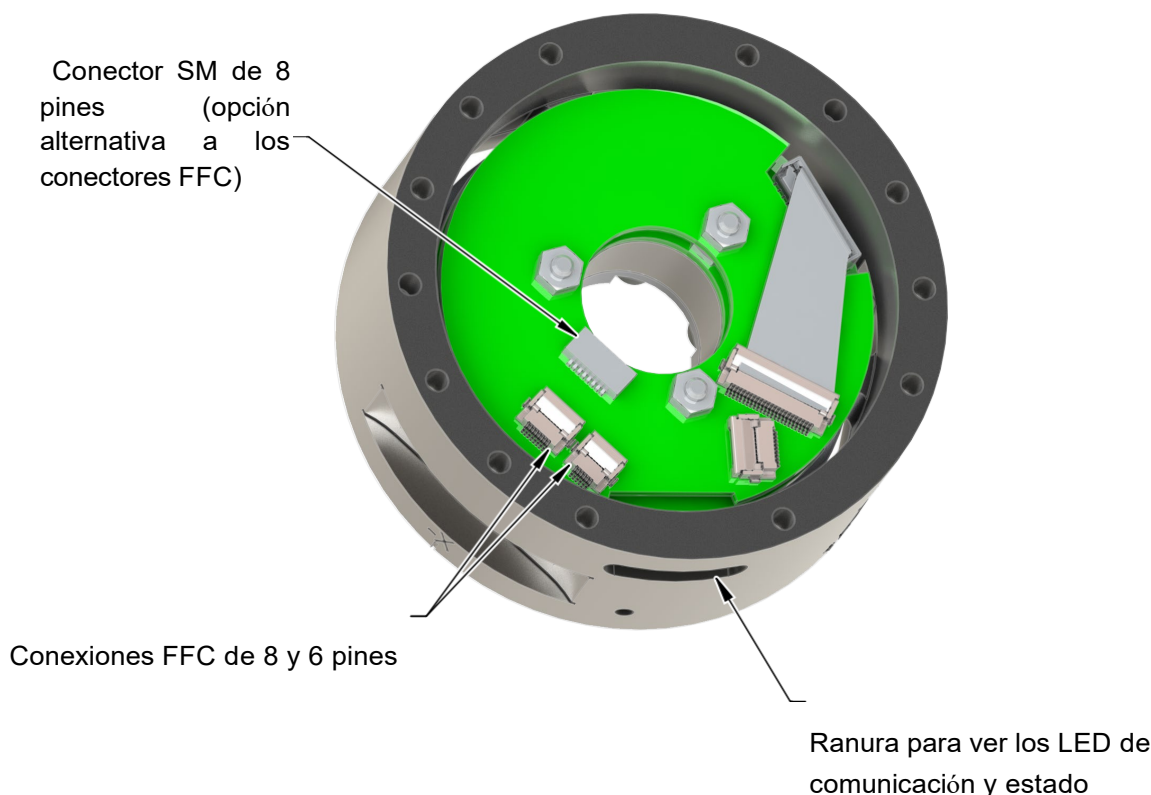
El sensor Sano cuenta con puertos de paso de alimentación y EtherCAT, lo que permite configurar los dispositivos de red en cadena.

Este manual trata los siguientes temas:

- Especificaciones eléctricas e información sobre la disposición de pines de los conectores
- Funcionamiento (LED, frecuencias de filtrado y frecuencias de muestreo)
- Objetos del diccionario de EtherCAT

Para obtener información adicional sobre el sensor, como su instalación en un robot, su funcionamiento y la resolución general de problemas, consulte el manual [9620-05-B-Sano74](#).

Figura 2.1: Sensor F/T Sano74



3. Instalación

Las instrucciones específicas para el montaje del sensor Sano74 en la aplicación del cliente se pueden encontrar en el manual [9620-05-B-Sano74](#).



ADVERTENCIA: Realizar tareas de mantenimiento o reparación en el sensor cuando los circuitos (por ejemplo: de alimentación, agua y aire) estén energizados podría provocar la muerte o lesiones graves. Descargue y compruebe que todos los circuitos energizados estén desenergizados de acuerdo con las prácticas y políticas de seguridad del cliente.



PRECAUCIÓN: Proporcione una protección suficiente contra sobretensiones para evitar daños en el sensor. El cliente no debe exponer el sensor a tensiones ESD fuera del rango de ± 8 kV.



PRECAUCIÓN: Para evitar interferencias eléctricas con aplicaciones cercanas, reduzca al mínimo la distancia entre el sensor y el sistema central donde se realiza el filtrado EMC.



PRECAUCIÓN: Evite que el sensor sufra daños por descargas electrostáticas. Asegúrese de seguir los procedimientos de puesta a tierra adecuados al manipular el sensor o los cables conectados al mismo. El incumplimiento de los procedimientos de puesta a tierra adecuados



PRECAUCIÓN: La modificación o el desmontaje del sensor podrían provocar daños y anular la garantía. Utilice la plantilla de tornillos de montaje suministrada y la plantilla de tornillos de montaje lateral de la herramienta proporcionada para fijar el sensor al robot y el utillaje del cliente al sensor (consulte el plano del cliente).



PRECAUCIÓN: Evite que el sensor sufra daños por descargas electrostáticas. Asegúrese de seguir los procedimientos de puesta a tierra adecuados al manipular el sensor o los cables conectados al mismo. El incumplimiento de los procedimientos de puesta a tierra adecuados

3.1 Asignación de pines para la conexión EtherCAT y de alimentación



PRECAUCIÓN: Asegúrese de que el apantallamiento del cable esté correctamente conectado a tierra. Un apantallamiento incorrecto de los cables puede provocar errores de comunicación y que los sensores dejen de funcionar

La disposición de los pines y la descripción de las conexiones se encuentran en la siguiente sección. El sensor requiere la siguiente fuente de alimentación:

Tabla 3.1 — Fuente de alimentación ¹			
Fuente de alimentación	Tensión		
	Mínima	Nominal	Máximo
Alimentación de CC	12 V	24 V	30 V
Notas:			
1. La entrada de alimentación está protegida contra polaridad inversa. Si la alimentación y la toma de tierra de las entradas de la fuente de alimentación se conectan al revés, la protección contra polaridad inversa evita que la entrada de alimentación mal cableada dañe o encienda el sensor.			

Los clientes pueden utilizar los dos (2) conectores FFC o el conector SM único. Las señales y los números de pin correspondientes se enumeran en la siguiente tabla.

Figura 3.1: Conectores del sensor Sano74

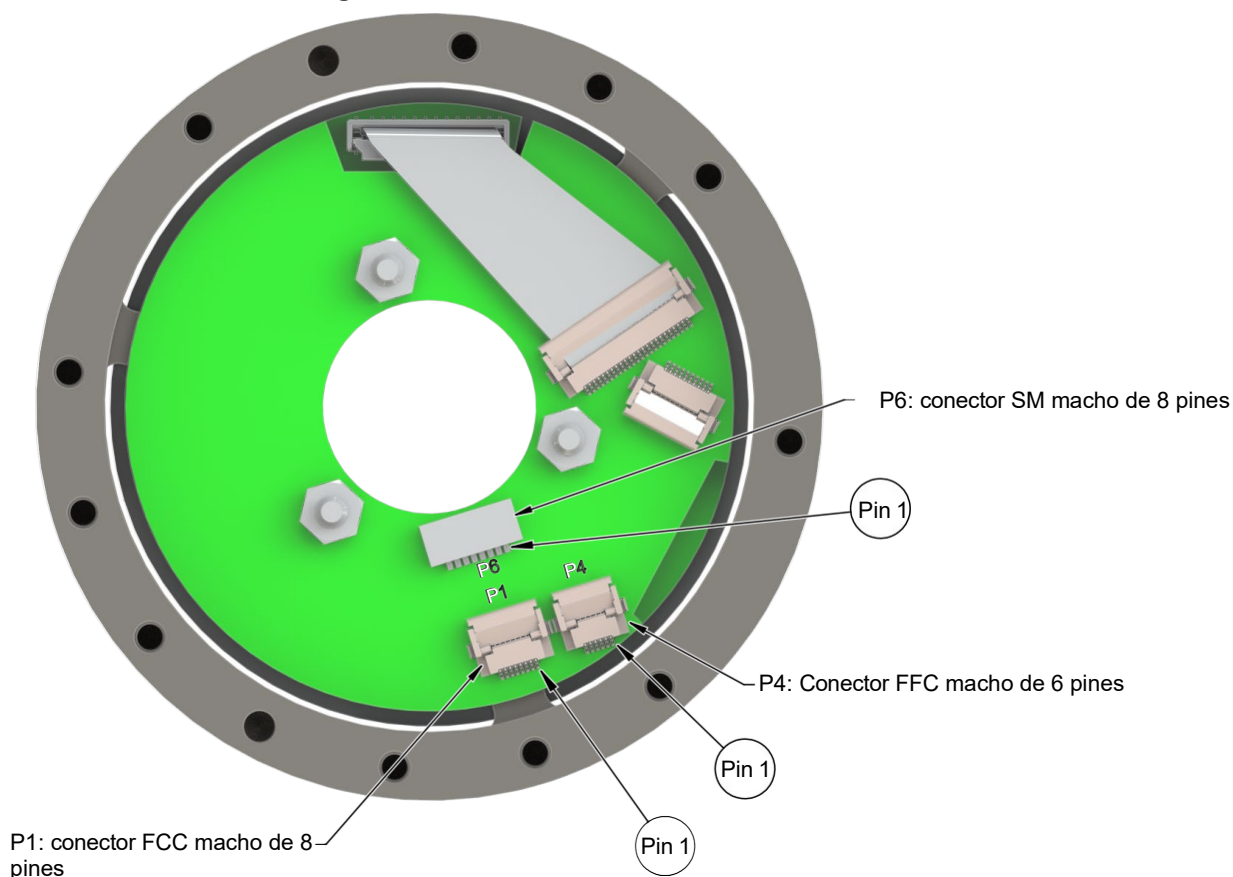


Tabla 3.2: Asignación de pines y señales de los conectores

P1: Conector FFC macho de 8 pines		P4: Conector FFC macho de 6 pines		P6: Conector SM macho de 8 pines	
Número de pin	Señal	Número de pin	Señal	Número PIN	Señal
1	SL0_VP	1	SL0_VP_Fused	1	SL0_VP
2	RS485 +	2	TX1 +	2	RS485 +
3	RS485 -	3	TX1 -	3	RS485 -
4	TX0 +	4	RX1 +	4	TX0 +
5	TX0 -	5	RX1 -	5	TX0 -
6	RX0 +	6	SL0_Tierra	6	RX0 +
7	RX0 -	N/A	N/A	7	RX0 -
8	SL0_Tierra	N/A	N/A	8	SL0_Tierra

3.2 Establecimiento de la comunicación con el sensor EtherCAT Sano

Los siguientes pasos guían al usuario a través del proceso de inicialización de la comunicación entre el sensor EtherCAT Sano y el dispositivo maestro EtherCAT del cliente. Consulte siempre el manual del software del dispositivo maestro EtherCAT para obtener las instrucciones más adecuadas para la aplicación. Si utiliza un ordenador, asegúrese de que la tarjeta de red del ordenador sea compatible con la comunicación EtherCAT mediante el software del maestro EtherCAT del cliente.

1. Conecte el sensor a los cables de EtherCAT y de alimentación (consulte [la sección 3.1 — Asignación de pines para la conexión de EtherCAT y de alimentación](#) — y el manual [9620-05-B-Sano74](#)).
2. Importe el **archivo ECAT3 Sano ESI (n.º de referencia de ATI 9031-05-1100)** que se encuentra en el sitio web de ATI.
 - Los pasos concretos para importar el archivo ESI varían en función del software y el hardware del maestro EtherCAT a disposición del cliente.
3. Configure el dispositivo maestro EtherCAT para que se comuniquen con el sensor EtherCAT.
4. En el software del maestro EtherCAT, lea los datos de calibración al iniciar el sistema mediante una lectura SDO del objeto 0x2021, el objeto de calibración (consulte [la sección 5.2.2 — Objeto 0x2021: Calibración](#)).

3.3 Configuración de la interfaz de comunicación RS485

El sensor RS485 de Sano es un dispositivo serie que se utiliza mediante programación con la aplicación del usuario.

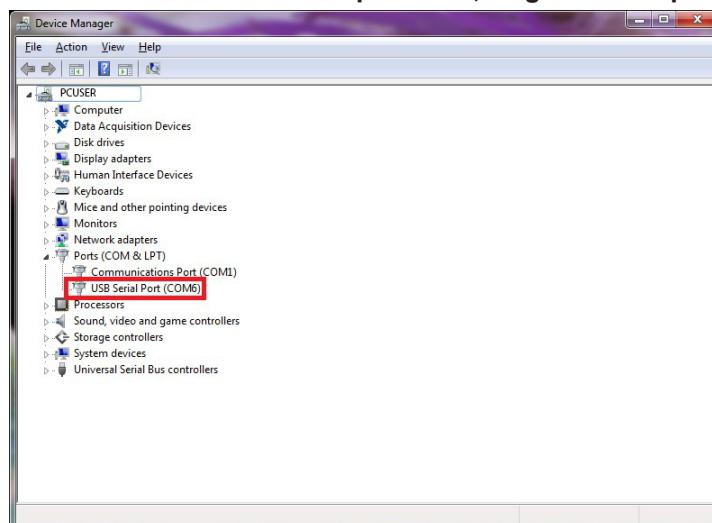
Cuando el sensor se conecta mediante un cable al dispositivo del cliente, como un ordenador personal o un robot, el ordenador le asigna un puerto COM. A continuación, mediante una consola en el ordenador, el usuario puede comunicarse con el sensor. En Internet se puede encontrar software gratuito para consolas, como PuTTY. Los comandos se tratan en [la sección 5: «Comandos serie»](#).

Para obtener instrucciones adicionales sobre cómo configurar una consola como PuTTY, consulte el siguiente procedimiento:

1. Si el dispositivo del cliente no dispone de un puerto serie RS485, utilice un dispositivo serie de otro fabricante para añadir el puerto.
2. Conecte el cable RS485 desde la configuración del sensor al puerto serie RS485.
3. Busque el puerto COM asignado al dispositivo sensor de Sano. Esto se puede hacer a través del Administrador de dispositivos.

AVISO: El nombre del dispositivo puede variar en función del nombre del puerto RS485 del ordenador o del nombre del dispositivo RS485 de otro fabricante.

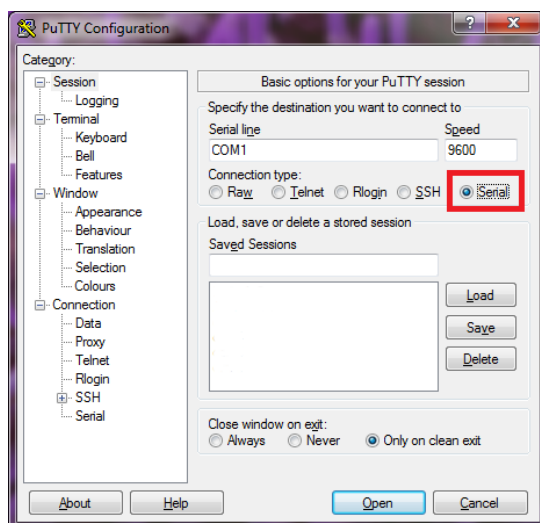
Figura 3.2: Administrador de dispositivos, asignación de puertos



4. Abre la consola, por ejemplo: PuTTY. Se abrirá una ventana que permite al usuario establecer la configuración de la sesión.

5. Establezca la configuración:
 - a. En «Tipo de conexión»: selecciona el botón de opción «Serie».

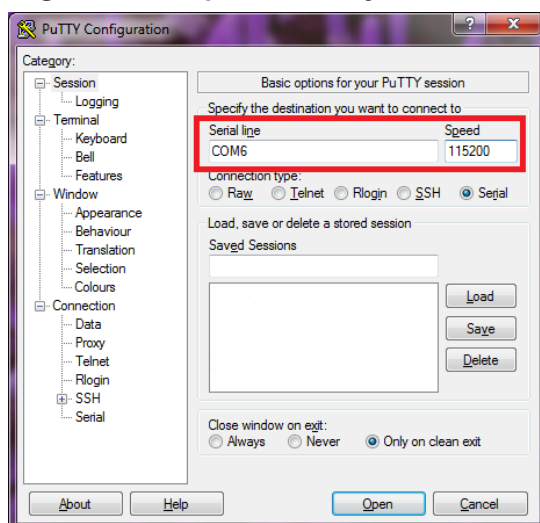
Figura 3.3: Configurar el tipo de conexión como «Serie»



- b. En el campo «Línea serie», introduce el puerto COM asignado en el paso 3.
 - c. En el campo «Velocidad», introduzca la velocidad de transmisión predeterminada de 115200 o la velocidad de transmisión que el usuario haya configurado en el sensor RS485 Sano: consulte [la sección 5.3 — Operandos CAL o SET](#).

AVISO: Si la velocidad de transmisión configurada en la consola no coincide con la del sensor RS485 Sano, la ventana del terminal de la consola se abrirá, pero no se podrán enviar comandos. La velocidad de transmisión predeterminada de fábrica es 115 200.

Figura 3.4: Configuración del puerto COM y la velocidad de transmisión

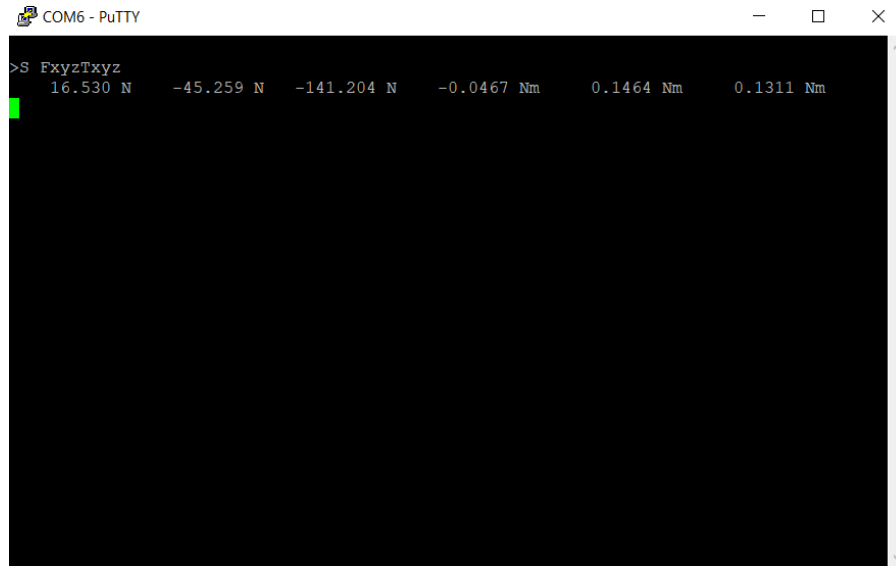


- d. Seleccione **Abrir**.

- e. Una vez que se abra la ventana de la consola, el usuario podrá empezar a introducir comandos.
- f. Una vez introducido un comando serie en la consola, pulse la tecla (Intro) para enviar el comando.

AVISO: Los comandos introducidos no distinguen entre mayúsculas y minúsculas.

Figura 3.5: Ventana de terminal de PuTTY



4. Funcionamiento

Para obtener información general sobre el funcionamiento del sensor, consulte también el manual [9620-05-B-Sano74](#).

4.1 Secuencia de autocomprobación de los LED

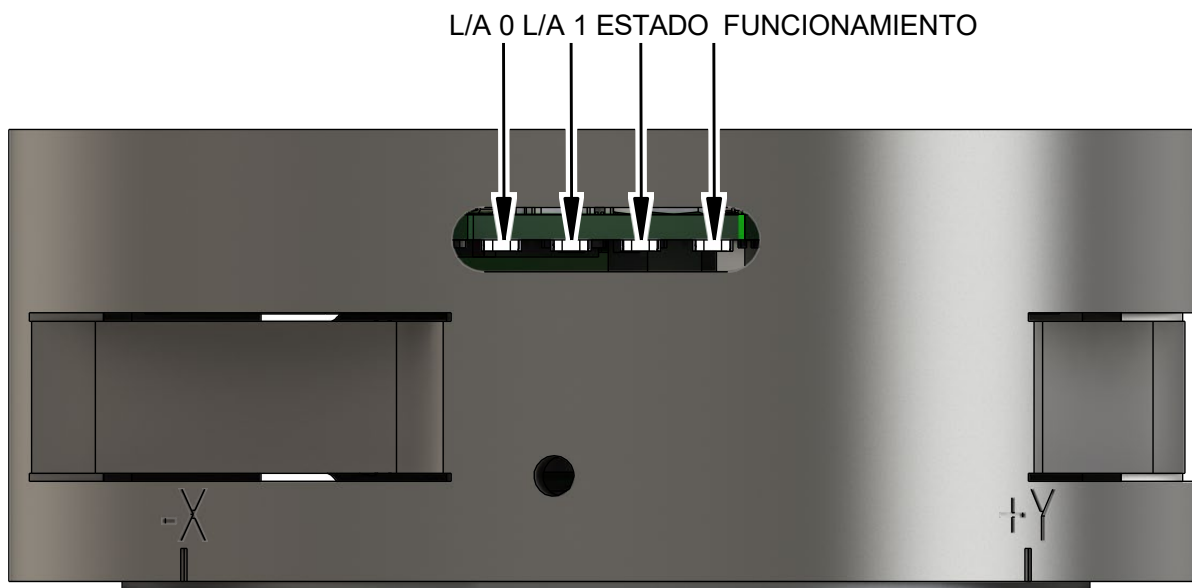
El sensor EtherCAT Sano cuenta con cuatro LED:

- (2) Enlace/Actividad de EtherCAT (L/A): L/A 0 y L/A 1
- (1) Funcionamiento
- (1) Estado

Cuando el usuario conecta la alimentación, el sensor realiza una autocomprobación, durante la cual los LED controlados por el firmware se encienden uno a uno.

Tabla 4.1 — Secuencia de autocomprobación de los LED			
Orden de la secuencia	LED	Color	Duración
0	Todo	Al encender el dispositivo, es posible que se observe cierta actividad transitoria durante unos pocos milisegundos.	
1	Todos	Apagado	En cada paso de la secuencia, el color del LED se mantiene durante aproximadamente un segundo.
2	L/A 0	Verde	
3	L/A 1	Verde	
4	Carrera	Rojo	
5	Estado	Rojo	
6	Estado	Verde	
7	Estado	Azul	
8	Todos	Apagado	

Figura 4.1: LED del sensor



4.2 LED de funcionamiento normal

4.2.1 LED de estado

Un LED indica el estado de funcionamiento del sensor de la siguiente manera:

Tabla 4.2 — LED de estado		
Color del LED	Estado	Descripción
Apagado	Sin alimentación	No se suministra alimentación al sensor.
Verde	Funcionamiento normal	La electrónica del sensor funciona y se comunica correctamente.
Naranja ¹	F/T fuera de rango	Las fuerzas y los pares aplicados al sensor superan los rangos indicados en el manual del modelo 9620-05-B-Sano74 .
Rojo parpadeando rápidamente	Error de comunicación	El sensor no puede transmitir datos a través del protocolo de comunicación.
Parpadeo rojo lento	Error de calibración	La calibración no se ha guardado en la EEPROM.
Luz roja (fija)	Error de código de estado	Para obtener más información sobre el conjunto de errores, consulte la Tabla 7.2 .
Nota:		
1. El color naranja se produce cuando están encendidos tanto el LED verde como el rojo.		

4.2.2 LED de funcionamiento

Un LED indica el estado de funcionamiento de EtherCAT de la siguiente manera:

Tabla 4.3 — LED de funcionamiento		
Color del LED	Estado	Descripción
Apagado	Sin alimentación	El sensor no recibe alimentación o se encuentra en modo solo serie.
Verde parpadearante	Preoperativo	Definido en el estándar de comunicación/protocolo establecido por el Grupo Tecnológico EtherCAT®.
Parpadeo único verde	Operativo en condiciones seguras	
Luz verde fija	En funcionamiento	
Rojo	Error	Indica cualquier error detectado por el sensor. Permanece en rojo durante cinco segundos tras cualquier error.

4.2.3 LED de EtherCAT L/A (enlace/actividad): L/A 0 y L/A 1

Dos LED indican el estado de comunicación de cada puerto EtherCAT de la siguiente manera:

Tabla 4.4 — L/A 0 y L/A 1		
Color del LED	Estado	Descripción
Apagado	Sin alimentación o sin actividad de enlace	O bien no se ha producido actividad de enlace en los últimos 5 segundos, o bien el sensor no recibe alimentación.
Verde	Actividad de enlace	Permanece en verde durante cinco segundos tras la actividad de enlace. LA0 se iluminará ante cualquier actividad en el enlace ECAT 0 o ante cualquier actividad de la consola en modo solo serie. LA1 se iluminará ante cualquier actividad en el enlace ECAT 1.

4.3 Frecuencia de muestreo F/T

El usuario puede ajustar la frecuencia de muestreo para controlar la rapidez con la que el convertidor analógico-digital (ADC) toma muestras de los datos del medidor dentro del sensor.

En la siguiente tabla se indican las frecuencias de muestreo redondeadas y exactas.

Tabla 4.5 — Frecuencia de muestreo					
Frecuencia de muestreo redondeada	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Frecuencia de muestreo exacta	488 Hz	976 Hz	1953 Hz	3906 Hz	7812 Hz

4.3.1 Frecuencia de muestreo frente a velocidad de transmisión de datos

La frecuencia de muestreo es la rapidez con la que el convertidor analógico-digital (ADC) convierte los datos analógicos de los medidores en muestras digitales. Del mismo modo, la velocidad de transmisión de datos es la rapidez con la que los datos de F/T e IMU pueden enviarse a través de la red.

En ocasiones, la velocidad de datos puede denominarse «velocidad de comunicación» o «velocidad de comunicación de datos de red»; por ejemplo, TwinCAT se refiere a ella como «tiempo de ciclo».

AVISO: Los datos de la IMU se pueden transmitir a una velocidad máxima de 400 Hz. Si la velocidad de transmisión total es superior a 400 Hz, el sensor envía la misma muestra de la IMU en varios paquetes de datos consecutivos.

Si la velocidad de transmisión de datos es mayor que la frecuencia de muestreo, el cliente observará que se envían muestras duplicadas a través de la red hasta que se lea internamente la siguiente muestra. Una velocidad de transmisión de datos mayor podría resultar útil para que el sensor envíe datos a la misma velocidad a la que lo hacen otros dispositivos del sistema del cliente. Por ejemplo: si un dispositivo de E/S discreto conectado a la misma red que el sensor Sano envía datos a 7 000 Hz, es posible que el cliente desee que el sensor Sano también envíe datos a la red a 7 000 Hz, aunque el sensor no esté necesariamente muestreando internamente a esa frecuencia.

Si la frecuencia de muestreo es mayor que la velocidad de transmisión de datos, el cliente no recibe los datos de todas las muestras internas a través de la red. Sin embargo, los filtros que estén activados funcionan basándose en la frecuencia de muestreo interna más rápida, por lo que el sensor filtra fuentes de ruido de mayor frecuencia que si el filtro funcionara a una velocidad de transmisión de datos más lenta.

4.4 Filtro de paso bajo

La configuración predeterminada al encender el dispositivo es «sin filtrado». Los usuarios pueden configurar el filtro para reducir el ruido de la señal. En la siguiente tabla se indica la frecuencia de corte normalizada (a una frecuencia de muestreo de 1 Hz) para cada coeficiente de filtro. El tiempo de subida es el tiempo que tarda el sistema, con un coeficiente de filtro determinado, en generar el 90 % de la muestra final.

Tabla 4.6 — Filtrado de paso bajo		
Coeficiente de filtro	Frecuencia de corte (porcentaje de la frecuencia de muestreo del ADC)	Tiempo de subida (muestras)
0	ninguno	1
1	11,97 %	3
2	4,66 %	8
3	2,17 %	16

4	1,04 %	34
5	0,51 %	69
6	0,26 %	140
7	0,12 %	280
8	0,07 %	561

5. Interfaz de bus EtherCAT

La interfaz de bus EtherCAT permite a los usuarios realizar las siguientes acciones:

- Leer la información de calibración activa y el número de serie
- Leer la versión del firmware
- Leer datos de F/T e IMU
- Leer los datos de las galgas extensométricas y la información de estado
- Ajustar la frecuencia de corte del filtro de paso bajo
- Aplicar un sesgo al sensor
- Cambiar la frecuencia de muestreo
- Supervisar el estado del sensor

5.1 Interfaz PDO

La interfaz PDO intercambia datos en tiempo real con el sensor F/T.

- a. Mapa TxPDO / Datos de salida
El TxPDO combina *el objeto 0x6000: Lectura de datos*, *el objeto 0x6010: Código de estado*, *el objeto 0x6020: Contador de muestras* y *el objeto 0x6050: Datos de la IMU*.
- b. Mapa RxPDO / Datos de entrada
El mapa RxPDO consta del *objeto 0x7010: Códigos de control*.

5.2 Objetos del diccionario EtherCAT (datos SDO), específicos de ATI

Los datos SDO configuran el sensor y leen los datos de fabricación y calibración. En esta sección se enumeran los objetos del diccionario específicos del sensor EtherCAT F/T, así como algunos objetos que forman parte obligatoria del estándar definido por el Grupo Tecnológico EtherCAT®. Los objetos del diccionario (tratados en esta sección) se pueden encontrar en el **archivo ECAT Sano ESI (n.º de referencia ATI 9031-05-1100)**, que está disponible para su descarga en la página web de ATI: https://www.ati-ia.com/Products/ft/software/Sano74_software.aspx.

Al utilizar algunos objetos de diccionario, es posible que el usuario necesite convertir un código de hexadecimal a binario (véase *la sección 5.2.14: «Cómo interpretar la salida hexadecimal»*).

5.2.1 Objeto 0x2020: Transformación de herramientas

Este objeto grabable contiene los siguientes campos de enteros con signo de 32 bits:

Tabla 5.1 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x2020: Transformación de herramienta				
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción	
0x01	Dx	STRING(16)	El desplazamiento a lo largo del eje x, en unidades de 0,01 unidades de longitud de calibración. Por ejemplo, si la componente de distancia del par es en metros, un valor de Dx de 100 equivale a 1 metro.	
0x02	Dy		El desplazamiento a lo largo del eje y, en unidades de 0,01 unidades de longitud de calibración.	
0x03	Dz		El desplazamiento a lo largo del eje z, en unidades de 0,01 unidades de longitud de calibración.	
0x04	Rx		La rotación alrededor del eje X, en unidades de 0,1 grados; por ejemplo, un valor de Rx de 900 equivale a 90 grados.	
0x05	Ry		La rotación alrededor del eje Y, en unidades de 0,1 grados.	
0x06	Rz		La rotación alrededor del eje Z, en unidades de 0,1 grados.	
0x07	ttDistUnits	USINT	Valor	Unidad
			0	pulgadas
			1	pies
			2	mm
			3	cm
			4	m
0x08	ttAngUnits		Valor	Unidad
			0	grados
			1	radianes
0x09	Confirmar			Se utiliza para enviar el comando.

5.2.2 Objeto 0x2021: Calibración

Este objeto de solo lectura contiene información sobre la calibración actualmente activa seleccionada mediante el campo «Selección de calibración» de [la sección 5.2.13 — Objeto 0x7010: Códigos de control](#). Este objeto contiene los siguientes campos:

Tabla 5.2 — Índice de objeto (hex) 0x2021: Calibración				
Subíndice		Nombre	Tipo	Descripción
1.	01	Número de serie FT	STRING(8)	El número de serie de F/T, p. ej., «FT01234». ¹

Notas:

1. Este campo identifica un sensor concreto. Un sensor puede tener más de un número de serie de calibración FTxxxxx; cada número de serie de calibración F/T identifica una calibración independiente. No hay dos sensores que compartan un mismo número de serie de calibración F/T.
2. Este campo identifica la calibración. Para conocer los rangos de detección, consulte el manual [9620-05-B-Sano74](#).
3. Cuando se enciende, el sensor registra los valores máximos detectados en cualquier eje individual. Si el sensor detecta valores máximos históricos superiores a los valores predeterminados de fábrica de ATI, significa que se ha sobrecargado el sensor más allá del rango de detección calibrado previsto.

Tabla 5.2 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x2021: Calibración					
Subíndice		Nombre	Tipo	Descripción	
2.	02	Número de pieza de calibración	STRING(30)	El número de referencia de calibración p. ej., «SI-130-13.4». ²	
3.	03	Familia de calibración	STRING(8)	Siempre muestra «ECAT».	
4.	04	Tiempo de calibración	STRING(30)	La fecha en la que se calibró el sensor.	
5. a 40.	05 a 28	Reservado	Reservado		
41	29	Unidades de la Fuerza	USINT	Valor	Unidad
				0	Lbf
				1	N
				2	Klbf
				3	kN
				4	kg
42.	2A	Unidades de par	USINT	Valor	Unidad
				0	lbf-in
				1	lbf-ft
				2	Nm
				3	Nmm
				4	kgf-cm
				5	kNm
43,	2B	Recuento máximo de Fx	DINT	El valor nominal máximo para este eje, en recuentos.	
44.	2C	Recuento máximo de Fy			
45.	2D	Recuento máximo de Fz			
46.	2E	Recuento máximo de transmisiones			
47.	2F	Número máximo de tipos			
48.	30	Recuento máximo de Tz			
49.	31	Recuentos por fuerza	DINT	Los recuentos de calibración por unidad de fuerza.	
50.	32	Recuentos por par	DINT	La calibración se realiza en recuentos por unidad de par.	
51. a 66.	33 a 42	Reservado	Reservado		
Notas:					
1. Este campo identifica un sensor concreto. Un sensor puede tener más de un número de serie de calibración FTxxxx; cada número de serie de calibración F/T identifica una calibración independiente. No hay dos sensores que compartan un mismo número de serie de calibración F/T.					
2. Este campo identifica la calibración. Para conocer los rangos de detección, consulte el manual 9620-05-B-Sano74 .					
3. Al encenderse, el sensor registra los valores máximos detectados en cualquier eje individual. Si el sensor detecta valores máximos históricos superiores a los valores predeterminados de fábrica de ATI, significa que el sensor ha sido sometido a una carga que supera el rango de detección calibrado previsto.					

Tabla 5.2— Índice de objeto (hexadecimal) 0x2021: Subíndice de calibración				
Subíndice		Nombre	Tipo	Descripción
67.	43	PeakLoadsPosFx ³	DINT	Cargas máximas ³ Positivas. Cargas máximas positivas de F/T de todos los tiempos, expresadas en recuentos.
68.	44	PeakLoadsPosFy ³		
69.	45	Cargas máximas en la dirección Fz ³		
70.	46	Cargas máximas en la posición Tx ³		
71.	47	PeakLoadsPosTy ³		
72.	48	PeakLoadsPosTz ³		
73.	49	PeakLoadsNegFx ³	DINT	Cargas máximas ³ Negativas. Cifras de picos históricos de cargas F/T negativas.
74.	4A	PeakLoadsNegFy ³		
75.	4B	Cargas máximas en Fz negativo ³		
76.	4C	Cargas máximas negativas de transmisión ³		
77.	4D	Cargas máximas de transmisión negativa ³		
78.	4E	PeakLoadsNegTz ³		
79. a 106.	4F a 6A	Reservado		
107	6B	Número máximo de Fx ER	UINT32	Valor de rango ampliado para Fx en recuentos FT
108	6C	Recuento máximo de Fy (ER)		Valor de rango ampliado para Fy en recuentos FT
109	6D	Recuento máximo de Fz (ER)		Valor de rango ampliado para Fz en recuentos FT
110	6E	Recuento máximo de Tx en ER		Valor de rango ampliado para Tx en recuentos FT
111	6F	Recuento máximo de Ty en ER		Valor de rango ampliado para Ty en recuentos FT
112	70	Recuento máximo de Tz en rango ampliado		Valor de rango ampliado para Tz en recuentos FT
113	71	ftOorCountMr		Número de veces que la unidad ha superado el rango de detección normal.
114	72	ftOorCountEr	Número de veces que la unidad ha superado el rango de detección ampliado.	

Notas:

1. Este campo identifica un sensor concreto. Un sensor puede tener más de un número de serie de calibración FTxxxxx; cada número de serie de calibración F/T identifica una calibración independiente. No hay dos sensores que compartan un mismo número de serie de calibración F/T.
2. Este campo identifica la calibración. Para los rangos de detección, consulte el manual [9620-05-B-Sano74](#).
3. Al encenderse, el sensor registra los valores máximos detectados en cualquier eje individual. Si el sensor detecta valores máximos históricos superiores a los valores predeterminados de fábrica de ATI, significa que el sensor ha sido sometido a una carga que supera el rango de detección calibrado previsto.

5.2.3 Objeto 0x2023: Consola a través de EtherCAT

Este objeto permite que el sistema se comuniquen con una consola de interfaz serie. Para obtener información sobre los comandos de la consola serie, consulte la [Sección 6: Comandos de consola a través de la conexión serie](#).

Tabla 5.3 — Índice de objetos (hexadecimal) 0x2080: Lecturas de diagnóstico			
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción
0x01	Comando	STRING(100)	Se envía un comando a la consola.
0x02	Respuesta	CADENA(100)	Se muestra una respuesta en la consola.
0x03	Confirmar	UNIT16	Escribe «1» para activar el comando.

5.2.4 Objeto 0x2060: Condiciones de monitorización

Este objeto de lectura y escritura configura un eje, un valor umbral y una dirección para evaluar continuamente los datos F/T actuales. Habilite y restablezca la condición de monitorización en [el objeto 0x7010: Códigos de control](#). Si se produce una condición de monitorización, se activa el bit de estado 16 ([Sección 5.2.8 — Objeto 0x6010: Código de estado](#)). En este objeto están disponibles los siguientes campos:

Tabla 5.4 — Índice de objetos (hexadecimal) 0x2080: Lecturas de diagnóstico				
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción	
0x01	Valor umbral	DINT	El valor umbral de F/T con el que se va a comparar, en recuentos.	
0x02	Eje	USINT	Valor	Eje
			0	Fx
			1	Fy
			2	Fz
			3	Tx
			4	Ty
			5	Tz
0x03	CompareGreaterThan	BOOL	Si es TRUE, la condición de monitorización es verdadera cuando el eje seleccionado es mayor que el valor umbral seleccionado. Si es FALSE, la condición de monitorización es verdadera cuando el eje seleccionado es menor que el valor umbral seleccionado.	
0x04	Confirmar	UNIT16	Escriba «123» aquí para aplicar los cambios	

5.2.5 Objeto 0x2080: Lecturas de diagnóstico

Este objeto de solo lectura proporciona información de diagnóstico. En este objeto están disponibles los siguientes campos:

Tabla 5.5 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x2080: Lecturas de diagnóstico			
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción
0x01	Tensión de alimentación	UINT16	La tensión de la fuente de alimentación externa multiplicada por 10.
0x02	Temperatura de la placa de circuito impreso	INT16	La temperatura de la placa del sensor en °C multiplicada por 10.
0x03	Mensaje de estado	STRING(40)	Mensaje de error con código de estado de prioridad (consulte la Tabla 5.6)
0x04	Temperatura del TAP	INT16	La temperatura del TAP en °C multiplicada por 10.
0x05	Temperatura del lado de montaje	INT16	La temperatura del lado de montaje en °C × 10.

Si se produce un error, se muestra un mensaje de texto en el subíndice 0x03 de SDO-0x2080. Si hay más de un

Si se produce un error, se muestra el mensaje de texto correspondiente al error de mayor prioridad de la siguiente tabla.

Tabla 5.6 — Mensajes de estado de los errores en las lecturas de diagnóstico	
Prioridad	Mensajes de error de texto
1	Tensión de alimentación fuera de rango
2	Temperatura del medidor fuera de rango
3	Error en la suma de comprobación de la calibración
4	Sensor(es) desconectado(s): <lista>
5	Sensor(es) fuera de rango: <lista>
6	F/T fuera de rango
7	Error de hardware o de pila
8	Error simulado
9	Condición del monitor 0
10	Error (sin especificar)
11	Sin errores de código de estado

5.2.6 Objeto 0x2090: Versión

Este objeto de solo lectura proporciona información sobre la versión del firmware. En este objeto están disponibles los siguientes campos:

Tabla 5.7 — Índice de objeto (hex) 0x2090: Versión			
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción
0x01	Principal	UINT16	Versión principal
0x02	Secundaria	UINT16	Versión secundaria
0x03	Revisión	UINT16	Revisión
0x04	Versión del cargador de arranque	UINT32	Versión del cargador de arranque
0x05	sensorHwVer	UINT16	Versión de hardware del sensor
0x06	sensorInstrument	UINT16	Datos internos de fabricación

5.2.7 Objeto 0x6000: Lectura de datos

Este objeto de solo lectura representa los datos actuales de fuerza y par y se asigna a los datos de entrada del TxPDO. En este objeto se encuentran los siguientes campos:

Tabla 5.8 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x6000: Lectura de datos			
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción
0x01	Fx	DINT	Estos campos contienen los datos resueltos de la transformada de Fourier (F/T), en recuentos. Para que los datos de fuerza estén en unidades, divide los valores de recuento de fuerza entre los recuentos por campo de fuerza del objeto de calibración. Para que los datos de par estén en unidades, divide los valores de recuento de par por el número de recuentos por campo de par del objeto de calibración.
0x02	Fy		
0x03	Fz		
0x04	Tx		
0x05	Ty		
0x06	Tz		

5.2.8 Objeto 0x6010: Código de estado

Este objeto contiene un único valor DINT (en el subíndice 0). Consulte [la sección 7.2: Código de estado](#).

5.2.9 Objeto 0x6020: Contador de muestras

Este objeto contiene un único entero sin signo de 32 bits (UDINT) en el subíndice 0, que se incrementa en uno cada vez que se lee un conjunto completo de datos del medidor. Este número pasa de 4 294 967 295 ($2^{32}-1$) a 0 sin que se produzca ningún error. El contador de muestras se pone a cero durante el encendido.

5.2.10 Objeto 0x6030: Datos del medidor

Este objeto de solo lectura lee los últimos datos brutos del medidor.

Tabla 5.9 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x6030: Datos de medición sin procesar y sin sesgo			
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción
0x01	Medidor 0		
0x02	Medidor 1		

0x03	Medidor 2	DINT	Estos campos contienen los datos del medidor de 32 bits.
0x04	Calibre 3		
0x05	Calibre 4		
0x06	Calibre 5		
0x07	Calibre 6		
0x08	Calibre 7		

5.2.11 Objeto 0x6050: Datos de la IMU

Este objeto de solo lectura contiene seis enteros con signo de 16 bits que recogen los últimos datos del acelerómetro y del giroscopio.

Los datos resueltos pueden extraerse de los recuentos utilizando la fórmula:

$$\text{Resolved data} = \text{counts} \times 2^{-q}$$

donde q es el punto Q de esos datos.

Tabla 5.10—Índice de objeto (hex) 0x6030: Datos brutos sin sesgo del medidor			
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción
0x01	CalAccelX	INT16	Estos campos contienen los datos sin procesar de 16 bits en recuentos. Qpoint = 8, valor escalado en m/s ² .
0x02	CalAccelY		
0x03	CalAccelZ		
0x04	CalGyroX	INT16	Estos campos contienen los datos brutos del giroscopio de 16 bits expresados en recuentos. Qpoint = 9, valor escalado en rad/s.
0x05	CalGyroY		
0x06	CalGyroZ		

5.2.12 Procedimiento de comprobación de la precisión de la IMU

La IMU incorpora una función de comprobación automática de la precisión, que supervisa la salida del acelerómetro y del giroscopio. Las salidas correspondientes se describen en [la Tabla 5.11](#).

Tabla 5.11 — Asignación de bits de precisión de la IMU	
Descripción	Bits
Nivel de precisión de la aceleración lineal	76
Nivel de precisión del acelerómetro	54
Nivel de precisión del giroscopio	32

La precisión de los datos de la IMU se comunica al usuario final con las siguientes definiciones:

Tabla 5.12: Máscara de nivel de precisión de la IMU		
Descripción	Valor binario	Valor decimal
Poco fiable	00	0
Precisión baja	01	1
Precisión media	10	2
Precisión alta	11	3

Aunque es el usuario final quien debe decidir el nivel exacto de precisión que requiere una aplicación, las especificaciones de la ficha técnica corresponden al funcionamiento del sensor en un estado de alta precisión. Si el nivel de precisión actual indicado es inferior al deseado por el usuario final, se puede realizar un procedimiento de calibración tal y como se describe en el manual [9620-05-B-Sano74](#).

Consultando [la Tabla 5.11](#) y [la Tabla 5.12](#), el usuario puede relacionar la salida binaria con un nivel de precisión. Por ejemplo, si la salida binaria fuera 0010 0100, indicaría que el acelerómetro lineal (00) no es fiable, que el acelerómetro (10) tiene una precisión media y que el giroscopio (01) tiene una precisión baja.

5.2.13 Objeto 0x7010: Códigos de control

Este objeto se asigna al RxPDO para el control en tiempo real del sistema F/T.

Tabla 5.13 — Índice de objetos (hexadecimal) 0x7010: Códigos de control				
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción	
			Bit	Función
0x01	Control1	DINT	0	1 = Ajustar el sesgo (tara) en función de la carga actual 0 = Dejar el sesgo sin cambios ¹
			1	Borrar la condición de monitorización 0: 1 = Borrar 0 = No realizar ninguna acción
			2	1 = Borrar sesgo 0 = No modificar el sesgo
			3	1 = Mostrar los medidores 0-5 en PDO 0 = Salida F/T en PDO
			4-7	Selección de filtro. Consulte la sección 4.4: Filtro de .
			8-11	Calibración activa: 0 = Utilizar la calibración de la ranura 0 1 = Utilizar la calibración de la ranura 1 2 = Utilizar la calibración de la ranura 2 El resto de valores están reservados.
			12-15	Frecuencia de muestreo: 0 = 500 Hz 1 = 1000 Hz 2 = 2000 Hz 3 = 4000 Hz 4 = 8000 Hz Todos los demás valores están reservados.
			manual 16	Función de guardado de la calibración de la IMU: Una vez que el usuario haya completado el tal y como se describe en <i>la sección 3.5—Procedimiento de calibración dinámica de la IMU</i> de la manual 9620-05-B-Sano74 —, las deben guardarse en la memoria para que sean se mantiene tras los ciclos de encendido y apagado. El comando se envía a la IMU en cada flanco ascendente de este bit.
			17-19	Reservado
20-23			Selección de la ganancia del acelerómetro de la IMU. Consulte la sección 5.2.13.1: «Acelerómetro y giroscopio	
			Valor	Ganancia
			0	Último valor de ganancia

					establecido ¹
				1	2 g
				2	4 g
				3	8 g
				4	16 g

Tabla 5.13—Índice de objetos (hexadecimal) 0x7010: Códigos de control					
Subíndice	Nombre	Tipo	Descripción		
0x01	Control1	DINT	24-27	Selección de ganancia del giroscopio de la IMU. Este valor se mantendrá en 5, ya que 2000 grados por segundo (DPS) es la única selección de ganancia permitida para el giroscopio. Consulte la sección 5.2.13.1: Acelerómetro y giroscopio de la IMU	
				Valor	Ganancia
				5	2000 DPS
			28-31	Reservado	
			Bit	Función	
0x02	Control 2	DINT	0	Habilitar la comprobación de la condición 0 del monitor	
			1-30	Reservado	
			31	Control de errores simulados	

Notas:

1.

El 0 representa un valor por defecto, que se restablece cada vez que se establece una nueva ganancia. Por ejemplo, si el usuario ajusta la ganancia del acelerómetro a 2 g, el 0 representará entonces 2 g hasta que se vuelva a cambiar la ganancia.

5.2.13.1 Acelerómetro y giroscopio de la IMU

AVISO: Antes de transmitir o configurar los datos de la IMU, el usuario debe realizar una calibración de la IMU tal y como se describe en [la sección 3.5 — «Procedimiento de calibración dinámica de la S](#)

El acelerómetro y el giroscopio de la IMU del Sano74 se pueden configurar mediante los bits 20-27. El usuario tiene a su disposición las cuatro combinaciones siguientes, descritas en [la Tabla 5.14](#). Cualquier otra combinación de selecciones de ganancia del acelerómetro y el giroscopio dará lugar a un error.

Tabla 5.14: Configuraciones permitidas de la IMU	
Ganancia del acelerómetro	Ganancia del giroscopio
2 g	2000 DPS
4 g	2000 DPS
8 g	2000 DPS
16 g	2000 DPS

Para transmitir datos de la IMU, consulte [la sección 5.2.11: Objeto 0x6050: Datos de la IMU](#).

5.2.14 Objetos de comunicación EtherCAT

La estructura de estos objetos 0x1000 la define el EtherCAT Technology Group. ATI no utiliza todos los campos.

5.2.14.1 Objeto 0x1000: Tipo de dispositivo

Este objeto de solo lectura describe el tipo de dispositivo EtherCAT.

Tabla 5.15 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x1000: Tipo de dispositivo			
Tipo	Descripción	Valor por defecto (hexadecimal)	Valor por defecto (decimal)
UDINT	Categoría de dispositivo EtherCAT en la que se clasifica el ATI EtherCAT Sano.	0x00000192	402

5.2.14.2 Objeto 0x1008: Nombre del dispositivo

Este objeto de solo lectura describe el nombre del dispositivo. El EtherCAT®Technology Group define la estructura de este objeto, pero lo deja como opcional. ATI programa un nombre por defecto, y este nombre puede cambiar. ATI puede ofrecer asistencia a los usuarios que deseen modificar este campo. En ocasiones, los usuarios pueden querer cambiar este campo para poder personalizar el sensor de ATI como parte de su sistema.

Tabla 5.16 — Índice de objeto (hex) 0x1008: Nombre del dispositivo		
Tipo	Descripción	Valor por defecto (cadena)
STRING	El nombre del dispositivo como cadena no terminada en cero. No se debe utilizar para la identificación del producto. ¹	«ATI Sano74 F/T Sensor»
Nota: 1. Dado que este campo puede cambiar, no lo utilice para la identificación del producto. Para conocer los campos que pueden utilizarse para la identificación del producto, consulte la sección 5.2.14.3 — Objeto 0x1018: Identidad .		

5.2.14.3 Objeto 0x1018: Identidad

Este objeto de solo lectura contiene información sobre el dispositivo EtherCAT conectado (en este caso, el sensor ATI EtherCAT Sano). El EtherCAT®Technology Group define la estructura de este objeto, y ATI define los valores para cada producto ATI. ATI puede ofrecer asistencia a los usuarios que deseen modificar este campo. En ocasiones, los usuarios pueden querer modificar este campo para poder personalizar el sensor ATI como parte de su sistema.

Tabla 5.17 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x1018: Objeto de identidad					
Subíndice (hexad ecimal)	Nombre	Funcionalidad	Tipo	Valor por defecto (hexadecim al)	Valor por defecto (decimal)
0x01	ID de provee dor	Este número de identificación del proveedor es asignado de forma exclusiva a ATI por EtherCAT®Technology Group. ¹	UDINT	0x00000732	1842
0x02	Código de producto	Este código de producto es asignado de forma exclusiva por ATI a los sensores EtherCAT de Sano. ²	UDINT	0x26483053	642265171
0x03	Número de revisión	Este campo está sujeto a cambios y no debe utilizarse con fines de identificación. ³	UDINT	N/A	
0x04	Número de serie	Este campo está sujeto a cambios y no debe utilizarse con fines de identificación. ⁴			

Nota:

- Dado que este campo no varía entre los productos ATI, utilice el ID del fabricante para identificar el producto.
- En el caso de los sensores EtherCAT de Sano, este campo no varía y puede utilizarse para la identificación del producto.
- Para identificar el modelo de un sensor y el tamaño de calibración, consulte [la sección 5.2.2 — Objeto 0x2021: Calibración](#), subíndice 0x02 (número de referencia de calibración).
- Para identificar un sensor concreto, consulte [la sección 5.2.2 — Objeto 0x2021: Calibración](#), subíndice 0x01 (F/T en serie).

5.2.14.4 Objetos EtherCAT no utilizados

El Grupo de Tecnología EtherCAT® define la estructura de estos objetos, pero los deja como opcionales. Actualmente, ATI no utiliza estos campos. En su lugar, la información se incluye en [la sección 5.2 — Objetos del diccionario EtherCAT \(datos SDO\), específicos de ATI](#). Para saber a qué objetos de ATI se debe hacer referencia, consulte la siguiente tabla:

Tabla 5.18 — Objetos EtherCAT no utilizados					
Índice del objeto (hexa decimal)	Nombre del objeto	Tipo	Referencia cruzada a los objetos del área específica de ATI	Valor por defecto (hexadecimal)	Valor por defecto (decimal)
0x1001	Registro de errores	USINT	Para supervisar el código de estado del sensor F/T, consulte la sección 5.2.8 — Objeto 0x6010: Código de estado .	0x00	0
0x1009	Versión de hardware	CADENA	Para consultar la versión de hardware del sensor F/T, véase la sección 5.2.6 — Objeto 0x2090: Versión .	N/A	
0x100A	Versión de software	CADENA	Para consultar la versión del software del sensor, véase la sección 5.2.6 — Objeto 0x2090: Versión .		

5.3 Conversión de datos de fuerza y par de recuentos a unidades

Al recibir cada muestra PDO en tiempo real, divida los valores de recuento de fuerza y par por los valores de recuentos por fuerza y recuentos por par de [la sección 5.2.2 — Objeto 0x2021: Calibración](#) — para calcular los valores de las unidades de fuerza y par.

Notas importantes sobre las unidades:

- Los usuarios finales pueden seleccionar y configurar las unidades de F/T en el objeto de calibración.
- Para unidades diferentes, el software del dispositivo maestro EtherCAT puede ajustar los valores de recuentos por fuerza y recuentos por par, de modo que las unidades resultantes sean las deseadas por el usuario final.

Por ejemplo, la calibración arroja un resultado de 1 000 000 de recuentos por newton (N). Para convertir el resultado en

Para calcular los contadores por libra-fuerza (lbf), sigue este cálculo:

$$\frac{1,000,000 \text{ counts}}{1 \text{ N}} \times \frac{4.4482222 \text{ N}}{1 \text{ lbf}} = 4,448,222 \text{ counts/lbf}$$

6. Comandos de consola a través de serie

Estos comandos de consola se pueden utilizar para ver el estado y los parámetros del sensor, así como para ajustar su configuración. Para configurar una consola serie, consulte [la sección 3.2: «Configuración de la interfaz de comunicación RS485»](#).

6.1 Resumen de comandos

Tabla 6.1 — Comandos de consola			
Comando	Operandos	Descripción	Lectura/escribitura de usuario
HELP	(ninguno)	Este comando muestra una lista de los comandos principales y la versión del software.	Lectura
H			
MAN			
?			
BIAS	(ninguno)	Muestra el estado actual del sesgo del sensor.	Leer
	en	Activa la función de polarización y ajusta la salida F/T a 0.	Escribir
	desactivar	Desactiva la función de polarización y borra el bit de polarización.	
	Valores	Activa la función de polarización con los valores definidos por el usuario.	
PEAK	(ninguno)	Muestra los valores F/T más altos y más bajos, en unidades, registrados durante un periodo de tiempo determinado y desde el último comando de reinicio de picos enviado.	Lectura
	C	Muestra los valores F/T más altos y más bajos en recuentos que se han registrado durante un periodo de funcionamiento y desde que se envió el último comando de reinicio de picos.	Lectura
	RESET	Restablece los valores actuales de F/T a los valores predeterminados.	Escribir
C	(ninguno)	Un comando de consulta inicia la transmisión a alta velocidad de datos F/T. Este comando muestra líneas continuas de datos F/T por unidades hasta que el usuario final pulse otra tecla, como «Intro». Los datos se transmiten a la velocidad especificada en rdtRate.	Lectura
	Sección 6.2: Operandos del comando de consulta (C o S)	Imprime datos de medidor, F/T o IMU especificados por el usuario en modo continuo.	Lectura
	(ninguno)	Un comando de consulta inicia la transmisión a alta velocidad de datos F/T. Este comando muestra una sola línea de datos F/T en unidades.	Lectura

S	<i>Sección 6.2: Operandos del comando de consulta (C o S)</i>	Muestra los datos de medidor, F/T o IMU especificados por el usuario en una sola línea.	Leer
SET	(ninguno)	Imprime todos los ajustes o valores. Véase <i>la sección 6.3: Comando «Set»</i>	Leer
	[nombre del campo]	Muestra el valor establecido para un campo concreto introducido por el usuario.	Leer
	[nombre del campo] [valor]	Establece el campo de configuración específico con el valor introducido.	Escribir

Tabla 6.1: Comandos de la consola			
Comando	Operandos	Descripción	Lectura/escritura de usuario
SIMERR	(ninguno)	Indica si la función de error simulado está activada o desactivada. Este comando hace referencia al bit 28 de la Tabla 7.2 . El comando de error simulado resulta útil para aquellos clientes que necesitan probar sus rutinas de gestión de errores. Cuando se produce un error simulado, se enciende el LED de estado «rojo»; consulte la Sección 4.2.1 — LED de estado .	Lectura
	ON	Activa la función de error simulado.	Escritura
	OFF	Desactiva la función de error simulado.	Escritura
RESET	(ninguno)	Configura el procesador o la MCU del sensor. Muestra un informe de estado del procesador.	Lectura/Escritura
SAVEALL	(ninguno)	Este comando guarda todos los parámetros y valores en la memoria del sensor (NVM).	Escritura
ESTADO	(ninguno)	Este comando muestra un informe sobre el estado actual del hardware del sensor. Si existe algún problema subyacente en el sensor, el usuario final puede enviar esta información a ATI para su resolución.	Leer
VER	(ninguno)	El comando «view calibration» muestra todas las propiedades del sensor: rango de calibración, unidades, fecha y familia.	Lectura
	0	Muestra las propiedades de la calibración 0.	
	1	Muestra las propiedades de la calibración 1.	
	2	Imprime las propiedades de la calibración 2	
	A	Muestra las propiedades de la calibración activa.	
DIAG	(ninguna)	Imprime un informe de diagnóstico que incluye lecturas de F/T en unidades, lecturas del manómetro, código de estado, temperatura, información de calibración activa, la velocidad de transmisión actual, el filtro actual, la frecuencia de muestreo actual y los datos de picos persistentes.	Leer
SYSVER	(ninguno)	Muestra la versión del firmware.	Lectura
WHOAMI	(ninguna)	Muestra la fuente de entrada de la consola.	Lectura
IMUSave	(ninguna)	Guarda los datos de calibración de la IMU siguiendo el procedimiento descrito en el manual 9620-05-B-Sano74	Escritura
ACCLCAL	2g	Establece el rango de detección del acelerómetro de la IMU entre +/- 2 g y el del giroscopio en 2000 DPS. Consulte la sección 6.4: Datos de la IMU	Escritura
	4 g	Establece el rango de detección del acelerómetro de la IMU entre +/- 4 g y el del giroscopio en 2000 DPS	

	8 g	Establece el rango de detección del acelerómetro de la IMU entre +/- 8 g y el del giroscopio en 2000 DPS	
	16 g	Establece el rango de detección del acelerómetro de la IMU entre +/- 16 g y el del giroscopio en 2000 DPS	
MC	(ninguno)	Muestra todas las condiciones del monitor.	Lectura

6.2 Operandos para el comando de consulta (C o S)

El tipo de datos que se obtienen mediante el comando de consulta se puede ajustar utilizando operandos. Esta función resulta útil para los usuarios que deseen desarrollar su propio programa para almacenar los datos en un archivo externo o visualizarlos en forma de gráficos. En la siguiente tabla se incluye una lista de operandos.

Si se ejecuta un comando de consulta sin operandos, en la salida de datos se utilizan los operandos del comando de consulta anterior. El especificador predeterminado al encender el sistema es el siguiente: FXYZTXYZ.

Tabla 6.2 — Operandos para los comandos de consulta		
Categoría	Operando	Notas
Número(s) de medidor	0	Los valores de los calibres se imprimen únicamente en recuentos. Se pueden indicar tantos números de calibre como se desee, o tan solo uno.
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
Eje	x	El usuario puede elegir entre visualizar los datos de fuerza y par en los ejes x, y y z. El valor de salida puede mostrarse en recuentos de F/T o en unidades de ingeniería. Los recuentos se convierten a unidades mediante escalado o dividiendo el valor del recuento por los campos <i>cpf</i> o <i>cpt</i> de la Tabla 5.3 — Comandos de configuración .
	y	
	z	
Fuerza y/o par	f	Se muestran los datos de fuerza XYZM.
	t	Se muestran los datos de par XYZM.
Temperatura	i	Indica la temperatura en el lado de montaje del sensor. Se muestra en grados Celsius.
	j	Indica la temperatura del lado de la herramienta del sensor. Se muestra en grados Celsius.
Magnitud	m	Los datos de fuerza o par se muestran como la magnitud de los componentes del vector en los ejes x, y y z. El valor de salida puede mostrarse en recuentos F/T o en unidades de ingeniería. Los recuentos se convierten a unidades mediante escalado o dividiendo el valor del recuento por los campos <i>cpf</i> o <i>cpt</i> de la Tabla 5.3 — Comandos de configuración .
Recuentos o unidades	c	Los datos XYZM se muestran en recuentos.
	u	Los datos XYZM se muestran con las unidades de usuario seleccionadas, por ejemplo: N o Nm. Las unidades son la configuración predeterminada.
Sistema numérico	h	Los datos se muestran como un número hexadecimal. Cualquier dato que se muestre en unidades impresas siempre se muestra como un número decimal por defecto.
	d	Los datos se muestran como un número decimal.
Formato	>	Los datos se muestran en un formato legible para el usuario, por ejemplo: columnas alineadas. > es la configuración predeterminada.
	<	Los datos se muestran en un formato comprimido que no incluye ceros iniciales, ceros finales ni espacios en blanco innecesarios. Este formato está pensado para aplicaciones de alta velocidad que se utilizan en entornos automatizados.

Entradas adicionales para facilitar el desarrollo de un programa	s	Esta entrada especifica un CRC.
	#	Esta entrada especifica un contador de muestras que se incrementa cada vez que que se imprima una línea C o S.
	@	Esta entrada especifica un contador de lecturas del ADC que se incrementa cada vez que se lee el ADC.
	\$	\$ es una etiqueta de especificador «long» que indica el especificador de la IMU. Consulte la sección 6.4 — Datos de la IMU
Solución de problemas	!	Este comando especifica el código de estado de 32 bits. Consulte la Tabla 7.2

A continuación se muestran ejemplos de un comando *C* o *S* con especificadores:

1. *C XTY* se interpreta como:

usuario: *c xty*
respuesta: 0,001 N 0,0009 Nm

- La *C* es un comando para enviar líneas continuas de datos.
- La *X* indica que se imprima F_x , ya que «force» es el valor por defecto.
- La *T* especifica que se impriman los pares siempre que aparezca una *x*, *y*, *z* o *m* a partir de ahora (en esta línea).
- La *Y* especifica que se imprima T_y .

2. *C TXY* se interpreta como:

usuario: *c txy*
respuesta: 0,0009 Nm 0,0009 Nm

- La *C* es un comando para generar líneas continuas de datos.
- La *T* especifica que se impriman los pares cada vez que aparezca una *x*, *y*, *z* o *m* a partir de ahora (en esta línea).
- La *X* especifica que se imprima T_x .
- La *Y* especifica que se imprima T_y .

3. *S D0123* se interpreta como:

usuario: *s d01234567*
respuesta: 246123 245592 246707 246029

- La *S* es un comando para enviar una sola línea de datos.
- La letra *D* especifica que se impriman los valores ADC sin procesar en recuentos decimales.
- Un número del 0 al 7 indica que se deben imprimir los datos del número de medidor correspondiente. Por ejemplo, el 0 indica que se deben imprimir los datos del medidor 0, y el 3 indica que se deben imprimir los datos del medidor 3.

4. *S CDFXYZTXYZ* se interpreta como:

usuario: *s cdfxyztxyz*
respuesta: 961 959 963 960 966 965

- La *S* es un comando para enviar una sola línea de datos.
- Las letras *C* y *D* especifican que se impriman los datos *x*, *y*, *z* o *m* en formato FT con el número de decimales indicado.
- La «F» especifica que se muestren los pares siempre que aparezca una «X», «Y», «Z» o «M» a partir de ahora (en esta línea).
- La *T* especifica que se impriman los pares siempre que aparezca una *X*, *Y*, *Z* o *M* a partir de ahora (en esta línea).

6.2.1 Conversión de recuentos por fuerza/par a valores F/T con unidades

Para obtener los valores reales de fuerza y par, cada valor de fuerza debe dividirse por el factor de

recuentos por fuerza (cpf), y cada valor de par debe dividirse por el factor de recuentos por par (cpt). Los factores cpf y cpt pueden obtenerse mediante el comando SET («[Tabla 6.3: Comandos SET](#)»).

Por ejemplo: si una calibración indica 1 000 000 de recuentos por N y F_z indica 4 500 000 de recuentos, entonces la fuerza aplicada en el eje Z es de 4,5 N.

6.3 Comando SET

El comando «set» permite a los usuarios ver o establecer ajustes específicos, que se describen en [la Tabla 6.3 — Comandos «set»](#). A continuación se muestran ejemplos de un comando «set» con especificadores:

1. Ejemplo: set baud

user: set baud

response: baud

115200

- Al introducir el comando «set» con el operando «baud», el sensor mostrará la velocidad de transmisión actual

usuario: set baud 1000000

respuesta: la velocidad de transmisión era de 115200, ahora es de 1000000

usuario: guardarlo todo

respuesta: Parámetros guardados en el
banco 0 de la NVM. Parámetros
guardados en el banco 1 de la
NVM.

- Al introducir un valor tras el comando de configuración de la velocidad de transmisión, el usuario puede establecer una nueva velocidad de transmisión.
- Recuerda enviar un comando «saveall» para asegurarte de que todos los cambios se guarden en la memoria no volátil.

2. Ejemplo:

configurar el usuario

de ttdx:

configurar la

respuesta de

ttdx:

Campo	Valor
-----	-----
ttdx	0

- Al introducir el comando «set» con el operando «ttdx», el sensor mostrará la distancia de transformación de la herramienta actual en el eje X.

usuario: set ttdx 1

respuesta: set ttdx 1
ttdx era «0» y ahora es «1»

usuario: guardar todo

Respuesta: Parámetros guardados en el
banco 0 de la NVM. Parámetros
guardados en el banco 1 de la
NVM.

- Por defecto, las unidades de transformación de herramientas son milímetros para la distancia y radianes para el ángulo. Estas unidades se pueden modificar mediante los comandos ttdu (unidades de distancia) y ttau (unidades de ángulo). Véase [la tabla 6.3](#).
- Recuerda enviar el comando «saveall» para asegurarte de que todos los cambios se guarden en la memoria no volátil.

Tabla 6.3: Comandos de configuración

Campo	Leer/Editar	Ejemplo	Tipo de datos	Descripción
N.º de serie	Leer	FT00123	STRING(8)	Número de serie calibrado de F/T
partNum	Leer	Num-4	CADENA(30)	Número de pieza de calibración
calFamily	Leer	ENET	STRING(8)	Siempre muestra «ENET»

CalTime	Lectura	01-01-1970 00:00	STRING(30)	Se ha calibrado el sensor de fecha y hora
max0	Leer	2147483647	entero sin signo de 32 bits	Valor máximo de fuerza nominal en recuentos para ese eje.
max1				
max2				
max3				Valor máximo nominal del par en recuentos para ese eje.
max4				
max5				

Tabla 6.3: Comandos de configuración				
Campo	Lectura/E dición	Ejemplo	Tipo de datos	Descripción
maxer0	Lectura	2147483647	entero sin signo de 32 bits	Valor nominal máximo de fuerza para ese eje, expresado en recuentos. Este valor está restringido a un número limitado de ciclos. Consulte la sección 6.5: Rango de carga ampliado
maxer1				
maxer2				
maxer3				
maxer4				
maxer5				Valor nominal máximo ampliado del par en recuentos para ese eje. Este valor está limitado a un número determinado de ciclos. Consulte la sección 6.5: Rango de carga ampliado
forceUnits	Lectura	1	entero sin signo de 8 bits	Unidades de fuerza. 0 = Lbf, 1 = N, 2 = Klbf, 3 = kN, 4 = Kg
torqueUnits		2		Unidades de par. 0 = Lbf-in, 1 = Lbf-ft, 2 = Nm, 3 = Nmm, 4 = Kg-cm, 5 = kN-m
cpf	Leer	100000	entero sin signo de 32 bits	Recuento de calibración por unidad de fuerza.
cpt		100 000		Recuentos de calibración por unidad de par.
peakPos0	Leer	2395927	entero sin signo de 32 bits	Cargas máximas positivas. Cargas máximas históricas de fuerza y par positivas en recuentos F/T
peakPos1		624576		
peakPos2		35 521		
peakPos3		721632		
posición del pico 4		159210		
posición del pico 5		74910		
PicoNeg0	Leer	-988570	Entero sin signo de 32 bits	Cargas máximas negativas. Cargas máximas históricas de fuerza y par negativas en F/T
PeakNeg1		-2008525		
PeakNeg2		-9148784		
PeakNeg3		-46851		
PeakNeg4		-12383		
PeakNeg5		0		
sensorHwVer	Leer	0	entero sin signo de	Versión activa del hardware del sensor
sensorInstr		1		Datos internos de fabricación

paramWrites	4	16 bits	Número de veces que el sensor ha escrito los parámetros en la memoria NVM
-------------	---	---------	---

Tabla 6.3: Comandos de configuración					
Campo	Lectura/Edición	Ejemplo	Tipo de datos	Descripción	
adcRate	Leer y editar	1000 (por defecto)	Entero sin signo de 16 bits	Frecuencia del ADC en Hz: 1000, 2000, 4000, 8000, 16000.	
rdtRate		40		Frecuencia de transmisión RDT en Hz. Este valor puede oscilar entre 1 y la frecuencia del ADC.	
filTc		0 (por defecto)		Código del filtro (IIR) Este ajuste modifica el parámetro que determina el filtrado de datos.	
calib		1	entero sin signo de 8 bits	Tres calibraciones a utilizar. Puede ser 0, 1 o 2.	
location			Banco	STRING(40)	Muestra la ubicación física.
hwRev	Lectura	04	entero sin signo de 16 bits	Número de revisión del hardware	
ttdx	Lectura y edición	2	Entero sin signo de 8 bits	Unidades de distancia de transformación de herramientas:	
				Valor	Unidad
				0	en
				1	pies
				2	mm
				3	cm
ttau		1	entero sin signo de 8 bits	Unidades de ángulo de transformación de la herramienta:	
				Valor	Unidad
				0	grados
				1	radianes
ttdx	Leer y editar	0 (por defecto)	flotante	Distancias de transformación de herramientas	
ttdy		0 (por defecto)			
ttdz		0 (por defecto)			
ttrx		0 (por defecto)		Ángulos de rotación de la transformación de la herramienta	
ttry		0 (por defecto)			
ttrz		0 (por defecto)			
baud	Leer y editar	115200 (por defecto)	entero sin signo de 32 bits	Velocidad de transmisión del UART. Debe estar entre 300 y 3M. Todas las velocidades de transmisión son temporales hasta que se envíe el comando «saveall».	

msg		1	entero sin signo de 8 bits	0 = mostrar solo los mensajes solicitados 1 = mostrar todos los mensajes
serial	Lectura	0		0 = Ethernet y serie 1 = Modo solo serie.

Tabla 6.3: Comandos de configuración				
Campo	Lectura/E dición	Ejemplo	Tipo de datos	Descripción
mcEnabled	Lectura y edición	1	Entero sin signo de 8 bits	1 = activado, 0 = desactivado. Condiciones del monitor global activadas o desactivadas.
mcOutMomen		1		0: Condiciones de monitorización momentáneas. El código de salida válido solo estará activo mientras se cumpla el umbral. Si las condiciones cambian y el umbral se cumple, el código de salida dejará de mostrarse. 1: Retención: el código de salida válido permanecerá activo una vez que se alcance el umbral, incluso si las condiciones cambian y el umbral solo se ha alcanzado brevemente.
mcOutDelay		20		Retardo global de las condiciones de monitorización momentánea. Tiempo durante el cual la condición de monitorización permanecerá bloqueada tras activarse. Este valor se muestra en décimas de segundo.
mcAndCodes		1		0: Utiliza la operación bit a bit «Y». Si se cumplen todas las condiciones de umbral establecidas, la condición de monitorización se activará. 1: Utiliza la operación OR a nivel de bits. Si se cumple cualquier condición de umbral establecida, se activará la condición de monitorización.

6.4 Datos de la IMU

AVISO: Antes de transmitir o configurar los datos de la IMU, el usuario debe realizar una calibración de la IMU tal y como se describe en el manual [9620-05-B-Sano74](#)

6.4.1 Configuración del acelerómetro y el giroscopio

El acelerómetro y el giroscopio de la IMU Sano74 se pueden configurar mediante el comando «acclcal» (véase [la Tabla 6.1](#)). El usuario tiene a su disposición las cuatro combinaciones siguientes:

- `acclcal 2g`: establece el rango de detección del acelerómetro en +/- 2 g y el del giroscopio en 2000 DPS
- `acclcal 4g`: establece el rango de detección del acelerómetro en +/- 4 g y el del giroscopio en 2000 DPS
- `acclcal 8g`: establece el rango de detección del acelerómetro en +/- 8 g y el del giroscopio en 2000 DPS
- `acclcal 16g`: establece el rango de detección del acelerómetro en +/- 16 g y el del giroscopio en 2000 DPS

6.4.2 Transmisión de datos de la IMU

Los datos de la IMU (acelerómetro y giroscopio) se transmiten mediante comandos C/S utilizando especificadores largos. Tras la etiqueta de especificador \$ de [la Tabla 6.2](#), los especificadores largos definen los datos de transmisión de la IMU. Se pueden utilizar modificadores adicionales para controlar el tipo de datos. Consulte [la Tabla 6.5: especificadores de la IMU](#) para las opciones de transmisión de datos de la IMU.

Tabla 6.4 — Especificadores de IMU					
Especificador	Nombre	Modificadores ¹	Unidades	Tipo	Ejes
\$A	Acelerómetro	C	recuento	16 bits	XYZ
		U	m/s ²		
\$G	Giroscopio	C	recuentos		
		U	radianes/s		
\$LA	Aceleración lineal	C	contadores		
		U	m/s ²		
\$GV	Vector de gravedad	C	contadores		
		U	m/s ²		
\$AV	Velocidad angular	C	contadores		
		U	radianes/s		
\$ACL	Nivel de precisión de la aceleración lineal ²	Bits 76	0: Poco fiable 1: Precisión baja 2: Precisión media 3: Alta precisión	8 bits	N/A
	Nivel de precisión del acelerómetro ²	Bits 54			
	Nivel de precisión del giroscopio ²	Bits 32			
\$US	Contador de microsegundos (us)	Ninguno	recuentos	32 bits	N/A
\$HDR	Enviar 0x1234 para la sincronización de paquetes	Ninguno	N/A	16 bits	N/A
\$TW	Habilitar la comunicación bidireccional en modo continuo	N/A: No se han devuelto datos			

Notas:

1. Modificadores

C: Muestra los datos sin procesar de la IMU.

U: Muestra los datos calibrados de la IMU. Si un campo admite modificadores pero no se ha especificado ninguno, de la IMU se muestran por defecto.

2. Consulte [la sección 6.4.3: «Procedimiento de comprobación de la precisión de la IMU»](#).

Ejemplos:

1. Acelerómetro

usuario: *s \$axyz*

respuesta: *s \$axyz*

-0,527 0,488 -9,965

- Al introducir el comando «*s*» con el operando «*\$axyz*», el sensor mostrará los datos de aceleración en los ejes X, Y y Z.
- Por defecto, los valores se mostrarán en datos IMU calibrados.

2. Giroscopio

usuario: *s \$gxyz*

respuesta: *s \$gxy*

-0,004 -0,111 -0,045

- Al introducir el comando *s* con el operando *\$gxyz*, el sensor mostrará los datos del giroscopio en los ejes X, Y y Z.
- Por defecto, los valores se mostrarán en los datos calibrados de la IMU.

6.4.3 Procedimiento de comprobación de la precisión de la IMU

La IMU incorpora una función de autocomprobación de precisión que supervisa la salida del acelerómetro y del giroscopio. La precisión de los datos de la IMU se comunica al usuario final mediante las siguientes definiciones:

Tabla 6.5 — Máscara de niveles de precisión de la IMU		
Descripción	Valor binario	Valor decimal
Poco fiable	00	0
Precisión baja	01	1
Precisión media	10	2
Precisión alta	11	3

Aunque es el usuario final quien debe decidir el nivel exacto de precisión de rendimiento que requiere una aplicación, las especificaciones de la ficha técnica corresponden al funcionamiento del sensor en un estado de alta precisión. Si el nivel de precisión actual indicado es inferior al deseado por el usuario final, se puede llevar a cabo un procedimiento de calibración tal y como se describe en el «Procedimiento de calibración dinámica de la IMU» recogido en el manual [9620-05-B-Sano74](#).

Para leer correctamente el valor del nivel de precisión, el usuario deberá convertir el valor hexadecimal en binario.

1. Ejemplo: Niveles de precisión

usuario: `s $acl`

respuesta: `s $acl`
`24`

- Al introducir el comando `s` con el operando `$acl`, el sensor mostrará los niveles de precisión del acelerómetro y del giroscopio.
- Los datos se muestran en formato hexadecimal. El usuario deberá convertir el resultado hexadecimal a binario para leer el nivel de precisión. En este ejemplo, 24 se convertiría en 0010 0100 en binario.
- Consultando [la Tabla 6.5](#), el usuario puede relacionar el resultado binario con un nivel de precisión. En este ejemplo, 0010 0100 indicaría que el acelerómetro lineal (00) no es fiable, que el acelerómetro (10) tiene una precisión media y que el giroscopio (01) tiene una precisión baja.

6.5 Rango de carga ampliado

Los sensores Sano de ATI están equipados con una función de rango de carga ampliado, que permite al usuario superar la capacidad de carga calibrada del sensor hasta un máximo de 250 000 ciclos dentro del rango de carga ampliado especificado.

El rango ampliado específico se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6.6 — Rango de calibración y rango de detección ampliado		
Eje	Rango de calibración	Rango ampliado
F_x	130 N	130 N
F_y	130 N	130 N
F_z	400 N	400 N
T_x	12 Nm	20 Nm
T_y	12 Nm	20 Nm
T_z	12 Nm	20 Nm

Hay un contador disponible para llevar un registro del número de ciclos que el sensor ha funcionado dentro de este rango de carga ampliado. El contador registrará cada vez que la unidad supere el rango de calibración normal y cada vez que supere el rango de detección ampliado.

Este contador se denomina FtOorCountMr para el rango de medición de calibración normal y FtOorCountEr para

el rango ampliado. Al ejecutar el comando «*set ft*», se mostrará el recuento total para cada rango. Por ejemplo:

usuario: *set ft*

respuesta:

<i>Campo</i>	<i>Valor</i>
-----	-----
<i>ftOorCountMr</i>	<i>5910</i>
<i>ftOorCountEr</i>	<i>0</i>

Estos mismos campos, junto con los valores correspondientes, se pueden encontrar en la respuesta al comando de estado. Para los usuarios de EtherCAT, estos contadores están disponibles en el objeto 0x2021. Consulte [la sección 5.2.2 — Objeto 0x2021: Calibración](#).

Aunque el rango de carga ampliado ofrece flexibilidad a la aplicación del usuario, no se garantiza que los datos transmitidos mientras el sensor funciona dentro de dicho rango cumplan las especificaciones de precisión.

7. Solución de problemas

Esta sección incluye soluciones a algunos problemas que pueden surgir al configurar y utilizar el sensor. Para obtener más orientación sobre la resolución de problemas, consulte el manual [9620-05-B-Sano74](#). Las respuestas a las preguntas más frecuentes están disponibles en el sitio web de ATI: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Nota:

Por favor, lee el manual antes de llamar al servicio de atención al cliente. Antes de llamar, ten a mano la siguiente información:

1. Número de serie, por ejemplo: FT01234
2. Modelo del sensor, por ejemplo: Sano74
3. Calibración, por ejemplo: SI-130-10
4. Descripción precisa y completa de la pregunta o duda.
Para el código de estado, consulte la [sección 5.2.8 — Objeto 0x6010: Código de estado](#).
5. Información sobre el ordenador y el software. Por ejemplo: sistema operativo, tipo de PC, controladores y software de aplicación.

Si es posible, manténgase cerca del sistema F/T cuando llame.

Si lo necesita, póngase en contacto con un representante de ATI para obtener ayuda:

ATI Industrial Automation

1031 Goodworth Drive

Apex, NC 27539 EE. UU.

Tel.: +1 919-772-0115 • Fax: +1 919-772-8259 • www.ati-ia.com

Ingeniería de aplicaciones

Correo electrónico: ft.support@novanta.com

Asistencia 24/7: +1 855 ATI-IA 00 (+1 855-284-4200)

7.1 Errores de los LED

Tabla 7.1: Errores de los LED	
Síntoma	Solución
El LED de estado permanece en rojo tras la fase de encendido de (20) segundos.	Comprueba las conexiones del cable del sensor. Asegúrate de que el cable del sensor no esté dañado. Puede haber un error interno en el sensor. Compruebe el código de estado; consulte la Tabla 7.2
El LED de estado permanece rojo durante los primeros (20) segundos tras el encendido, y luego pasa a verde.	Normal.
Los LED de enlace/actividad de EtherCAT no están en verde ni parpadean en verde.	Compruebe las conexiones del sensor y de los cables EtherCAT. Comprueba que el dispositivo maestro EtherCAT tenga el archivo ECAT ESI.
Los LED de enlace/actividad de EtherCAT no están encendidos (no hay actividad y el sensor no recibe alimentación).	Comprueba que el puerto correspondiente (en el maestro EtherCAT o en el conector) esté activado y permita la comunicación.

7.2 Código de estado

Tabla 7.2—Índice de objeto (hexadecimal) 0x6010: Código de estado							
N.º de bit	Patrón de bits	Estado	Descripción				¿Error?
0	00000001	Temperatura del medidor fuera de rango	Este bit está activo (alto) si la temperatura se encuentra fuera del rango de -5 a 70 °C.				Sí
1	00000002	Tensión de alimentación fuera de rango	Este bit está activo (alto) si la tensión de entrada se encuentra fuera del rango de 12 V a 30 V.				Sí
2	00000004	Medidor averiado	Este bit está activo (alto) cuando un medidor indica un valor positivo a escala completa, lo que indica que la conexión eléctrica con el medidor está abierta o desconectada. ¹				Sí
3	00000008	Ocupado	El sensor está realizando una (1) o más de las siguientes actividades que pueden afectar temporalmente a los datos de F/T: • Aplicando un cambio en el objeto 0x2021: Calibración • Cambiar la constante de tiempo del filtro • Modificación de la calibración en uso • Cambio de la frecuencia de muestreo del ADC • Escritura en la memoria flash • Cualquier desbordamiento de la rutina de interrupción del ADC				Sí
4	00000010	Reservado					No
5	00000020	Error común	El microcontrolador del sensor ha detectado un error a nivel del sistema. El error debería desaparecer tras reiniciar el dispositivo. Si el problema persiste, ponte en contacto con ATI para obtener ayuda.				Sí
6-14	00007FC0	Reservado					No
15	00008000	F/T fuera de rango, clasificación ampliada	Clasificación ampliada por fuerza/par fuera de rango. Este bit se activa cada vez que una muestra de fuerza o par se encuentra fuera del rango de carga ampliado, según lo establecido en SET MAXER0 a MAXER5.				Sí
16	00010000	Salida de la condición de monitorización 0	Los datos de la muestra no se ajustan a la condición establecida en la sección 5.2.4 — Objeto 0x2060: Condiciones de monitorización .				Sí
17-18	00060000	IMU Precisión del acelerómetro	Bit de estado 18	Bit de estado 17	Valor decimal	Descripción	Sí
			0	0	0	Poco fiable	
			0	1	1	Precisión baja	
			1	0	2	Precisión media	
			1	1	3	Precisión alta	
19	00080000	IMU no presente	No hay IMU o la fiabilidad del acelerómetro de la IMU no es, como mínimo, media				Sí

20-25	07FE0000	Reservado		No
26	04000000	Aviso de fuera de rango del medidor	Este bit está activo si se ha superado el rango de advertencia de la galga extensométrica (de gageMinRangeWarn a gageMaxRangeWarn) durante el último tiempo de retención, que normalmente es de 32 muestras.	Sí
Nota: 1. Para obtener más información sobre cómo resolver errores, consulte la sección 7: Solución de problemas. 2. Tras 32 períodos de muestreo, este bit se restablece una vez que se ha solucionado la condición de error y los datos se han normalizado. 3. El «Fuerza/Par fuera de rango» es comparable a lo que en los manuales anteriores de los sensores de fuerza/par se denominaba «saturación».				

Tabla 7.2 — Índice de objeto (hexadecimal) 0x6010: Código de estado

N.º de bit	Patrón de bits	Estado	Descripción	¿Error?
27	08000000	Sensor fuera de rango	El bit está activo si se ha superado el rango de funcionamiento de la salida de la galga extensométrica en cualquiera de las últimas 32 muestras.	Sí
28	10000000	Error simulado	Este bit refleja el bit «Control de error simulado» de la la sección 5.2.13 — Objeto 0x7010: Códigos de control . Se puede utilizar para probar la gestión de errores por parte del usuario.	Sí
29	20000000	Error en la suma de comprobación de la calibración	Este bit se activa si la calibración activa tiene una suma de comprobación no válida.	Sí
30	40000000	Salida de fuerza/par del rango ²	Este bit se activa cada vez que una muestra de fuerza/par excede el rango calibrado o se satura matemáticamente. Esta comprobación se realiza antes el filtrado digital. ¹	Sí
31	80000000	Error	Este bit se activa siempre que se active cualquier bit del código de estado que indique un error.	Sí

Nota:

1. Para obtener más información sobre cómo resolver errores, consulte [la sección 7: Solución de problemas](#).
2. Tras 32 períodos de muestreo, este bit se reinicia una vez que desaparece la condición de error y los datos se han normalizado.
3. El «Fuerza/Par fuera de rango» es comparable a lo que en manuales anteriores de sensores de F/T se denominaba «saturación».

El patrón de bits puede variar si se produce más de un error. Por ejemplo, si el código de estado es 80000005, el usuario debe convertir el número hexadecimal a un número binario.

Utilizando una calculadora en línea gratuita, convierte el número hexadecimal a un número binario:

Hex	8	0	0	0	0	0	0	5
Binario	1000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0101

El número binario tiene un total de 32 bits. El bit menos significativo se encuentra en el extremo derecho de la siguiente tabla. «1»

significa que el bit está activado. «0» significa que el bit está desactivado.

Número binario	1	0	0	0	0	0	00 0000 000	0	0000 0000 00	0	0	0	0	1	0	1
Posición del bit	31	30	29	28	27	26	De 25 a 17	16	De 15 a 6	5	4	3	2	1	0	

Así pues, en este ejemplo, los bits número 0, 2 y 31 están activados. Según la tabla anterior, el sensor tiene un Código de estado «temperatura», «error de sensor averiado» y «cualquier error» (véase la [tabla 7.2](#)).

7.2.3.1 Código de estado « »: fuerza/par fuera de rango

El bit 30 de [la Tabla 7.2](#) se activa cuando una carga de fuerza/par se encuentra fuera de la capacidad de detección precisa del sensor (véase la Tabla 9.1: «Incertidumbre de medición»).

El bit 15 de [la Tabla 7.2](#) se activa cuando una carga de fuerza/par se encuentra fuera del rango ampliado del sensor. Se trata de un rango de fuerzas y pares elevados que permite al usuario sobrepasar momentáneamente el rango de detección para operaciones especializadas y poco frecuentes.

El bit 30 se activa cuando se cumple la siguiente condición:

El porcentaje total del rango calibrado utilizado por los ejes F/T es superior al 105 %. Consulte la siguiente ecuación.

$$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_{xy} \text{Calibrated Range}} + \frac{\sqrt{T_z^2}}{T_z \text{Calibrated Range}} \geq 105\% \text{ or } \frac{\sqrt{F_z^2}}{F_z \text{Calibrated Range}} + \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{T_{xy} \text{Calibrated Range}} \geq 105\%$$

El bit 15 se activa cuando la siguiente condición es VERDADERA:

El porcentaje total del rango ampliado utilizado por los ejes F/T es superior al 105 %. Consulte la siguiente ecuación.

$$\frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_{xy} \text{Extended Range}} + \frac{\sqrt{T_z^2}}{T_z \text{Extended Range}} \geq 105\% \text{ or } \frac{\sqrt{F_z^2}}{F_z \text{Extended Range}} + \frac{\sqrt{T_x^2 + T_y^2}}{T_{xy} \text{Extended Range}} \geq 105\%$$

Por ejemplo, si se aplican las siguientes cargas a un sensor Sano74, que tiene el siguiente rango de calibración:

Tabla 7.3 — Ejemplo de F/T fuera de rango			
Eje	Carga aplicada	Rango de calibración	Rango ampliado
F _x	30 N	130 N	130 N
F _y	-25 N	130 N	130 N
F _z	40 N	400 N	400 N
T _x	0,6 Nm	12 Nm	20 Nm
T _y	1,3 Nm	12 Nm	20 Nm
T _z	-6,2 Nm	12 Nm	20 Nm

Ejemplo:

$$\frac{\sqrt{(30 \text{ N})^2 + (-25 \text{ N})^2}}{100} + \frac{\sqrt{(-6.2 \text{ Nm})^2}}{8} \geq 105\%$$

$$39\% + 78\% \geq 105\%$$

$$117\% \geq 105\%$$

TRUE

Este valor «TRUE» significa que la carga F/T se encuentra fuera del rango de detección del sensor. Por lo tanto, se activa el bit 30 de [la Tabla 7.2](#), lo que indica un error.

7.3 Guía básica para la resolución de problemas

En la siguiente sección se enumeran los síntomas básicos de datos inexactos y errores del sistema. Para cada síntoma, se sugieren las causas y las soluciones adecuadas.

Síntoma: Ruido — saltos en las lecturas de F/T superiores al 0,05 % de los recuentos a escala completa.

Causa: El ruido puede deberse a vibraciones mecánicas y perturbaciones eléctricas que posiblemente se deban a una mala conexión a tierra. Las interferencias eléctricas también pueden provenir de un dispositivo con un alto nivel de ruido, como un motor.

Solución: Asegúrese de que la tensión de alimentación de CC del sensor Sano tenga poco o ningún ruido superpuesto. Conecte a tierra el sensor conectando el blindaje del cable a tierra. En la mayoría de las configuraciones, El 0 V también está conectado a tierra. Conecta el robot o otro dispositivo a la misma toma de tierra.

Compruebe que los cables de los sensores no se crucen con otros cables. Compruebe que los cables de los sensores no se encuentren muy cerca de otros equipos que puedan generar ruido eléctrico.

Evite las fuentes de ruido mecánico. Si no es posible, aplique un filtro a los datos tal y como se describe en [la sección 4.4 — Filtro de paso bajo](#). Para obtener más información sobre el ruido, consulte [la sección 7.4 — Reducción del ruido](#).

Causa: El ruido también puede indicar un fallo de algún componente del sistema.

Solución: Compruebe el código de estado del sensor; consulte [la sección 5.2.8 — Objeto 0x6010: Código de estado](#).

Realiza una comprobación de precisión tal y como se describe en el manual [9620-05-B-Sano74](#) o en [la sección 4.5: «¿Cómo evalúo la precisión y el estado del sensor?»](#) del documento de preguntas frecuentes (FAQ) de ATI, disponible en: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Si el sensor no supera la comprobación de precisión, devuélvalo a ATI para su inspección. Ponte en contacto con ATI en ati-rma-admin@novanta.com para obtener una autorización de devolución de material (RMA).

Síntoma: Deriva — cuando los datos de F/T siguen aumentando o disminuyendo tras retirar una carga.

Causa: Es normal que se produzca cierta deriva debido a un cambio de temperatura. La deriva se observa más fácilmente en el eje Z, en comparación con los ejes X e Y.

Solución: Deje que el sensor se caliente durante aproximadamente treinta minutos hasta que alcance un estado estable con el aire y otros objetos en contacto con él. Utilice el comando de compensación para restablecer las lecturas a cero. Realice la compensación con regularidad.

Utiliza un aislante entre el sensor y cualquier herramienta o accesorio que se encuentre a una temperatura diferente. Evita crear un gradiente de temperatura a través del sensor. Protege el sensor de un flujo de aire excesivo.

Para obtener más información sobre cómo evitar la deriva debida a los cambios de temperatura, consulte el siguiente documento de ATI: <https://www.atia.com/Library/Documents/DriftExplanation.pdf>.

Síntoma: Histéresis — cuando se aplica carga al sensor desde un estado de cero o polarizado y, a continuación, se retira la carga, la salida del sensor no vuelve inmediatamente a cero.	Causa: Un acoplamiento mecánico o un fallo interno pueden provocar una histéresis que se sitúe fuera del rango de incertidumbre de medición (error) especificado y aceptable del sensor. Solución: Compruebe que el sensor esté correctamente instalado, que los elementos de fijación estén bien apretados y que el utillaje del cliente esté bien fijado; consulte la <i>sección de instalación</i> del manual 9620-05-B-Sano74. Utilice el comando de polarización para volver a poner las lecturas a cero.
Síntoma: <i>Objeto 0x6010: Código de estado</i>; Bit 1 - La tensión de alimentación está fuera de rango.	Causa: Si la tensión de alimentación está fuera de rango, se activa el bit que indica un posible fallo o avería del sistema. Solución: Apague y vuelva a encender el sistema. Compruebe que la fuente de alimentación se encuentre dentro del rango indicado en <i>la sección 8—Especificaciones</i>.
Síntoma: <i>Objeto 0x6010: Código de estado</i>; Bit 3 - Bit de ocupado	Causa: Mientras el sensor está ocupado, el bit de ocupado estará activado = 1. El sensor está ocupado aplicando un cambio, como un cambio en la frecuencia del ADC, un filtro o una calibración activa. Solución: Tras aplicar los cambios, espera hasta que el bit de ocupado esté desactivado =
0. A continuación, lea los datos o realice cualquier otro cambio.	
Síntoma: <i>Objeto 0x6010: Código de estado</i>; bits 2, 26, 27 o 30: fuera de rango	Causa: Es posible que el sensor Sano se haya sobrecargado y que ahora los medidores se encuentren en estado de saturación. Solución: Retire las cargas aplicadas. Si los errores persisten, continúe con la resolución de problemas. Desmonte el sensor. Unos métodos de montaje inadecuados pueden provocar cargas elevadas en el sensor. Si persisten errores como «F/T fuera de rango», «Medidor fuera de rango» o «Medidor averiado», es probable que el sensor haya sufrido daños permanentes debido a la sobrecarga. Realice una comprobación de precisión (consulte el 9620-05-B-Sano74) o consulte <i>la sección 4.5: «¿Cómo evalúo la precisión y el estado del sensor?»</i> en el documento de preguntas frecuentes (FAQ) de ATI , disponible en: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf. Si el sensor no supera la comprobación de precisión, devuélvalo a ATI para su inspección. Póngase en contacto con ATI en ati-rma-admin@novanta.com para obtener una autorización de devolución de material (RMA).

Síntoma: Objeto 0x6010: Código de estado; bit 17 o 18— La precisión de la IMU no es alta.	Causa: Las compensaciones de cero del hardware de la IMU están desajustadas. Solución: Realice el procedimiento de calibración dinámica de la IMU que se describe manual 9620-05-B-Sano74 .
---	--

Síntoma: El sensor y/o programa EtherCAT no responden.

Causa: El sensor no recibe suficiente alimentación eléctrica.

Solución: Compruebe que la fuente de alimentación cumple los requisitos indicados en [la sección 8: «Especificaciones»](#).

Compruebe que los cables no estén dañados y que estén correctamente tendidos según se indica en la [sección de instalación](#) del manual [9620-05-B-Sano74](#).

Causa: El archivo ESI del software no está instalado correctamente o no está actualizado.

Solución: ATI ofrece múltiples productos EtherCAT que utilizan diferentes archivos ESI. Descarga el archivo ESI más reciente de EtherCAT Sano desde la página web de ATI. Carga este archivo ESI en el maestro EtherCAT. La forma de descargar el archivo depende del maestro. Los archivos ESI también se denominan archivos .XML o archivos de descripción de dispositivos. Para obtener más información, consulte [la sección 5.3: «Conversión de datos F/T de recuentos a unidades»](#).

Causa: El hardware de terceros no es compatible con EtherCAT.

Solución: Compruebe que el robot, el PLC o el PC actúe como maestro EtherCAT. Utilice concentradores EtherCAT para dividir las señales, ya que los conmutadores Ethernet estándar no funcionan con EtherCAT. Si el dispositivo maestro tiene varios puertos, compruebe que el sensor esté conectado al puerto correcto. Algunos maestros EtherCAT para PC requieren la instalación de controladores específicos en el puerto correcto para que el sistema funcione correctamente con EtherCAT.

Causa: El sensor presenta un fallo de hardware o software.

Solución: Observe los LED del sensor Sano; consulte [la sección 4.2: «Funcionamiento normal de los LED»](#).

Síntoma: El sensor está conectado pero no transmite datos

Causa: Los dispositivos del usuario no son compatibles con la EtherCAT en tiempo real.

Solución: Compruebe que el sistema de sensores sea compatible con la EtherCAT en tiempo real.

Causa: La conexión entre el dispositivo del usuario y el sensor se ha interrumpido.

Solución: Pruebe a realizar una conexión directa desde el dispositivo EtherCAT del usuario al sensor Sano. Los conmutadores de red Ethernet estándar no se pueden utilizar en sistemas EtherCAT. Si es necesario, utilice un dispositivo de conexión EtherCAT en lugar de conmutadores Ethernet.

Causa: El sensor ha sufrido un fallo de hardware o de software.

Solución: Observe los LED del sensor Sano; consulte [la sección 4.2: «Funcionamiento normal de los LED»](#).

Síntoma: El sensor
no proporciona
datos precisos de
F/T.

Causa: Es posible que el sensor se haya sobrecargado más allá de sus límites de calibración.

Para conocer los límites de calibración, consulte el manual [9620-05-B-Sano74](#).

Solución: Compruebe el código de estado. Los bits de error relacionados con la sobrecarga son:
2, 26, 27 y 30. Véase la solución para [el síntoma «Objeto 0x6010: Código de estado; bits 2, 26, 27 o 30: fuera de rango»](#).

Causa: La configuración del sistema de sensores no está configurada correctamente.

Solución: Compruebe que la instalación sea correcta; consulte [la sección 3 — Instalación](#) o póngase en contacto con ATI para obtener ayuda.

Causa: El sensor no está instalado correctamente; por ejemplo: se han utilizado elementos de fijación inadecuados
o el sensor no está montado sobre una superficie plana y rígida.

Solución: Compruebe que el sensor esté correctamente instalado; consulte las [secciones de instalación y resolución de problemas](#) del manual [9620-05-B-Sano74](#).

Causa: Acoplamiento mecánico: un objeto externo, como una herramienta del cliente o un elemento auxiliar, está entrando en contacto con la superficie del sensor entre el lado de montaje y el lado de la herramienta.

Solución: Retire cualquier residuo que haya entre el lado de la herramienta y la placa de interfaz. Utilice un sistema adecuado de gestión de cables y mangueras; no los conecte con demasiada tensión entre el lado de montaje y el lado de la herramienta del sensor.

Cualquier elemento que entre en contacto con superficies como el orificio pasante del sensor o las placas de cubierta a ambos lados del sensor provoca una carga o un movimiento que podría dar lugar a datos de F/T inexactos.

Síntoma: Los valores no coinciden con los valores esperados; por ejemplo: los valores de F/T fluctúan, pero son superiores a una carga aplicada conocida.

Causa: Es posible que el usuario esté viendo datos de los medidores en lugar de datos de los ejes F/T.

Solución: *El objeto 0x6030: «Datos del medidor»* muestra los datos de la galga extensométrica. Los datos del medidor no tienen una correlación 1:1 con los datos de los ejes F/T. Para visualizar los datos F/T, consulte *el objeto 0x6000: «Datos de lectura»*.

Causa: El sensor emite datos en recuentos. Los recuentos deben dividirse por los recuentos por fuerza (CpF) o los recuentos por par (CpT) para convertirlos a unidades de calibración (como N y Nm).

Solución: Compruebe si el usuario o el software del usuario está escalando los valores de F/T para convertirlos a unidades. Utilice los valores CpF y CpT para convertir los valores brutos de F/T a unidades. Para conocer los valores de CpF y CpT, consulte *la sección 5.2.2 — Objeto 0x2021: Calibración*.

Causa: Si los valores F/T sin procesar ya están convertidos a unidades y los valores son elevados o no tienen sentido, compruebe que el sensor no se encuentre en alguna de estas condiciones: saturación, medidor fuera de rango o F/T fuera de rango.

Compruebe el código de estado del sensor; consulta *la sección 5.2.8 — Objeto 0x6010: Código de estado*.

Solución: Si los valores superan el rango de calibración del sensor ATI según el manual *9620-05-B-Sano74*, los valores indicados son incorrectos. Para obtener más información, consulte *la sección 2.1: «Rango de medición y límites de sobrecarga»* en el documento de preguntas frecuentes (FAQ) de ATI, disponible en: https://www.ati-ia.com/library/documents/FT_FAQ.pdf.

Síntoma: Los valores iniciales de F/T

no es cero y no se ha aplicado ninguna carga.

Normal. Aplique un sesgo al sensor para que todos los valores F/T vuelvan a cero.

7.4 Reducción del ruido

7.4.1 Vibraciones mecánicas

En muchos casos, el ruido que se percibe es, en realidad, una fluctuación real de la fuerza y/o el par, provocada por vibraciones en las herramientas o en el brazo del robot. El sensor Sano ofrece filtros digitales de paso bajo que pueden atenuar las frecuencias por encima de un umbral determinado. Si los filtros digitales de paso bajo resultan insuficientes, se puede añadir un filtro digital al software de la aplicación.

7.4.2 Interferencias eléctricas

Para reducir los efectos del ruido eléctrico en el sensor, haz lo siguiente:

- Si se observan interferencias procedentes de motores u otros equipos que generen ruido, comprueba las conexiones a tierra del sensor.
- Si no es posible realizar una puesta a tierra adecuada o esta no reduce el ruido, considere la posibilidad de utilizar los filtros digitales de paso bajo del sensor.
- Comprueba que la fuente de alimentación sea de Clase 1 y que disponga de conexión a tierra.

8. Especificaciones

Los requisitos de la interfaz del sensor EtherCAT se describen en las siguientes secciones. Para conocer las especificaciones del modelo de sensor F/T de ATI, consulte el manual [9620-05-B-Sano74](#).

8.1 Especificaciones eléctricas

Tabla 8.1 — Fuente de alimentación ¹			
Fuente de alimentación	Tensión		
	Mínima	Nominal	Máximo
Alimentación de CC	12 V	24 V	30 V
Notas:			
1. La entrada de alimentación está protegida contra polaridad inversa. Si la alimentación y la toma de tierra de las entradas de alimentación se conectan al revés, la protección contra polaridad inversa evita que la entrada de alimentación mal conectada dañe o encienda el sensor.			