

SOLUCIONES PARA  
MEDICIONES DE NIVEL  
EXIGENTES

*¡Cuando las cosas se ponen un poco  
difíciles!*

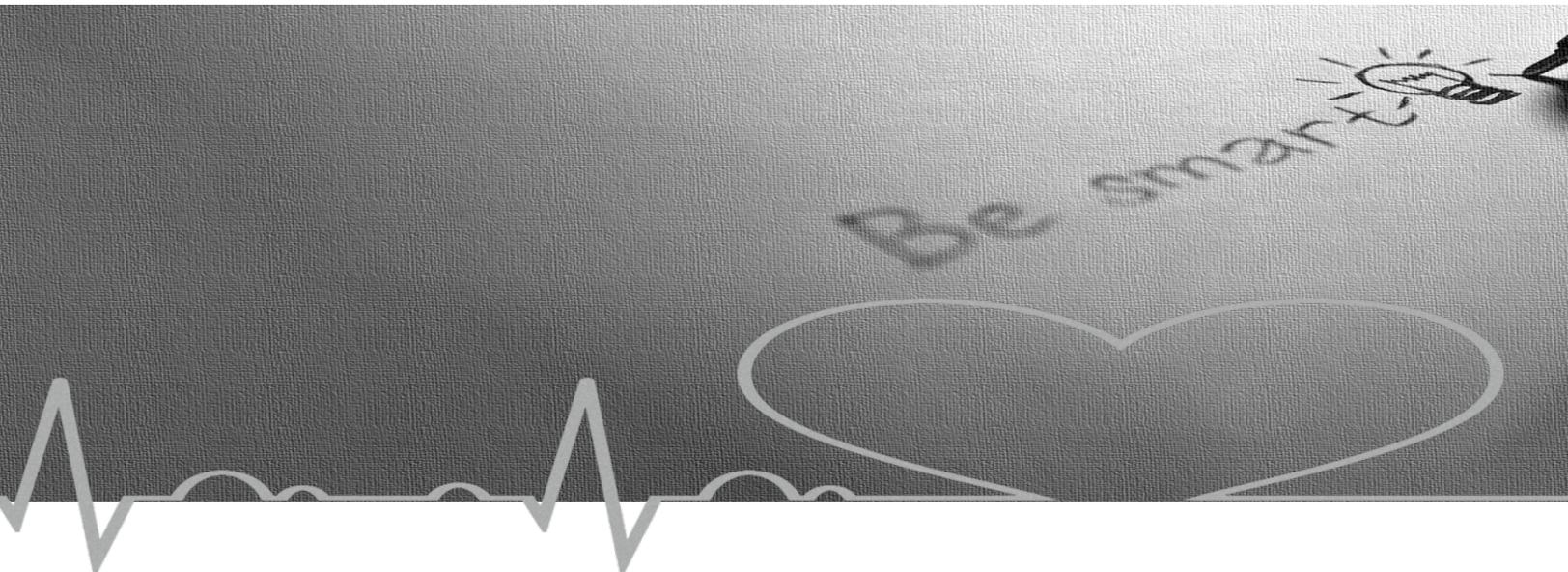
WHITE PAPER  
TDR MULTITALENTO  
SÓLIDO Y LÍQUIDO

Nikolas Oppenberger  
Gerente de Producto



## ¿Qué es realmente un radar?

Radar es la abreviatura de "radio detection and ranging" (detección y medición de distancias por radio), que se traduce vagamente como "posicionamiento y medición de distancias por radio". Las ondas electromagnéticas constituyen la base de esta tecnología. Un dispositivo de radar emite una onda electromagnética agrupada que es reflejada por los objetos en forma de eco y, a continuación, evaluada por el dispositivo según diversos criterios.



Dependiendo de la aplicación, se puede obtener la siguiente información a partir de las ondas reflejadas:

- el ángulo o la dirección con respecto al objeto
- la velocidad de un objeto (efecto Doppler)
- los contornos de un objeto
- la distancia al objeto

Este último punto lleva a utilizar también la tecnología de radar para determinar los niveles. En las últimas décadas ha ido adquiriendo cada vez más importancia y se ha ido desarrollando continuamente. En la actualidad, el campo de aplicación abarca desde sencillas aplicaciones de tanques de almacenamiento hasta complejos contenedores de proceso con los retos más diversos.

En la industria de fabricación de alimentos y bebidas del sudeste asiático, por ejemplo, la tecnología de radar guiado se utiliza desde hace años para controlar el nivel, preferentemente en silos y tanques de almacenamiento. Como esta tecnología soporta condiciones de proceso extremas en cuanto a temperatura y presión, es la primera opción en Rusia, principalmente en la industria del petróleo y el gas, así como en el sector químico. Los ámbitos de aplicación clásicos en Europa y EE.UU. son la industria del agua y las aguas residuales, así como la producción de cemento. Además de los sensores de radar de radiación libre, la categoría de radares también incluye los basados en tecnología de microondas guiadas, a menudo denominados **TDR** (Time Domain Reflectometry) o **GWR** (Guided Wave Radar). Con una cuota de mercado del 10% en el sector de sólidos y del 15% en el de líquidos, se encuentran entre los instrumentos de medición de nivel más extendidos. Especialmente la versatilidad y la insensibilidad a las condiciones cambiantes del proceso convierten a los sensores TDR en un popular todoterreno. Razón más que suficiente para examinar más de cerca esta tecnología en este White Paper.

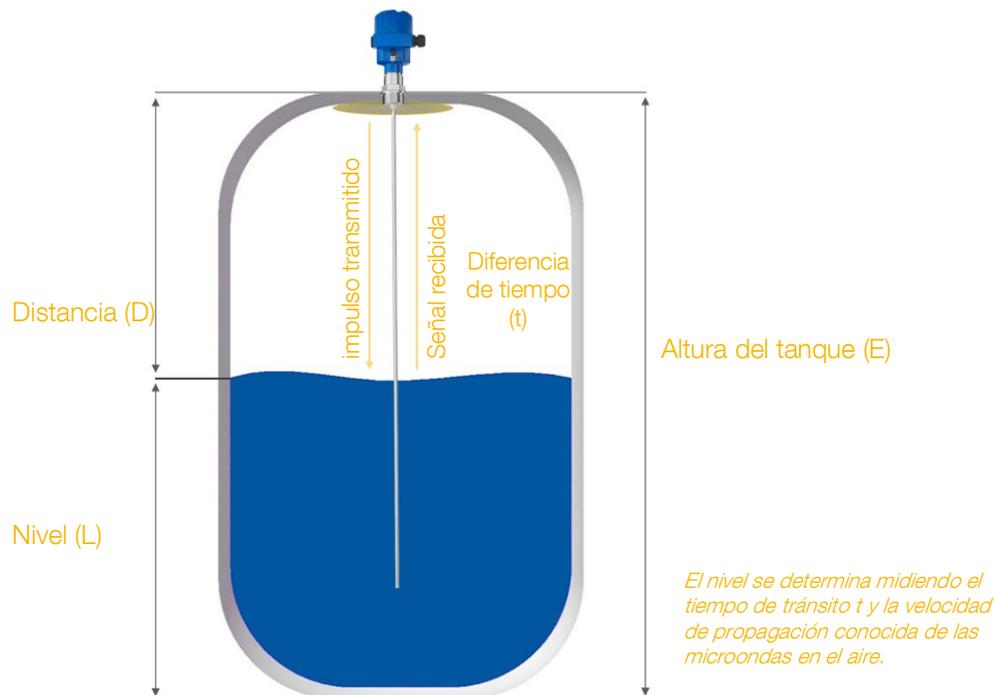


## ¿Cómo funciona la medición de nivel con TDR?

El principio básico de un sensor de nivel basado en TDR es sencillo. La electrónica genera un impulso electromagnético que se acopla a una sonda y se guía hacia abajo a lo largo de ella. Cuando la onda choca con la superficie del material, parte de la energía se refleja. Esta llamada señal de eco también es guiada a lo largo de la varilla de vuelta a la electrónica, reconocida por ésta y convertida en una indicación de nivel mediante una medición del tiempo de recorrido. O tiempo de tránsito  $t$  é a **diferença de tempo** entre el impulso emitido y la señal de eco recibida. Dado que la velocidad de propagación de una onda electromagnética en el medio portador aire puede equipararse a la **velocidad de la luz  $c$**  puede calcularse mediante la sencilla relación

$$D = c * \frac{t}{2}$$

se puede calcular la **distancia  $D$**  a la superficie del medio. A continuación, se determina el nivel de llenado introduciendo la altura del recipiente



### ¿Por qué la tecnología de radar guiado es tan adecuada para la medición de nivel?

Sin embargo, el principio básico, que es fácil de entender, se enfrenta a retos mucho mayores en la práctica industrial. Los gases y vapores superpuestos, las fluctuaciones de temperatura y presión, los movimientos superficiales del medio, así como la fuerte generación de polvo son problemas típicos que pueden dificultar la determinación precisa y fiable del nivel. Incluso en estas difíciles condiciones, los sensores TDR funcionan de forma fiable y con gran precisión.

### *La velocidad de propagación y su importancia para la detección de nivel*

Un factor decisivo para la precisión de un sensor de radar es, además de la medición exacta de la duración de la ejecución, la velocidad de propagación de las microondas. Esto depende a su vez de la constante dieléctrica del medio portador. Los medidores de nivel radar suelen calibrarse en el medio portador aire, que por definición tiene un valor DK de aproximadamente 1. Este valor cambia ligeramente debido a los gases y vapores que pueden formarse por encima del medio real. Sin embargo, el cambio sólo tiene una influencia marginal en la velocidad de propagación de las microondas. Por lo tanto, la precisión del sensor de radar no se ve afectada. La situación es similar para los cambios de temperatura y presión. Por ejemplo, una **Temperatura de 2000°C (3632°F)** da lugar a una **desviación de precisión de sólo el 0,026%**. Incluso **presiones de hasta 40 bar / 580 psig** no tienen ningún efecto perceptible sobre la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas, lo que garantiza una medición precisa y fiable también en este caso. Esta insensibilidad a una amplia gama de retos de proceso convierte a los sensores TDR en un todoterreno universal en multitud de aplicaciones. El ancho de banda abarca desde sólidos y líquidos hasta aplicaciones de alta presión y alta temperatura. Las capas de interfase también pueden medirse fácilmente con estos sensores. En el campo de la tecnología TDR, UWT ofrece una amplia gama de versiones que proporcionan la solución ideal para cada aplicación y combinan funcionalidad y rentabilidad.

### *La pregunta sobre la frecuencia adecuada*

Con los medidores de nivel por radar, siempre se plantea la cuestión de la frecuencia. Mientras que los sensores de radar de radiación libre operan a altas **frecuencias, actualmente de hasta 130GHz**, la tecnología de microondas guiadas utiliza una **frecuencia comparativamente baja, de 1 GHz**. Hay argumentos a favor de los radares de alta y baja frecuencia. En general, las bajas frecuencias son mucho menos susceptibles a las interferencias relacionadas con el proceso, como la acumulación, el condensado, el polvo, el vapor o la espuma. Todas estas interferencias tienen algo en común: atenúan las ondas electromagnéticas emitidas, debilitando así la señal, lo que en última instancia puede dar lugar a resultados de medición erróneos. Esta atenuación de la señal es mucho menos pronunciada con los sensores TDR de baja frecuencia. Por ello, estos sensores se utilizan con gran éxito para mediciones de determinados medios específicos de la industria, en calderas de vapor o en procesos de interfase.



## ¿Cómo superan los sensores TDR los retos de las aplicaciones de sólidos?

Los retos del sector de los sólidos son muchos y variados. Los silos altos y estrechos y las grandes distancias de medición, los conos de descarga, las acumulaciones, el polvo, los materiales con valores DK bajos, así como las elevadas fuerzas mecánicas de tracción plantean retos particulares a la tecnología de medición. Los sensores TDR demuestran ser auténticos talentos polifacéticos.

### POLVO

#### *Si es un poco más desafiante...*



Un fastidioso problema cotidiano: ¡el polvo! Un compañero familiar también en aplicaciones de materiales sólidos. En este caso, sin embargo, no se trata tanto de polvo doméstico, sino de la formación de polvo relacionada con el proceso, por ejemplo, durante un proceso de llenado. Sin embargo, los sensores TDR no se dejan impresionar por ello.

Los impulsos de microondas de baja frecuencia apenas se ven afectados por el fuerte desarrollo de polvo.

Esto garantiza un resultado de medición fiable.

### ADHERENCIA

#### *Si es un poco más desafiante...*

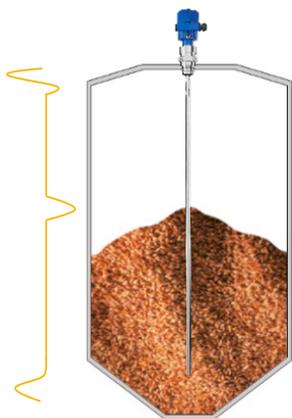


El cemento o la harina son ejemplos clásicos de cómo a veces pueden producirse acumulaciones en las piezas que entran en contacto con el proceso en aplicaciones sólidas. En los sensores TDR, una de esas piezas en contacto con el proceso es la sonda. Se utiliza una varilla o un cable. Las superficies respectivas están diseñadas para **minimizar la acumulación de producto**. Además, las respectivas variantes de cuerda pueden recubrirse con un **Revestimiento PA**.

Incluso si se produce alguna acumulación, los sensores TDR proporcionan resultados de medición fiables debido a la baja atenuación de la señal.

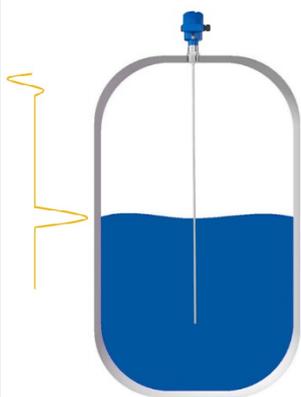
## BAJO VALORES DK

*Si es un poco más desafiante...*



Bajo valores DK  
(granos = 3)

*La curva de eco para medios con valores DK bajos. Son características la menor amplitud de la señal de eco y una propagación de la señal a través del medio con una bajada negativa al final de la sonda.*



Alto valor DK  
(agua = 80)

*Curva de eco para medios con un alto valor DK. Lo característico en este caso es la gran amplitud de la señal de eco y la fuerte atenuación de la señal por el medio. Por tanto, no se puede detectar el final de la sonda.*

Una cuestión que siempre se plantea cuando se quiere determinar un nivel con tecnología de radar es el valor dieléctrico del medio.

Cuanto mayor sea el valor DK, más energía reflejará el medio. En consecuencia, la amplitud de la señal de eco será mayor, lo que aumenta la fiabilidad de la medición. Si el valor DK es bajo, se refleja poca energía y la mayor parte de la energía se irradia a través del medio hasta el extremo de la sonda. El final de la sonda se reconoce como un descenso negativo en la curva del eco, a menos que la señal ya se haya atenuado completamente con anterioridad.

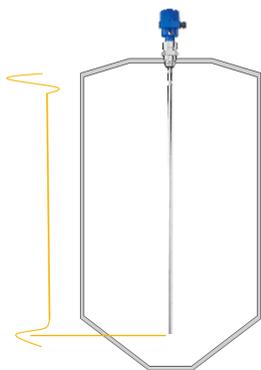
**Los valores DK bajos (entre 1,3 - 5)** Los valores DK bajos (entre 1,3 y 5) suelen ser característicos de los sólidos. El resultado son débiles señales de eco, lo que plantea retos especiales para los sensores TDR. El valor 1,5 se especifica como límite mágico en muchas fichas técnicas. Los medios con valores DK más bajos no reflejan la cantidad de energía necesaria para el análisis de eco directo. Si el valor cae por debajo del límite, se utiliza otra característica física de la tecnología de radar: la **relación entre la velocidad de propagación y el medio portador**.

La velocidad de propagación de los impulsos de microondas emitidos depende del medio portador y de su valor DK. En el aire, con un valor DK de aproximadamente 1, las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz. Como ya se ha mencionado, una gran parte de la energía de microondas penetra en materiales con un valor DK bajo. La microonda sigue propagándose en el medio, pero aquí a una velocidad de propagación menor.

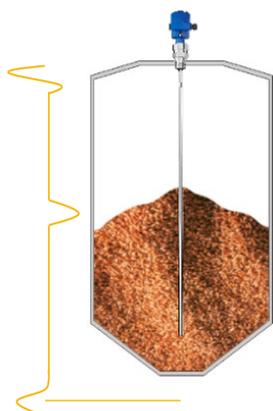
Este efecto se utiliza para determinar el nivel de materiales con un valor DK muy bajo de forma indirecta a través de la proyección del extremo de la sonda.

## PROYECCIÓN DEL EXTREMO DE LA Sonda

*Si algo se pierde...*



*Cuando el silo está vacío, el descenso negativo de la curva del eco y el final real de la sonda coinciden.*



*Cuando el silo está lleno de material, el descenso negativo de la curva del eco aparece más lejos debido a la menor velocidad de propagación del impulso de microondas en el material. Para el software de procesamiento de ecos, la sonda parece más larga de lo que es en realidad.*

Si se comparan las curvas de eco de un contenedor vacío y uno lleno, se aprecia una segunda diferencia, además de la amplitud del eco de nivel. La señal del extremo de la sonda aparece más lejos en un recipiente lleno de material que en recipientes vacíos. Esto muestra la dependencia de la velocidad de propagación y del medio portador. Mientras que en un recipiente vacío las microondas siempre pueden propagarse en el espacio libre hasta el extremo de la sonda, en un recipiente lleno deben penetrar en el medio para alcanzar el extremo de la sonda. En el interior del medio, la velocidad de propagación de la onda electromagnética se reduce. Esto hace que el extremo de la sonda parezca estar más lejos de lo que realmente está.

El **software de procesamiento de ecos** utiliza este efecto para la determinación indirecta del nivel. Se utiliza cuando la cantidad de energía reflejada por el producto no es suficiente para la evaluación directa de la señal de eco. Esto significa que el nivel puede determinarse incluso si el valor DK cae por debajo del límite crítico de 1,5.

La **proyección del extremo de la sonda** ofrece una segunda ventaja útil que entra en juego durante la puesta en servicio. A menudo, las sondas de varilla o de cable se piden en longitudes estándar, de modo que en realidad son demasiado largas para la aplicación. En tal caso, pueden acortarse fácilmente y su nueva longitud se determina automáticamente con ayuda de la señal del extremo de la sonda. Esto suele hacerse con un clic en el módulo operativo.

## CONO DE DESCARGA

*Si es un poco más empinada...*



*Dado que los impulsos de microondas se guían a lo largo de una sonda, los conos de tiro no influyen en su comportamiento de reflexión. Así se evita la pérdida de señal debida a las microondas reflejadas hacia los lados.*

Los conos de descarga son un fenómeno bien conocido en las aplicaciones de materiales a granel. Se forman durante los procesos de llenado y vaciado. Debido a la forma cónica de la superficie, pueden producirse pérdidas de señal y errores de medición. Aquí es donde los sensores TDR ofrecen una ventaja decisiva. Como las microondas son guiadas a lo largo de la sonda, se excluye **la pérdida de señal debida a las señales que se reflejan**. Esto también simplifica el análisis del eco. Además, debido a la baja frecuencia, las ondas emitidas tienen longitudes de onda relativamente largas (30 cm) cuyo comportamiento de reflexión depende menos de la forma de la superficie del material.

## ALTA TRACCION

*Si es un poco más pesado...*



*El robusto diseño del acoplamiento hace que los sensores TDR sean especialmente resistentes a las fuerzas de tracción que actúan sobre la sonda. Por tanto, la rotura del cable es imposible.*

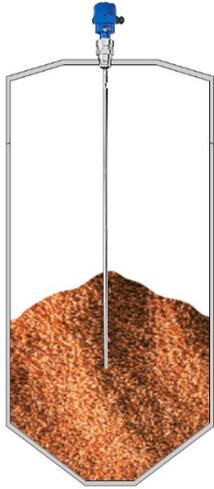
Cuanto mayor sea el silo, mayores serán las fuerzas que actúen sobre el cable. La fuerza de tracción viene determinada por la altura del silo, su diámetro y el peso a granel.

El **diseño del acoplamiento**, especialmente adaptado al sector de los materiales a granel, **en combinación con un cable de acero estable**, hace que los sensores TDR sean especialmente resistentes. Esto significa que pueden actuar sobre el cable fuerzas de tracción de hasta **30 kN**. Por tanto, la rotura de la cuerda es imposible.

Se ofrece una segunda variante de diseño económico (carga de tracción de 12 kN) para aplicaciones con requisitos de estabilidad menos estrictos.

## ALTOS SILOS

*Si está un poco más alto...*



Con una longitud máxima de cable de hasta 75 metros los sensores TDR también son adecuados para su uso en silos altos. Dado que los impulsos de microondas emitidos se amortiguan menos debido a su baja frecuencia (1GHz), proporcionan una señal de medición suficientemente grande incluso a grandes distancias de medición.

*Con una longitud máxima de cable de hasta 75 metros, los sensores TDR también son adecuados para su uso en silos altos.*

## Aplicación ilustrativa del TDR en MATERIAL A GRANEL

### NG 3000 en silo alto de almacenamiento para cemento

[www.uwtgroup.com/es/blog/post/solucion-TDR-en-cemento](http://www.uwtgroup.com/es/blog/post/solucion-TDR-en-cemento)

#### Solución para retos especiales:

- ✓ entorno de proceso polvoriento
- ✓ material propenso a adherencias
- ✓ alta compatibilidad de procesos



## ¿Cómo los sensores TDR superan los desafíos en aplicaciones líquidas?

Debido a su flexibilidad, la tecnología TDR está casi predestinada para ser utilizada en aplicaciones líquidas. Al igual que en el sector de los sólidos, la tecnología de medición también se enfrenta aquí a un gran número de problemas, cuyas características, sin embargo, difieren de las de los sólidos. **El vapor, el condensado, los agitadores o los serpentines de calentamiento, las interfaces en desarrollo, los movimientos de las olas, las sustancias volátiles o el espacio limitado** debido a los tamaños más pequeños de los recipientes son desafíos que pueden dificultar la determinación del nivel. Aquí, también, los sensores TDR demuestran ser verdaderos talentos versátiles. En particular, la llamada versión coaxial ofrece excelentes resultados de medición.

### VAPOR & CONDENSADO

#### *Si es algo transparente...*

En aplicaciones en las que se forma vapor por encima de un líquido, los sensores TDR son excelentes para determinar el nivel. Esto se debe principalmente a que los impulsos de microondas de baja frecuencia emitidos no pierden intensidad de señal en una atmósfera que contiene vapor. Esto garantiza una determinación fiable del nivel.

Sin embargo, dado que la naturaleza del vapor depende en gran medida de la presión y la temperatura, puede producirse un retraso en condiciones de proceso extremas. Esto, a su vez, afecta a la precisión de la medición. Para compensar el desplazamiento del tiempo de tránsito, los sensores TDR, desarrollados especialmente para estas aplicaciones, disponen de la denominada función de "retardo temporal". **Compensación de vapor** se trata con más detalle en el capítulo sobre aplicaciones de alta presión/alta temperatura). Sin embargo, en las aplicaciones estándar no es necesaria la compensación de vapor.

Si se vuelve a formar condensado a partir del vapor, esto tampoco afecta a la determinación fiable del nivel. El requisito básico para ello es un diseño adecuado del sensor, que se caracteriza por el hecho de que la varilla y la conexión al proceso están aisladas entre sí. Esto garantiza un acoplamiento limpio de la señal a la varilla, incluso si se forma condensación en esta zona. La **forma cónica de este aislamiento** ayuda además a evitar la formación de condensado y facilita el goteo.



*Un cono de condensado que tiene un efecto aislante entre el acoplamiento y la sonda aumenta la fiabilidad de la medición y también facilita el goteo del condensado.*

## ESPACIOS ESTRECHOS

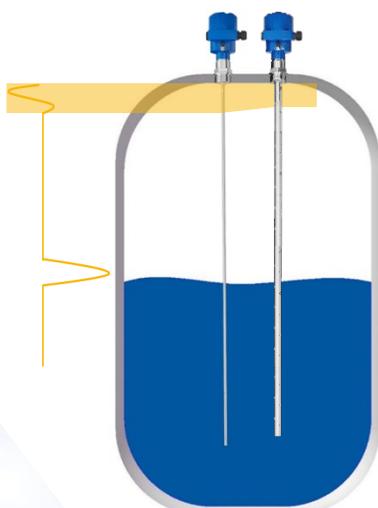
*Si el espacio es reducido...*



*Los sensores TDR con sondas coaxiales son la forma más fiable de determinar el nivel. Un tipo de instalación popular para los sensores TDR es la derivación. El efecto del tubo de derivación es comparable al de un tubo coaxial.*



*Eje calefactor en el interior de un depósito: Ningún problema para los sensores TDR con sonda coaxial. Las bobinas de calentamiento tampoco son fuente de interferencias con las sondas coaxiales.*



*Gracias a la agrupación de señales, los sensores TDR con sonda coaxial pueden detectar bien las señales incluso a corta distancia. Esto permite llenar el depósito hasta el borde superior.*

Conseguir una temperatura de proceso constante a lo largo de todo el proceso es un componente crítico para muchas aplicaciones de líquidos. Se consigue una distribución uniforme de la temperatura mediante varillas o espirales calefactoras dentro de los tanques. El problema de la tecnología de microondas guiadas es evidente. En la tecnología TDR, un impulso de microondas se guía hacia abajo a lo largo de una sonda en el espacio libre. La energía se irradia en un radio de 300 mm (11.81 in) alrededor de la sonda. Esto significa que tanto la pared del recipiente como los elementos calefactores generan señales parásitas si se encuentran dentro del radio efectivo del impulso de microondas. La consecuencia son errores de medición o pérdida de señal. La solución en este caso es el uso de un **tubo coaxial metálico**, que se suelda a la conexión al proceso y encierra la sonda de varilla. De este modo, la energía se focaliza dentro del tubo coaxial, lo que elimina por completo las interferencias externas. Por lo tanto, no es necesario respetar las distancias mínimas a las paredes del depósito o a instalaciones como serpentines de calefacción y agitadores. Este denominado efecto coaxial también se produce cuando los sensores TDR se instalan en tuberías verticales o derivaciones.

La **concentración de energía** de la solución coaxial ofrece otra gran ventaja que es importante en los recipientes pequeños. Los sensores TDR tienen un rango al principio de la sonda en el que no es posible realizar ninguna medición. Esto se debe a que durante el acoplamiento de los impulsos de microondas a la sonda se produce el denominado ruido. Debido a este ruido, las señales de nivel en el rango superior, que varía entre 80 y 150 mm en función de la calidad del acoplamiento, no pueden interpretarse ni evaluarse como tales. Debido a la agrupación de energía a través del tubo coaxial, las señales de eco se hacen más grandes, lo que significa que las señales de nivel cerca del principio de la sonda también se pueden evaluar. De este modo, la **distancia del bloque** a la que no es posible realizar ninguna medición **se reduce a sólo 30 mm (1.18 in)**. Por lo tanto, el llenado hasta justo por debajo del borde superior del recipiente ya no es un problema.

Otro efecto secundario de la agrupación de energías es que se pueden medir incluso medios con un **valor DK inferior a 1,5**.

Un diseño coaxial también puede ser útil si el líquido está sometido a fuertes **movimientos ondulatorios**. El tubo coaxial no sólo protege la sonda de fuertes fuerzas laterales, sino que también calma la superficie del líquido dentro del tubo. Los resultados de medición precisos y la ausencia de daños en la sonda son otras de las ventajas de este diseño de dispositivo.



## PROPIEDADES DE LOS MEDIOS

*¿Qué hay que tener en cuenta...?*

Existen innumerables sustancias líquidas con las propiedades más diversas. Tres preguntas que pueden ayudar a seleccionar un sensor TDR adecuado:

*¿Los materiales de sellado y aislamiento utilizados son resistentes a los productos químicos?*

Los ácidos o álcalis pueden someter a una enorme tensión a los materiales utilizados en los sensores TDR. Por tanto, el acoplamiento en particular debe estar fabricado con materiales de alta calidad y químicamente resistentes que maximicen la vida útil de los sensores. El FFKM o el PEEK son materiales adecuados en estos casos.

*¿Las piezas húmedas son de calidad alimentaria?*

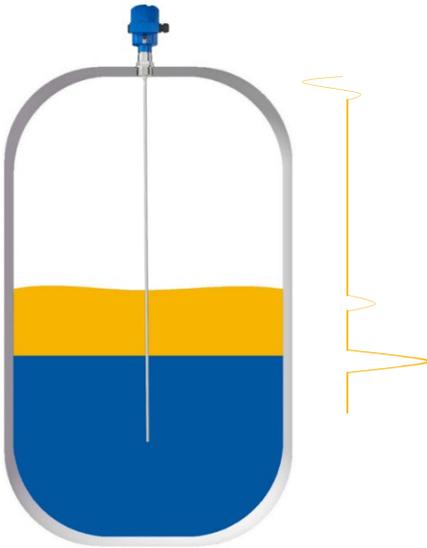
Los sensores TDR entran en contacto con el medio. Por lo tanto, es importante que la sonda, concretamente el acabado superficial, y la conexión al proceso cumplan las normas adecuadas.

*¿Las sustancias que deben medirse son tóxicas o volátiles (COV)?*

Los sensores TDR están diseñados de tal manera que se excluye la desgasificación de sustancias peligrosas en el entorno inmediato de las personas. Para ello se utilizan soluciones de sellado especiales. Por ejemplo, la zona de acoplamiento de señales está sellada con una junta de vidrio de borosilicato, la llamada segunda línea de defensa (SLOD), para garantizar la máxima seguridad.

## MEDICIÓN DE LA INTERFASE

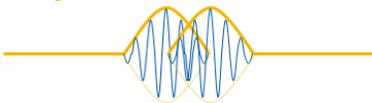
### Cuando algo se separa...



Los sensores TDR procesan las señales de eco en envolventes. La anchura y la inclinación de la curva envolvente vienen determinadas en gran medida por el ancho de banda. Cuanto mayor sea el ancho de banda, más pronunciada y estrecha será la curva envolvente. Por consiguiente, un mayor ancho de banda conduce a una mejor resolución, por lo que dos señales de eco que se suceden en rápida sucesión pueden separarse mejor entre sí. Los envolventes más pronunciadas también aumentan la precisión.



Resolución de la segunda señal de eco sucesivo corto con gran ancho de banda:



Resolución de la segunda señal de eco sucesivo corto con poco ancho de banda:

Sin embargo, los sensores TDR son especialmente adecuados para una tarea de medición: la medición de interfases. El aceite flota en el agua. Un fenómeno que todo el mundo conoce. Las dos sustancias no pueden mezclarse entre sí. Se separan. La transición del aceite al agua se denomina interfase. Especialmente en la industria química y en el sector del petróleo y el gas, las mediciones de nivel de las capas de interfase son una norma muy extendida. Los sensores TDR son la primera opción para esta tarea de medición. La razón son unos algoritmos de software especiales y una propiedad especial de los pulsos de microondas emitidos: **La capacidad de penetrar en materiales con un valor DK bajo.** Debido a la frecuencia comparativamente baja, la energía de microondas es atenuada menos fuertemente por sustancias con un valor DK bajo. Para la medición de la interfase, esto significa lo siguiente: Si el impulso de microondas emitido incide en la capa superior (por ejemplo, aceite), una pequeña cantidad de energía se refleja, la energía restante irradia a través de la capa superior e incide en la capa inferior (por ejemplo, agua). Allí, las microondas se reflejan una segunda vez y viajan a lo largo de la sonda de vuelta al sensor. De este modo, el impulso de microondas se refleja dos veces, una desde la capa superior y otra desde la inferior. El software de procesamiento de ecos es capaz de detectar y evaluar las dos señales reflejadas. De este modo, se puede determinar el nivel de lleno total, la capa de interfase y el espesor de la capa superior. También es posible un cambio dinámico de la capa de interfase y del grosor de la capa superior, que no influye en el resultado de la medición. Un punto crítico que debe tenerse en cuenta en la medición de una interfase es un grosor suficiente de la capa superior. Varía entre 50-100 mm (1.97- 3.94 in) dependiendo del sensor. El motivo son las diferencias de calidad en cuanto a la resolución del eco, que viene determinada por el ancho de banda. Cuanto mayor sea el ancho de banda, más nítidas y pronunciadas serán las señales de eco. De este modo, se pueden separar y analizar mejor las señales de eco que se suceden brevemente, algo habitual en las mediciones de interfase. Cuanto mayor sea la pendiente, mayor será la precisión. Los sensores TDR que pueden medir interfases delgadas con gran precisión tienen, por tanto, un ancho de banda más amplio.

Deben cumplirse las siguientes condiciones:

- ✓ Espesor de la capa superior máx. 50mm
- ✓ Valor DK conocido de la capa superior
- ✓ Valor DK <sub>capa superior</sub> < Valor DK <sub>capa inferior</sub>
- ✓ Diferencia de los valores DK > 10

## Sensores TDR en aplicaciones de alta presión y alta temperatura

Además de los sensores TDR estándar, que suelen estar diseñados para temperaturas de proceso de hasta 200 °C (392 °F) y una presión de hasta 40 bares (580 psig), existen sensores TDR especialmente desarrollados para **temperaturas de proceso de hasta 450 °C (842 °F) y una presión de hasta 400 bares (5801 psig)**. Sin embargo, las exigencias al diseño del sensor son mucho mayores en este caso. Y los impulsos electromagnéticos de microondas emitidos también se ven afectados significativamente en determinadas condiciones del proceso. Pero los expertos en tecnología de medición también han desarrollado soluciones inteligentes para ello.

### ROBUSTO Y DURADERO

*Si se pone extremo...*

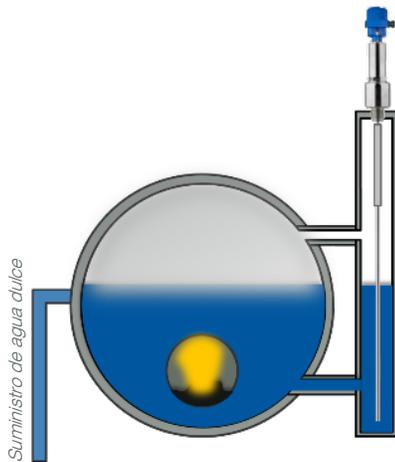


*El diseño robusto de un sensor TDR para aplicaciones de alta presión / alta temperatura. Los materiales de alta calidad e insensibles impiden la penetración del vapor de agua en el interior del acoplamiento. El resultado son mediciones fiables durante un largo periodo de tiempo.*

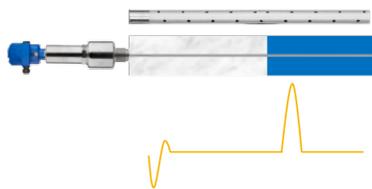
Un reto importante en las aplicaciones de alta presión y alta temperatura es combinar un diseño robusto del sensor con un acoplamiento de la señal con el menor ruido y pérdidas posibles. Debido a las condiciones extremas, hay que desarrollar secciones de refrigeración y soluciones de sellado adecuadas. En consecuencia, las dimensiones del acoplamiento aumentan. Un acoplamiento de señal de bajas pérdidas a una distancia tan larga sólo es posible mediante una selección de material de alta calidad y adaptado en combinación con el diseño correspondiente del acoplamiento. Cuanto mejor sea la calidad de la señal emitida, mejor será la calidad de la señal reflejada y, por tanto, mejor será el resultado de la medición.

## VAPOR

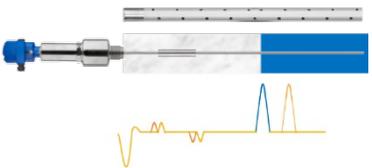
### *Si entra en la caldera de vapor...*



*Para medir el nivel de agua en las calderas de vapor, se instalan sensores TDR en un tubo de derivación. La compensación de vapor ayuda a determinar el nivel con precisión incluso a una presión de funcionamiento de más de 40 bares y una temperatura de más de 200 °C.*



*En condiciones extremas, el vapor provoca un retraso. Como consecuencia, la señal de eco aparece demasiado tarde y el resultado de la medición es inexacto.*



*El desplazamiento temporal se compensa con ayuda de la compensación de vapor. Para ello, se genera una señal de referencia mediante un tubo adicional alrededor de la sonda, que puede utilizarse para calcular con precisión el nivel.*

Las aplicaciones típicas en las que se utilizan los robustos sensores TDR son las calderas de vapor. Aquí se genera vapor a una presión extrema y a altas temperaturas. Un nivel de agua constante es crucial para una calidad óptima del vapor. Los sensores TDR cumplen esta tarea de medición con fiabilidad y precisión gracias a una característica especial.

#### *La condensación de vapor*

En la primera parte de este Whitepaper ya se han tratado los efectos del vapor. Mientras que un vapor que se forma en condiciones estándar (estándar significa en este caso temperatura de proceso < 200°C (392°F) y presión de proceso < 20 bar (290 psig) apenas afecta a una determinación del nivel con microondas guiadas, esto cambia en condiciones más extremas.

Por ejemplo, el resultado de la medición en una caldera de vapor que funciona a 350°C (662°F) y 200 bar (2900 psig) se falsea en un 76%. La razón es la fuerte influencia del vapor en la velocidad de propagación en estas condiciones. Se ralentiza mucho, lo que provoca este elevado error de medición. Para compensar este error de medición, se instala una varilla de referencia en el interior del tubo coaxial. Con ayuda de esta varilla de referencia, se determina una señal de referencia durante la calibración en fábrica, que puede utilizarse para compensar el retardo relacionado con el vapor. Cuanto más larga sea la varilla de referencia, más precisa será la compensación. De este modo, pueden alcanzarse precisiones de medición de +/- 3 mm (0,12 pulgadas) incluso en estas condiciones extremas.



## Precisión de los sensores TDR en distintas condiciones de proceso

Fase Gas	Temperatura	Presión				
		10 bar (145 psig)	50 bar (725 psig)	100 bar (1450 psig)	200 bar (2900 psig)	400 bar (5800 psig)
Aire	20°C (68°F)	0.22%	1.2%	2.4%	4.9%	9.5%
	200°C (392°F)	0.13%	0.74%	1.5%	3.0%	6.0%
	400°C (752°F)	0.08%	0.52%	1.1%	2.1%	4.2%
Vapor (vapor saturado)	100°C (212°F)	..	..	..	..	..
	180°C (356°F)	2.1%	..	..	..	..
	264°C (507°F)	1.44%	9.2%	..	..	..
	366°C (691°F)	1.01%	5.7%	13.2%	76.0%	..

*Si la presión o la temperatura aumentan, esto apenas afecta a la precisión de los sensores TDR. Aunque también se forme vapor, la precisión de la medición sigue siendo alta. Por otra parte, el vapor en combinación con temperaturas y presiones muy elevadas tiene un efecto notable en la precisión de los sensores TDR. En casos extremos, se desvía hasta un 76%. Sin embargo, esta imprecisión puede compensarse con ayuda de la compensación de vapor.*





## Aplicación ilustrativa del TDR en LÍQUIDO

NG 8000 en procesos de maceración en la transformación de la madera

[www.uwtgroup.com/es/blog/post/radar-guiado-medicion-continua-nivel-procesos-maceracion](http://www.uwtgroup.com/es/blog/post/radar-guiado-medicion-continua-nivel-procesos-maceracion)

### Solución para retos especiales:

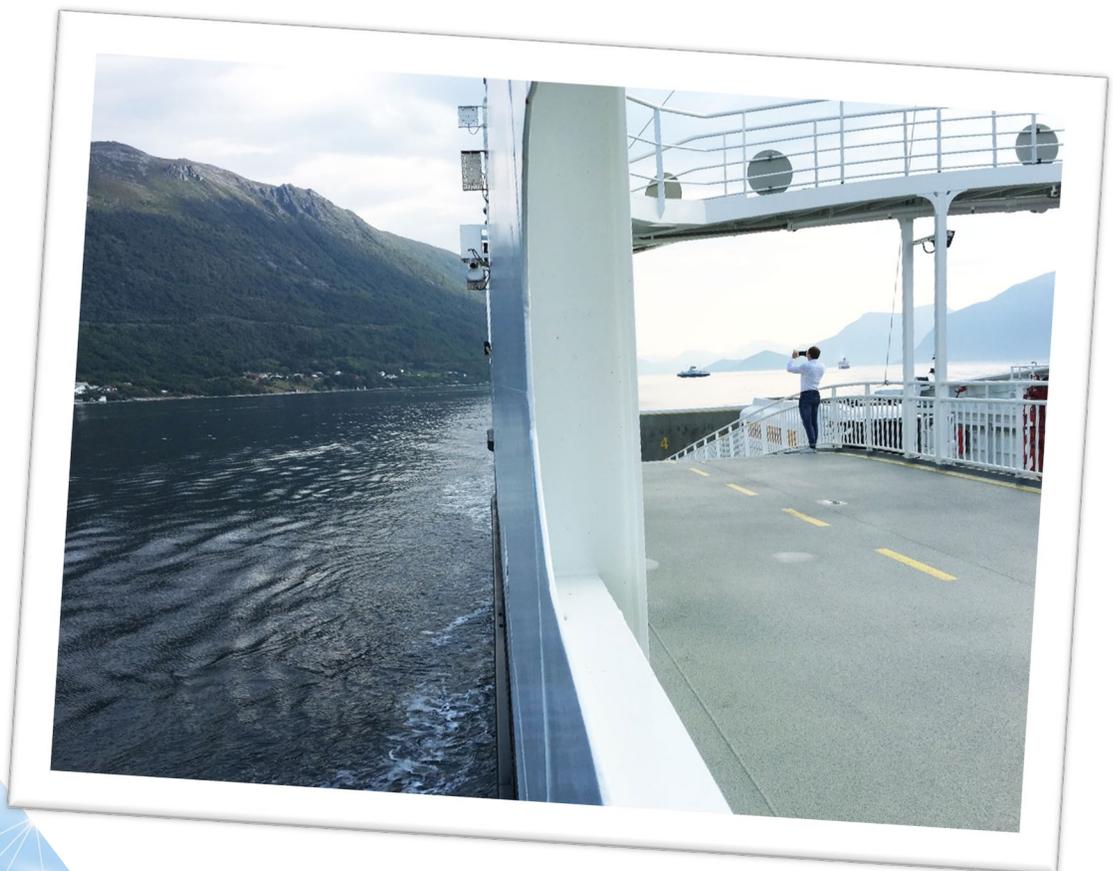
- ✓ condiciones especiales de instalación
- ✓ altas temperaturas
- ✓ vapor y humedad
- ✓ presión de proceso variable
- ✓ valores DK variables



## Conclusión

Los sensores TDR son extremadamente versátiles, por lo que se pueden encontrar en una gran variedad de aplicaciones e industrias. Además de las ventajas tecnológicas del radar, la facilidad de uso de los sensores también ha influido positivamente en su difusión. Por ejemplo, los asistentes de inicio rápido que guían al usuario paso a paso por las opciones de configuración han simplificado enormemente el calibrado. Las funciones de diagnóstico y las curvas de eco fáciles de interpretar facilitan la localización de averías, lo que acorta enormemente los tiempos de inactividad de la planta.

Junto con los demás puntos de este Whitepaper queda claro que el radar guiado es un método fiable de determinación del nivel incluso en condiciones de proceso difíciles.



## UWT GmbH

Westendstr. 5  
87488 Betzigau  
Alemania

Tel.: +49 (0) 831 57 123 0

Fax: +49 (0) 831 57 123 10

[www.uwtgroup.com](http://www.uwtgroup.com)

[info@uwtgroup.com](mailto:info@uwtgroup.com)



<https://www.facebook.com/UWTde/>



[https://www.instagram.com/uwt\\_level\\_control/](https://www.instagram.com/uwt_level_control/)



<https://www.linkedin.com/company/uwt-gmbh>



<https://www.youtube.com/c/UWTGmbH>



<https://twitter.com/UWTGmbH>



¡Esperamos su desafío de sensores!  
Estaremos encantados de ayudarle con  
nuestra experiencia en los numerosos  
retos que tiene que superar en el campo  
de la tecnología de medición de nivel.

Nikolas Oppenberger  
Tel: +49 831 571 23 146  
Correo electrónico:  
[nikolas.oppenberger@uwt.de](mailto:nikolas.oppenberger@uwt.de)

