

# TK04

## Medidor de conductividad térmica



El TK04 está diseñado para la rápida y precisa realización de pruebas de conductividad térmica donde los métodos de estado estacionario llevan demasiado tiempo y donde los métodos convencionales transitorios no cumplen con los requerimientos de exactitud.

El TK04 está basado en el ampliamente usado método de fuente de línea transitoria. El método mejorado de evaluación combinado con herramientas de software para checar la preparación de muestras y las condiciones de medición logran una excelente exactitud del  $\pm 2\%$ . El TK04 rinde valores absolutos sin requerir de ninguna referencia o pruebas de calibración. Su campo de utilización cubre sólidos, fragmentos, polvos y líquidos viscosos.

## Características

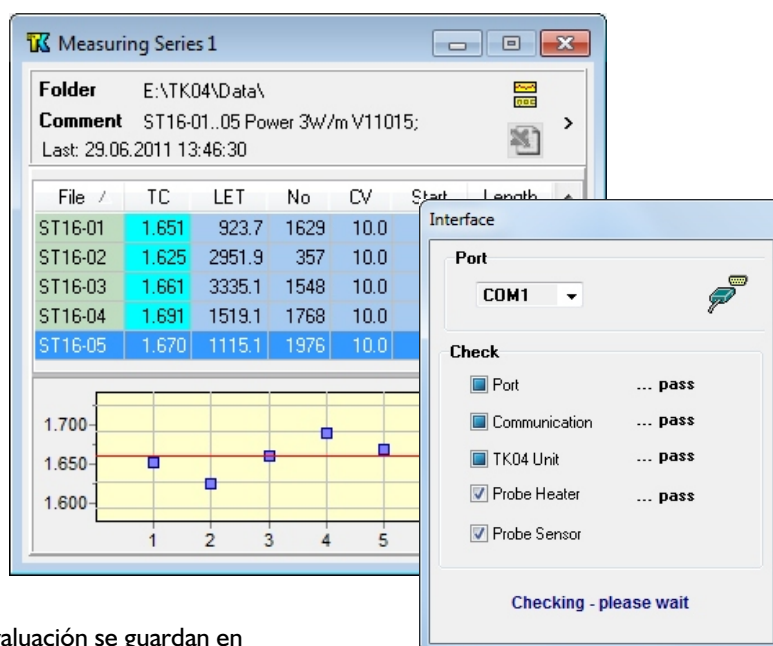
- Método de fuente de línea transitoria (método de sonda de aguja) conforme a ASTM-D5334-08 / 14.
- Método modificado de línea fuente para superficies planas.
- Algoritmo de evaluación de alta precisión con exactitud de  $\pm 2\%$ .
- No requiere de referencias o de calibración.
- Cuenta con sondas intercambiables disponibles para su uso en el laboratorio y/o en el campo.
- Para sólidos, fragmentos, polvos y líquidos viscosos en el rango de  $0,1$  a  $10 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ .
- Funcionamiento autónomo completamente controlado por software.
- Monitoreo automático y corrección de cambios en la temperatura de la muestra.
- Herramientas de software para el chequeo de la preparación de las muestras y de las condiciones de medición.
- Software de presentación y análisis de resultados.

### Operación controlada por software

El TK04 es controlado por un software para Windows que puede ser usado en cualquier PC o laptop.

Después de su configuración y del inicio de las mediciones, el instrumento puede realizar hasta 99 mediciones consecutivas usando las configuraciones seleccionadas sin requerir interacción alguna por parte del usuario. El progreso de la medición puede ser monitoreado en la pantalla.

Después de realizar cada una de las mediciones, los datos son evaluados y los resultados se despliegan.



Los datos de medición y los resultados de la evaluación se guardan en archivos de texto simple y en una base de datos MS Access para su futuro procesamiento con el software gráfico y de evaluación del TK04, o bien, para aplicaciones de paquetes alternos. El paquete de software TK04 incluye poderosas herramientas gráficas para la evaluación, documentación y el análisis de la calidad de los resultados.

### Servicio y respaldo técnico

La vigencia de la garantía es de dos años para el instrumento y de 6 meses para las sondas. Durante este período, defectos del hardware son reparados gratuitamente. Los precios incluyen un apoyo técnico ilimitado para la configuración y la instalación del software, así como para los problemas que puedan surgir con éste. La actualización del software no tiene costo.

### Especificaciones técnicas

Modelo:	Medidor de conductividad térmica de alta exactitud TK04
Principio de Medición:	fuelle de línea transitoria (método de sonda de aguja)
Estándar:	ASTM D5334-08/D5334-14
Rango de medición:	0,1 - 10 W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> (según la sonda)
Exactitud:	± 2% (según la sonda)
Reproductividad:	± 1,5%
Precisión de la corriente de calefacción:	± 0,01%
Duración de una medición:	60 / 80 / 240 s (según la sonda)
Repeticiones automáticas:	hasta 99 (sin supervisión)
Tamaño de la muestra:	sin límite superior, tamaño mínimo de la muestra depende de la sonda *
Forma de la muestra:	cualquiera
Temperatura de medición:	de 0 a 45°C
Temperatura de la muestra:	de -25 a 50°C / 70°C / 125°C (según la sonda)
Fuente de alimentación:	220/240 V AC (50 Hz); 100/120 V AC (60 Hz)
Consumo eléctrico:	~ 40W
Tamaño:	471 x 160 x 391 mm (W x H x D)
Peso:	11,2 kg (unidad de medición)
Interface:	puerto serial (puerto COM ) o puerto de USB (convertidor de puerto USB a puerto serial incluido)

\* El tamaño mínimo de las muestras depende del tipo de sonda y de sus dimensiones. Reférase a la página sobre muestras y sondas para más información.

### Paquetes de medición

- Medidor de conductividad térmica TK04
- Sonda de aguja estándar VLQ y/o Sonda estándar HLQ para superficies planas
- Material de referencia
- Paquete de software (medición, evaluación, presentación y análisis)
- Set de cables
- Fluido de contacto
- Manual

### Opciones

- Sondas de laboratorio tamaño estándar (VLQ estándar y HLQ estándar)
- Sondas de laboratorio mini HLQ y mini VLQ para muestras pequeñas
- VLQ de campo (sonda de aguja larga)
- Materiales de referencia
- Contenedor de muestrars para fragmentos y polvo
- Prensa de palanca para su uso con muestras de superficie plana
- Tubos guía para la segura inserción de las sondas

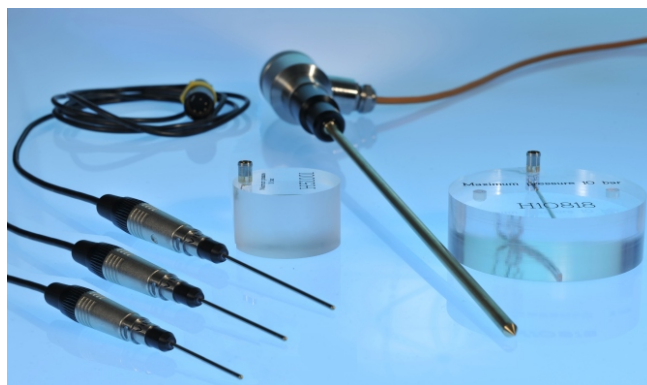
# TK04

## Sondas y muestras

### Tipos de sondas para el Tk04

Diferentes tipos de sondas pueden ser conectadas al instrumento TK04. Todas las sondas están formadas por un instrumento de calentamiento y un sensor de temperatura localizado dentro de un tubo de metal llamado fuente. Las dimensiones de la sonda dependen del uso que se le dará.

En sondas para superficies planas, la fuente es metida en la parte inferior de un cuerpo de sondeo de baja conductividad. Todas las sondas tienen un diseño robusto, están protegidas contra la humedad, vienen precalibradas y no requieren mantenimiento.



### Sondas estándar/mini de aguja VLQ

Las sondas VLQ (sondas de aguja) son insertadas dentro de la muestra, por lo que la fuente está completamente rodeada por ella. La preparación requiere de un hueco taladrado que corresponde al diámetro y a la longitud de la fuente. Se recomienda el uso del fluido de contacto (incluido también en los paquetes de medición TK04).

Sonda de aguja VLQ estándar (Ø 2 mm, L 70 mm sin manija)

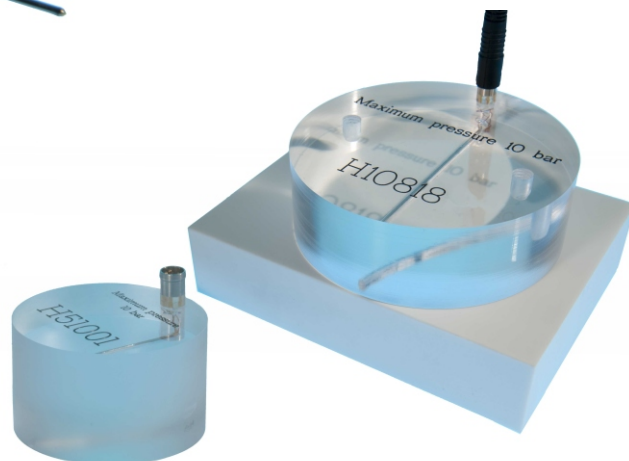


### Sondas HLQ para superficies planas

Una sonda HLQ es colocada sobre la muestra de manera unilateral y requiere una superficie plana y lisa. Una presión moderada de contacto debería ser aplicada (una prensa con un limitador de presión existe como opción extra en la compra de su paquete).

Derecha: Sonda estándar HLQ (Ø 88 mm, L 30 mm)

Izquierda: Sonda HLQ mini (Ø 50 mm, L 30 mm) para muestras chicas



### Elección de la sonda adecuada para cada muestra de material

El TK04 está diseñado para examinar sólidos (por ejemplo muestras de suelos, rocas, plásticos, vidrios, cerámica, materiales de construcción, madera o productos alimenticios, polvos, fragmentos, líquidos viscosos y para exámenes in situ dentro de un rango de medición de 0,1 a 10 W m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>). A excepción de muy pocas limitaciones, todos los tipos de sondas pueden ser utilizadas para todos los tipos de materiales, por lo que la sonda puede ser escogida según el tamaño disponible de las muestras y de los requerimientos de preparación.

## Fragmentos y Polvo

La conductividad térmica de fragmentos y polvos es determinada por la llamada prueba de dos fases. El material de la muestra es mezclado con un líquido de conocida conductividad térmica (generalmente agua) y la conductividad térmica de la mezcla es entonces medida. A continuación se calcula la conductividad térmica del material de la muestra. Esto se realiza en base a los resultados de la prueba, la conocida conductividad térmica del fluido y el volumen del material sólido y líquido de la mezcla.

Para las pruebas de dos fases, un contenedor de muestras para la sonda HLQ estándar está disponible.



## Prensa

El uso de una prensa es recomendado para todas las pruebas de HLQ para asegurar un buen contacto entre la sonda y la muestra.

## TK04: Software de medición y evaluación

El TK04 es controlado por un software que funciona bajo Windows. El paquete de mediciones incluye una licencia multi usuario para un ilimitado número de ordenadores. Los módulos para la medición o evaluación y para la presentación o análisis pueden ser instalados de manera independiente.

## Especificaciones de las sondas

Nombre: VLQ estándar  
Tipo de Sonda: sonda de aguja / laboratorio  
Dimensiones: L 70 mm/60 mm, Ø 2 mm  
Rango de medición: de 0,1 a 10 W m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
Exactitud: ± 2%  
Duración de una medición: 80 s  
Tamaño mínimo de muestra: (approx.) L 85/75 mm, Ø 40 mm

Nombre: VLQ mini  
Tipo de Sonda: sonda de aguja / laboratorio  
Dimensiones: L 50 mm, Ø 2 mm  
Rango de medición: de 0,3 a 6 W m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
Exactitud: ± 5%  
Duración de una medición: 80 s  
Tamaño mínimo de muestra: (approx.) L 60 mm, Ø 40 mm

Nombre: VLQ de campo  
Tipo de sonda: sonda de aguja / campo  
Dimensiones: L 300 mm, Ø 6 mm  
Rango de medición (comprobado): de 0,6 a 4 W m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
Exactitud: ± 5%  
Duración de una medición: 240 s

Nombre: HLQ estándar  
Tipo de sonda: sonda para superficies planas / laboratorio  
Dimensiones: Ø 88 mm, L 30 mm  
Rango de medición: 0,3 to 10 W m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
Exactitud: ± 2%  
Duración de una medición: 80 s  
Tamaño mínimo de muestra: (approx.) Ø 90 mm, L 20 mm

Nombre: HLQ mini  
Tipo de sonda: sonda para superficies planas / laboratorio  
Dimensiones: Ø 50 mm, L 30 mm  
Rango de medición: 0,3 to 3 W m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
Exactitud: ± 5%  
Duración de una medición: 60 s  
Tamaño mínimo de muestra: (approx.) Ø 50 mm, L 20 mm

# TK04

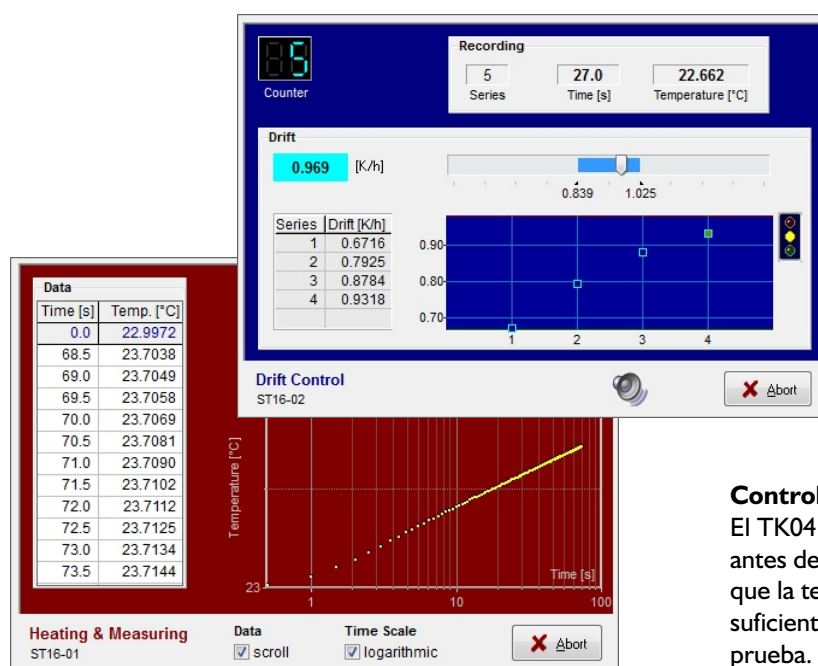
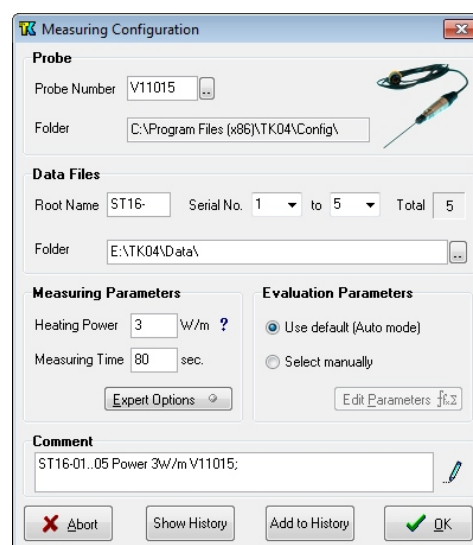
TK04: Software de medición y evaluación.

## Paquete de software para el TK04

El TK04 es controlado por un software que funciona bajo Windows. El paquete de mediciones incluye una licencia multi usuario para un ilimitado número de ordenadores. Los módulos para la medición o evaluación y para la presentación o análisis de datos pueden ser instalados de manera independiente.

## Configuración de las mediciones

El software viene con un set completo de valores por defecto predefinidos para todos los parámetros de medición y evaluación escogidos para cubrir un amplio rango de diferentes materiales de muestras y condiciones de medición. Los usuarios avanzados pueden personalizar la configuración del software.



## Automatización completa

Después de configurar y comenzar una serie de mediciones, el instrumento opera controlado completamente por el software usando las configuraciones seleccionadas sin requerir la interacción del usuario. Durante la medición, el incremento de la temperatura registrado se despliega simultáneamente.

## Control de cambio de la temperatura

El TK04 monitorea el estado térmico de la muestra antes de cada una de las mediciones para asegurar que la temperatura de la muestra sea lo suficientemente constante antes de empezar la prueba. El software es capaz de corregir un cambio de la temperatura, así como los procesos de enfriamiento causados por una precedente medición. Durante la fase de cambio, el desarrollo de la temperatura es mostrado en la pantalla.

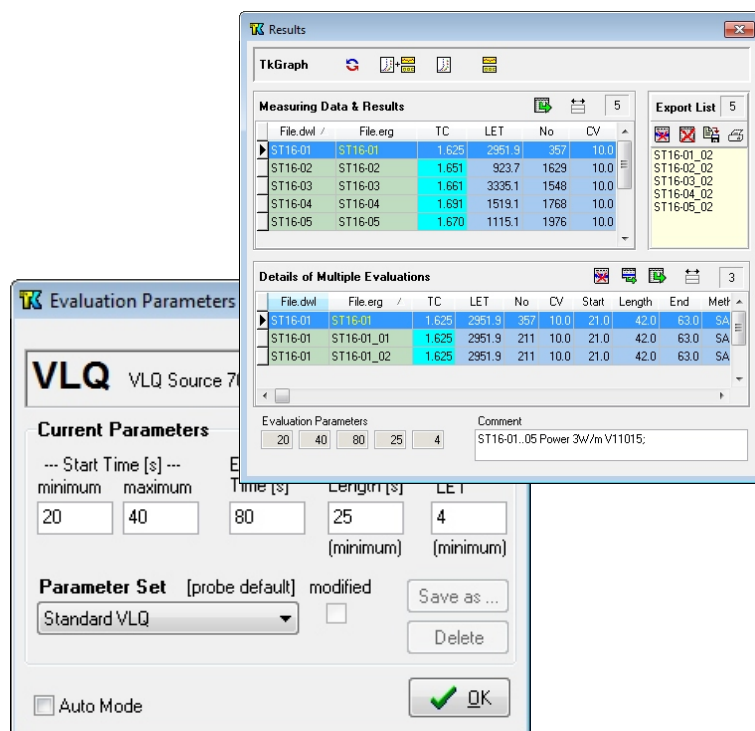
## Almacenamiento y procesamiento de datos

Los datos de medición y los resultados de la evaluación son guardados en formatos de archivos estándares para su uso con la evaluación del TK04 y el software gráfico para su posterior procesamiento por otros programas externos.

El software puede inicializar automáticamente una aplicación externa y pasar los datos y los parámetros después de que una serie de mediciones haya sido completada.

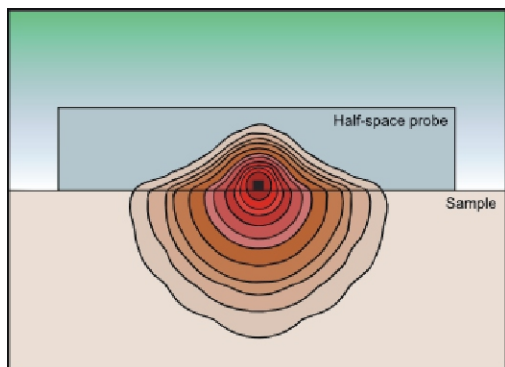
### Evaluación manual y automática

Después de concluir cada medición, los datos son evaluados inmediatamente y mostrados en la pantalla. Después de realizar la serie de mediciones, evaluaciones adicionales pueden ser generadas, vistas, exportadas o impresas. Para principiantes, el software provee parámetros válidos para un amplio rango de materiales de muestra y diversas condiciones de medición mientras que los usuarios avanzados pueden escoger parámetros individuales que correspondan con sus necesidades particulares de uso.



### Método de evaluación precisa

Los métodos de sonda de aguja calculan la condición térmica de la muestra en base al incremento de la temperatura con el tiempo registrado por la sonda ajustando una más o menos complicada fórmula (ecuación) para la curva de la temperatura a los datos de medición. Para el TK04, una aproximación más exacta que la producida por el ampliamente empleado método de ajuste de línea es combinado con técnicas para detectar problemas de la preparación de las muestras y de condiciones inestables de medición, lo que resulta en una exactitud de  $\pm 2\%$ .



### Método modificado de sonda de aguja

Ya que muestras duras o quebradizas suelen ser difíciles de preparar para la inserción de una sonda de aguja convencional, el método modificado usa una aguja incrustada en la parte inferior de una sonda con figura de disco que puede ser colocada sobre la superficie de la muestra (sonda para superficies planas). El TK04 puede usar ambos métodos cambiando simplemente la sonda conectada.

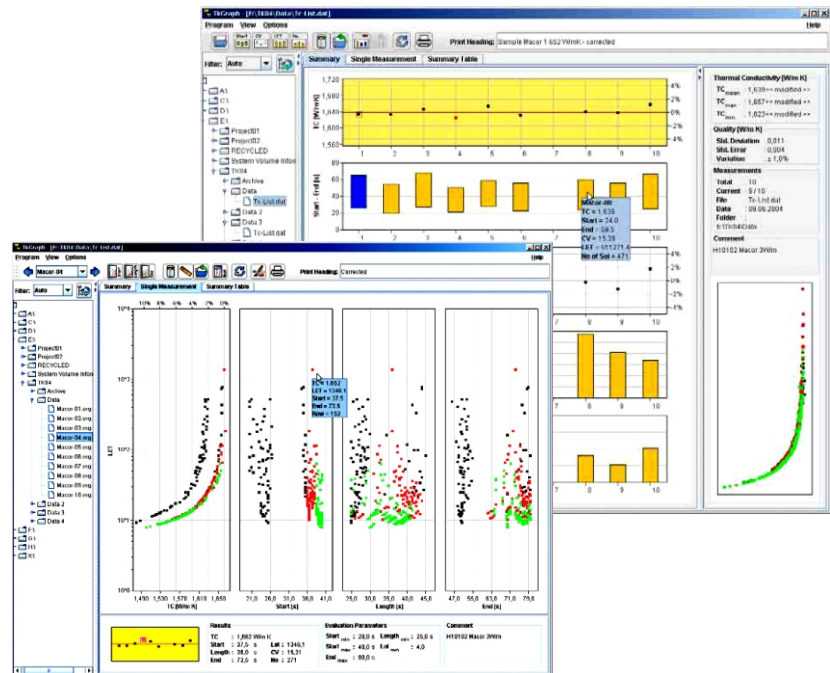
La cantidad de calor que penetra el cuerpo de la sonda, en lugar del material de la muestra, es corregido automáticamente usando los parámetros térmicos de la sonda y de la muestra.

# TK04

Software gráfico y análisis de calidad

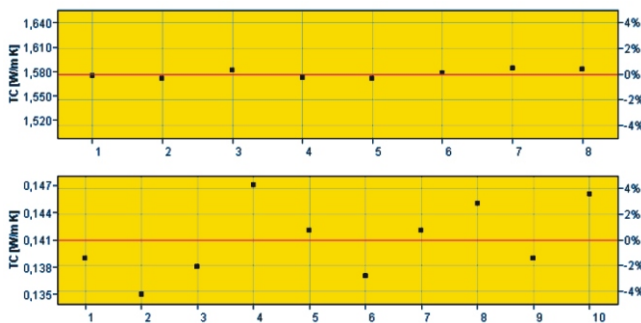
## Software de presentación y de análisis

El software gráfico TKGraph genera gráficas de las pruebas completadas de los archivos de resultados generados por el software TK04, sirviendo para documentar las series de mediciones y de las mediciones individuales y para checar la preparación de las muestras y las condiciones de la medición. El software TKGraph provee herramientas para corregir manualmente mediciones con perturbaciones.



## Resumen gráfico

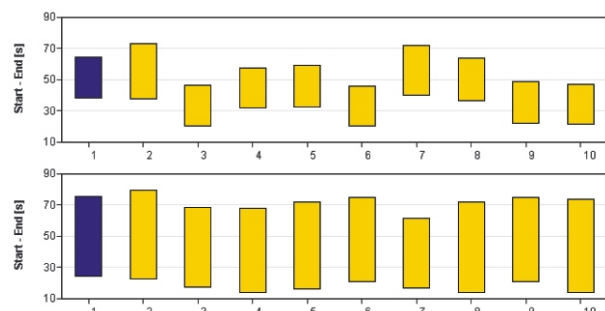
Las pruebas de conductividad térmica del TK04 son organizadas en series de mediciones de hasta 99 mediciones individuales. La gráfica de resumen está basada en el archivo de la lista de conductividad térmica (TC), el cual resume los resultados de las series de mediciones completadas.



## Dispersión de una serie de mediciones

La dispersión de una serie de mediciones puede ser usada como un indicador de las perturbaciones térmicas, la preparación insuficiente de la muestra o de parámetros de medición inadecuados.

Bajo condiciones óptimas, la dispersión generalmente se limitará a un  $\pm 0.5\%$  (véase la imagen superior). Si alcanza un  $\pm 5\%$  (véase la imagen inferior), significa que usted debería checar las condiciones de medición.



## Posición y longitud de los intervalos de evaluación

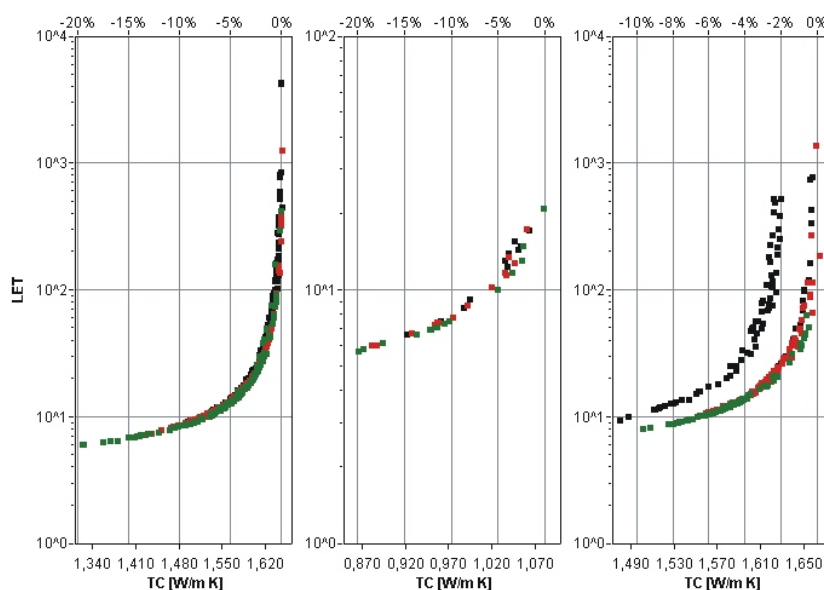
El software TK04 detecta automáticamente el tiempo óptimo para la determinación del intervalo de conductividad térmica. Si los intervalos son muy breves y o son posicionados relativamente tarde en la elevación de la temperatura (imagen superior), esto indica que hubo perturbaciones térmicas, un mal contacto entre la muestra y la sonda, o que el tamaño de la muestra fue muy pequeño.

### El intervalo óptimo de medición

Problemas típicos de la preparación de muestras (como un mal contacto entre sonda y muestra) pueden ser detectados comparando la forma de la curva teórica con la curva de las mediciones de temperatura. El software TK04 determina automáticamente la parte de la elevación de la temperatura medida que mejor corresponde a la teoría examinándola con intervalos de evaluación, cuya longitud y tiempo de inicialización son incrementados en pequeños pasos. La similitud es medida por un así llamado valor LET, el cual es calculado en base a los coeficientes obtenidos ajustando la curva teórica a los datos medidos: entre más alto el valor LET, más similares son las formas de la curva teórica y experimental y más preciso es el valor de la conductividad térmica determinado de los intervalos en cuestión.

### La gráfica de la medición individual

En adición al intervalo óptimo, los valores de TC son calculados en todos los intervalos que tienen un valor LET mínimo. Para checar la preparación de muestras y medir las condiciones de medición, la gráfica de medición individual muestra el valor LET de todos los intervalos evaluados de una curva de temperatura graficada contra la conductividad térmica. Mediciones no interrumpidas (perturbadas) muestran un patrón asintótico típico (diagrama de la izquierda), donde el valor óptimo se encuentra en la parte superior de la curva. Otros patrones de distribución indican otros tipos de perturbaciones.



**Imagen de en medio:** contacto deficiente entre la muestra y la sonda.

**Imagen derecha:** la reflexión de la onda de calor en la frontera de la muestra.

### Requerimientos del sistema

Sistema Operativo: Windows XP, 7, 8, 10  
CPU/RAM: 1 GHz / 512 MB o más  
Resolución de pantalla: 1280 x 1024 o más

Actualizado: 25 de Octubre del año 2019. Sujeto a cambios sin previo aviso