

Medición ultrasónica de la cantidad de calor y del caudal volumétrico

Características

- Calculador de caudal y de cantidad de calor integrado para determinar la potencia térmica en tiempo real
- Dinámica de medición muy alta y tiempo de respuesta corto – apropiado para monitorear procesos y plantas importantes
- Medición no invasiva con transductores de caudal ultrasónicos para diámetros interiores de la tubería 10...2400 mm y temperaturas -40...+130 °C
- Medición de temperatura y cálculo de la cantidad de calor según EN 1434
- Apropiado para aplicaciones de calefacción y de refrigeración
- Contador inteligente (Smart Meter)/apto para el IdC gracias a la interfaz Ethernet con protocolos de datos IP correspondientes (p. ej. Modbus TCP)
- Software de apoyo sofisticado para la parametrización, el control remoto, el registro y el diagnóstico de estado automático (FluxDiagReader, FluxDiag, Advanced Meter Verification)

Aplicaciones

Gestión de edificios, industria manufacturera, calefacción/refrigeración local y urbana, p. ej. en los siguientes áreas:

- Gestión de energía
- Contabilidad y balance internos
- Monitoreo de redes y de estados
- Optimización de procesos
- Mantenimiento predictivo

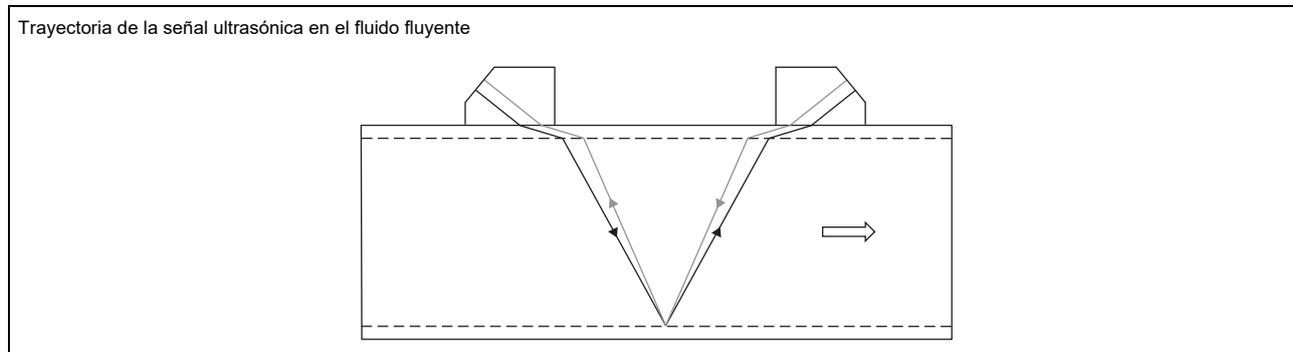


Función	3
Principio de medición	3
Cálculo del caudal volumétrico	3
Cálculo del caudal térmico	4
Error máx. permitido	4
Número de trayectorias de sonido	5
Configuración típica de medición	6
Transmisor	7
Datos técnicos	7
Dimensiones	9
Juego de montaje en tubos de 2" (opción)	10
Almacenamiento	10
Asignación de bornes	11
Transductores	12
Datos técnicos	12
Porta-transductores	14
Material de acople para transductores	14
Sistemas de conexión	15
Caja de bornes	16
Datos técnicos	16
Dimensiones	16
Juego de montaje en tubos de 2"	17
Sensor de temperatura clamp-on (opción)	18
Datos técnicos	18
Fijación	18
Caja de bornes	19
Sensor de temperatura inline (opción)	21
Datos técnicos	21
Fijación	21

Función

Principio de medición

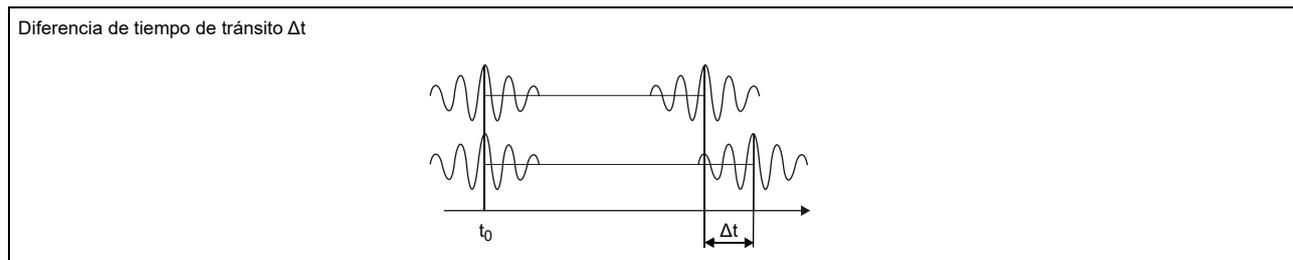
Los transductores ultrasónicos son montados en una tubería completamente lleno con el fluido. Las señales ultrasónicas son enviadas alternativamente por un transductor y recibidas por otro. Los tiempos de tránsito de las señales son utilizados para determinar las magnitudes medidas.



Dado que el fluido en el que se propaga el ultrasonido se encuentra en movimiento, el tiempo de tránsito de la señal ultrasónica en dirección de flujo es más corto que en contracorriente.

Se mide la diferencia de tiempo de tránsito Δt , que permite determinar la velocidad media de flujo en el trayecto recorrido por las señales ultrasónicas. Aplicando una corrección del perfil es posible calcular el valor medio de la velocidad del caudal relativo a la superficie de la sección, que es proporcional al caudal volumétrico.

Los microprocesadores integrados controlan el ciclo de medición en su totalidad. El sistema verifica si las señales ultrasónicas recibidas son útiles para la medición y evalúa su fiabilidad. Las señales parásitas son eliminadas.



Cálculo del caudal volumétrico

$$\dot{V} = k_{Re} \cdot A \cdot k_a \cdot \frac{\Delta t}{2 \cdot t_{\gamma}}$$

donde

- \dot{V} - caudal volumétrico
- k_{Re} - factor de calibración fluidomecánica
- A - superficie de la sección transversal de la tubería
- k_a - factor de calibración acústica
- Δt - diferencia de tiempo de tránsito
- t_{γ} - promedio de los tiempos de tránsito en el fluido

Cálculo del caudal térmico

El caudal térmico es calculado con la siguiente fórmula::

$$\Phi = k_i \cdot \dot{V} \cdot (T_V - T_R) \text{ (aplicación de calentamiento)}$$

$$\Phi = k_i \cdot \dot{V} \cdot (T_R - T_V) \text{ (aplicación de refrigeración)}$$

donde

- Φ – caudal térmico
- k_i – coeficiente térmico
- \dot{V} – caudal volumétrico
- T_V – temperatura de la alimentación
- T_R – temperatura de retorno

El coeficiente térmico k_i resulta de varios coeficientes del caudal térmico para la entalpía específica y la densidad del fluido. Los coeficientes del caudal térmico de algunos fluidos están guardados en el transmisor. Otros fluidos personalizados son posibles.

Error máx. permitido

Según la norma EN1434, el error máx. permitido MPE (max. permissible error) de un contador de energía térmica completo es la suma aritmética de los errores máx. permitidos de los subconjuntos: calculador, pareja de sensores de temperatura y sensor de caudal.

$$MPE = E_c + E_t + E_f$$

donde

- MPE – error máx. permitido total
- E_c – error relativo máx. permitido del calculador
- E_t – error relativo máx. permitido de la pareja de sensores de temperatura
- E_f – error relativo máx. permitido del sensor de caudal

Número de trayectorías de sonido

El número de trayectorías de sonido es cantidad veces que la señal ultrasónica atraviesa el fluido en la tubería. En dependencia del número de trayectorías de sonido, existen los siguientes tipos de montaje:

- **configuración en modo de reflexión**

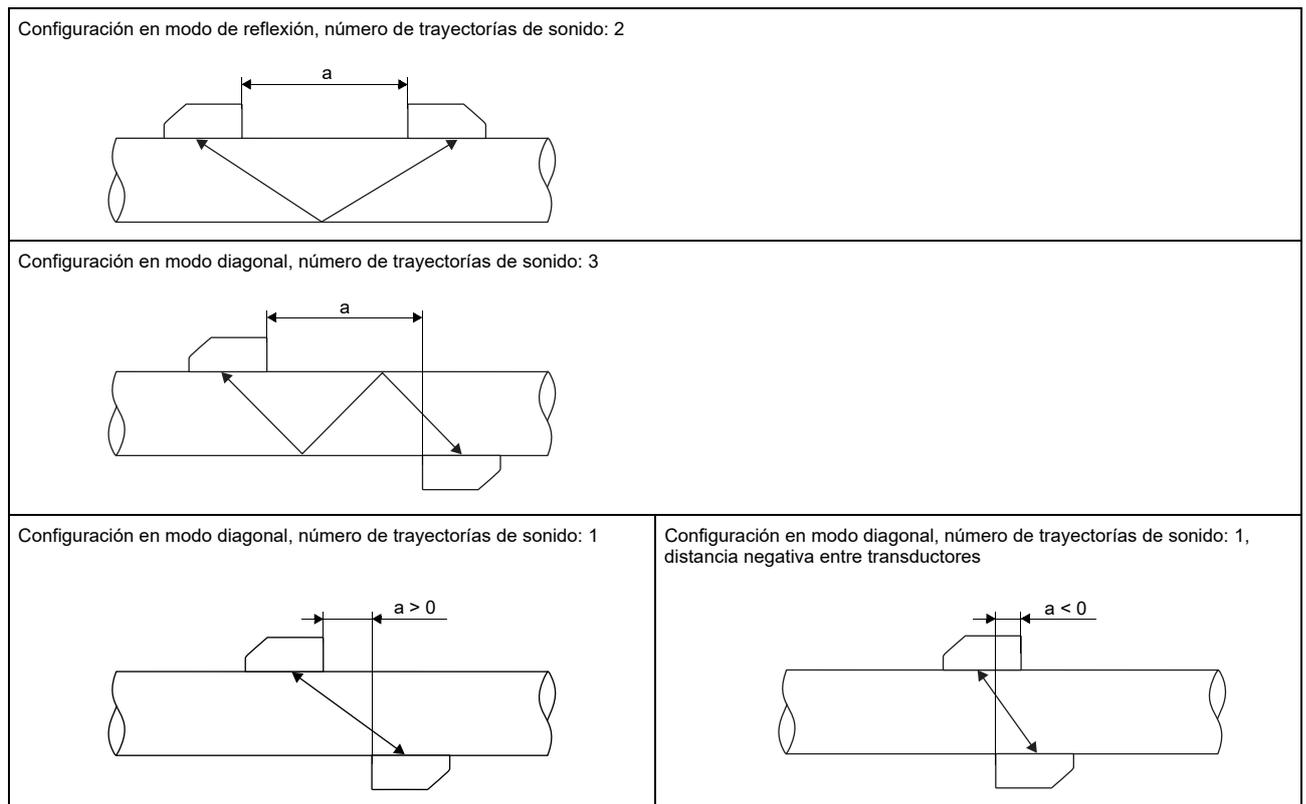
El número de trayectorías de sonido es par. Los transductores son montados en el mismo lado de la tubería. Es sencillo posicionar correctamente los transductores.

- **configuración en modo diagonal**

El número de trayectorías de sonido es impar. Los transductores son montados en lados opuestos de la tubería. Si el fluido, la tubería o los recubrimientos atenúan fuertemente la señal, debe emplearse la configuración en modo diagonal con 1 trayectoria de sonido.

El tipo de montaje elegido depende de la aplicación. Aumentando el número de trayectorías de sonido, se consigue elevar la exactitud de la medición, si bien aumenta también la atenuación de la señal. El transmisor determina automáticamente el número óptimo de trayectorías de sonido para los parámetros de la aplicación.

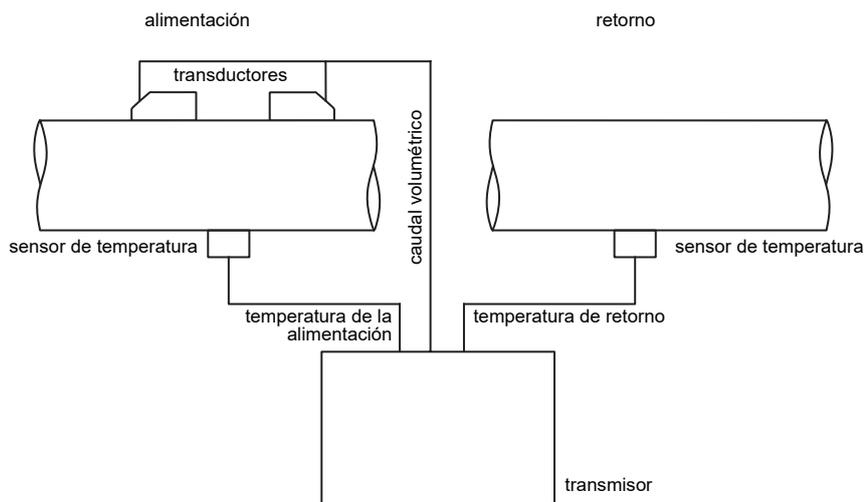
Los transductores pueden ser fijados en la tubería con el porta-transductores en la configuración en modo de reflexión y en modo diagonal, permitiendo así adaptar óptimamente el número de trayectorías de sonido a la aplicación.



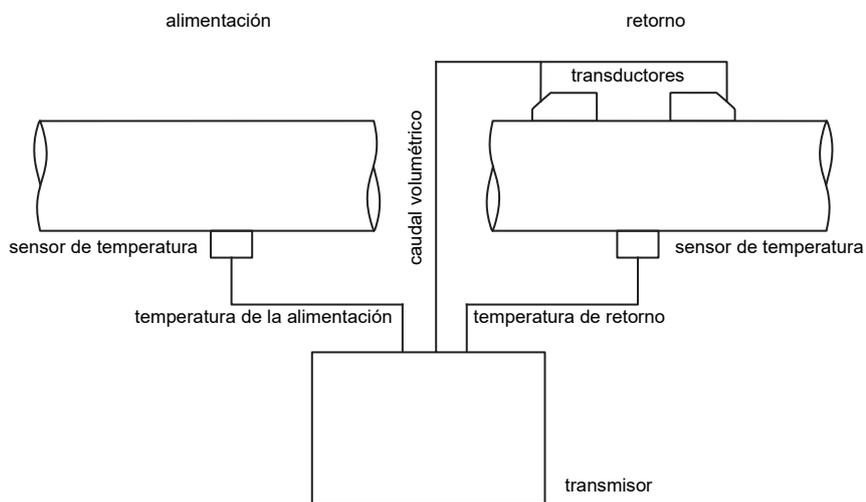
a - distancia entre transductores

Configuración típica de medición

Ejemplo de una medición del caudal térmico con medición del caudal volumétrico en la alimentación



Ejemplo de una medición del caudal térmico con medición del caudal volumétrico en el retorno



Transmisor

Datos técnicos

	FLUXUS F532TE (salidas analógicas)	FLUXUS F532TE (interface de proceso)
		
diseño	instrumento de campo con 1 canal de medición	
aplicación	instrumento de medición de energía	
medición		
• energía		
error relativo máx. permitido	calculador: $E_c = \pm(0.4 + 1 K/\Delta\theta) \%$	
• temperatura		
diferencia de temperatura	$\Delta\theta_{\min} = 3 K, \Delta\theta_{\max} = 300 K$	
error relativo máx. permitido	pareja de sensores de temperatura: E_t - dependiendo del tipo, véase Datos técnicos de los sensores de temperatura	
• caudal		
principio de medición	principio de correlación de la diferencia de tiempo de tránsito ultrasónico	
caudal	m ³ /h	ejemplo con 2 trayectorias de sonido y ajuste de fábrica del caudal de corte: <ul style="list-style-type: none"> • DN 50: $Q_p = 0.2...200$ • DN 150: $Q_p = 1.8...900$ • DN 500: $Q_p = 17...5000$
velocidad del caudal	m/s	0.01...25
repetibilidad	0.15 % de la lectura ± 0.005 m/s	
fluido	agua, agua/glicol: 0...100 %	
compensación de temperatura	según las recomendaciones en ANSI/ASME MFC-5.1-2011	
incertidumbre de medición (caudal volumétrico)		
incertidumbre de medición del sistema de medición ¹	± 0.3 % de la lectura ± 0.005 m/s	
incertidumbre de medición en el punto de medición ²	± 1 % de la lectura ± 0.005 m/s	
transmisor		
fuentes de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • 90...250 V/50...60 Hz o • 11...32 V DC 	
consumo de potencia	W	< 10
cantidad de los canales de medición	1	
atenuación	s	0...100 (ajustable)
ciclo de medición	Hz	100...1000
tiempo de respuesta	s	1
material de la carcasa	aluminio, recubrimiento de polvo	
grado de protección	IP66	
dimensiones	mm	véase dibujo acotado
peso	kg	2.25
fijación	montaje en muro, opción: montaje en tubos de 2"	
temperatura ambiente	°C	-20...+60
display	128 x 64 pixeles, iluminación de fondo	
idioma para el menú	inglés, alemán, francés, español, holandés, ruso, polaco, turco, italiano, chino	
funciones de medición		
magnitudes físicas	caudal térmico, caudal volumétrico, caudal másico, velocidad del caudal	
totalizador	cantidad de calor, volumen, masa	
funciones diagnósticas	velocidad del sonido, amplitud de la señal, SNR, SCNR, desviación estándar de las amplitudes y de los tiempos de tránsito	
interfaces de comunicación		
interfaces de servicio	transmisión de valores de medición, parametrización del transmisor: <ul style="list-style-type: none"> • USB • LAN 	transmisión de valores de medición, parametrización del transmisor: <ul style="list-style-type: none"> • USB • LAN
interfaces de proceso	-	<ul style="list-style-type: none"> • Modbus RTU o • BACnet MS/TP o • M-Bus o • Modbus TCP o • BACnet IP

¹ si los transductores han sido sometidos a una calibración de apertura

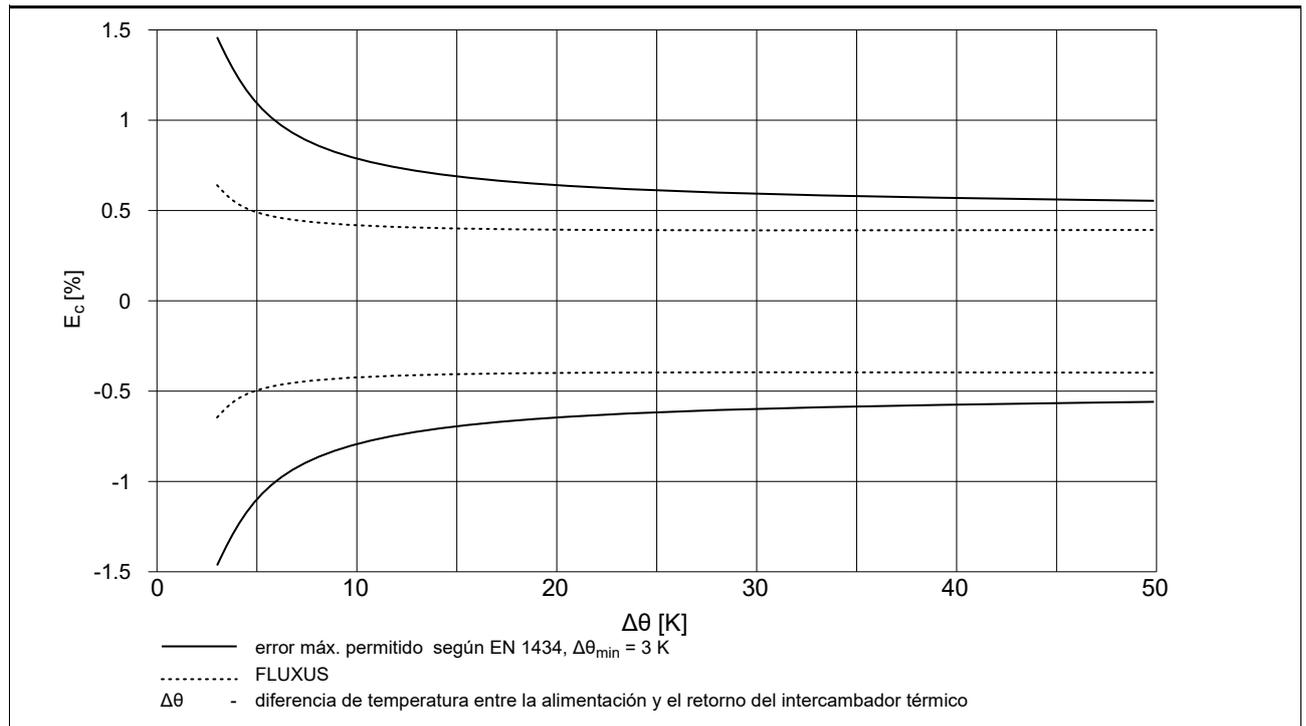
² principio de diferencia de tiempo de tránsito y condiciones de referencia

	FLUXUS F532TE (salidas analógicas)	FLUXUS F532TE (interface de proceso)
accesorios		
kit para la transmisión de datos software	cable USB	
	<ul style="list-style-type: none"> FluxDiagReader: descarga de valores de medición y de parámetros, presentación gráfica FluxDiag (opción): descarga de datos de medición, presentación gráfica, generación de informes, parametrización del transmisor 	
memoria de valores de medición		
valores registrables	todas las magnitudes físicas y los totalizadores	
capacidad	máx. 800 000 valores de medición	
salidas		
	Las salidas están galvánicamente aisladas del transmisor.	
• salida de corriente conmutable		
	configurable según NAMUR NE43	
cantidad	1	-
rango	mA 4...20 (3.2...24)	-
exactitud	0.04 % de la lectura $\pm 3 \mu\text{A}$	-
salida activa	$R_{\text{ext}} < 530 \Omega$	-
salida pasiva	$U_{\text{ext}} = 9...30 \text{ V}$, dependiendo de R_{ext} ($R_{\text{ext}} < 458 \Omega$ a 20 V)	-
• salida digital		
cantidad	2	-
funciones	<ul style="list-style-type: none"> salida de frecuencia salida binaria salida de pulsos 	-
parámetros de servicio	$U_{\text{ext}} = (8.2 \pm 0.1) \text{ V DC}$	-
salida de frecuencia		
• rango	kHz 0...10	-
salida binaria		
• salida binaria como salida de alarma	valor límite, cambio de la dirección de flujo o error	-
salida de pulsos		
• valor pulso	unidades 0.01...1000	-
• ancho de pulso	ms 0.05...1000	-
entradas		
	Las entradas están galvánicamente aisladas del transmisor.	
• entrada de temperatura		
cantidad	2	
tipo	Pt100/Pt1000	
conexión	4 hilos	
rango	$^{\circ}\text{C}$ -150...+560	
resolución	K 0.01	
exactitud	$\pm 0.01 \%$ de la lectura $\pm 0.03 \text{ K}$	

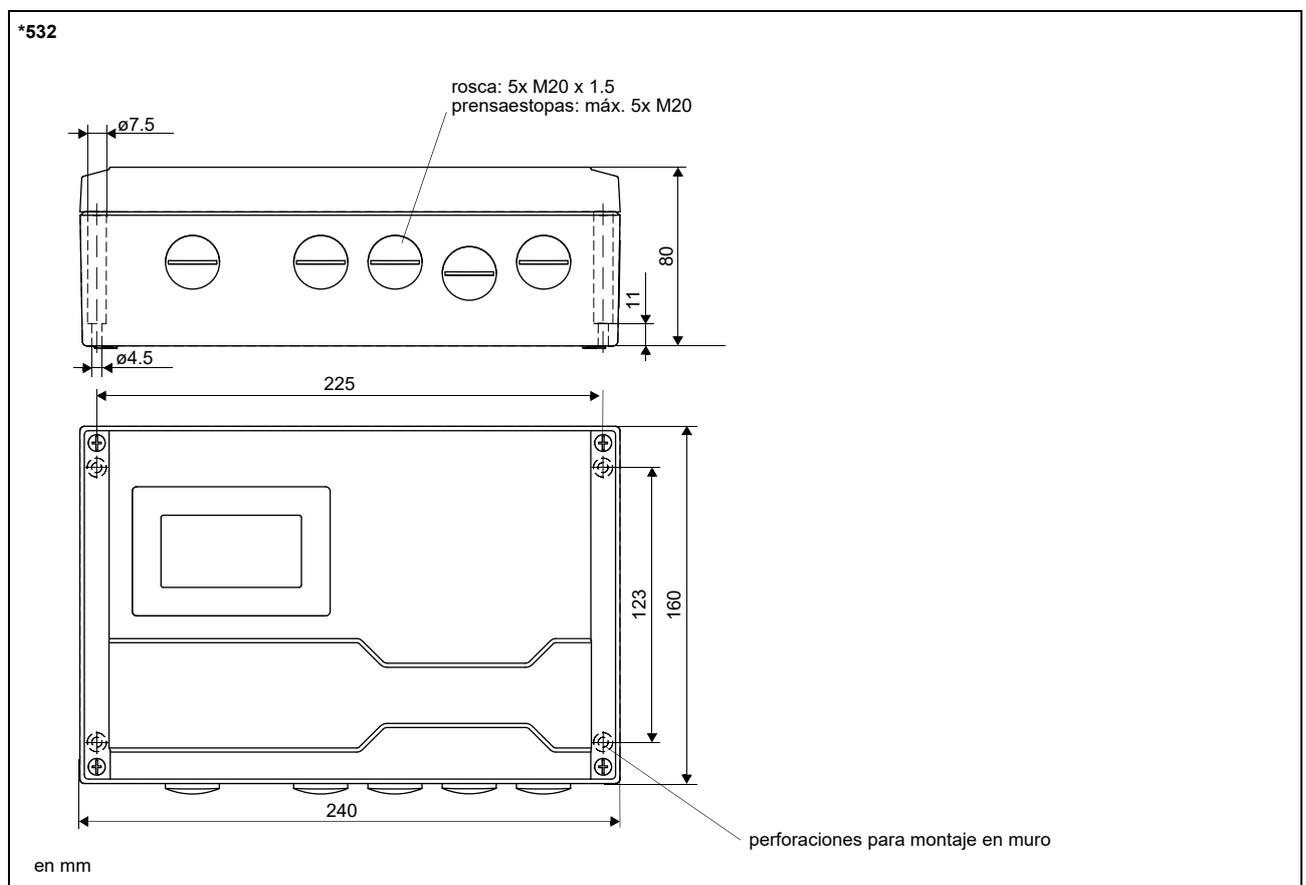
¹ si los transductores han sido sometidos a una calibración de apertura

² principio de diferencia de tiempo de tránsito y condiciones de referencia

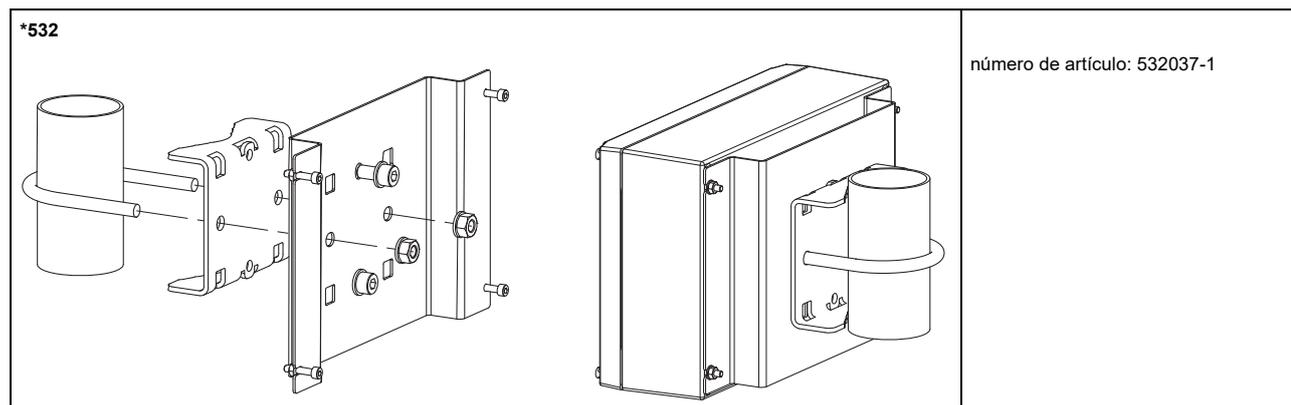
Error máx. permitido del calculador



Dimensiones



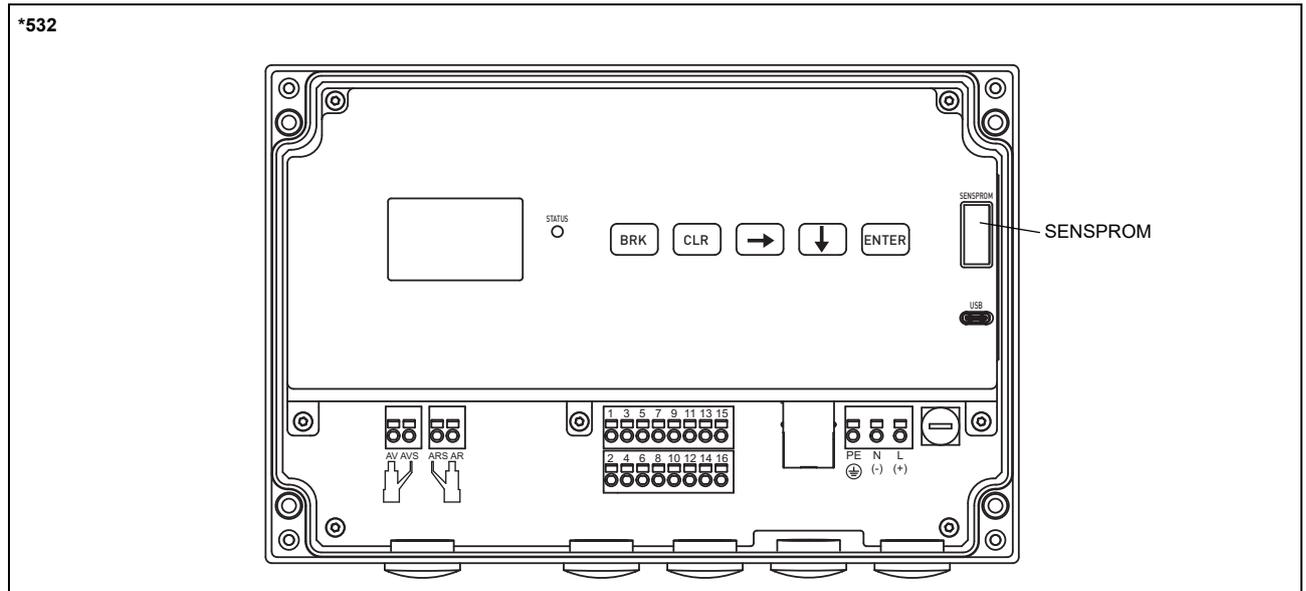
Juego de montaje en tubos de 2" (opción)



Almacenamiento

- no almacenar en el exterior
- almacenar en el embalaje original
- almacenar en un lugar seco y libre de polvo
- proteger contra la radiación solar
- mantener todas la aberturas cerradas
- temperatura de almacenamiento: -20...+60 °C

Asignación de bornes



fuente de alimentación ¹			
borne	conexión (AC)	borne	conexión (DC)
PE	tierra	PE	tierra
N	neutral	(-)	-
L	fase	(+)	+

transductores, extensión			
borne	conexión	transductor	
AV	señal	↑	
AVS	blindaje interno		
ARS	blindaje interno	↕	
AR	señal		
prensaestopas	blindaje externo	↑ ↕	

salidas, entradas ^{1, 2}	
borne	conexión
13+, 14-	salida de corriente pasiva
13-, 14+	salida de corriente activa
9+, 10-, 11+, 12-	salida digital
1, 2, 3, 4	entrada de temperatura
5, 6, 7, 8	

sensor de temperatura			
borne	conexión directa (clamp-on)	conexión con extensión (clamp-on)	conexión directa (inline)
1, 5	rojo	rojo	rojo
2, 6	blanco	blanco	blanco
3, 7	rojo/azul	gris	gris
4, 8	blanco/azul	azul	azul

interfaces de comunicación		
borne	conexión	interfaz de comunicación
15	señal +	<ul style="list-style-type: none"> • Modbus RTU¹ • BACnet MS/TP¹ • M-Bus¹
16	señal -	
USB	tipo C Hi-Speed USB 2.0 Device	servicio (FluxDiag/FluxDiagReader)
LAN	RJ45 10/100 Mbps Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • servicio (FluxDiag/FluxDiagReader) • Modbus TCP • BACnet IP

¹ cable (por el cliente): p.ej. conductores flexibles, con punteras aisladas, sección transversal del conductor: 0.25...2.5 mm²

² El número, el tipo y la asignación de los bornes son específicos para el pedido.

Transductores

Datos técnicos

Transductores de ondas transversales (máx. 100 °C)

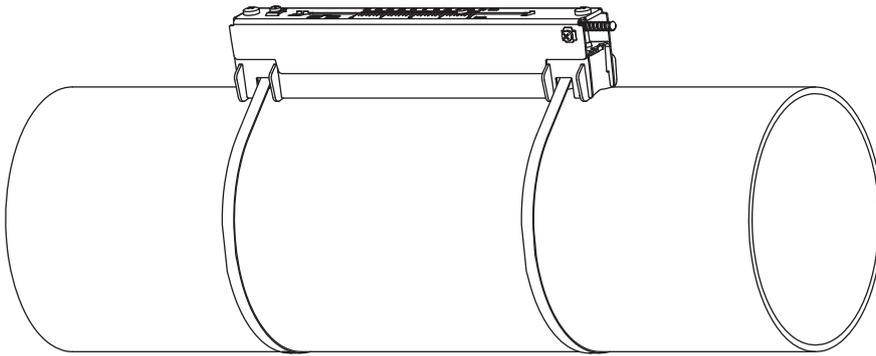
código de pedido		FSK-LNNN-**T1	FSM-LNNN-**T1	FSP-LNNN-**T1	FSQ-LNNN-**T1
tipo técnico		CDK1LZ7	CDM2LZ1	CDP2LZ1	CDQ2LZ1
frecuencia del transductor	MHz	0.5	1	2	4
diámetro interior de la tubería d					
min. ampliada	mm	100	50	25	10
min. recomendado	mm	200	100	50	25
máx. recomendado	mm	2000	1000	400	150
máx. ampliada	mm	2400	1200	480	240
espesor de pared de la tubería					
min.	mm	5	2.5	1.2	0.6
material					
carcasa		PEEK recubierto en acero inoxidable 316Ti (1.4571)			
superficie de contacto		PEEK			
grado de protección		IP66			
cable del transductor					
tipo		2606			
longitud	m	10			
dimensiones					
longitud l	mm	126.5	64	40	
ancho b	mm	51	32	22	
altura h	mm	67.5	40.5	25.5	
dibujo acotado					
peso (sin cable)	kg	0.36	0.066	0.016	
temperatura superficial de la tubería	°C	-40...+100			
temperatura ambiente	°C	-40...+100			

Transductores de ondas transversales (máx. 130 °C)

código de pedido		FSK-NNNN-**T1	FSM-NNNN-**T1	FSP-NNNN-**T1	FSQ-NNNN-**T1
tipo técnico		C(DL)K1N53	C(DL)M2N53	C(DL)P2N53	C(DL)Q2N53
frecuencia del transductor	MHz	0.5	1	2	4
diámetro interior de la tubería d					
min. ampliada	mm	100	50	25	10
min. recomendado	mm	200	100	50	25
máx. recomendado	mm	2000	1000	400	150
máx. ampliada	mm	2400	1200	480	240
espesor de pared de la tubería					
min.	mm	5	2.5	1.2	0.6
material					
carcasa		PEEK recubierto en acero inoxidable 316L (1.4404)			
superficie de contacto		PEEK			
grado de protección		IP66	IP66/IP67		
cable del transductor					
tipo		1699			
longitud	m	5	4	3	
dimensiones					
longitud l	mm	126.5	64	40	
ancho b	mm	51	32	22	
altura h	mm	67.5	40.5	25.5	
dibujo acotado					
peso (sin cable)	kg	0.36	0.066	0.016	
temperatura superficial de la tubería	°C	-40...+130			
temperatura ambiente	°C	-40...+130			
compensación de temperatura		x			

Porta-transductores

Variofix L (VLK, VLM, VLQ)



material: acero inoxidable 316Ti (1.4571), 316L (1.4404), 17-7PH (1.4568)

longitud interior:

VLK: 348 mm

VLM: 234 mm

VLQ: 176 mm

dimensiones:

VLK: 423 x 90 x 93 mm

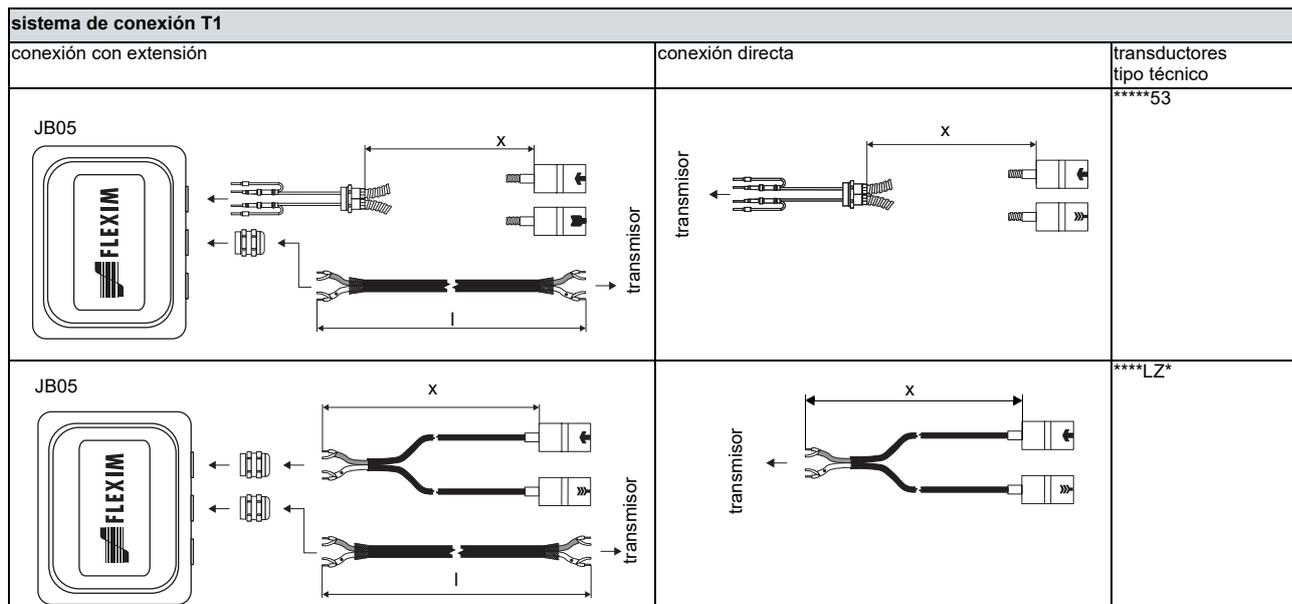
VLM: 309 x 57 x 63 mm

VLQ: 247 x 43 x 47 mm

Material de acople para transductores

tipo	temperatura ambiente °C
pasta de acoplamiento tipo N	-30...+130
lámina de acoplamiento tipo VT	-10...+200

Sistemas de conexión



Cable

cable del transductor			
tipo		1699	2606
peso	kg/m	0.094	0.033
temperatura ambiente	°C	-55...+200	-40...+100
cubierta del cable			
material		PTFE	PUR
diámetro exterior	mm	2.9	5
espesor	mm	0.3	
color		marrón	gris
blindaje		x	x
recubrimiento			
material		acero inoxidable 316Ti (1.4571)	-
diámetro exterior	mm	8	-

extensión	
tipo	2615
peso	kg/m 0.18
temperatura ambiente	°C -30...+70
propiedades	sin halógeno prueba de propagación de la llama según IEC 60332-1 prueba de incineración según IEC 60754-2
cubierta del cable	
material	PUR
diámetro exterior	mm 12
espesor	mm 2
color	negro
blindaje	x

Longitud del cable

frecuencia del transductor		K		M, P		Q	
transductores tipo técnico		x	l	x	l	x	l
CDK1LZ7	m	10	≤ 300	-	-	-	-
CD*2LZ1	m	-	-	10	≤ 300	10	≤ 90
****N53	m	5	≤ 300	4	≤ 300	3	≤ 90

x - longitud del cable del transductor

l - máx. longitud de la extensión (dependiendo de la aplicación)

Caja de bornes

Datos técnicos

JB05		
peso	kg	1.2 kg
fijación		montaje en muro opción: montaje en tubos de 2"
material		
carcasa		acero inoxidable 316L (1.4404)
junta		silicona
grado de protección		IP67
temperatura ambiente	°C	-40...+80

Conexión			

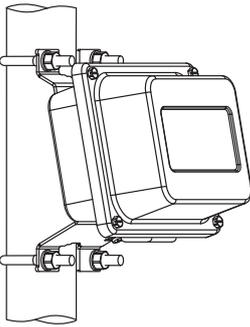
Transductores			
regleta de bornes	borne	conexión	transductor
KL1	V	señal	↑
	VS	blindaje interno	
	RS	blindaje interno	↕
	R	señal	

Extensión		
regleta de bornes	borne	conexión
KL2	TV	señal
	TVS	blindaje interno
	TRS	blindaje interno
	TR	señal

Dimensiones

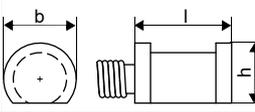
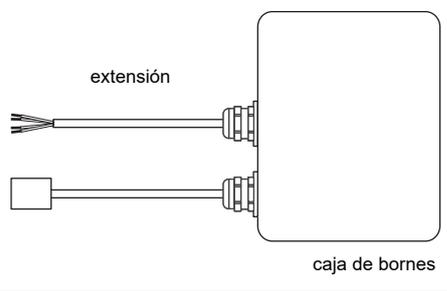
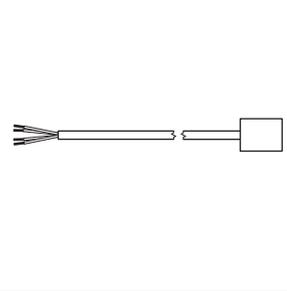
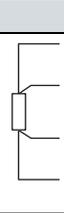
JB0*, JBP*	
en mm	

Juego de montaje en tubos de 2"

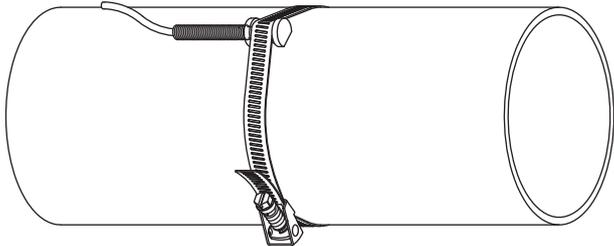
<p>JB**</p> 	<p>número de artículo: 751035-2</p>
--	-------------------------------------

Sensor de temperatura clamp-on (opción)

Datos técnicos

PT12N, PT12N-LC			
código de pedido	PT12N: • 770414-2 PT12N-LC: • 770414-4		
diseño	clamp-on opción: con cable largo		
tipo	2x Pt100, acoplados según EN 1434		
conexión	4 hilos		
rango de medición	°C -30...+250		
exactitud θ	$\pm(0.15 \text{ } ^\circ\text{C} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot \theta \text{ [} ^\circ\text{C]})$ clase A		
error relativo máx. permitido	$E_t = 0.1 \text{ K (} 3 \text{ K} < \Delta\theta \leq 6 \text{ K)}$ $E_t = 0.2 \text{ K (} 6 \text{ K} < \Delta\theta \leq 30 \text{ K)}$ $E_t = 0.3 \text{ K (} 30 \text{ K} < \Delta\theta \leq 50 \text{ K)}$		
tiempo de respuesta	s 50		
material de la carcasa	aluminio		
grado de protección	IP54		
dimensiones			
longitud l	mm 20		
ancho b	mm 15		
altura h	mm 13		
dibujo acotado			
peso	kg 0.25		
accesorios			
lámina conductora del calor 250 °C	x		
Sistema de conexión			
conexión con extensión	conexión directa		
			
Conexión			
	sensor de temperatura		
	rojo		
	rojo/azul		
	blanco/azul		
	blanco		
Cable			
	PT12N	PT12N-LC	extensión
tipo	4 x 0.22 mm ²		LIYCY 8 x 0.14 mm ² gris
longitud estándar	m 3	15	5/10/25
longitud máx.	m -		200
temperatura ambiente	°C -30...+250		-25...+80
min. radio de flexión	mm 27		68
cubierta del cable			
material	PFA		PVC
diámetro exterior	mm 3.8 ±0.15		4.8 ±2
color	negro		gris

Fijación

abrazadera de tensión PT12N	
	material: acero inoxidable 301 (1.4310), 410 (1.4006) aislamiento térmico necesario

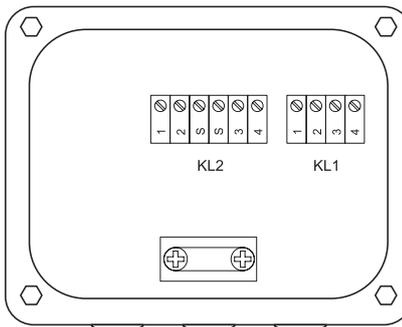
Caja de bornes

JBT3	
número de artículo	751040-36
peso	kg 1.2 kg
fijación	montaje en muro opción: montaje en tubos de 2"
material	
carcasa	acero inoxidable 316L (1.4404)
junta	silicona
grado de protección	IP67
temperatura ambiente	
min.	°C -40
máx.	°C +80

regleta de bornes	borne	conexión
KL1	1	rojo
	2	rojo/azul
	3	blanco
	4	blanco/azul

regleta de bornes	borne	conexión
KL2	1	rojo
	2	gris
	3	blanco
	4	azul

Conexión



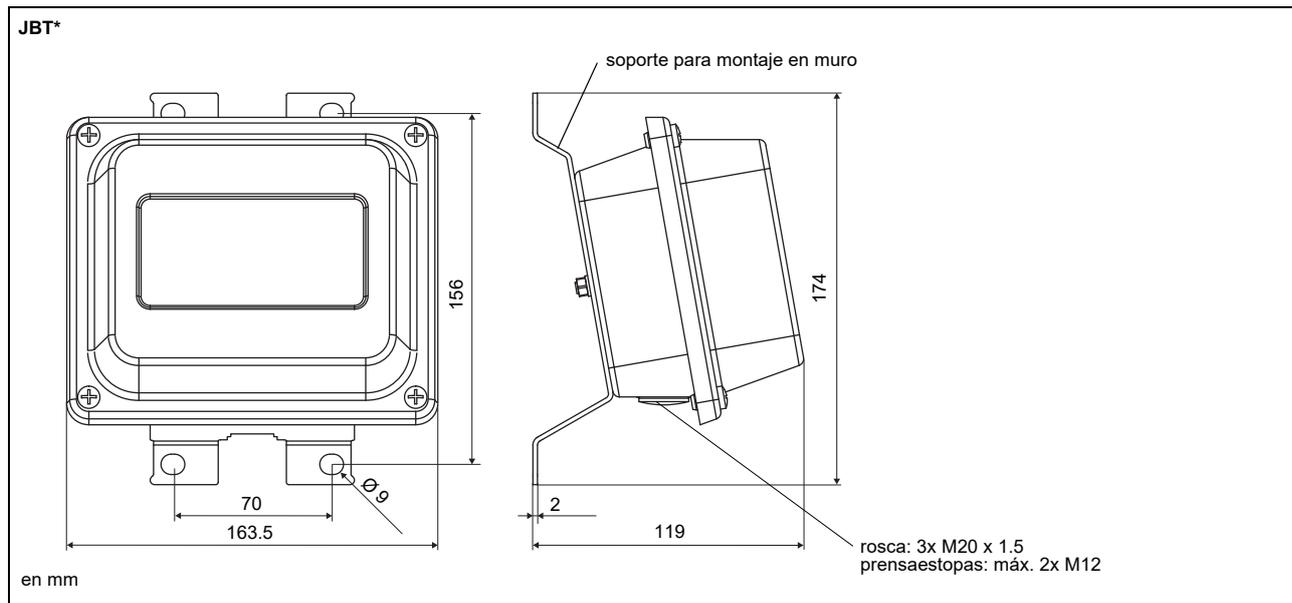
Sensor de temperatura

regleta de bornes	borne	conexión
KL1	1	rojo
	2	rojo/azul
	3	blanco
	4	blanco/azul

Extensión

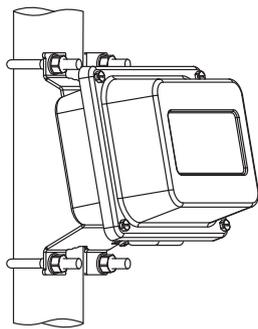
regleta de bornes	borne	conexión
KL2	1	rojo
	2	gris
	3	blanco
	4	azul

Dimensiones



Juego de montaje en tubos de 2"

JB**



número de artículo: 751035-2

Sensor de temperatura inline (opción)

Datos técnicos

PT12N-IT-P PT12N-IU-P	
número de artículo	PT12N-IT-P: <ul style="list-style-type: none"> • 770416-1 (acoplados, sin cable) • 770416-11 (acoplados, 10 m) • 770416-12 (acoplados, 20 m) PT12N-IU-P: <ul style="list-style-type: none"> • 770416-2 (acoplados, sin cable) • 770416-21 (acoplados, 10 m) • 770416-22 (acoplados, 20 m)
tipo	2x PT100 acoplados según EN 1434
conexión	4 hilos
rango de medición	°C -30...+200
exactitud θ	$\pm(0.15 \text{ }^\circ\text{C} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot T \text{ [}^\circ\text{C]})$ clase A
error relativo máx. permitido	% $E_t = \pm 0.9 \cdot (0.5 + 3 \cdot \Delta\theta_{\min}/\Delta\theta)$
tiempo de respuesta	s T50: 5, T90: 19
carcasa	316Ti (1.4571) cabeza de conexión J: aluminio
grado de protección	IP65
dimensiones	
longitud l	mm 72 PT12N-IT-P: $l_E = 140$ PT12N-IU-P: $l_E = 230$
ancho b	mm 51
dibujo acotado	
peso	kg PT12N-IT-P: 0.136 PT12N-IU-P: 0.142

conexión		
	sensor de temperatura	cable
	rojo	rojo
	rojo	gris
	blanco	azul
	blanco	blanco

cable		
		sensor de temperatura
tipo		LIYCY 8 x 0.14 mm ² gris
longitud estándar	m	10/20
longitud máx.	m	200
cubierta del cable		PVC

Fijación

vaina a roscar PT12N-I			PT12N-IT-P	PT12N-IU-P
	longitud de montaje l_E	mm	120	210
material				
	vaina a roscar		acero inoxidable 316L (1.4404)	
	tuerca de apriete		acero galvanizado 1.0037, PTFE	
	peso	kg	0.08	0.091
	diámetro exterior	mm	8	
	conexión de proceso		G 1/2"	
	presión del fluido		PN25 (agua)	
máx. velocidad del caudal¹				
	agua	m/s	6.93	4.37
	glicol/H ₂ O	m/s	8.4	3.78

¹ valor máx. permitido para caudales laminares; otros factores de influencia como p.ej. motores, bombas, válvulas que causan turbulencias, golpes de ariete, pulsaciones, oscilaciones, etc. deben ser considerados por el cliente