



# Hydronix

## Sensor de humedad Hydronix

### Guía de configuración y calibración



Para realizar nuevos pedidos, indique el número de referencia:	HD0679sp
Revisión:	1.10.0
Fecha de revisión:	Noviembre de 2024

## Derechos de autor

No se podrá adaptar ni reproducir la totalidad ni parte del producto descrito ni la información contenida en esta documentación en ningún formato material, excepto en caso de disponer de la aprobación previa por escrito de Hydronix Limited, en adelante denominada Hydronix.

© 2024

Hydronix Limited  
Units 11-12, Henley Business Park  
Pirbright Road, Normandía  
Guildford  
Surrey  
GU3 2DX, REINO UNIDO  
Reino Unido

Número de empresa: 01609365 | Número de IVA: GB384155148

Reservados todos los derechos

## RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

Al solicitar el producto descrito en esta documentación, el cliente acepta que el producto es un sistema electrónico programable inherentemente complejo y que es posible que no esté completamente libre de errores. Por lo tanto, al hacerlo, el cliente asume la responsabilidad de garantizar la instalación, la puesta en marcha, la utilización y el mantenimiento correctos del producto, que llevará a cabo personal competente y con la formación adecuada y de acuerdo con todas las instrucciones o precauciones de seguridad facilitadas o con las buenas prácticas de ingeniería, además de verificar a fondo el uso del producto para su aplicación en particular.

## ERRORES EN LA DOCUMENTACIÓN

El producto descrito en esta documentación está sujeto a procesos de mejora y desarrollo continuos. Toda la información de naturaleza técnica y los datos específicos del producto y su uso, incluida la información y los aspectos particulares contenidos en esta documentación, han sido facilitados por Hydronix de buena fe.

Hydronix agradece los comentarios y sugerencias relacionados con el producto y con esta documentación

## RECONOCIMIENTOS

Hydronix, Hydro-Probe, Hydro-Mix, Hydro-Skid, Hydro-View e Hydro-Control son marcas comerciales registradas de Hydronix Limited

## COMENTARIOS DE LOS CLIENTES

Hydronix busca continuamente mejorar no solo sus productos, sino también los servicios que ofrecemos a nuestros clientes. Si tiene alguna sugerencia sobre cómo podemos llevarlo a cabo o si quiere dejarnos algún comentario que pudiera ser útil, complete nuestro formulario breve en [www.hydronix.com/contact/hydronix\\_feedback.php](http://www.hydronix.com/contact/hydronix_feedback.php).

Si sus comentarios se refieren a un producto con certificado Atex o a un servicio asociado, resultaría muy útil que nos proporcionara sus datos de contacto y, si fuera posible, el número de modelo y el número de serie del producto. Esto nos permitirá ponernos en contacto con usted si fuera necesario para ofrecerle cualquier consejo de seguridad relevante. No es obligatorio dejar sus datos de contacto, si bien, la información que nos proporcione será tratada de manera confidencial.

## **Oficinas de Hydronix**

### **Oficina central en el Reino Unido**

Dirección: Units 11-12 Henley Business Park  
Pirbright Road  
Normandy  
Surrey  
GU3 2DX

Teléfono: +44 1483 468900

Correo electrónico: [support@hydronix.com](mailto:support@hydronix.com)  
[sales@hydronix.com](mailto:sales@hydronix.com)

Sitio web: [www.hydronix.com](http://www.hydronix.com)

### **Oficina en América del Norte**

Cubre América del Norte, América del Sur, los territorios de EE. UU., España y Portugal

Dirección: 692 West Conway Road  
Suite 24, Harbor Springs  
MI 47940  
EE. UU.

Teléfono: +1 888 887 4884 (número gratuito)  
+1 231 439 5000

Fax: +1 888 887 4822 (número gratuito)  
+1 231 439 5001

### **Oficina en Europa**

Cubre Europa Central, Rusia y Sudáfrica

Teléfono: +49 2563 4858  
Fax: +49 2563 5016

### **Oficina en Francia**

Teléfono: +33 652 04 89 04



## Historial de revisiones

N.º de revisión	Fecha	Descripción del cambio
1.0.0	Febrero de 2015	Primer lanzamiento
1.1.0	Julio de 2015	Se ha añadido la sección de calibración multimodal
1.2.0	Octubre de 2015	Proceso para calibrar un sensor en una mezcladora añadida
1.3.0	Mayo de 2016	Añadida la configuración de modos de alarma
1.3.1	Agosto de 2016	Actualización menor
1.4.0	Septiembre de 2016	Actualización sobre el manejo de material de calibración. Calibración de Brix corregida
1.5.0	Abril de 2017	Escala de salida de temperatura actualizada para el HMHT
1.6.0	Diciembre de 2017	Actualización menor
1.7.0	Junio de 2021	Incluir filtro añadido. Protocolo secundario añadido
1.8.0	Febrero 2023	Añadidos Hydro-Probe BX y CA Moisture Probe
1.9.0	September 2024	Ceramic face cleaning information in the diagnostics section specified. Measurement mode selection clarification. Filter Seeding parameter information added. Calibration procedure description revised. Minor format changes
1.10.0	Noviembre 2024	Signal filtering information clarification (based on HS0102 firmware version 3.2.0).



# Índice

Capítulo 1 Introducción .....	11
1 Introducción.....	11
2 Técnicas de medición.....	13
Capítulo 2 Configuración.....	15
1 Configuración del sensor .....	15
2 Configuración de la salida analógica .....	15
3 Configuración de entradas/salida digitales .....	17
4 Parámetros del cálculo promedio.....	20
5 Filtrado .....	20
6 Rastro de humedad normal de un sensor de humedad Hydrnix en el material que fluye.....	23
7 Filtrado de la señal cuando se utiliza en una aplicación de mezcladora .....	23
8 Modos de medición .....	26
9 Salida de los datos del sensor .....	28
10 Protocolo secundario.....	30
Capítulo 3 Integración del sensor y calibración del material .....	31
1 Integración del sensor .....	31
2 Introducción a la calibración del material .....	31
3 Coeficiente SSD y contenido de humedad SSD .....	33
4 Almacenamiento de datos de calibración .....	34
5 Procedimiento de calibración para el material que fluye (lineal) .....	35
6 Calibración lineal.....	38
7 Calibración cuadrática.....	39
8 Calibración de un sensor de una mezcladora.....	40
9 Calibración de Brix .....	42
Capítulo 4 Prácticas recomendadas .....	45
1 General para todas las aplicaciones .....	45
Capítulo 5 Diagnóstico del sensor .....	47
1 Diagnóstico del sensor .....	47
Capítulo 6 Preguntas más frecuentes.....	53
Apéndice A Referencias cruzadas del documento .....	55
1 Referencias cruzadas del documento.....	55



## **Tabla de ilustraciones**

Ilustración 1: Conexión del sensor (descripción general) .....	13
Ilustración 2: Instrucciones para ajustar variables de salida .....	15
Ilustración 3: Rastro de humedad sin escalar/sin procesar en el material que fluye.....	23
Ilustración 4: Gráfico que muestra la señal filtrada.....	23
Ilustración 5: Curva de humedad normal .....	24
Ilustración 6: Gráfico que muestra la señal sin procesar durante el ciclo de mezcla .....	24
Ilustración 7: Filtrado de la señal sin escalar/sin procesar (1).....	25
Ilustración 8: Filtrado de la señal SIN PROCESAR (2) .....	25
Ilustración 9: Relación de los valores Sin escalar respecto a la humedad.....	27
Ilustración 10: Disposición de los datos en el sensor .....	28
Ilustración 11: Ninguna selección de salida especificada.....	29
Ilustración 12: Selección de salida antigua.....	29
Ilustración 13: Calibraciones para 3 materiales diferentes .....	32
Ilustración 14: Resultados de la calibración normal .....	32
Ilustración 15: Calibración dentro del sensor.....	34
Ilustración 16: Calibración dentro del sistema de control .....	34
Ilustración 17: ejemplo de una buena calibración del material .....	38
Ilustración 18: Ejemplos de malos puntos de calibración del material .....	38
Ilustración 19: Ejemplo de una buena calibración cuadrática.....	39
Ilustración 20: Ejemplo de una mala calibración cuadrática.....	40
Ilustración 21: Ejemplo de una buena calibración de Brix .....	43
Ilustración 22: Ejemplo de una mala calibración de Brix .....	43



## 1 Introducción

Esta guía de configuración y calibración solo es válida para los sensores Hydronix siguientes:

Hydro-Probe	(Número de modelo HP04 en adelante)
Hydro-Probe XT	(Número de modelo HPXT02 en adelante)
Hydro-Probe Orbiter	(Número de modelo ORB3 en adelante)
Hydro-Probe SE	(Número de modelo SE03 en adelante)
Hydro-Mix	(Número de modelo HM08 en adelante)
Hydro-Mix HT	(Número de modelo HMHT01 en adelante)
Hydro-Mix XT	(Número de modelo HMXT01 en adelante)
Hydro-Probe BX	(Número de modelo Hydro-Probe BX en adelante)
CA Moisture Probe	(Número de modelo CA0022)

Las guías de usuario para otros números de modelo están disponibles en [www.hydronix.com](http://www.hydronix.com).



Los sensores de humedad por microondas de Hydronix utilizan filtros de procesamiento de señales digitales de alta velocidad y técnicas de medición avanzadas. Esto proporciona una señal lineal con el cambio de humedad en el material que se está midiendo. El sensor debe instalarse en un flujo de material para proporcionar una salida en línea del cambio de humedad del material.

Entre las aplicaciones habituales se encuentran la medición de la humedad en arena, áridos, hormigón, materiales de biomasa, cereales, alimentos para animales y materiales agrícolas.

Los sensores están diseñados para funcionar en varias aplicaciones y se han creado para permitir que el material fluya más allá del sensor. Los siguientes ejemplos son de aplicaciones normales.

- Cubas/Tolvas/Silos
- Cintas transportadoras
- Alimentadores vibratorios
- Mezcladoras

El sensor cuenta con dos salidas analógicas que se pueden configurar totalmente y calibrar de forma interna para proporcionar una salida de la humedad directa que sea compatible con cualquier sistema de control.

Hay dos entradas digitales disponibles que pueden controlar la función de cálculo de promedio interno. Esto permite la medición del sensor, que se realiza 25 veces por segundo, para permitir la detección rápida de cualquier cambio que se produzca en el contenido de humedad que se va a calcular. Esto facilita el uso del sistema de control.

Es posible configurar una de las entradas digitales para que proporcione una salida digital que pueda suministrar una señal de alarma en caso de producirse una lectura baja o alta. Esto se puede utilizar para señalar una alarma de humedad alta o también para indicar a un operador que es necesario rellenar una cuba de almacenamiento.

Los sensores de Hydronix se han diseñado especialmente con materiales adecuados para ofrecer muchos años de servicio fiable, incluso en las condiciones más difíciles. Sin embargo, igual que con otros dispositivos electrónicos sensibles, se debe tener cuidado y no someter el sensor a daños por impactos innecesarios. Se debe tener un cuidado especial con la placa frontal cerámica que, aunque es extremadamente resistente a la abrasión, es frágil y se puede dañar si se golpea directamente.

### **PRECAUCIÓN: NO GOLPEE NUNCA LA PARTE CERÁMICA**



Es necesario tomar las precauciones necesarias para asegurar que el sensor se ha instalado correctamente y de modo que garantice la obtención de muestras representativas del material correspondiente. Es fundamental que el sensor se instale en una ubicación en la que la placa frontal cerámica se inserte completamente en el flujo principal del material. No se debe instalar en material sin movimiento ni donde el material pueda acumularse sobre el sensor.

Todos los sensores de Hydronix se calibran previamente en la fábrica a fin de que la lectura sea 0 en el aire y 100 cuando estén sumergidos en agua. Este proceso se conoce como "Lectura sin escalar" y es el valor base usado para calibrar un sensor con el material medido. Esto normaliza cada sensor, por lo que si se cambia un sensor no hay necesidad de volver a realizar la calibración del material.

Tras la instalación, el sensor se debe calibrar con el material (consulte el Capítulo 3 para obtener más detalles). El sensor se puede configurar de dos maneras:

- *Calibración dentro del sensor:* El sensor se calibra internamente e indica la humedad real.
- *Calibración en el sistema de control:* El sensor indica una lectura sin escalar proporcional a la humedad. Los datos de calibración del sistema de control la convierten en humedad real

## 2 Técnicas de medición

El sensor utiliza la exclusiva técnica digital por microondas de Hydrnix que ofrece una medición más sensible en comparación con las técnicas analógicas. Esta técnica facilita una selección de modos de medición (no disponible en todos los sensores, consulte la guía de instalación de los sensores correspondientes para obtener las especificaciones técnicas). El modo predeterminado es el Modo F, que es adecuado para todo el material pero en particular para arena y áridos. Para obtener más información sobre qué modo debe seleccionar, póngase en contacto con Hydrnix: support@Hydrnix.com

## 3 Conexión y configuración del sensor

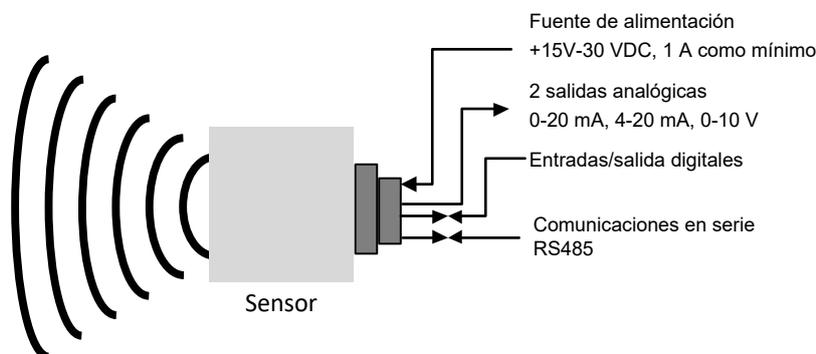
El sensor de humedad puede configurarse de manera remota mediante una conexión en serie digital y un PC que disponga del software de configuración y calibración del sensor Hydro-Com. Para establecer comunicación con un PC, Hydrnix suministra convertidores RS232-485 o un módulo de interfaz del sensor USB (consulte la guía del usuario HD0303).

**Nota: Todas las referencias a Hydro-Com en esta guía del usuario se refieren al software de la versión 2.0.0 o superior. El sensor puede configurarse utilizando versiones anteriores de Hydro-Com, sin embargo, algunas características no estarán disponibles. Consulte la guía del usuario de Hydro-Com correspondiente para obtener más detalles.**

Existen dos configuraciones básicas para conectar el sensor a un sistema de control de lotes:

- Salida analógica; se puede configurar una salida de CC:
  - 4-20 mA
  - 0-20 mA
  - La salida de 0-10 V puede obtenerse mediante la utilización de la resistencia de 500 ohmios suministrada con el cable del sensor.
- Digital: la interfaz en serie RS485 permite el intercambio directo de datos e información de control entre el sensor y el ordenador de control de la planta. También se puede utilizar un USB o adaptador Ethernet.

El sensor puede configurarse para emitir un valor lineal comprendido entre 0 y 100 unidades sin escalar, mientras la calibración del material se lleva a cabo en el sistema de control. También es posible calibrar internamente el sensor para emitir un valor de humedad real.



**Ilustración 1: Conexión del sensor (descripción general)**



## 1 Configuración del sensor

El sensor de humedad por microondas de Hydronix dispone de una serie de parámetros internos que pueden utilizarse para optimizar el sensor para una determinada aplicación. Estos ajustes se encuentran disponibles para su visualización y modificación mediante el software Hydro-Com. Puede encontrar más información acerca de todos los ajustes en la guía del usuario de Hydro-Com (HD0682).

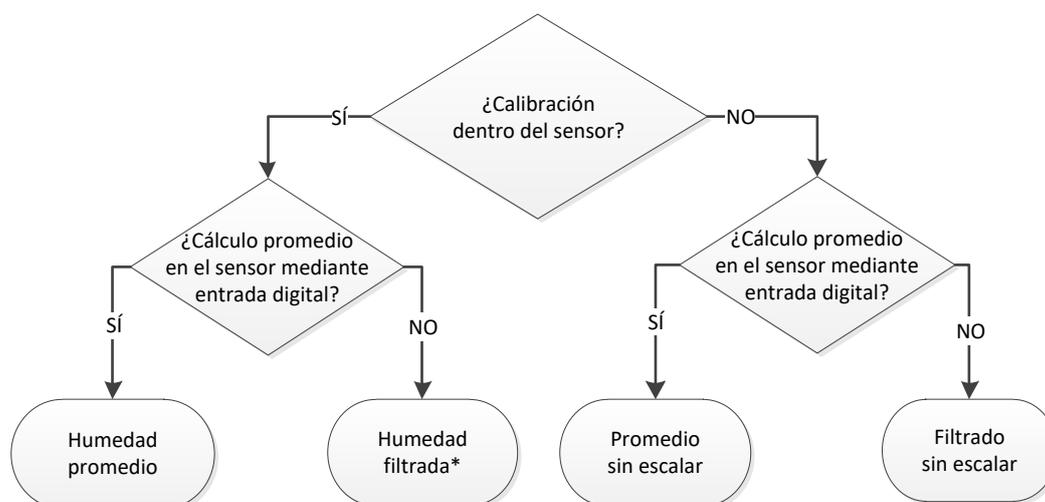
El software Hydro-Com y la guía del usuario de este pueden descargarse de manera gratuita de la página [www.hydronix.com](http://www.hydronix.com).

Todos los sensores Hydronix funcionan del mismo modo y utilizan los mismos parámetros de configuración. No obstante, no todas las funciones se utilizan en cada aplicación del sensor. (Los parámetros del cálculo promedio, por ejemplo, se suelen utilizar para los procesos por lotes).

## 2 Configuración de la salida analógica

El rango de funcionamiento de las dos salidas de bucle de corriente puede configurarse para el equipo al que están conectadas. Por ejemplo, es posible que un PLC requiera entre 4 y 20 mA o entre 0 y 10 V de CC, etc. Las salidas también se pueden configurar para representar diferentes lecturas generadas por el sensor, por ejemplo, de la humedad o la temperatura.

La Ilustración 2 le puede ser de utilidad a la hora de seleccionar la variable de salida analógica correcta para un sistema determinado.



\*Se recomienda realizar el cálculo promedio en el sistema de control aquí

**Ilustración 2: Instrucciones para ajustar variables de salida**

### 2.1 Tipo de salida

Esta opción define el tipo de las salidas analógicas y dispone de tres opciones:

- 0–20 mA: Este es el ajuste predeterminado de fábrica. La adición de una resistencia de precisión externa de 500 ohmios convierte los 0-20 mA en 0-10 V de CC.
- 4–20 mA.

## 2.2 Variables de salida 1 y 2

Estas definen qué lecturas del sensor representará la salida analógica y dispone de 10 opciones.

### 2.2.1 Sin escalar/Sin procesar

Se trata de la variable sin escalar y sin filtrar. Un valor Sin procesar y sin escalar de 0 es la lectura en el aire y un valor de 100 estará relacionado con una lectura en el agua. Como no se aplica ningún filtro a esta variable, no se debe utilizar para el control de procesos. Esta salida se puede utilizar para realizar el registro durante la instalación inicial del sensor.

### 2.2.2 Sin escalar/Sin procesar 2

Si se establece, se utilizará el modo de medición alternativo según se ha configurado para el sensor (consulte el capítulo 2, sección 8 para obtener más información sobre los modos de medición alternativos). No se aplicará ningún filtro.

***Nota: Este modo no está disponible en todos los sensores, consulte las especificaciones técnicas en la guía de instalación correspondiente para obtener más detalles.***

### 2.2.3 Sin escalar/Filtrado

Sin escalar/Filtrado representa una lectura proporcional a la humedad y que oscila entre 0 y 100. Un valor sin escalar de 0 es la lectura en el aire y un valor de 100 estará relacionado con una lectura en el agua.

### 2.2.4 Sin escalar/Filtrado 2

Sin escalar/Filtrado utiliza el segundo modo de medición configurado en el sensor.

***Nota: Este modo no está disponible en todos los sensores. Consulte las especificaciones técnicas en la guía de instalación correspondiente para obtener más detalles.***

### 2.2.5 Sin escalar/Promedio

Esta es la variable “Sin escalar/Sin procesar” que se ha procesado para el cálculo promedio de lotes mediante los parámetros del cálculo promedio. Para obtener una lectura de promedio, es necesario configurar la entrada digital en “Promedio/Retenido”. Si se activa esta entrada digital, se calcula un promedio de las lecturas sin escalar/sin procesar. Cuando la entrada digital está baja, este valor promedio se mantiene constante.

### 2.2.6 Porcentaje de humedad filtrada

El porcentaje de humedad filtrada se escala utilizando el valor Sin escalar/filtrado con los coeficientes A, B, C y SSD.

$$\text{Porcentaje de humedad filtrada} = A \times (F.U/S)^2 + B \times (F.U/S) + C - \text{SSD}$$

Estos coeficientes se derivan únicamente de una calibración del material, y de este modo la precisión de la salida de la humedad depende de la precisión de la calibración.

El coeficiente SSD es la desviación de la Superficie seca saturada (valor de absorción de agua) del material que se está utilizando y permite que la lectura del porcentaje de humedad mostrado se exprese únicamente en humedad en la superficie.

### 2.2.7 Porcentaje de humedad sin procesar

Es la variable del porcentaje de humedad sin procesar antes de aplicar ningún filtro o promedio. Como no se ha aplicado ningún filtro, no se recomienda utilizar esta variable para el control de procesos.

### 2.2.8 Porcentaje de humedad promedio

Esta es la variable de “Porcentaje de humedad sin procesar” que se ha procesado para el cálculo promedio de lotes mediante los parámetros del cálculo promedio. Para obtener una lectura de promedio, es necesario configurar la entrada digital en “Promedio/Retenido”. Si se cambia la entrada digital a nivel alto, se calcula un promedio de las lecturas de Humedad sin procesar. Cuando la entrada digital es baja, el valor promedio se mantiene constante.

### 2.2.9 Brix

Este es el valor que puede calibrarse para que sea proporcional al contenido de Brix de un material. En estos casos, el sensor solicitará la calibración al material determinado. La calibración requiere la relación entre las lecturas sin escalar del sensor y el valor de Brix asociado del material que se va a definir.

***Nota: Esta salida no está disponible en todos los sensores. Consulte las especificaciones técnicas en la guía de instalación correspondiente para obtener más detalles.***

### 2.2.10 Temperatura

Para todos los sensores, excepto para Hydro-Mix HT (HMHT), la escala de la temperatura en la salida analógica es fija. La escala cero (0 o 4 mA) se corresponde con una temperatura de 0 °C y una escala completa (20 mA) con 100°C.

El sensor Hydro-Mix HT (HMHT) cuenta con una salida fija de 0 a 150 °C. La escala cero (0 a 4 mA) se corresponde con 0 °C y una escala completa (20 mA) con 150 °C (solo válido para versiones de firmware HS0102 v1.07 y posteriores).

## 2.3 Porcentaje bajo y alto

Estos dos valores ajustan el rango de humedad cuando la variable de salida se encuentra ajustada en “Porcentaje de humedad filtrada” o en “Porcentaje de humedad promedio”. Los valores predeterminados son 0 % y 20 %, en los que:

0–20 mA    0 mA se corresponde con el valor 0 % y 20 mA con 20 %

4–20 mA    4 mA se corresponde con el valor 0 % y 20 mA con 20 %

Estos límites se ajustan para el rango de funcionamiento de la humedad y deben corresponderse con la conversión de mA a humedad del controlador de lotes.

## 3 Configuración de entradas/salida digitales

### 3.1 Opciones de entradas/salida

El sensor tiene dos entradas digitales. La segunda de ellas también se puede configurar como salida.

***Para conocer los detalles de la conexión, consulte la guía de instalación eléctrica HD0678.***

La entrada digital 1 se puede configurar a los siguientes modos:

Sin usar:	el estado de la entrada se ignora
Promedio/Retenido	Se utiliza para controlar el período de inicio y finalización del cálculo promedio de lotes. Cuando se activa la señal de entrada y después de un período de retraso establecido por el parámetro “Retraso promedio/retenido”, los valores “SIN PROCESAR” o “Sin escalar” (consulte la sección 4.3 sobre el modo de cálculo promedio) empiezan a calcular el promedio. Cuando entonces se desactiva la entrada, el cálculo promedio se detiene y el valor promedio se mantiene constante para que el PLC del controlador de lotes lo pueda leer. Cuando la señal de entrada se activa una vez más, y tras el tiempo de retraso establecido por el parámetro «Retraso promedio/retenido», el valor promedio se restablece y vuelve a comenzar el cálculo promedio.
Humedad/Temperatura:	<p>Permite que el usuario cambie la salida analógica entre las mediciones sin escalar o de humedad (la que se encuentre establecida) y la temperatura. Esto se utiliza cuando se requiere la salida de temperatura mientras se continúa utilizando únicamente una salida analógica. Con la entrada inactiva, la salida analógica indicará la variable de humedad adecuada (sin escalar o humedad). Cuando se active la entrada, la salida analógica indicará la temperatura del material (en grados centígrados).</p> <p>La escala de la temperatura en la salida analógica es fija. La escala cero (0 o 4 mA) se corresponde con una temperatura de 0 °C y una escala completa (20 mA) con 100 °C.</p>
Incluir filtro:	incluir filtro se utiliza para controlar cuándo se aplican los filtros de señal a las señales sin procesar. Cuando la entrada es alta, el estado de Incluir filtro se activa y los filtros de señal se aplican a la señal sin procesar. Cuando la entrada es baja, el estado de Incluir filtro se desactiva (ver secciones 5.4 y 5.5 Siembra de filtro para obtener más información).
Sincronización de la mezcladora:	Se inicia un nuevo ciclo de medición sincronizada cuando se activa la entrada.
<b>E/S digital 2</b> se puede establecer como entrada para Humedad/Temperatura pero también se puede establecer en las salidas siguientes:	
Cuba vacía:	Esta salida se activa si los valores Sin escalar o Humedad son inferiores a los límites mínimos definidos en la sección de cálculo promedio. Puede utilizarse para enviar una señal a un operador cuando el sensor se encuentra al aire (a medida que el valor del sensor se aproxima a cero en el aire) y puede indicar un estado de recipiente vacío.
Datos fuera de rango:	La salida se activará si la lectura de la humedad se encuentra por encima o por debajo de los límites de inclusión de la humedad o si el valor sin escalar está por encima o por debajo de los límites de inclusión de Sin escalar.
Sensor correcto:	<p>Esta salida se activará si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La lectura de la frecuencia se encuentra entre los puntos de calibración definidos en aire y agua +/-3 %.</li> <li>• La lectura de la amplitud se encuentra entre los puntos de calibración definidos en aire y agua +/-3 %.</li> <li>• La temperatura de los elementos electrónicos internos es inferior al límite de seguridad de funcionamiento.</li> </ul>

- La temperatura del resonador de RF es superior al límite de seguridad de funcionamiento.
- La tensión de suministro interno se encuentra dentro del rango.

Alarma de temperatura del material:

La alarma se activará si la temperatura del material se encuentra fuera de los límites alto/bajo configurados.

Seguimiento automático estable:

El seguimiento automático estable indica si la lectura del sensor es estable. La estabilidad se define como la desviación de una serie de puntos de datos establecidos. Tanto el valor de desviación como la cantidad de datos utilizados, en segundos, se pueden configurar en el sensor. La salida estará activa si la desviación de seguimiento automático se encuentra por debajo del umbral de desviación de seguimiento automático.

Calibración fuera de rango: La salida se activará si la lectura sin escalar para cualquiera de los modos de medición es más de 3 puntos por encima o por debajo del rango de valores sin escalar utilizados en la calibración. Esto se puede utilizar para indicar que se debe/puede crear otro punto de calibración.

Retención de la media: Duplicado de la Entrada digital 1

Parámetros de configuración de entradas/salida

### 3.1.1 Límite superior y límite inferior (Alarmas)

El límite superior y el límite inferior se pueden establecer tanto para el porcentaje de humedad como para el valor sin escalar del sensor. Los dos parámetros funcionan independientemente. Cuando la lectura sea inferior al límite inferior se activará la salida Cuba vacía. Cuando la lectura sea superior al límite superior o inferior al límite inferior se activará la salida Datos no válidos.

### 3.1.2 Límites superior e inferior de la temperatura del material (alarma)

Los límites superior e inferior del material se utilizan para configurar la alarma de la temperatura del material. Si la entrada/salida digital 2 se establece en Alarma de la temperatura del material, la salida se activará si el sensor de la temperatura del material está por encima del límite superior o por debajo del límite inferior.

### 3.1.3 Umbral de desviación del seguimiento automático

El umbral de desviación de seguimiento automático se utiliza para configurar la alarma del seguimiento automático estable. Si la salida está configurada se activará cuando la desviación de la lectura de sin escalar/Filtrado está por debajo de este límite.

### 3.1.4 Tiempo de seguimiento automático

El tiempo de seguimiento automático establece la cantidad de datos, en segundos, de los que se calcula el promedio para calcular la desviación del seguimiento automático.

### 3.1.5 Modo de alarma

Configura qué modo de medida (modo F, modo V, modo E o heredado) se usa para calcular los valores de alarma. El modo de alarma solo está disponible para sensores con posibilidad de modo multimedida. Una vez configurado, el sensor solo calculará los valores de alarma usando el modo de medida seleccionado. El modo de alarma también configura qué modo se usa para calcular los valores de seguimiento automático.

## 4 Parámetros del cálculo promedio

Durante el cálculo promedio el sensor utiliza el valor Sin procesar o Sin escalar/filtrado (configurado por el usuario) en sus cálculos. Los siguientes parámetros determinan el modo de procesamiento de los datos para el cálculo promedio de lotes cuando se utiliza la entrada digital o el cálculo promedio remoto. Normalmente, no se utilizan para procesos continuos.

### 4.1 Límite superior y límite inferior

El límite superior y el límite inferior se pueden establecer tanto para el porcentaje de humedad como para el valor sin escalar. Los dos parámetros funcionan independientemente. Si la lectura del sensor desciende fuera de estos límites durante el cálculo promedio del sensor, los datos se excluirán del cálculo del promedio.

***Esto se configura con los límites superior/inferior en la configuración de entrada/salida (sección 3.1.1).***

### 4.2 Retraso promedio/retenido

Cuando utilice el sensor para medir el contenido de humedad de un material que se ha descargado de una cuba o un silo, con frecuencia existe un breve retraso entre la señal de control emitida para iniciar el lote y el material que empieza a fluir a través del sensor. Las lecturas de la humedad efectuadas durante este período deben excluirse del valor promedio del lote, ya que es muy probable que constituyan mediciones estáticas no representativas. El valor del retraso "Promedio/Retenido" establece la duración de este período de exclusión inicial. Para la mayoría de aplicaciones, un valor de 0,5 segundos resultará adecuado, pero puede ser más conveniente aumentar dicho valor. Las opciones son las siguientes: 0; 0,5; 1; 1,5; 2 y 5 segundos.

### 4.3 Modo de cálculo promedio

Establece el modo de cálculo promedio utilizado al calcular el promedio. Los modos disponibles son "Sin procesar" (sin escalar/humedad) y "Filtrado" (sin escalar/humedad). Para las aplicaciones en las que aparatos mecánicos, como paletas o tornillos de la mezcladora, pasan por encima del sensor y afectan a la lectura, el uso del valor "Filtrado" eliminará los picos y depresiones en la señal. Si el flujo del material es estable, por ejemplo, cuando se mide en la salida de un silo, el cálculo promedio debe establecerse en "Sin procesar".

## 5 Filtrado

***Los ajustes de filtrado predeterminados se pueden encontrar en la nota de ingeniería de los ajustes predeterminados del sensor correspondiente (consulte el Apéndice A Referencias cruzadas del documento para conocer los detalles).***

La lectura de la variable Sin escalar/sin procesar se mide 25 veces por segundo y puede contener un nivel elevado de "ruido" debido a irregularidades en la señal como los flujos del material. Como resultado, esta señal requiere una determinada cantidad de filtrado para que pueda utilizarse para el control de la humedad.

Los ajustes de filtrado predeterminados son adecuados para la mayoría de aplicaciones. No obstante, si es necesario pueden personalizarse para adaptarse a la aplicación.

No es posible disponer de ajustes de filtrado predeterminados adecuados para todas las aplicaciones debido a que cada una de ellas tendrá características diferentes. El filtro ideal es aquel que proporciona una salida fluida con una rápida respuesta.

El Porcentaje de humedad sin procesar y los ajustes de Sin escalar/Sin procesar **no** deben utilizarse para fines de control.

Los filtros procesan la lectura de la variable Sin escalar/Sin procesar en el orden siguiente: en primer lugar, los filtros de velocidad de rotación limitan los cambios de paso en la señal; a continuación, los filtros de Procesamiento de señales digitales eliminan todos los ruidos de alta frecuencia de la señal y, por último, el filtro de suavizado (establecer mediante la función de tiempo de filtrado) suaviza el rango de frecuencias completo.

A continuación se describen todos los filtros con más detalle.

## 5.1 Filtros de velocidad de rotación

Los filtros de velocidad de rotación son útiles para recortar grandes picos o depresiones en la lectura del sensor debidas a interferencias mecánicas durante un proceso.

Los filtros establecen límites de velocidad de rotación para grandes cambios positivos y negativos en la señal sin procesar. Es posible establecer límites para cambios positivos y negativos por separado. Las opciones son las siguientes: Ninguno, Ligero, Medio y Fuerte. Cuanto más fuertes sean los ajustes, más se “recortará” la señal y más lenta será la respuesta de la señal.

## 5.2 Procesamiento de señales digitales

Los filtros de Procesamiento de señales digitales (DSP) eliminan el ruido excesivo de la señal mediante un algoritmo avanzado. El filtro reduce el ruido de alta frecuencia. La ventaja de este filtro es que el filtro DSP trata todas las señales dentro de un rango de frecuencia significativo como válidas. El resultado es una señal suave que responde de manera rápida a los cambios en la humedad.

Los filtros DSP son particularmente útiles en aplicaciones de ruido elevado como un entorno mixto. Son menos apropiados para entornos con ruido bajo.

Las opciones son las siguientes: Ninguno, Muy ligero, Ligero, Medio, Fuerte y Muy fuerte.

## 5.3 Tiempo de filtrado (Tiempo de suavizado)

El tiempo de filtrado suaviza la señal una vez que ha pasado, en primera instancia, a través de los filtros de velocidad de rotación y, a continuación, de los filtros DSP. Este filtro suaviza toda la señal y, por tanto, reduce la velocidad de la respuesta de la señal. El tiempo de filtrado se define en segundos

Las opciones son las siguientes: 0; 1; 2,5; 5; 7,5; 10 y un tiempo personalizado de hasta 100 segundos.

## 5.4 Punto de ajuste de Incluir filtro

Si el parámetro Uso Entrada Digital 1 (ver sección **Error! Reference source not found.**) se establece como «Incluir filtro», el estado de Incluir filtro será controlado por el estado de la entrada digital. De lo contrario, el estado de Incluir filtro será controlado por este punto de ajuste de Incluir Filtro (ver **Tabla 1**).

Los valores sin procesar solo se incluirán en la salida filtrada cuando el estado de Incluir filtro esté activo.

Ajuste de Uso entrada 1	Estado	Estado de Incluir filtro
«Incluir filtro»	Estado de la entrada digital: Baj	Inactivo
«Incluir filtro»	Estado de la entrada digital: Alto	Activo

Cualquier otro ajuste	Valor sin procesar por debajo del punto de ajuste	Inactivo
Cualquier otro ajuste	Valor sin procesar por encima del punto de ajuste	Activo

**Tabla 1: Tabla de estados de Incluir filtro**

Cuando la Entrada Digital 1 está ajustada a un parámetro distinto de Incluir filtro y el parámetro Siembra de filtro está ajustado a Último valor filtrado (ver sección 5.5), se observa la siguiente funcionalidad:

Cuando el valor sin procesar se sitúe por debajo del punto de ajuste de Incluir filtro, el último valor filtrado se mantiene constante. Cuando el valor sin procesar se sitúe por encima del punto de ajuste de nuevo, el filtrado comenzará a partir del valor mantenido anteriormente.

Se recomienda establecer el parámetro en un valor bajo para incluir todas las mediciones. El valor predeterminado es -5.

## 5.5 Siembra de filtro

El parámetro Siembra de filtro funciona de manera conjunta al punto de ajuste de Incluir filtro (ver sección 5.4) y la opción Incluir filtro de la Entrada Digital 1 (ver sección **Error! Reference source not found.**).

El ajuste dicta si la salida filtrada se reinicia desde el último valor filtrado conocido o desde el último valor sin procesar conocido después de que el estado Incluir filtro se active.

Consulte la Tabla 2 para la funcionalidad de salida filtrada en función de la configuración del parámetro Siembra de filtro.

Ajuste de Siembra del filtro	Estado de Incluir filtro	Funcionalidad
Último valor filtrado	Activo	Actualizaciones Filtrado sin escalar
Último valor filtrado	Inactivo	Se muestra Filtrado sin escalar cuando la entrada está desactivada
Último valor bruto	Activo	Actualizaciones Sin escalar filtrada
Último valor bruto	Inactivo	Salidas sin procesar y sin escalar

**Tabla 2: Funcionalidad de la salida Filtrado sin escalar**

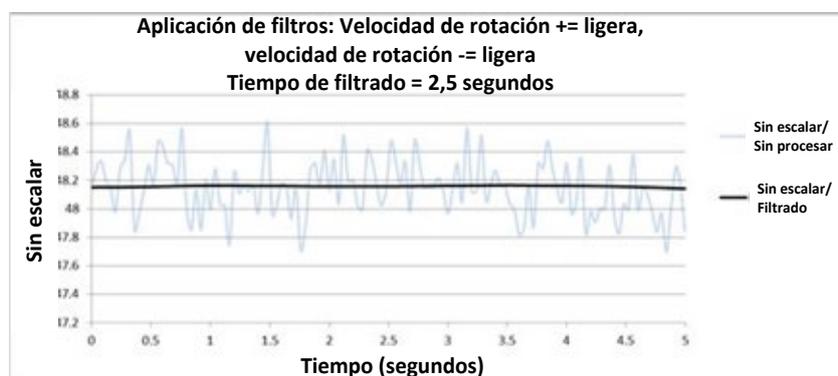
## 6 Rastro de humedad normal de un sensor de humedad Hydronix en el material que fluye

La Ilustración 4 es un rastro sin escalar/sin escalar normal de un material que fluye. La señal es errática debido a la acción del flujo del material después del sensor.



**Ilustración 3: Rastro de humedad sin escalar/sin procesar en el material que fluye**

Los picos positivos y las depresiones negativas se pueden recortar utilizando los filtros de velocidad de rotación para reducir el ruido no deseado. Después de que la señal haya pasado por los filtros de velocidad de rotación y, si se ha seleccionado el filtro DSP, se suaviza más la señal con el tiempo de filtrado (tiempo de suavizado). El resultado es una representación mucho más clara de la humedad en el material (Ilustración 4).



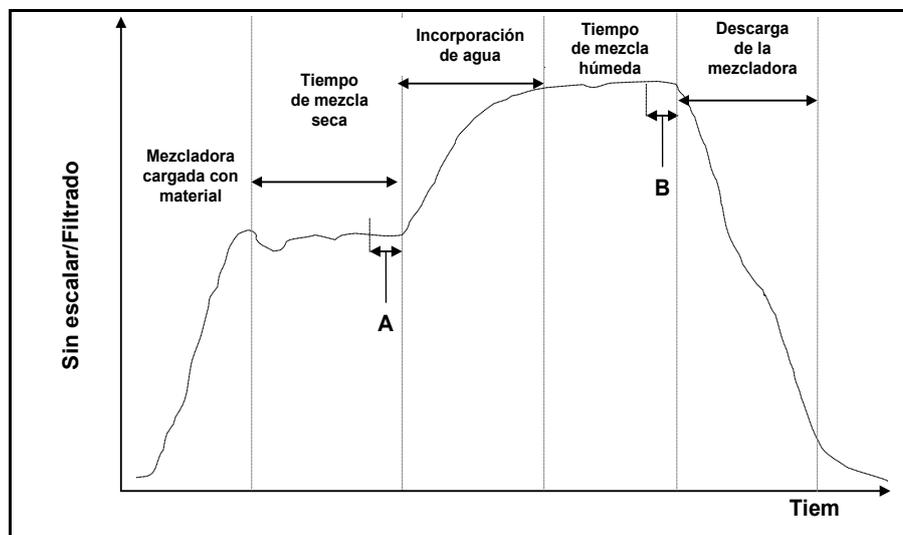
**Ilustración 4: Gráfico que muestra la señal filtrada**

## 7 Filtrado de la señal cuando se utiliza en una aplicación de mezcladora

Debido a los altos niveles de ruido causados por las palas de la mezcladora, la señal requerirá una determinada cantidad de filtrado para que pueda utilizarse para el control de la humedad. Los ajustes predeterminados son adecuados para la mayoría de aplicaciones. No obstante, si es necesario pueden personalizarse.

No es posible disponer de ajustes de filtrado predeterminados adecuados de manera ideal a todas las mezcladoras debido a que cada mezcladora dispone de una acción de mezcla diferente. El filtro ideal es aquel que proporciona una salida fluida con una rápida respuesta.

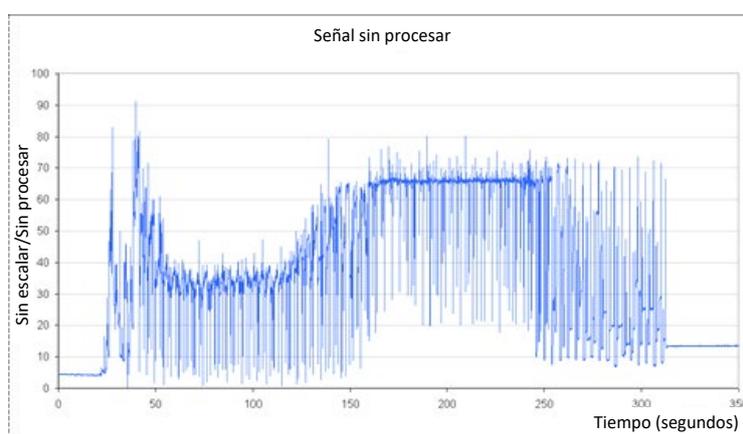
La Ilustración 5 es una curva de humedad normal durante un ciclo de división en lotes de cemento. La mezcladora comienza vacía y, en cuanto se carga material, la salida aumenta hasta un valor estable, el punto A. Luego, se añade agua y la señal aumenta y se estabiliza en el punto B, donde se completa el lote y se descarga el material. La estabilidad de las lecturas en los puntos A y B significa que todos los ingredientes dentro de la mezcladora se han mezclado homogéneamente.



**Ilustración 5: Curva de humedad normal**

El grado de estabilidad en los puntos A y B puede tener un efecto significativo sobre la precisión y la repetibilidad. La mayoría de controladores de agua automáticos miden la humedad seca y calculan la cantidad de agua que es necesario añadir a la mezcla en función de una referencia final conocida de un fórmula en particular. Resulta vital disponer de una señal estable en la fase de mezcla seca del ciclo en el punto A. Esto permite al controlador de agua tomar una lectura representativa y efectuar un cálculo preciso del agua que se necesita añadir. Debido a los mismos motivos, la estabilidad en el extremo húmedo de la mezcla (punto B) proporcionará una referencia final representativa que indicará que se trata de una buena mezcla a la hora de calibrar una fórmula.

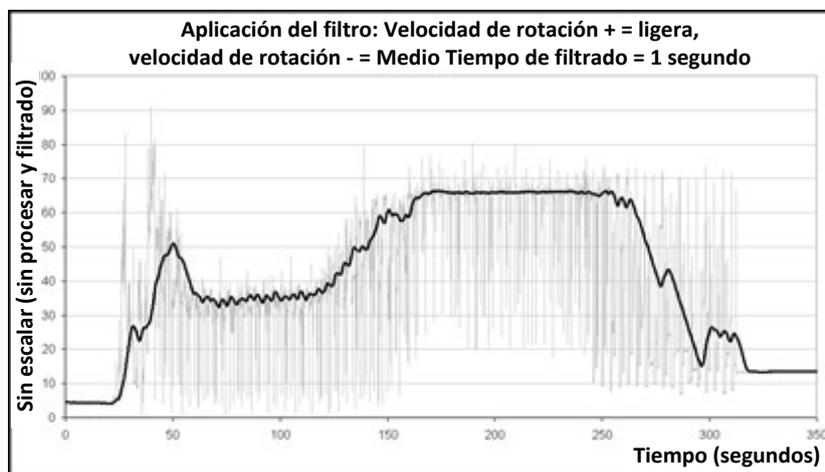
En la Ilustración 6 se muestran datos sin escalar/sin procesar registrados en un sensor durante un ciclo de mezcla real, indicando de manera clara los grandes picos y depresiones ocasionados por la acción de la pala de mezcla.



**Ilustración 6: Gráfico que muestra la señal sin procesar durante el ciclo de mezcla**

En los dos gráficos siguientes se ilustra el efecto del filtrado de los mismos datos sin procesar mostrados anteriormente. En la Ilustración 7 se muestra el efecto de la utilización de los siguientes ajustes de filtros, que crean la línea “Sin escalar/Filtrado” en el gráfico.

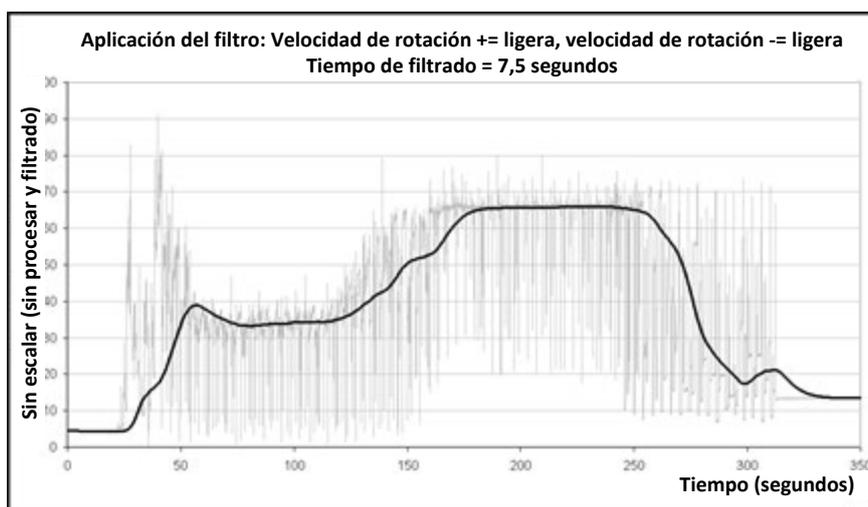
Velocidad de rotación +	=	Medio
Velocidad de rotación –	=	Ligero
Tiempo de filtrado	=	1 segundo



**Ilustración 7: Filtrado de la señal sin escalar/sin procesar (1)**

En la Ilustración 8 se muestra el efecto de los siguientes ajustes:

Velocidad de rotación +	=	Ligero
Velocidad de rotación -	=	Ligero
Tiempo de filtrado	=	7,5 segundos



**Ilustración 8: Filtrado de la señal SIN PROCESAR (2)**

En la Ilustración 8 resulta claro que la señal de la fase de secado del ciclo de mezcla es más estable, lo cual es más beneficioso a la hora de efectuar la calibración del agua.

Los ajustes de filtros predeterminados son adecuados para muchas aplicaciones. Sin embargo, para determinar los ajustes óptimos es aconsejable supervisar los resultados durante la puesta en marcha inicial para equilibrar la reducción del ruido con la velocidad de respuesta.

## 8 Modos de medición

Los modos de medición permiten optimizar la sensibilidad del sensor para un material determinado.

La selección de modos de medición no está disponible en todos los sensores y los distintos modelos tendrán diferentes parámetros del modo de medición. Consulte la sección de especificaciones técnicas en la guía de instalación del sensor correspondiente para obtener más información.

Para la mayoría de las aplicaciones, el modo F ofrece un equilibrio adecuado entre estabilidad y sensibilidad.

Para aplicaciones en las que el cambio en Sin escalar es mínimo sobre el rango de trabajo de la humedad, el Modo V o el Modo E pueden proporcionar una respuesta más sensible. Debe tenerse en cuenta que el Modo V y el Modo E pueden producir mediciones menos estables, y puede ser necesario cambiar los ajustes del filtro.

Los modos V y E, aunque pueden ofrecer más sensibilidad, se saturarán a un nivel de humedad más bajo y pueden ser inadecuados para aplicaciones con contenidos de humedad más altos.

En la mayoría de las aplicaciones, el modo F proporcionará la medición más estable de todos los modos. Sin embargo, en ocasiones, el análisis de los modos puede mostrar que otros modos proporcionan una medición más estable. Esto puede determinarse al registrar cada modo a una velocidad de registro sin procesar y comparar la estabilidad de cada modo.

### 8.1 Selección del modo de medición que se va a usar

El modo más adecuado se determinará por los requisitos del usuario, la aplicación y el material que se está midiendo.

La precisión, la estabilidad y las fluctuaciones en la densidad, así como el rango de humedad de funcionamiento, son factores que es posible que determinen la selección del modo de medición.

A menudo, el Modo F se asocia con arenas y áridos que fluyen y aplicaciones de tipo de hormigoneras. El Modo F también es adecuado para las mediciones de Brix.

A menudo, los modos V y E se emplean con materiales de menor densidad como grano u otros materiales orgánicos. También se asocian con cualquier material que disponga de una densidad a granel variable que se correlacione con el contenido de humedad. Es posible que el Modo V y el Modo E tengan sus ventajas en las aplicaciones de mezcla de alta intensidad de materiales de alta densidad y en otras aplicaciones de mezcla con cambios perceptibles en la densidad a lo largo del tiempo (incluidos los áridos y el cemento).

El objetivo es seleccionar la técnica que proporcione la respuesta de señal más deseable (a menudo la más suave) y la determinación de la humedad más precisa.

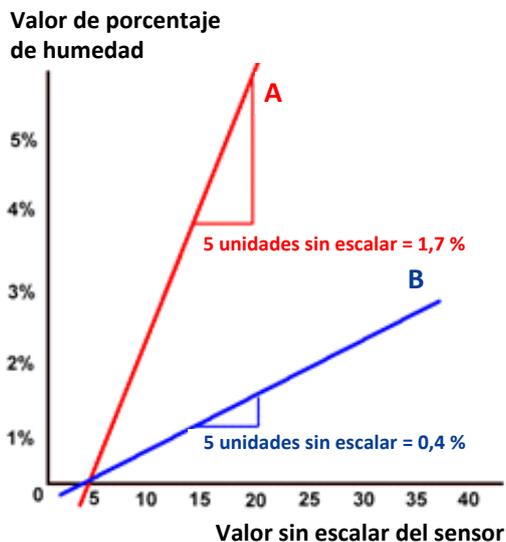
### 8.2 Efectos de la selección de modos diferentes

Cada modo proporcionará una relación diferente entre los valores sin escalar comprendidos entre 0 y 100 del sensor y el porcentaje de humedad.

Durante la medición en cualquier material, normalmente resulta beneficioso que los cambios importantes en la medición sin escalar del sensor equivalgan a pequeños cambios en los niveles de humedad. Esto permitirá obtener la medición de humedad de calibración más precisa (consulte la Ilustración 9). Esto presupone que el sensor continúa siendo capaz de efectuar mediciones a lo largo del rango de humedad completo necesario y que el sensor no está configurado para ser excesivamente sensible.

Todos los modos ofrecerán una salida lineal estable. El objetivo es elegir el modo que muestre la línea de calibración de humedad más plana, como es el caso de la línea B en la Ilustración 9. Debe indicarse que aunque la línea B es más precisa, el máximo de 100 unidades sin escalar

se puede alcanzar a un porcentaje de humedad más bajo que la humedad máxima esperada del material que se mide. El porcentaje de humedad más alto exacto que se puede conseguir es una función del gradiente de la calibración del material y debe determinarse por el usuario.



**Ilustración 9: Relación de los valores Sin escalar respecto a la humedad**

Para determinar qué modo es el más adecuado, es recomendable llevar a cabo pruebas para un determinado material, tipo de mezcladora o aplicación. Antes de hacerlas, es recomendable ponerse en contacto con Hydronix para obtener consejos acerca de la configuración recomendada para su aplicación correspondiente.

Las pruebas varían en función de la aplicación. Para las mediciones llevadas a cabo a lo largo del tiempo, es recomendable registrar la salida del sensor desde cada uno de los diferentes modos de medición dentro del mismo proceso. Los datos pueden registrarse de manera sencilla mediante un PC y el software Hydro-Com de Hydronix. A continuación, estos resultados pueden trazarse para determinar el modo de medición más adecuado.

Para obtener un análisis más pormenorizado, incluido el análisis del filtrado del sensor, Hydronix también puede ofrecer asesoramiento y un software para permitir a los usuarios experimentados obtener los mejores ajustes posibles para un sensor.

El software Hydro-Com y la guía del usuario pueden descargarse de la página [www.hydronix.com](http://www.hydronix.com).

Cuando se utiliza el sensor para obtener una señal de salida que esté calibrada para la humedad (una medición de la humedad absoluta), es recomendable efectuar la calibración mediante los diferentes modos de medición y comparar los resultados (consulte el Capítulo 3 para obtener más detalles).

Si desea obtener más información, póngase en contacto con el equipo de asistencia técnica de Hydronix a través de la dirección [support@hydronix.com](mailto:support@hydronix.com).

## 9 Salida de los datos del sensor

El sensor tiene datos disponibles en todo momento para todos los modos, por lo que el modo que hay que usar se selecciona cuando se escoge la variable de salida. Esta acción forma parte del proceso de optimización de la operación del sensor para el material que se está midiendo.

El diagrama siguiente muestra la disposición de los datos en el sensor:

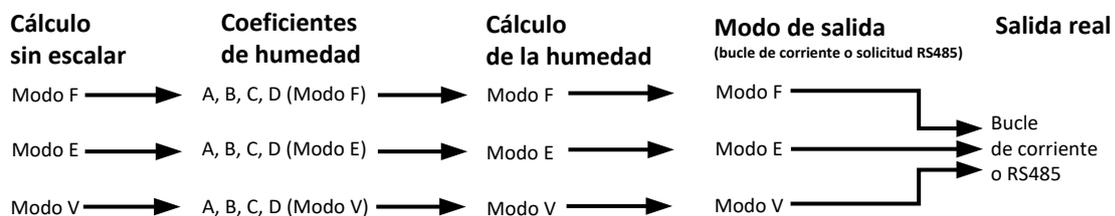


Ilustración 10: Disposición de los datos en el sensor

### 9.1 Bucles de corriente analógica

Si la salida de los datos se hace mediante el bucle de corriente analógica, el usuario debe seleccionar, además de la salida sin escalar o de humedad, el modo que quiere usar. Por ejemplo, la salida analógica 1 puede ajustarse en “Sin escalar/Filtr modo F” o “Humedad promedio modo E”.

### 9.2 Protocolo RS485

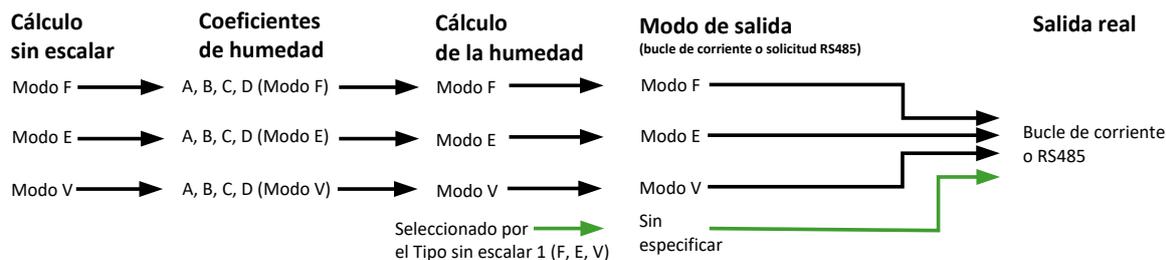
Se ha ampliado el protocolo Hydro-Link de Hydronix para que se puedan solicitar datos para los diferentes modos. Mediante el protocolo ampliado, el host puede solicitar, por ejemplo, “Sin escalar/Prom modo V” o “Sin escalar/Filtr modo E”. Los usuarios que deseen implementar el protocolo Hydro-Link en un sistema de control pueden solicitar las especificaciones completas del protocolo a Hydronix.

### 9.3 Compatibilidad con sistemas host anteriores

Para las implementaciones de los nuevos sistemas host, el diseño descrito anteriormente (Ilustración 11) proporciona una flexibilidad y un rendimiento óptimos para determinar y seleccionar el modo más adecuado para cada material. Se recomienda que cualquier implementación nueva sea compatible con este diseño.

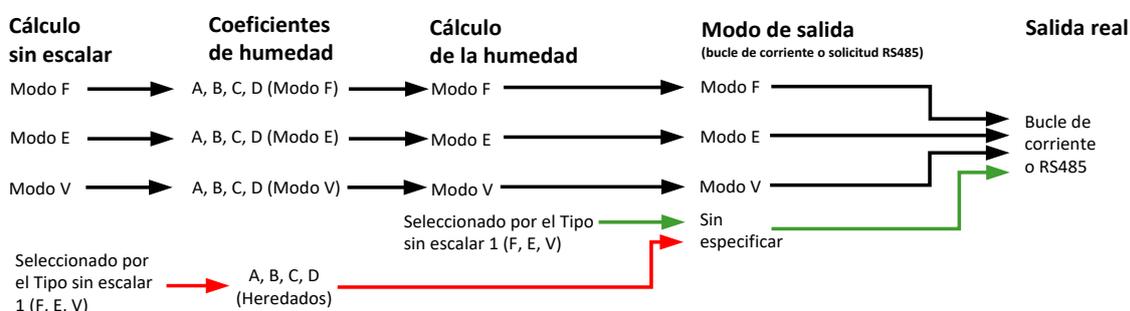
Muchos sensores se conectarán a sistemas antiguos, por lo que se han añadido ciertos elementos al diseño para que sea compatible con ellos. Estos sensores antiguos trabajaban en uno de los modos, predeterminado y configurado con el parámetro de Tipo sin escalar 1. Solo eran compatibles con un conjunto de coeficientes de calibración A, B, C o D.

Los sensores que utilizan el firmware HS0102 han implementado un diseño con una pequeña ampliación para ser compatible con versiones anteriores. Si no se especifica un modo a la hora de solicitar la variable de salida del bucle de corriente o el protocolo Hydro-Link (como lo hacían los sistemas host antiguos), se hace efectivo el parámetro de Tipo sin escalar 1. El Tipo sin escalar 1 seleccionará el modo de salida adecuado. Esta acción amplía el diagrama de esta manera:



**Ilustración 11: Ninguna selección de salida especificada**

Ya que las aplicaciones host antiguas no pueden escribir los coeficientes A, B, C y D para cada modo, se ha creado una extensión final que es compatible con un conjunto de coeficientes de los modos antiguos que, a su vez, es compatible con los sistemas host existentes. La versión final del diagrama refleja este cambio:



**Ilustración 12: Selección de salida antigua**

Si se especifica la salida del bucle de corriente sin un especificador de modo o se solicita el protocolo RS485 sin un especificador de modo (para un valor de humedad), se sigue el proceso siguiente:

- Si los coeficientes antiguos tienen un valor diferente a cero, se utilizan para calcular el valor de la humedad (las flechas rojas del diagrama)
- Si los coeficientes heredados tienen un valor igual a cero, se utiliza el Tipo sin escalar 1 para seleccionar los coeficientes y la humedad adecuados (flechas verdes). Esta acción permite que el sensor esté completamente calibrado en el sistema host de corriente en todos los modos y funcione en un sistema host antiguo.

## 9.4 Sin esc. 2

En los productos con sensores antiguos, se ha implementado un segundo cálculo sin escalar para que se puedan comparar los dos modos a la vez. Esta acción ha permitido hacer lecturas sin escalar de la salida de un segundo modo, pero no de la humedad. En los últimos sensores se ha implementado el tipo sin escalar 2 para que sea compatible con versiones anteriores, pero como estos sensores hacen los cálculos de todos los modos constantemente, no hay que utilizarlos con las implementaciones de los nuevos sistemas host.

En los últimos sensores se pueden hacer varias solicitudes del protocolo RS485 para comparar los modos, o se pueden configurar las dos salidas de bucle de corriente analógica para diferentes modos.

## 10 Protocolo secundario

Los sensores que utilizan el firmware HS0102, v1.11.0 y posteriores tienen la opción de comunicarse mediante el protocolo de Modbus RTU. Esto se suma al protocolo Hydro-Link RS485 por defecto. Para los mensajes Hydro-Link y Modbus RTU se utiliza la misma conexión eléctrica. Sin embargo, solo se puede procesar un tipo de mensaje de protocolo a la vez.

El protocolo secundario se configura por separado, lo cual permite tener una configuración de comunicación diferente a la del protocolo por defecto (dirección, baudios y paridad).

Para obtener toda la información sobre los registros de comunicación del Modbus consulte: Hydronix Microwave Moisture Sensor Modbus RTU Protocol Register Mapping HD0881 (Asignación de registros del protocolo de Modbus RTU del sensor de humedad por microondas Hydronix HD0881)

### 10.4 Configuración de Modbus

Para permitir que el sensor admita los comandos de Modbus RTU, el protocolo secundario debe estar activado y los ajustes de comunicación deben coincidir con la configuración del sistema de control. Se debe utilizar el software Hydro-Com HS0099, v1.11.0 y posteriores para configurar el sensor para Modbus RTU.

Las opciones de configuración y los valores predeterminados son los siguientes:

Ajuste de la configuración	Predeterminado	Opciones
Protocolo secundario	Modbus	Ninguno Modbus
Baudios	19200	2400 4800 9600 19200 38400 57600 115200
Dirección	1	1-247
Paridad	Ninguno	Ninguno 1 bit de parada Ninguno 2 bits de parada Pares Impares

Tabla 1: Configuración de Modbus

## 1 Integración del sensor

El sensor puede integrarse en un proceso de una de las siguientes tres maneras:-

- El sensor puede configurarse para emitir un valor lineal comprendido entre 0 y 100 unidades sin escalar, mientras que la calibración del material se lleva a cabo en un sistema de control externo.  
○
- El sensor puede calibrarse internamente mediante la configuración del sensor Hydro-Com y el software de calibración para emitir un valor de porcentaje de humedad absoluta.  
○
- El sensor también puede utilizarse para producir un valor final.

Las herramientas de desarrollo de software están disponibles en Hydronix para diseñadores de sistemas que deseen desarrollar su propia interfaz.

**Para ver los detalles completos sobre cómo integrar el sensor en un sistema de control o proceso, consulte el documento EN0077 sobre los métodos de control de la humedad para la división en lotes.**

## 2 Introducción a la calibración del material

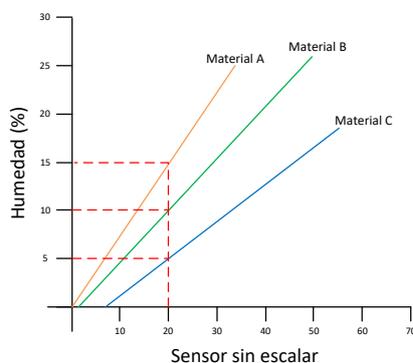
### 2.1 Valor “Sin escalar”

Cuando se fabrican, los sensores se calibran individualmente en un entorno controlado de modo que un valor cero (0) está relacionado con la medición en el aire y 100 está relacionado con el agua. Se utiliza para ofrecer un valor de salida sin procesar desde un sensor Hydronix que va del 0 al 100, y se denomina el valor sin escalar.

### 2.2 ¿Por qué se debe calibrar?

Los sensores de humedad por microondas de Hydronix miden las propiedades eléctricas de un material. Cada material tiene sus propias características eléctricas que le son exclusivas y, por consiguiente, debe realizarse un proceso de calibración para producir un valor de humedad/Brix real. Cuando la humedad de un material varía, el sensor detecta los cambios y el valor sin escalar se ajusta en consecuencia. Debido a que cada material tiene una propiedad eléctrica diferente, el valor sin escalar a un porcentaje de humedad determinado dará como resultado un valor sin escalar distinto para cada material.

Ilustración 13: Calibraciones para 3 materiales diferentes muestra la línea de calibración para tres materiales diferentes. Se puede ver que cuando el valor sin escalar es 20, el porcentaje de humedad correspondiente a cada material es diferente. Para el material A, a un valor sin escalar 20 le corresponde una humedad del 15%. En el mismo valor sin escalar, la humedad es del 10 % para el material B.



**Ilustración 13: Calibraciones para 3 materiales diferentes**

La calibración del material de un sensor correlaciona el valor sin escalar con una humedad “real” (Ilustración 14). Esta correlación se determina midiendo el valor sin escalar de un material con distintos contenidos de humedad o Brix y recopilando una muestra del material. La humedad de esta muestra se determina mediante un proceso de laboratorio preciso. El proceso completo recomendado se detalla en esta guía del usuario.

Sensor sin escalar	Resultado de la humedad en laboratorio
10	5
20	10
30	15
40	20

**Ilustración 14: Resultados de la calibración normal**

### 2.3 Cambios en el material

Es importante colocar el sensor donde haya un flujo de material adecuado y constante. Las fluctuaciones en la composición del material, como mezclas, densidad o compactación variables, pueden afectar negativamente a la validez de la calibración. Consulte la guía de instalación del sensor correspondiente para obtener asesoramiento sobre el montaje.

Si desea obtener más asesoramiento en relación a aplicaciones específicas, consulte al equipo de asistencia técnica de Hydronix a través de la dirección [support@hydronix.com](mailto:support@hydronix.com).

### 2.4 Tipos de calibración

Los sensores de humedad por microondas de Hydronix pueden calibrarse mediante varios métodos diferentes.

**Lineal:**

Normalmente, una calibración del material para la humedad es lineal. Esta calibración se describe en la página 35. Se utiliza la ecuación siguiente:

$$\text{Porcentaje de humedad} = B \times (\text{lectura sin escalar}) + C - SSD$$

**Cuadrática:**

También existe una función cuadrática para usarla en los pocos casos en que la medición del material exhibe características no lineales. Se puede usar un término cuadrático en la ecuación de la calibración, como se muestra a continuación.

$$\text{Porcentaje de humedad} = A \times (\text{lectura sin escalar})^2 + B (\text{lectura sin escalar}) + C - \text{SSD}$$

El uso del coeficiente cuadrático (A) solamente sería necesario en aplicaciones complejas y para la mayoría de materiales la línea de calibración será lineal, en cuyo caso “A” se establece en cero.

**Brix:**

Los sensores seleccionados tienen la capacidad de calibrarse para Brix (sólidos disueltos). Para una calibración de Brix, se utiliza un tipo de línea diferente con la ecuación:

$$\text{Brix} = A - B \cdot e^{\left(\frac{C \cdot \text{us}}{1000000}\right)} + \frac{D \cdot \text{us}^2}{1000}$$

Para obtener más información sobre calibraciones y determinar la calibración correcta que se debe utilizar, póngase en contacto con el departamento de atención al cliente de Hydronix en la dirección [support@hydronix.com](mailto:support@hydronix.com).

### 3 Coeficiente SSD y contenido de humedad SSD

En la práctica, solo es posible obtener valores de humedad secada en el horno (humedad total) para la calibración. Si se requiere el contenido de humedad en la superficie (humedad libre), debe utilizarse el coeficiente de Superficie seca saturada (SSD). En algún sector, SSD también se denomina Valor de absorción de agua (WAV).

$$\text{Humedad absorbida} + \text{Humedad libre} = \text{Humedad total}$$

El coeficiente SSD utilizado en los procedimientos y el equipo de Hydronix es la desviación de la Superficie seca saturada, que es el valor de absorción de agua del material. El valor de SSD se puede determinar mediante procedimientos estándar del sector o se puede obtener del proveedor del material.

El contenido de humedad en la superficie hace referencia **solo** a la humedad en la superficie de los áridos, por ejemplo “agua libre”. En determinadas aplicaciones, como en la producción de hormigón, solo se utiliza el agua en superficie en el proceso, que es el motivo por el que generalmente se hace referencia a este valor en los diseños de mezclas de hormigón.

$$\text{Porcentaje de humedad secada en el horno (Total)} - \text{porcentaje del valor de absorción del agua (desviación SSD en el sensor)} = \text{porcentaje de humedad en superficie (humedad libre)}$$

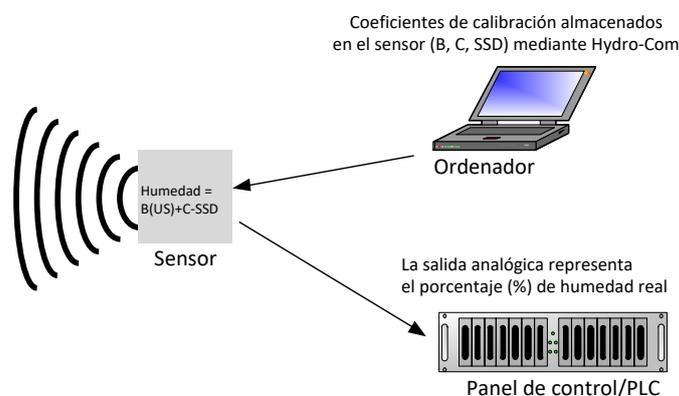
## 4 Almacenamiento de datos de calibración

Existen dos maneras de almacenar los datos de calibración, ya sea en el sistema de control o en el sensor. A continuación se muestran ambos métodos.

La calibración en el interior del sensor comporta la actualización de los valores del coeficiente mediante la interfaz digital de RS485. Después el sensor producirá un valor directamente proporcional a la humedad. Para la comunicación mediante la interfaz RS485, Hydronix cuenta con diversas utilidades de PC, en particular Hydro-Com que contiene una página dedicada de calibración de materiales.

Para calibrar fuera del sensor, el sistema de control necesita su propia función de calibración y, entonces, se puede calcular la conversión de humedad mediante la salida sin escalar lineal del sensor. Para instrucciones sobre el ajuste de la salida, consulte Ilustración 2.

### 4.1 Calibración dentro del sensor



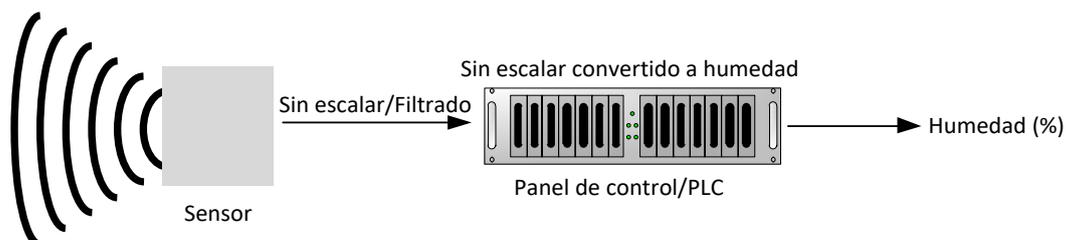
**Ilustración 15: Calibración dentro del sensor**

Al calibrar el sensor con las últimas versiones de Hydro-Com o Hydro-View, se guardan los valores sin escalar de cada modo de medición para cada punto de calibración. Esto significa que una vez la calibración es válida, siempre hay un valor de humedad correcto disponible. De este modo, el sensor almacena un conjunto de coeficientes A, B, C y D para cada modo.

Las ventajas de la calibración dentro del sensor son:

- El software gratuito avanzado mejora la precisión de la calibración, incluido el software de diagnóstico.
- El sistema de control no necesita modificación para calibrar el sensor.
- Se pueden transferir calibraciones entre los diferentes sensores.

### 4.2 Calibración dentro del sistema de control



**Ilustración 16: Calibración dentro del sistema de control**

Las ventajas de la calibración en el interior del sistema de control son:

- Calibración directa sin necesidad de un ordenador adicional o de un adaptador RS485.
- No es necesario aprender cómo usar el software adicional.
- En caso de que sea necesario reemplazar el sensor, se puede conectar un sensor Hydronix de repuesto y validar los resultados obtenidos inmediatamente sin conectar el sensor a un PC para actualizar la calibración del material.
- Las calibraciones se pueden intercambiar fácilmente entre los diferentes sensores.

## 5 Procedimiento de calibración para el material que fluye (lineal)

Para determinar la línea de la calibración, se requieren al menos dos puntos. Cada punto se deriva por el flujo de material sobre el sensor y el resultado de la lectura sin escalar del sensor. Al mismo tiempo, debe tomarse y secarse una muestra de material para averiguar su verdadero contenido de humedad. Este procedimiento proporciona un valor de "Humedad" y otro correspondiente de "Sin escalar" que se pueden trazar sobre un gráfico. Con al menos dos puntos, se puede dibujar una línea de calibración.

Es recomendable seguir el siguiente procedimiento al calibrar el sensor con el material. Este procedimiento usa la utilidad Hydro-Com y la información de calibración se almacena dentro del sensor. Los detalles completos del proceso de calibración se encuentran en la guía del usuario de Hydro-Com HD0682.

Tanto si los datos de calibración se almacenan dentro del sensor como dentro del sistema de control, el proceso es el mismo.

Existen normas internacionales para realizar pruebas y obtener muestreos que están diseñadas para garantizar que el contenido de humedad derivado es preciso y representativo. Estas normas definen la precisión de los sistemas de pesaje y las técnicas de muestreo para convertir las muestras en representativas del material de flujo. Para obtener más información sobre el muestreo, consulte la normativa local o póngase en contacto con Hydronix en [support@hydronix.com](mailto:support@hydronix.com).

### 5.1 Consejos y seguridad

- Utilice gafas de seguridad y ropa protectora para protegerse de la expulsión de materiales durante el proceso de secado.
- No intente calibrar el sensor mediante el empaquetado de material en la superficie. Las lecturas obtenidas no serán representativas de las de una aplicación real.
- Durante el registro de la salida sin escalar del sensor, las muestras deben ser del lugar en el que se encuentra ubicado el sensor.
- No presuponga nunca que el material que fluye hacia fuera de dos puertas de la misma cuba tiene el mismo contenido de humedad y no intente tomar muestras del flujo en ambas puertas para obtener un valor medio (utilice siempre dos sensores).
- Cuando sea posible, calcule el promedio de las lecturas del sensor en el propio sensor con la entrada digital o dentro del sistema de control.
- Asegúrese de que el sensor vea una muestra representativa del material.
- Asegúrese de que se toma una muestra de material representativa para la prueba de humedad.

## 5.2 Equipo

- *Básculas*: para realizar pesajes de hasta 2 kg, con una precisión de hasta 0,1 g.
- *Fuente de calor*: sirve para secar muestras, como un horno, un microondas o el balance hídrico.
- *Contenedor*: con la tapa resellable para almacenar muestras.
- *Bolsas de polietileno*: para almacenar muestras antes de efectuar el secado.
- *Pala*: para recopilar muestras
- *Equipo de seguridad*: incluye gafas, guantes resistentes al calor y ropa protectora.

## 5.3 Manejo de muestras con material recopilado

Para conseguir una calibración precisa es necesario recopilar muestras del material cuando este pasa por el sensor y registrar de manera simultánea el valor sin escalar promedio del sensor durante el periodo de recogida del material. Con el fin de garantizar que el material recopilado se analiza con precisión para determinar el contenido de humedad, es imprescindible recoger el material lo más cerca posible del sensor y sellarlo en una bolsa o contenedor herméticos inmediatamente después. Si el material no está sellado en una bolsa o contenedor herméticos, la humedad se perderá antes de poder analizarla. La bolsa o contenedor solo se deben abrir para realizar las pruebas de laboratorio.

En caso de que se recopile material caliente (p. ej. en la salida de un secador o en entornos con mucho calor), el material se **DEBE** sellar en la bolsa o contenedor y dejar enfriar a temperatura ambiente antes de realizar el análisis. Una vez que se haya enfriado, se debe agitar la bolsa o contenedor para conseguir que la humedad de la superficie del recipiente se mezcle de nuevo con el material. Extraer el material antes de que se haya enfriado provocará una pérdida de la humedad por evaporación y causará posibles errores en la calibración.

**NOTAS: Para obtener las instrucciones completas sobre el uso de Hydro-Com, consulte la guía del usuario de Hydro-Com (HD0682). Registre todos los datos de calibración, incluidos los resultados que se sospechan incorrectos.**

**En el momento de calibrar, se aplican los mismos principios tanto si se usa Hydro-Com como si no se usa.**

## 5.4 Procedimiento

1. Para realizar la calibración es esencial registrar el valor sin escalar promedio cuando el material pasa por el sensor. Al mismo tiempo, es necesario tomar una muestra del material. Las muestras deben tomarse lo más cerca posible del sensor, ya que garantizará que la muestra recogida sea una representación real del material que el sensor estaba midiendo.
2. Para realizar el calibrado se debe obtener el valor Promedio sin escalar. Esto se hace al activar la entrada de Promedio/retenido y aplicar 24vDC a la entrada digital o al seleccionar manualmente «Empezar a calcular el promedio» mediante un botón en el software Hydro-Com o en la pantalla Hydro-View.

Al instalar el interruptor de promedio cerca del puerto de muestreo de material se conseguirá una correlación más precisa entre el valor promedio del sensor y el valor de humedad de la muestra de material recogida.

La instalación óptima es aquella en la que la entrada digital está conectada al sistema de control, de modo que se activa automáticamente al mismo tiempo que se descarga el material.

Para una instalación de cuba/tolva, esto significa que, cuando se abra la puerta de la cuba/tolva, el cálculo promedio empezará y, cuando se cierre, el cálculo promedio se detendrá; el valor se conservará hasta que vuelva a iniciarse el cálculo promedio. El cálculo promedio debe activarse por la dosis principal de material, las oleadas de material no deben activar la entrada digital del sensor.

3. Una vez el material haya empezado a fluir constantemente, debe iniciarse el cálculo promedio. Recopile como mínimo 10 pequeñas cantidades de muestras del flujo hasta

acumular una muestra a granel de al menos 5 kg<sup>1</sup> de material en el contenedor. El material DEBE recopilarse en una posición cercana al sensor para que la lectura del sensor esté relacionada con el lote en particular de material que se recopila.

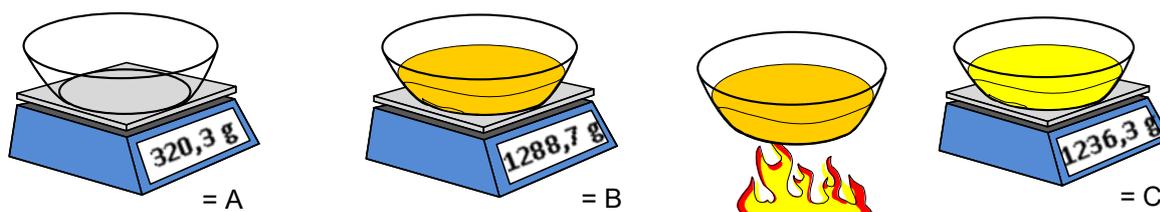
4. Detenga el flujo del material. Registre el valor sin escalar promedio del sensor.
5. Mezcle completamente la muestra recopilada hasta crear una mezcla homogénea. Esta muestra debe sellarse en una bolsa hermética y guardarse en un lugar en el que no le dé el sol hasta que esté preparada para analizarse. Es muy importante que la humedad de la muestra no pueda escapar.
6. Tome 3 muestras de 1 kg del material recopilado y realice una prueba en laboratorio de cada una. Asegúrese de que se elimina toda la humedad. Los materiales orgánicos que tienen partículas más grandes, como granos, semillas, legumbres y pienso, pueden requerir molienda antes del secado. Consulte las normas industriales apropiadas para el material para obtener más detalles.
7. Las tres muestras deben estar completamente secas y compararse los resultados. Utilice la calculadora de humedad para calcular el porcentaje de humedad, (consulte la sección 5.5). Si los resultados difieren en más de un 0,3 % de humedad, las muestras deben desecharse y repetir el proceso de calibración. Puede indicar un error en el proceso de muestreo o las pruebas de laboratorio.
8. Utilice la humedad promedio de las tres muestras para correlacionarla con el valor sin escalar promedio.
9. Este proceso debe repetirse para los puntos de calibración adicionales. Lo ideal sería recopilar puntos de calibración que representen todo el rango de humedad de funcionamiento del material.

**Para obtener las instrucciones sobre cómo calibrar con Hydro-Com, consulte la guía del usuario de Hydro-Com, número de documento HD0682.**

**Nota 1) Las normas para la prueba de áridos recomiendan que, a fin de que un muestreo sea representativo, se requieren como mínimo 20 kg de material a granel (material de 0 a 4 mm).**

**Nota 2) Las normas para la prueba de áridos recomiendan que, a fin de que un muestreo sea representativo, la diferencia en humedad no debe ser mayor que 0,1 %.**

## 5.5 Cálculo del contenido de humedad



$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(B-C)}{(C-A)} \times 100 \%$$

Ejemplo

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{1288,7\text{g} - 1236,3\text{g}}{1236,2\text{g} - 320,3\text{g}} \times 100\% = 5,7 \%$$

**(Tenga en cuenta que la humedad calculada en este ejemplo se basa en el peso seco).**

## 6 Calibración lineal

Una buena calibración se efectúa analizando muestras y tomando lecturas sobre el rango de humedad de funcionamiento completo del material. Deben efectuarse tantos puntos como sea posible, ya que cuantos más puntos se obtengan mayor precisión se ofrecerá. En el gráfico siguiente se muestra una buena calibración con un alto nivel de linealidad.

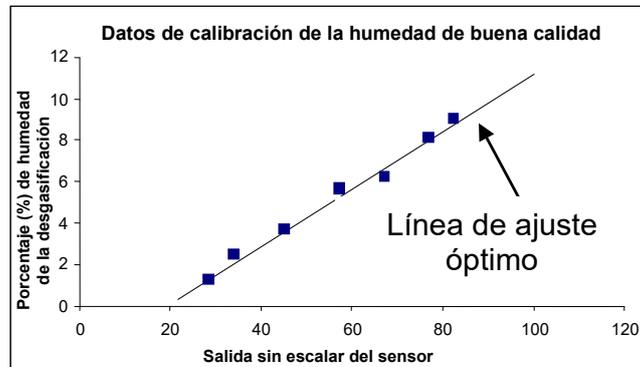


Ilustración 17: ejemplo de una buena calibración del material

### 6.1 Es probable que se obtengan imprecisiones en la calibración en los casos siguientes:

- Si se utiliza una muestra demasiado pequeña de material para medir el contenido de humedad.
- Si se utiliza un número muy reducido de puntos de calibración (en particular, 1 o 2 puntos).
- Si la submuestra evaluada no es representativa de la muestra a granel.
- Si se toman muestras cercanas al mismo contenido de humedad (Ilustración 18: izquierda). Es necesario utilizar un buen rango.
- Si existe una gran dispersión en las lecturas, tal como se muestra en el gráfico de la calibración de la Ilustración 18: (derecha). Por lo general, esto implica un enfoque no fiable o incoherente en la toma de muestras para secado en el horno o una ubicación deficiente del sensor que provoca un flujo inadecuado del material sobre el sensor.
- Si la instalación de cálculo promedio no se utiliza para garantizar una lectura de la humedad representativa para el lote completo.

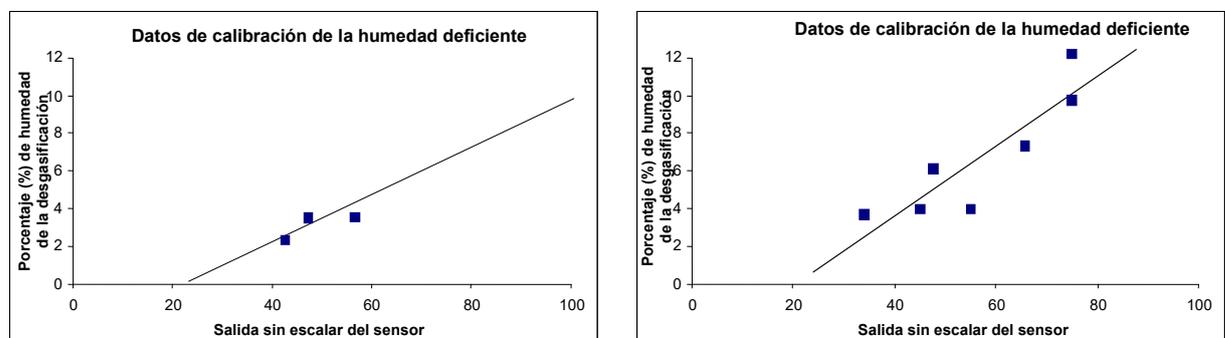


Ilustración 18: Ejemplos de malos puntos de calibración del material

## 7 Calibración cuadrática

Los sensores de humedad por microondas de Hydronix pueden utilizar una función de calibración cuadrática para utilizarla en las raras ocasiones en que un material no es lineal. Para las calibraciones cuadráticas, en las que los puntos de calibración no forman una línea recta, se utiliza el coeficiente "A" y se genera una curva de ajuste óptimo (Ilustración 19). La ecuación que se utiliza es la siguiente:

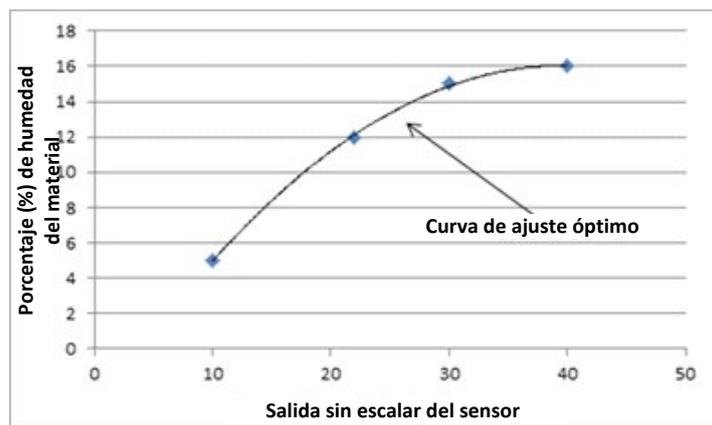
$$\text{Porcentaje de humedad} = A \times (\text{Valor sin escalar})^2 + B (\text{Valor sin escalar}) + C - D$$

El mismo procedimiento se utiliza para las calibraciones lineales (consulte la página 35) y debe seguirse para recopilar muestras y determinar el porcentaje de humedad para el material.

Los detalles completos del proceso de calibración se encuentran en la guía del usuario de Hydro-Com HD0682.

### 7.1 Calibraciones cuadráticas buenas y malas

Una buena calibración se efectúa cuando las muestras de calibración se toman en el rango de funcionamiento del material. Se deben tomar el máximo número posible de puntos para proporcionar una precisión mayor. La Ilustración 19 es un ejemplo de una calibración buena. Todos los puntos están cercanos a la curva y hay un buen despliegue de puntos que cubren el rango completo de humedad del material.



**Ilustración 19: Ejemplo de una buena calibración cuadrática**

La Ilustración 20 es un ejemplo de una mala calibración. Es evidente que los puntos de calibración no están cercanos al ajuste de la curva, lo que indica que existen posibles errores de muestreo y de laboratorio. Esta calibración debe realizarse de nuevo.

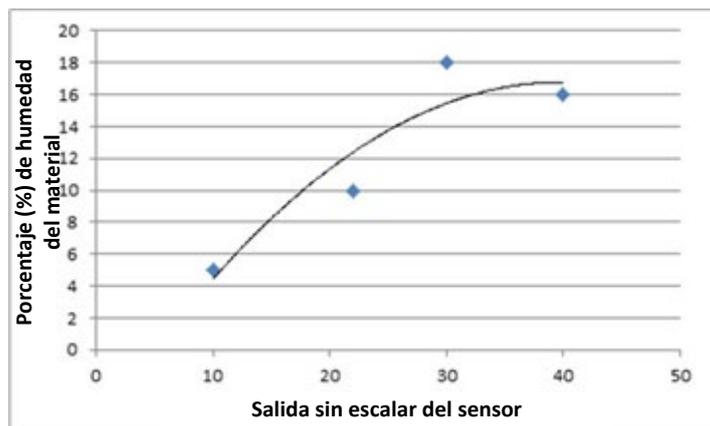


Ilustración 20: Ejemplo de una mala calibración cuadrática

## 8 Calibración de un sensor de una mezcladora

Si se instala un sensor en una mezcladora, con varios materiales, y se requiere emitir un % de humedad, no siempre es posible realizar un proceso de calibración estándar. Esto sucede especialmente en la producción de hormigón. La toma de muestras del hormigón húmedo final y la realización de una desgasificación para determinar el % de humedad no es fiable debido a las reacciones químicas y a los problemas de seguridad. Para realizar la calibración en estas situaciones, se puede utilizar el siguiente método:

1. Para calibrar en la mezcladora, debe calcularse el % de humedad de todos los materiales secos utilizando un sensor de humedad debidamente calibrado o se debe hacer en un laboratorio.

En este ejemplo, las humedades y pesos de los materiales de mezcla seca son:

Arena = 950 kg a una humedad del 8 %

Grava = 1040 kg a una humedad del 2,5 %

Cemento = 300 kg a una humedad del 0 % (Siempre debe ser del 0 %)

2. Para determinar el agua en el material, el peso en seco siempre debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Peso en seco} = \frac{\text{Peso mojado}}{(1 + \text{Humedad \%})} \quad (\% \text{ de humedad: } 1=100\%, 0.1 = 10\%)$$

$$\text{Arena} \quad \frac{950}{1.08} = 879.63 \text{ kg}$$

$$\text{Piedras} \quad \frac{1040}{1.025} = 1014.63 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento} \quad \frac{300}{1} = 300 \text{ kg}$$

$$\text{Peso en seco total} = 879,63 + 1014,63 + 300 = \mathbf{2194,26 \text{ kg}}$$

3. Calcular el agua en el material:

Contenido de agua = Peso en húmedo – Peso en seco

$$\text{Arena} = 950 - 879,63 = 70,37 \text{ kg}$$

$$\text{Piedras} = 1040 - 1014,63 = 25,37 \text{ kg}$$

$$\text{Cemento} = 300 - 300 = 0 \text{ kg}$$

Total de agua = 70,37 + 25,37 + 0 = **95,74 kg**

4. El peso en seco y el contenido de agua se utilizan para calcular el % de humedad del material:

$$\%H = \frac{\text{Total de agua}}{\text{Peso seco del material}} \times 100$$

$$\%H = \frac{95.74}{2194.26} \times 100 = \mathbf{4.36\%}$$

5. Para crear un punto de calibración, el material seco debe cargarse en la mezcladora y mezclarse debidamente hasta que se establezca la señal del sensor; esto indica que la mezcla es homogénea. Una vez que se establezca la señal, registre el valor sin escalar del sensor. En este ejemplo, el valor era 35 sin escalar.
6. Para crear un segundo punto de calibración, añada a la mezcladora la cantidad de agua establecida, en este ejemplo, se añaden 35 litros. Mezcle completamente el material hasta que la señal del sensor esté estable de nuevo. Registre el valor sin escalar del sensor, en este ejemplo es 46 sin escalar.
7. Calcule el porcentaje de humedad de la mezcla mojada con la siguiente ecuación:

Total de agua = Agua de material seco + Agua añadida

Total de agua = 95,74 + 35 = 130,74 litros

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Total de agua}}{\text{Peso seco del material}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{130.74}{2194.26} \times 100 = \mathbf{5.96\%}$$

8. Para crear la calibración se utilizan los valores sin escalar y el % de humedad de las mezclas en seco y en húmedo.

Los datos de calibración de la mezcla son:

<b>% HUMEDAD</b>	<b>Sin escalar</b>
4.36	35
5.96	46

9. Los datos de calibración se pueden introducir en el Hydro-Com o excel para calcular los coeficientes de calibración. Esto también se puede hacer manualmente utilizando las siguientes ecuaciones:

$$B \text{ (Gradiente)} = \frac{\text{Humedad (Mojado)} - \text{Humedad (Seco)}}{\text{Sin esc. (Mojado)} - \text{Sin esc. (Seco)}}$$

$$B = \frac{5.96 - 4.36}{46 - 35}$$

$$B = \frac{1.6}{11}$$

$$\mathbf{B = 0,145}$$

$$\% \text{ de humedad} = B \times \text{Sin esc} + C$$

$$\therefore C \text{ (desvío)} = \text{Humedad \%} - (B \times \text{Sin esc})$$

Usando los valores de mezcla húmeda:

$$C = 5.96 - (0.145 \times 46)$$

$$C = 5.96 - 6.67$$

$$\mathbf{C = -0,71}$$

10. Si se carga en el sensor los valores B y C, la salida se puede configurar en % de humedad. Usa los valores B y C en este ejemplo si el valor sin escalar es 58:

$$\% \text{ de humedad} = 0.145 \times 58 - 0.71$$

$$\% \text{ de humedad} = 7,7 \%$$

Si la receta y las proporciones de materiales son las mismas, la calibración será válida.

## 9 Calibración de Brix

Los sensores seleccionados pueden derivar el contenido Brix de un líquido a partir del valor sin escalar (consulte las especificaciones técnicas en la guía de instalación del sensor correspondiente para obtener más información). Esta es una medición de los sólidos disueltos presentes en un líquido y se suele utilizar en el sector alimentario.

El cálculo de Brix es diferente del cálculo lineal utilizado para la humedad. Para crear una línea de calibración, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Brix = A - B \cdot e^{\left(\frac{C \cdot us}{1000000}\right)} + \frac{D \cdot us^2}{1000}$$

donde “us” es el valor sin escalar del sensor. Esta ecuación proporciona una curva exponencial.

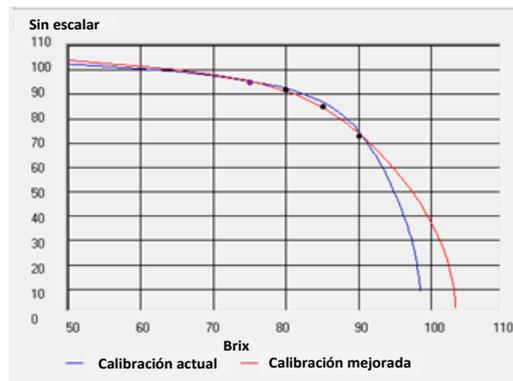
Quando se utilicen los sensores para medir Brix, el sensor aún debe estar calibrado para el proceso que se está supervisando. El proceso se detalla a continuación:

1. Para calibrar el sensor, varios valores sin escalar deben correlacionarse con su valor Brix correspondiente.
2. Para realizar la calibración se registra el valor sin escalar filtrado y al mismo tiempo se recopila una muestra del material. Esta muestra se debe tomar lo más cerca posible al sensor. Esto garantizará que el material recopilado sea una representación real de lo que el sensor estaba midiendo.
3. Cuando se requiera una muestra de calibración, asegúrese de que el material fluye en el proceso. Registre el valor sin escalar filtrado del sensor y al mismo tiempo recopile la muestra de material utilizando un método de muestreo adecuado.
4. La muestra debe ser lo suficientemente grande para permitir realizar varias pruebas de laboratorio. Los resultados del laboratorio deben compararse ya que las variaciones en los resultados indicarán errores en los procesos de muestreo o del laboratorio.
5. El promedio de los resultados del laboratorio y el valor sin escalar filtrado componen un punto de calibración.
6. Los pasos del 3 al 5 deben repetirse para puntos de calibración adicionales. Lo ideal sería recopilar puntos de calibración que cubrieran todo el rango esperado de Brix del material.

El software Hydro-Com debe utilizarse para calcular los coeficientes de calibración y para actualizar el sensor con la calibración.

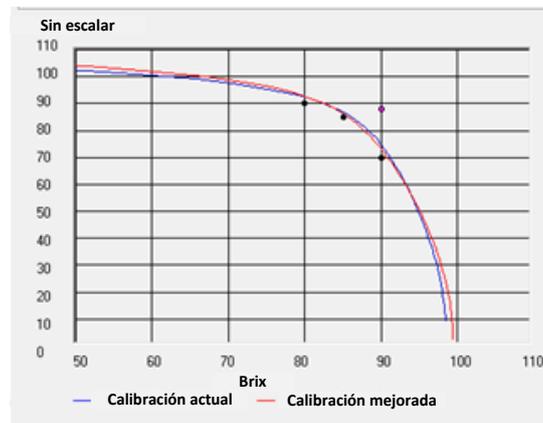
### 9.1 Calibración de Brix buena y mala

Una buena calibración de Brix se consigue analizando el material en el rango de funcionamiento. Es necesario un buen despliegue de puntos para proporcionar mejor precisión. La Ilustración 21 muestra una buena calibración con todos los puntos cerca de la curva de ajuste óptimo.



**Ilustración 21: Ejemplo de una buena calibración de Brix**

La Ilustración 22 es un ejemplo de una mala calibración de Brix; es evidente porque no todos los puntos se encuentran cerca de la curva de ajuste óptimo.



**Ilustración 22: Ejemplo de una mala calibración de Brix**

Para ver todos los detalles sobre el uso de Hydro-Com, consulte la guía del usuario HD0682.



El sensor es un instrumento preciso y en muchos casos es más exacto que otros equipos o técnicas de muestreo usados para obtener la calibración. Para obtener el mejor rendimiento, asegúrese de que la instalación sigue las directrices básicas que se especifican a continuación; asimismo, asegúrese de que el sensor se configura con los parámetros de filtrado adecuados.

También puede ser útil ajustar los parámetros del filtrado y el suavizado de la señal del sensor, como se describe en el capítulo 2, sección 5.

Es posible que la selección de un modo de medición alternativo (consulte el capítulo 2, sección 8) proporcione una respuesta de señal más deseable. Sin embargo, antes de hacerlo, debe supervisarse el rendimiento de cada modo con el software Hydro-Com.

## 1 General para todas las aplicaciones

- **Encendido:** antes de su uso, es recomendable permitir que el sensor se estabilice durante 15 minutos después de aplicarle energía.
- **Posicionamiento:** el sensor debe estar en contacto con una muestra representativa del material.
- **Flujo:** el sensor debe estar en contacto con un flujo constante del material.
- **Material:** si el tipo de material o la fuente cambia, la lectura de la humedad puede verse afectada.
- **Tamaño de las partículas del material:** si el tamaño de las partículas de material que se está midiendo cambia, esto puede afectar a la reología del material para el mismo contenido de humedad. Un aumento de los materiales finos a menudo lleva a un “agarrotamiento” del material correspondiente al mismo contenido de humedad. El “agarrotamiento” no debe considerarse automáticamente como una reducción de la humedad. El sensor continuará midiendo la humedad.
- **Acumulación de material:** evite la acumulación de materiales en la placa frontal cerámica.

## 2 Mantenimiento rutinario

Asegúrese de que la placa frontal de medición cerámica nunca contiene acumulación de material.

Inspeccione si en la superficie de la placa frontal cerámica hay signos de grietas o virutas.



**NO GOLPEE LA PLACA FRONTAL CERÁMICA DURANTE EL MANTENIMIENTO**



En las siguientes tablas se enumeran los errores más comunes encontrados al utilizar el sensor. Si no es capaz de diagnosticar el problema con esta información, póngase en contacto con el servicio de asistencia técnica de Hydronix.

## 1 Diagnóstico del sensor

### 1.1 Síntoma: ninguna salida del sensor

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
La salida funciona, pero no correctamente	Lleve a cabo una prueba sencilla con la mano en el sensor	Lectura de miliamperios dentro del rango normal (entre 0-20 mA o 4-20 mA)	Desactive y vuelva a activar la alimentación del sensor
El sensor no recibe alimentación	Alimentación de CC en la caja de conexiones	De +15 V de CC a +30 V de CC	Localice el fallo en el cableado/la fuente de alimentación
El sensor se ha bloqueado temporalmente	Desactive y vuelva a activar la alimentación del sensor	El sensor funciona correctamente	Compruebe la alimentación
No hay ninguna salida del sensor en el sistema de control	Mida la corriente de la salida del sensor en el sistema de control	Lectura de miliamperios dentro del rango normal (entre 0-20 mA o 4-20 mA) Varía en función del contenido de humedad	Compruebe el cableado hasta la caja de conexiones
No hay ninguna salida del sensor en la caja de conexiones	Mida la corriente de la salida del sensor en los terminales de la caja de conexiones	Lectura de miliamperios dentro del rango normal (entre 0-20 mA o 4-20 mA) Varía en función del contenido de humedad	Compruebe los contactos del conector del sensor
Los contactos del conector MIL-Spec del sensor están dañados	Desconecte el cable del sensor y compruebe si hay algún contacto dañado	Los contactos están doblados y pueden volver a doblarse hasta su posición normal para que hagan contacto eléctrico	Compruebe la configuración del sensor conectándolo a un PC
Fallo interno o configuración incorrecta	Conecte el sensor a un PC mediante el software Hydro-Com y un convertidor RS485 adecuado	La conexión RS485 digital funciona. Corrija la configuración.	La conexión RS485 digital no funciona. El sensor debe enviarse a Hydronix para su reparación

## 1.2 Síntoma: salida analógica incorrecta

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
Problema de cableado	Cableado en la caja de conexiones y en el PLC	Los pares trenzados utilizados para la longitud completa del cable del sensor al PLC están correctamente conectados	Efectúe la conexión correctamente mediante el cable especificado en las especificaciones técnicas
La salida analógica del sensor está defectuosa	Desconecte la salida analógica del PLC y mídala con un amperímetro	Lectura de miliamperios dentro del rango normal (entre 0-20 mA o 4-20 mA)	Conecte el sensor a un PC y ejecute Hydro-Com. Compruebe la salida analógica en la página de diagnóstico. Fuerce la salida de mA a un valor conocido y compruébelo con un amperímetro
La tarjeta de entrada analógica PLC está defectuosa	Desconecte la salida analógica del PLC y mida la salida analógica del sensor mediante un amperímetro	Lectura de miliamperios dentro del rango normal (entre 0-20 mA o 4-20 mA)	Sustituya la tarjeta de entrada analógica

## 1.3 Síntoma: el ordenador no se comunica con el sensor

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
El sensor no recibe alimentación	Alimentación de CC en la caja de conexiones	De +15 V de CC a +30 V de CC	Localice el fallo en el cableado/la fuente de alimentación
El RS485 está conectado incorrectamente al convertidor	Las instrucciones de cableado del convertidor y las señales A y B son la orientación correcta	El convertidor RS485 está correctamente conectado	Compruebe la configuración del puerto COM para PC
Se ha seleccionado un puerto COM serie incorrecto en Hydro-Com	Seleccione el puerto COM correcto en Hydro-Com	Cambie al puerto COM correcto	Determine el número del puerto COM asignado al puerto actual buscando en el administrador de dispositivos del PC

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
Más de un sensor tiene el mismo número de dirección	Efectúe la conexión a cada sensor de manera individual	El sensor se encuentra en una dirección. Reasigne otro número a este sensor y repita este procedimiento para el resto de sensores de la red	Pruebe un RS485-RS232/USB alternativo si se encuentra disponible

#### 1.4 Síntoma: lectura de humedad casi constante

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
Cuba vacía o sensor descubierto	El material cubre el sensor	Nivel mínimo de profundidad del material de 100 mm	Rellene la cuba
Material atascado en la cuba	El material no está atascado por encima del sensor	Cuando está abierta la puerta, hay un flujo regular de material sobre la cara del sensor	Busque las causas del flujo errático. En caso de que persista el problema, vuelva a colocar el sensor
Acumulación de material sobre la parte delantera del sensor	Señales de acumulación como depósitos sólidos secos en la parte frontal cerámica	La placa frontal cerámica se debe mantener limpia por la acción del flujo del material	Compruebe el ángulo de la cerámica en un rango de 30 a 60°. Si persiste el problema, vuelva a colocar el sensor
Calibración incorrecta de la entrada dentro del sistema de control	Rango de entrada del sistema de control	El sistema de control acepta el rango de salida del sensor	Modifique el sistema de control o vuelva a configurar el sensor
Sensor en estado de alarma: rango de 0 mA a 4-20 mA	Contenido de humedad del material mediante secado de horno	Debe estar dentro del rango de funcionamiento del sensor	Ajuste el rango del sensor y/o la calibración
Interferencia procedente de los teléfonos móviles	Uso de teléfonos móviles cercanos al sensor	Sin fuentes de RF funcionando cerca del sensor	Evite su uso en un rango de 5 m respecto al sensor
El conmutador Promedio/Retenido no ha funcionado	Aplique la señal a la entrada digital	La lectura de humedad promedio debe cambiar	Verifíquelo con los diagnósticos de Hydro-Com
El sensor no recibe alimentación	Alimentación de CC en la caja de conexiones	De +15 V de CC a +30 V de CC	Localice el fallo en el cableado/la fuente de alimentación
No hay ninguna salida del sensor en el sistema de control	Mida la corriente de la salida del sensor en el sistema de control	Varía en función del contenido de humedad	Compruebe el cableado hasta la caja de conexiones

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
No hay ninguna salida del sensor en la caja de conexiones	Mida la corriente de la salida del sensor en los terminales de la caja de conexiones	Varía en función del contenido de humedad	Compruebe la configuración de salida del sensor
El sensor se ha apagado	Desconecte la alimentación durante 30 segundos y vuelva a intentarlo o mida el dibujo actual de la fuente de alimentación	El funcionamiento normal es entre 70 y 150 mA	Compruebe que la temperatura de funcionamiento está dentro del rango especificado
Fallo interno o configuración incorrecta	Retire el sensor, limpie la parte frontal de cerámica con agua y séquela después. Luego, compruebe la lectura (a) con la parte frontal cerámica abierta y (b) con la mano pulse firmemente sobre la parte frontal cerámica.	La lectura debe cambiar dentro de un rango razonable	Verifique el funcionamiento con los diagnósticos de Hydro-Com

### 1.5 Síntoma: lecturas inconsistentes o erráticas que no hacen el seguimiento del contenido de humedad

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
Desechos en el sensor	Desechos, como trozos de tela de limpieza colgando sobre la parte frontal del sensor	El sensor debe mantenerse siempre sin desechos	Mejore el almacenamiento del material. Ajuste rejillas de cable a la parte superior de las cubas y los puertos de carga de la mezcladora
Material "atascado" en la cuba	El material está atascado por encima del sensor	Cuando está abierta la puerta, hay un flujo regular de material sobre la parte delantera del sensor	Busque las causas del flujo errático del material. En caso de que persista el problema, vuelva a colocar el sensor
Acumulación de material sobre la parte delantera del sensor	Señales de acumulación como depósitos sólidos secos en la parte frontal cerámica	La parte frontal cerámica se debe mantener siempre limpia por la acción del flujo del material	Cambie el ángulo de la cerámica en un rango de 30 a 60 °. En caso de que persista el problema, vuelva a colocar el sensor
Calibración	Asegúrese de	Los valores de	Lleve a cabo

Posible explicación	Comprobación	Resultado requerido	Acción requerida en caso de fallo
no adecuada	que los valores de calibración son adecuados para el rango de funcionamiento	calibración están propagados por todo el rango, de modo que evitan la extrapolación	más mediciones de calibración
Formación de hielo en el material	Temperatura del material	Sin hielo en el material	El sensor no medirá en hielo
No está activada la señal Promedio/Retenido	El sistema de control calcula las lecturas promedio de lotes	Se deben usar las lecturas de humedad promedio en aplicaciones de pesaje de lotes	Modifique el sistema de control o vuelva a configurar el sensor, en caso de ser necesario
Uso incorrecto de la señal Promedio/Retenido	La entrada Promedio/Retenido funciona durante el flujo principal de material procedente de la cuba	Promedio/Retenido debe activarse solamente durante el flujo principal; no durante el periodo de "jogging"	Modifique los horarios para incluir el flujo principal y excluya el "jogging" de la medición
Configuración inapropiada del sensor	Haga funcionar la entrada Promedio/Retenido. Observe el comportamiento del sensor	La salida debe ser constante con la entrada Promedio/Retenido APAGADA y cambiante con la entrada ENCENDIDA	La salida del sensor debe configurarse correctamente para la aplicación
Conexiones a tierra inadecuadas	Conexiones a tierra de piezas metálicas y de cables	Las diferencias del potencial de tierra se deben minimizar	Asegure la conexión equipotencial de las piezas metálicas

## 1.6 Características de la salida del sensor

	Salida Sin escalar/Filtrado (los valores mostrados son aproximados)			
	RS485	4-20 mA	0-20 mA	0-10 V
Sensor expuesto al aire	0	4 mA	0 mA	0 V
Mano en el sensor	75-85	16-17,6 mA	15-17 mA	7,5-8,5 V



*P: Hydro-Com no detecta ningún sensor*

A: Si hay más de un sensor conectado a la red RS485, asegúrese de que cada sensor tenga una dirección diferente. Asegúrese de que el sensor esté correctamente conectado, de que reciba alimentación de una fuente de 15-30 V de CC adecuada y que los cables RS485 estén conectados a través de un convertidor RS232-485 o USB-RS485 al PC. En Hydro-Com, asegúrese de haber seleccionado el puerto COM correcto.

*P: ¿Cada cuánto tiempo debo calibrar el sensor?*

R: La recalibración no es necesaria a menos que la gradación del material cambie de forma significativa o se use una fuente de material nueva. No obstante, es una buena idea tomar muestras (consulte Introducción a la calibración del material en la página 31) de forma regular in situ para confirmar que la calibración es todavía válida y precisa. Coloque estos datos en una lista y compárelos con los resultados del sensor. Si los puntos se encuentran cerca o sobre la línea de calibración, entonces esta es todavía correcta. Si existe una diferencia continua, debe volver a calibrar.

*P: Si tengo que reemplazar el sensor, ¿debo volver a calibrar mi sensor nuevo?*

R: Normalmente no, suponiendo que el sensor esté montado exactamente en la misma posición. Copie los datos de calibración del material en el nuevo sensor y las lecturas de humedad serán las mismas. Sería aconsejable verificar la calibración mediante la toma de una muestra, como se muestra en Introducción a la calibración del material en la página 31; asimismo, también sería recomendable comprobar este punto de calibración. Si se encuentra cerca o sobre la línea de calibración, entonces esta es todavía correcta.

*P: ¿Qué debo hacer si existe una variación pequeña de humedad en mi material el día que efectúe la calibración?*

R: Solo para arena (HP04 solo)

Si ha secado diferentes muestras y existe una pequeña variación de humedad (del 1 al 2%), entonces, escoja un buen punto de calibración mediante el cálculo promedio de las lecturas sin escalar y las humedades secadas con horno. Hydro-Com le permitirá producir una calibración válida hasta que se puedan obtener más puntos. Cuando la humedad cambie al menos un 2 %, entonces tome una muestra de nuevo y mejore la calibración mediante la adición de más puntos.

*P: ¿Si cambio el tipo de material que uso, tengo que volver a calibrarlo?*

R: Sí, debe calibrar todos los tipos de materiales.

*P: ¿Qué variable de salida debo usar?*

R: Dependerá de si la calibración se almacena en el sensor o en el controlador de lotes, y de si la entrada digital se usa para averiguar el cálculo promedio de lotes. Consulte Configuración de la salida analógica en la página 15 para obtener más información.

- P: Parece que existe dispersión en los puntos en que he hecho la calibración. ¿supone esto un problema, y qué puedo hacer para mejorar el resultado de la calibración?*
- R: Si está intentando ajustar una línea mediante una serie de puntos dispersos, es que tiene un problema con su técnica de muestreo. Asegúrese de que el sensor se monta adecuadamente en el flujo. Si la posición del sensor es correcta y el muestreo se ha llevado a cabo como se explica en la página 35, seguro que esto no ocurre. Use un valor “Sin escalar/Promedio” para obtener la calibración. El periodo de cálculo de promedio se puede establecer o bien con la entrada “Promedio/Retenido” o con el “Cálculo promedio remoto”. Consulte la guía del usuario de Hydro-Com (HD0682) para obtener más información.*
- P: Las lecturas del sensor cambian de manera irregular y no son coherentes con los cambios en la humedad del material. ¿Existe algún motivo para que suceda esto?*
- R: Es posible que algún material se acumule sobre la parte frontal del sensor durante el flujo. Cuando se produce acumulación, aunque haya un cambio en la humedad, el sensor solo “ve” el material que tiene delante, lo que ocasiona que la lectura permanezca razonablemente constante. La lectura puede permanecer constante hasta que se desaloje la acumulación, lo que permitirá que fluya material nuevo sobre la parte frontal del sensor. De este modo, se puede ocasionar un cambio repentino en las lecturas. Para comprobar si este es el caso, trate de golpear los laterales de la cuba/silo para que se desprenda cualquier material no válido y compruebe si las lecturas cambian. También, puede comprobar el ángulo de montaje del sensor. Se debe montar la cerámica en un ángulo que permita al material pasar de forma continua sobre la placa frontal del sensor. Los sensores montados en cubas tienen dos líneas en la etiqueta de la placa posterior que indican el ángulo en el que el sensor debe instalarse en relación al flujo de material. La alineación correcta se produce cuando cualquiera de las líneas está en línea con el flujo del material, lo que indica que la cerámica está situada en un ángulo correcto.*
- P: ¿Afecta el ángulo del sensor a la lectura?*
- A: Es posible que el cambio del ángulo del sensor pueda afectar a las lecturas. Esto se debe a un cambio en la compactación o en la densidad del material que fluye más allá de la cara de medición. En la práctica, los cambios pequeños en el ángulo tienen un efecto inapreciable en las lecturas, pero un cambio grande en el ángulo de montaje (> 10 grados) afecta a las lecturas y, por último, la calibración pasa a ser no válida. Por este motivo, es esencial que cuando se extraiga un sensor y posteriormente se vuelva a colocar, se mantenga el mismo ángulo.*
- P: ¿Por qué emite el sensor humedad negativa cuando la cuba está vacía?*
- A: La salida sin escalar para aire será menor que la lectura sin escalar para humedad del 0 % del material; por consiguiente, la salida de humedad será negativa.*
- P: ¿Cuál es la longitud máxima de cable que puedo utilizar?*
- A: Consulte las especificaciones técnicas en la guía de instalación del sensor correspondiente.*

## 1 Referencias cruzadas del documento

En esta sección se enumeran el resto de documentos a los que se hace referencia en esta Guía del usuario. Puede resultarle útil disponer de una copia durante la lectura de esta guía.

N.º de documento	Título
HD0682	Guía del usuario de Hydro-Com
HD0675	Guía de instalación de Hydro-Probe e Hydro-Probe XT
HD0676	Guía de instalación de Hydro-Mix
HD0677	Guía de instalación de Hydro-Probe Orbiter
HD0678	Guía de instalación eléctrica del sensor de humedad Hydronix
EN0077	Métodos de control de la humedad para la división en lotes
EN0078	Integración de los sensores Hydro-Mix e Hydro-Probe en canales de grano
EN0079	Parámetros predeterminados de fábrica del sensor HP04
EN0080	Parámetros predeterminados de fábrica del sensor XT02
EN0081	Parámetros predeterminados de fábrica del sensor HM08
EN0082	Parámetros predeterminados de fábrica del sensor ORB3
HD0881	Hydronix Microwave Moisture Sensor Modbus RTU Protocol Register Mapping (Asignación de registros del protocolo de Modbus RTU del sensor de humedad por microondas Hydronix)



## Índice

Alarmas		
límite inferior .....	19	
límite superior .....	19	
modo de alarma .....	19	
Brix .....	42	
Calibración .....	53	
almacenamiento de datos .....	34	
Brix .....	42	
buena y mala .....	38, 42	
calibraciones cuadráticas buenas y malas	39	
dentro de mezcladora .....	40	
dentro del sensor .....	34	
en sistema de control .....	34	
procedimiento .....	35	
Configuración .....	13	
Contenido de humedad .....	37	
Cuba vacía .....	19	
Datos no válidos .....	19	
Entradas/salida digitales .....	17	
Filtrado .....	20	
Filtros		
velocidad de rotación .....	21	
Filtros de velocidad de rotación .....	21	
Humedad		
negativa .....	54	
superficie .....	33	
Humedad libre .....	33	
Humedad sin procesar .....	20	
Humedad total .....	33	
Humedad/Temperatura .....	18	
Hydro-Com .....	15, 53	
Límite inferior .....	Ver alarmas	
Límite superior .....	Ver alarmas	
Modos de medición .....	26	
Muestras		
Normas internacionales .....	37	
Parámetros		
cálculo promedio .....	20	
Parámetros del cálculo promedio .....	20	
Promedio/Retenido .....	17	
Protocolo secundario		
Configuración de Modbus .....	30	
Salida .....	15	
Salida analógica .....	13, 15	
Seguimiento automático .....	19	
Señal filtrado .....	25	
Sin escalar/Promedio .....	16	
Sin escalar/Sin procesar .....	20	
SSD .....	33	
Superficie seca saturada .....	Véase SSD	
Técnica de medición .....	13	
Tiempo de filtrado .....	21	
Tiempo de suavizado .....	21	
Valor de absorción de agua .....	33	