



**MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y FLUJO EN  
INSTALACIONES INDUSTRIALES.**

**CONTRASTACIÓN DE INSTRUMENTOS “IN SITU”**

**Trazado Nuclear e Ingeniería SpA**

# Nuestra Experiencia

**Más de 125  
trabajos  
realizados.**

**Más de 10.000  
mediciones  
realizadas.**

**Publicaciones  
en Congresos  
Nacionales e  
Internacionales.**

**Validación de  
metodología por  
ISTRA  
(International  
Society for Tracer  
and Radiation  
Applications).**

**La experiencia ha demostrado que una verificación sola no garantiza la calidad de la medición, son parte de un plan de aseguramiento de calidad sistemático y continuo.**

# Medición de Flujos

Los medidores de flujo son instrumentos que monitorean, miden o registran la tasa de flujo, el volumen o la masa de un gas o líquido. [1]

¿PARA QUÉ MEDIR UN FLUJO?

1  
Entender y controlar las operaciones de flujo.

2  
Identificar y mejorar las eficiencias.

3  
Abordar los problemas del equipo y el uso irresponsable.

# TIPOS DE FLUJÓMETRO EN DUCTO



**Turbina**

**Bajo costo:** Partes móviles

**Precisión a bajas tasas:** Líquidos puros



**Magnético**

**No intrusivo:** Alto costo

**Poca  
mantención:** Conductor



**Ultrasonido**

**Externo:**

**Preparación  
superficial para  
instalación:**

**Sin partes  
móviles**

**Todo tipo  
de fluido**

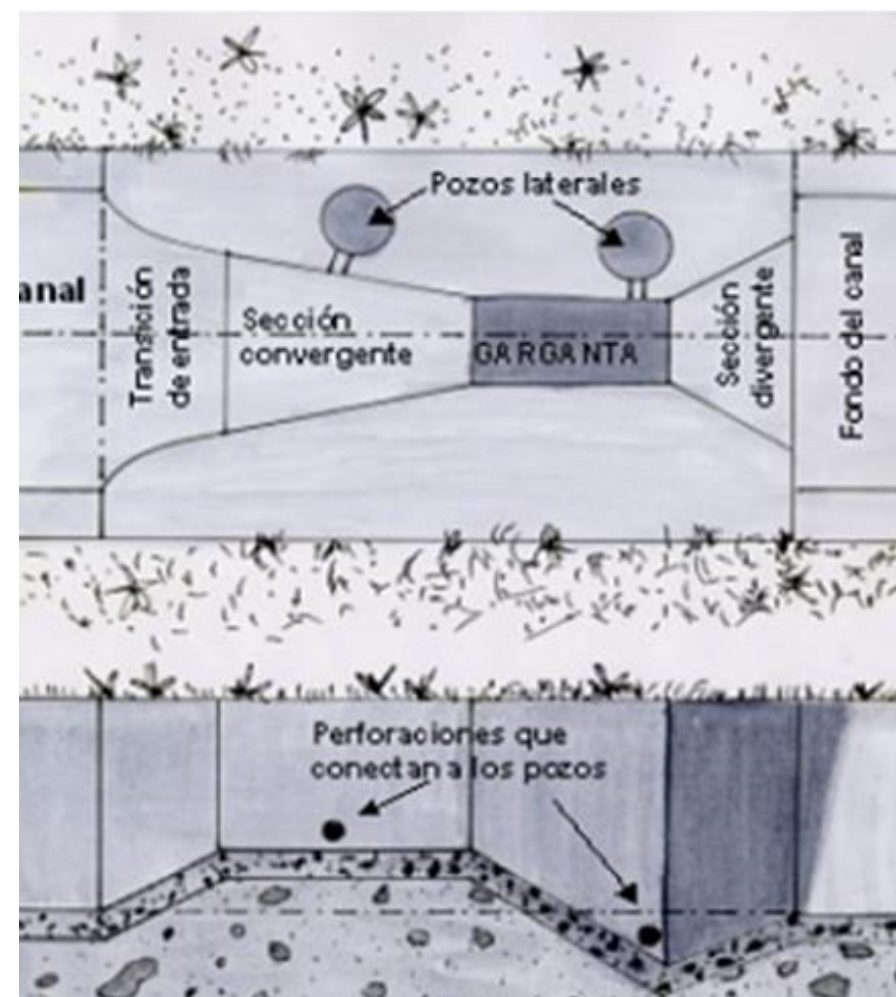
# TIPOS DE FLUJÓMETRO EN SUPERFICIAL

Se instalan en el cauce

Gran variedad de flujos

Inmunes a perturbaciones corriente arriba

## Parshall



## Vertedero



- Fabricado de diversos materiales
- Evita obstrucciones y sedimentación
- Bajas pérdidas de carga
- Caudal no influenciado por velocidad de llegada del flujo
- Incertidumbre bajo 1%

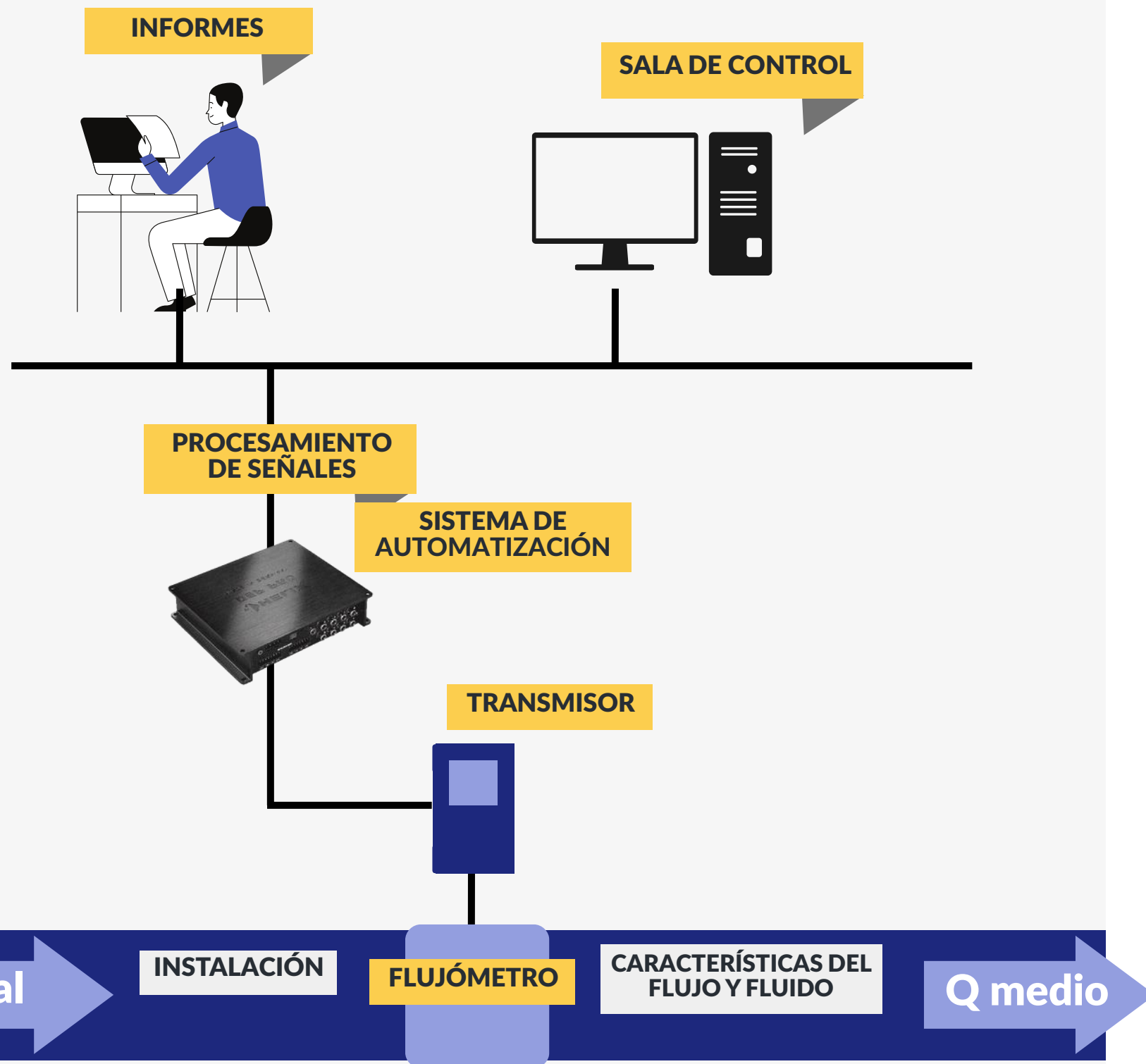
- Genera obstrucción al flujo
- Incertidumbre de 2% a 4%

# Flujo Real vs Flujo Medido

Los procesos industriales requieren más que un “medidor preciso de flujo”, una **medición precisa del flujo**. [2]

$$e_{tot} = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2}$$

“La calibración en terreno proporciona esta mejor medición [2]” permitiendo conocer el error del sistema de medición.





# MEDICIÓN DE FLUJOS

Una metodología de contrastación en terreno de la medición de flujo permite dar cuenta del error total en la cadena de medición.

- No requiere intervenir el proceso.
- Considera todos los elementos que afectan la medición.
- Se realiza con el fluido real en condiciones reales.
- Flexible a condiciones de planta.
- Proporciona referencias trazables para flujos de planta.

**“Las principales fuentes de errores de medición surgen en la cadena de medición, con frecuencia no en el flujómetro”**

# TÉCNICAS PARA CONTRASTACIÓN EN TERRENO

Existen dos metodologías comprobadas para la verificación y confiabilidad de los sistemas de medición de flujos:

**Medición con patrón  
volumétrico**

1

**Medición utilizando  
trazadores**

2



# Patrón volumétrico

Requiere una instalación industrial.

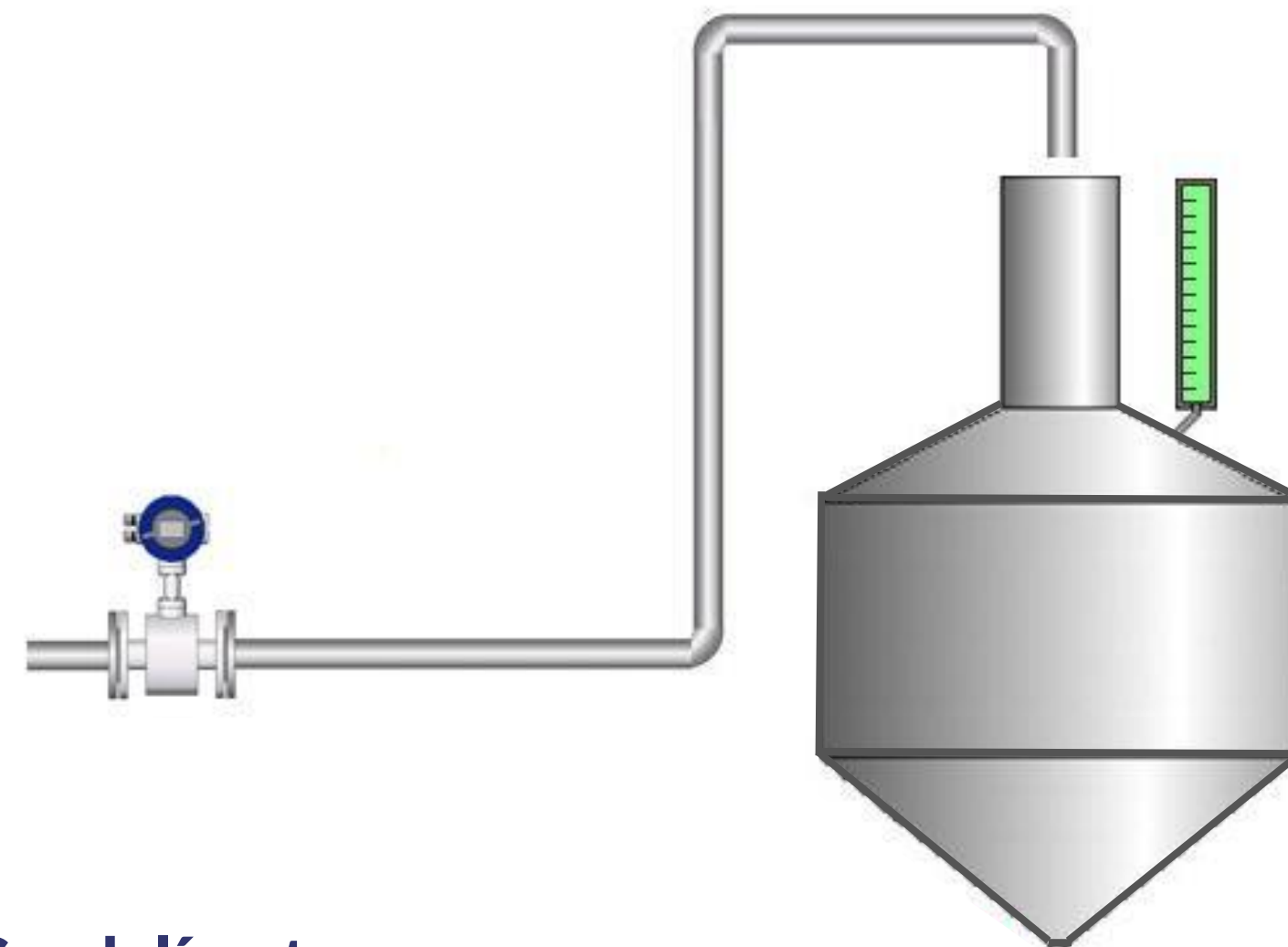
Baja incertidumbre de calibración.

Vasija aforada o en pesómetro certificado.

Afecta la operación de la planta.

Límites de capacidad de flujo.

Alto costo.



**Caudalímetro  
a Calibrar**

**Vasija Patrón**



# Trazadores

Dos métodos disponibles:

Método de Dilución (Rodamina y otros)

**(ISO 9555-4 / 1992)**

Método de Tiempo de Tránsito (Br-82 y otros)

**(ISO 2975-7 / 1997)**

Ambos métodos no requieren hacer modificaciones a las tuberías de proceso ni afectan la operación.

TNI tiene implementado un SGCA en el alcance de estas metodologías.

## Certificado

Normativa de aplicación **ISO 9001:2015**

N° registro certificado **01 180 2029622**

Titular del certificado: **Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.**  
Francisco de Vilagra N° 385 Oficina 101  
Ñuñoa, Santiago, Región Metropolitana,  
Chile.

Ámbito de aplicación: Comercialización, preparación y ejecución del servicio de Medición de velocidades de fluidos en ducto de sección conocida mediante el método de tiempo de tránsito usando trazadores radiactivos; medición de flujos superficiales mediante trazadores fluorescentes y determinación de distribuciones de tiempo de residencia, en procesos industriales, mineros y del medio ambiente.

Mediante una auditoría se verificó el cumplimiento de los requisitos recogidos en la norma ISO 9001:2015.

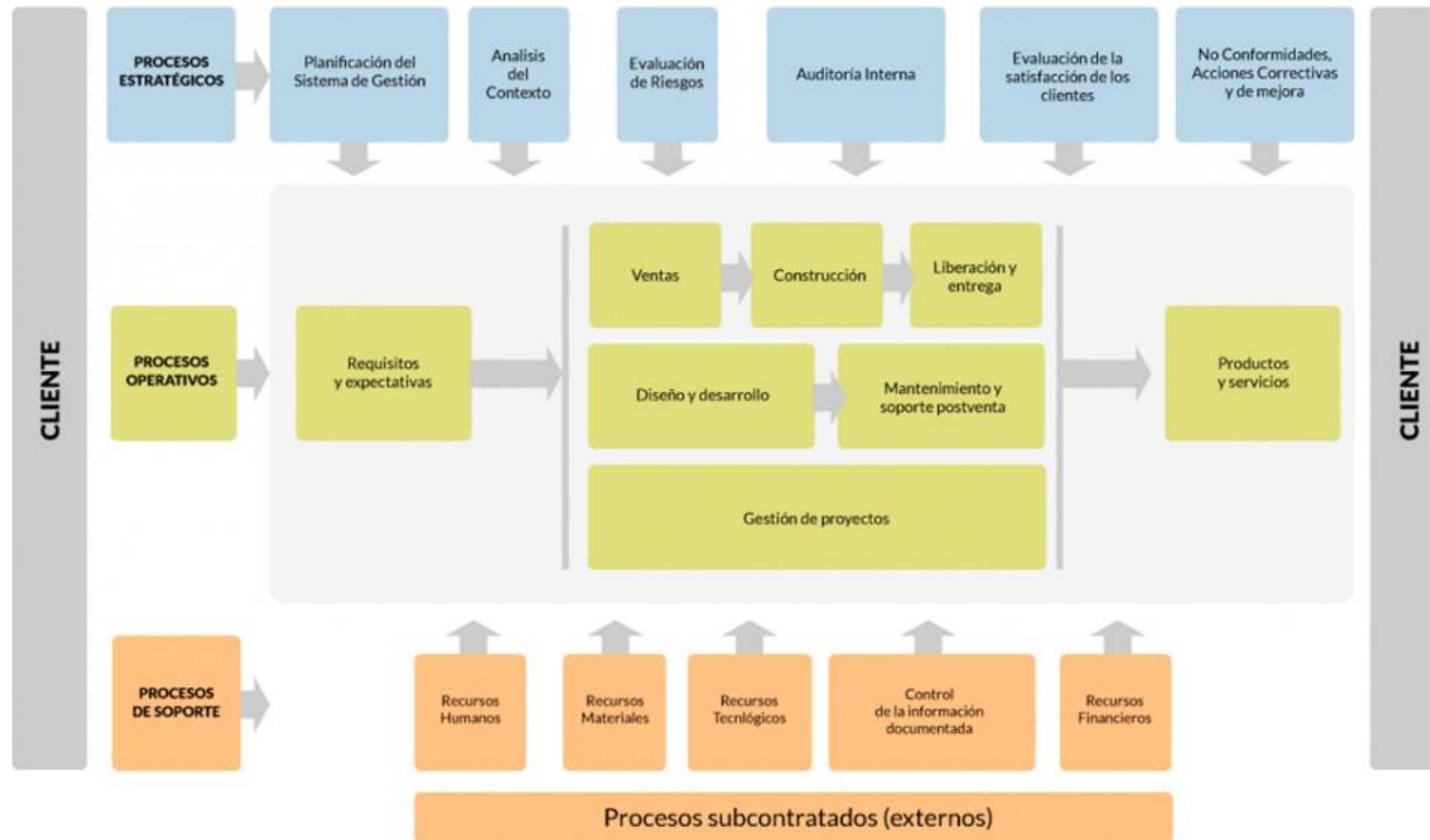
Validez: Este certificado es válido desde 2021-02-19 hasta 2024-02-18.  
Primera auditoría de certificación 2021

2021-02-19



TÜV Rheinland (P) Ltd. (P) Ltd.  
Am-Quellen-Str. 61 520 56 Köln

# SGCA-TNI-TUV



## Áreas principales

Procesos Estratégicos

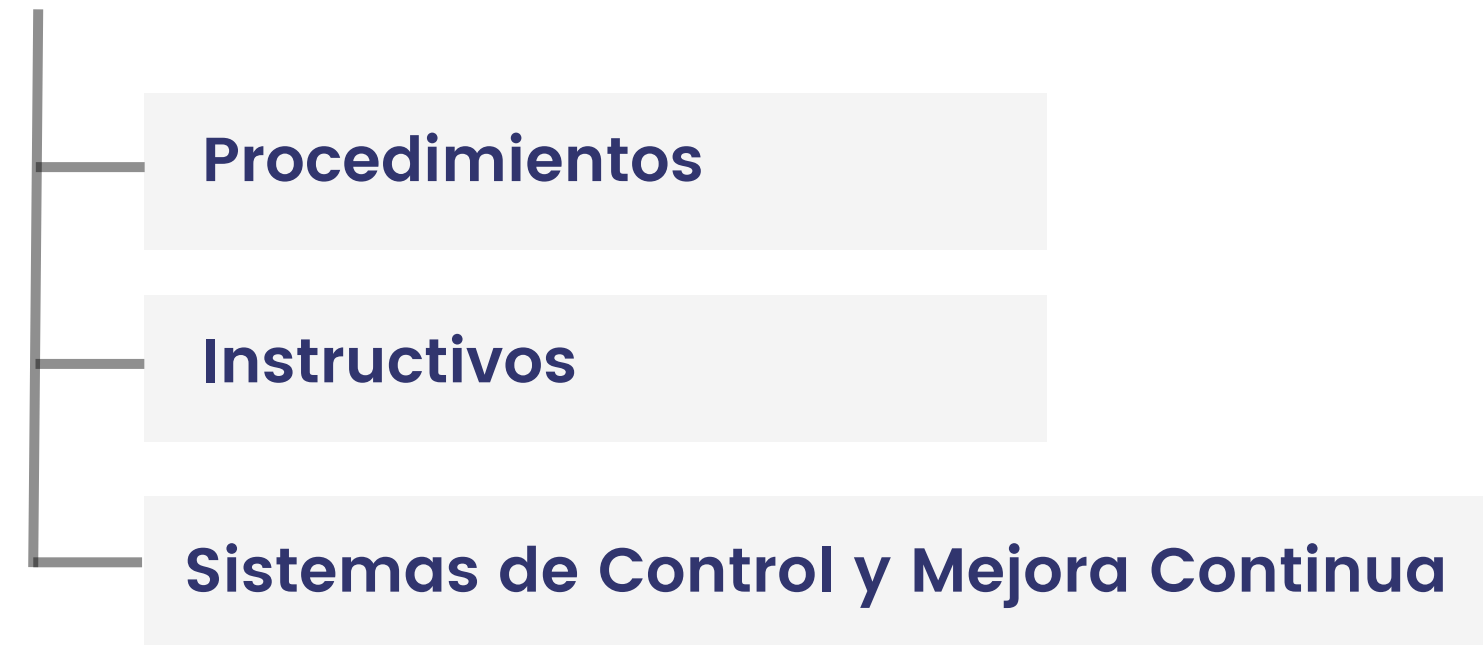
Procesos Operacionales

Procesos de Soporte

Sustentan un Sistema de Gestión de Calidad de acuerdo con norma ISO 9001:2015 y de Gestión Ambiental de acuerdo con ISO 14001:2015

# SGCA-TNI-TUV

## Aseguramiento de Calidad:



Implementados para cada metodología y auditados anualmente por ente internacional competente.

# Método de Dilución

- Se inyecta el trazador en forma continua.
- Aguas abajo, tras mezclado del trazador en cauce, se mide concentración.
- Se obtiene el flujo de la siguiente ecuación:

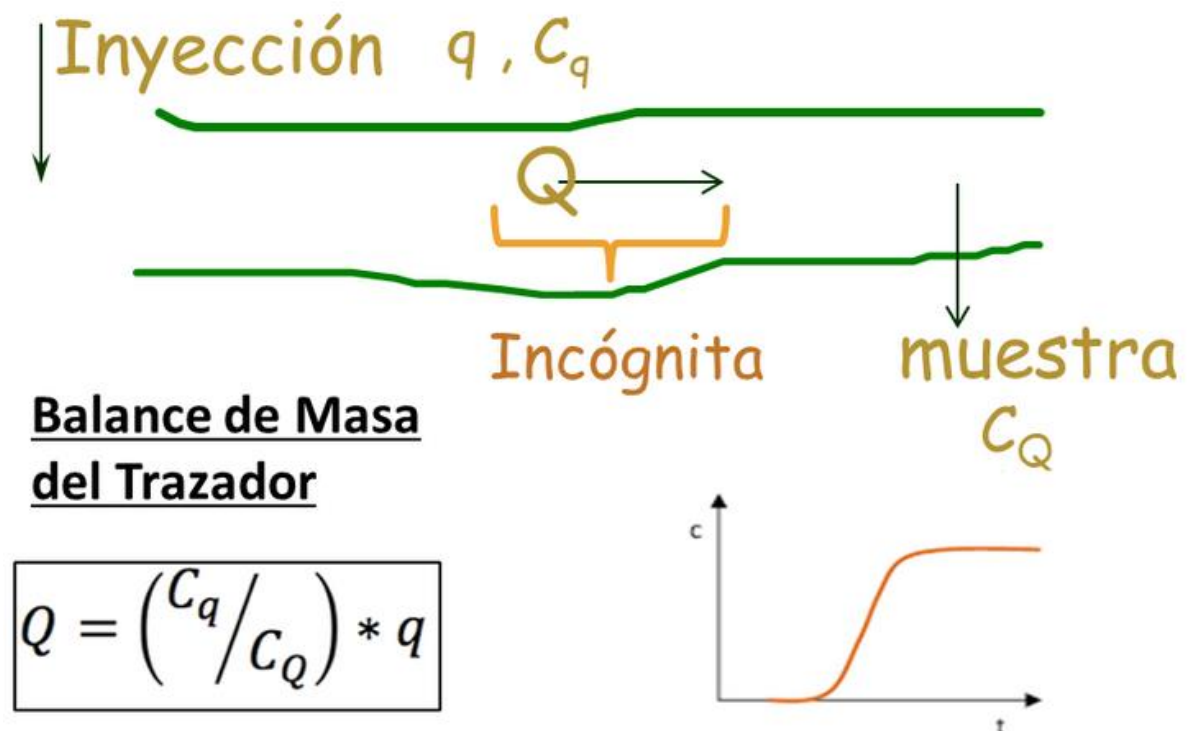
$$Q * C_Q = q * C_q$$

$Q$  : Flujo principal.

$C_Q$  : Concentración en cauce.

$q$  : Flujo de trazador

$C_q$  : Flujo de trazador.



$$Q = \left( \frac{C_q}{C_Q} \right) * q$$

- Inyección permanente de trazador durante toda la medición.
- Entre inyección y detección no deben haber cargas ni descargas al cauce.
- Fluorímetro de terreno para detectar estabilidad de concentración.
- Muestra analizada en laboratorio.

# Mapa de trazabilidad

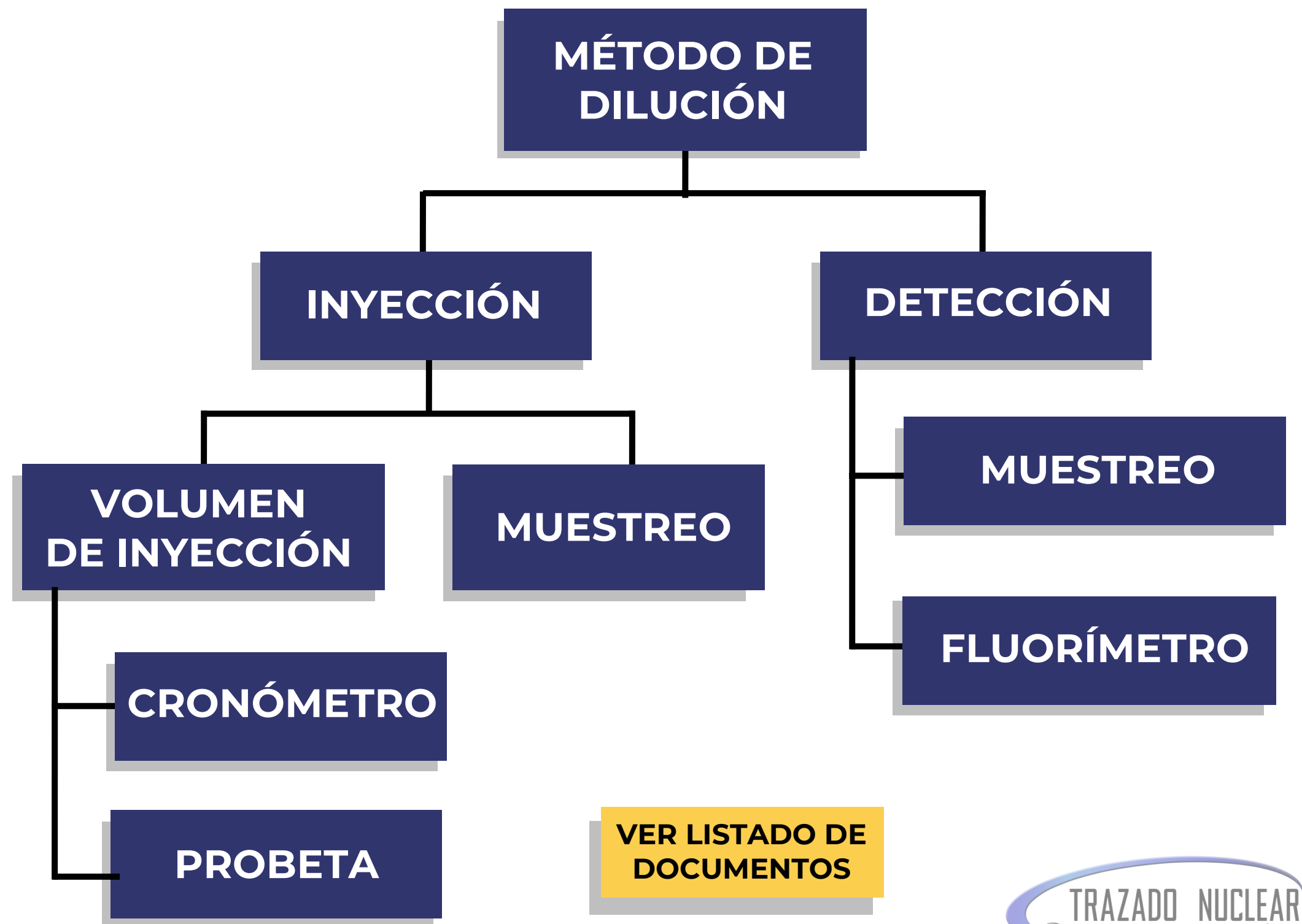
## Métodos de dilución (ISO 9555-4)

Etapas e instrumentos utilizados con sus certificados y verificaciones según corresponda.

- Cronómetro (Cert. SMI-121179TP)
- Probeta (Cert. 2240180)
- Fluorímetro (Verificación en Laboratorio)

Procedimientos e instructivos de trabajo

Validación con Laboratorio Externo



# Método de Dilución

## PROCEDIMIENTOS

- PT-TNI-30
- PT-TNI-31
- PT-TNI-32
- PT-TNI-33
- PT-TNI-34
- PT-TNI-35
- PT-TNI-36
- PT-TNI-37
- PT-TNI 38

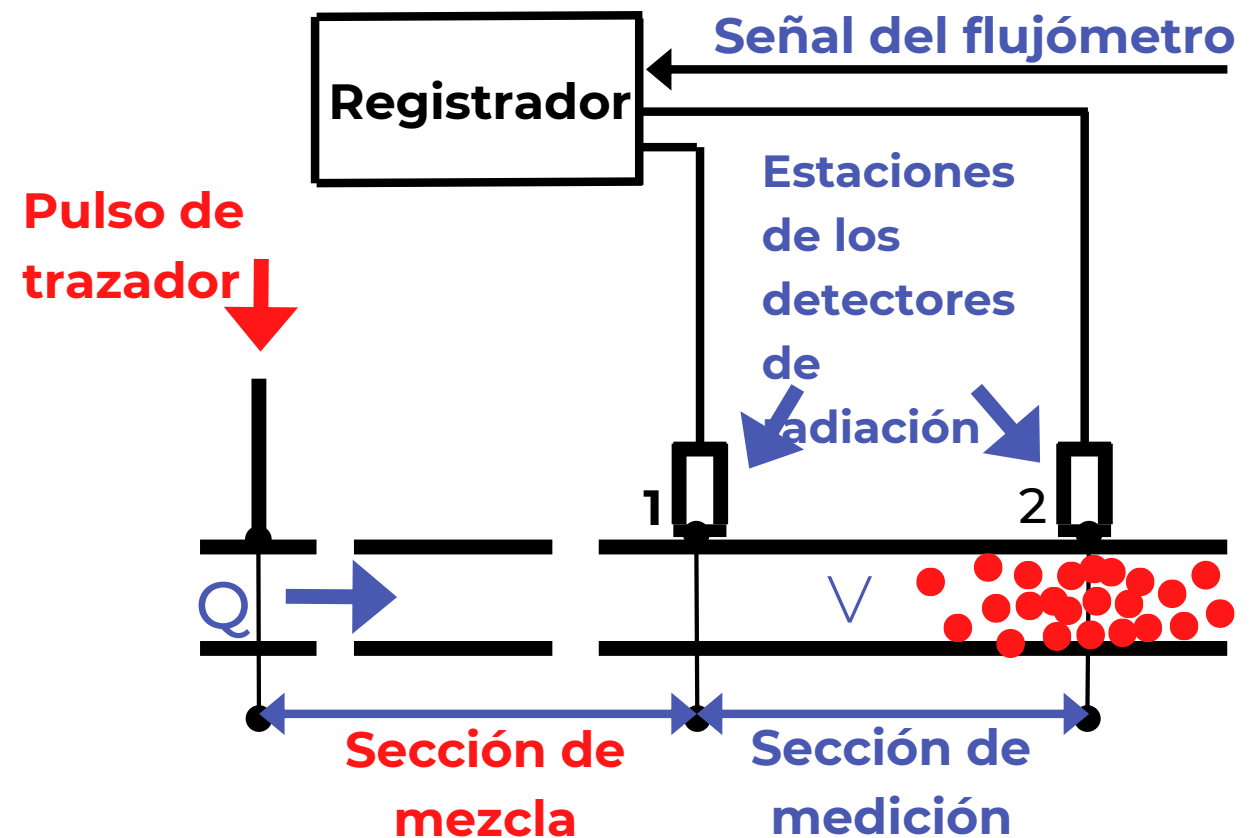
## INSTRUCTIVOS

- IT-TNI-02 Medición de flujos en aguas superficiales con trazador Rodamina
- IT-TNI-19 Detección del paso de un trazador con equipo Turner

## CERTIFICADOS

- Cronómetro (Cert. SMI-121179TP)
- Probeta (Cert. 2240180)
- Validación externa (Informe de Validación N°519 INH)

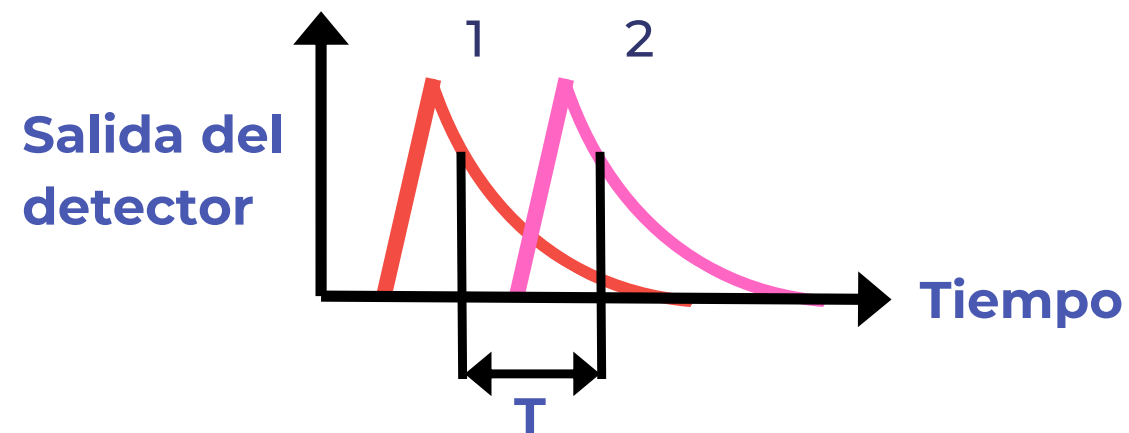
# Método de Tiempo de Tránsito



$$t_{exp} = \frac{\int t C(t) dt}{\int C(t) dt}$$

$$V = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

$$Q = V * \left(\frac{\pi}{4}\right) d^2$$



- Se inyecta el trazador en forma puntual.
- Aguas abajo, tras mezclado del trazador en cauce, se mide tiempo de tránsito entre dos puntos a distancia conocida.
- A partir de información de área transversal conocida se calcula el flujo.



# Mapa de trazabilidad

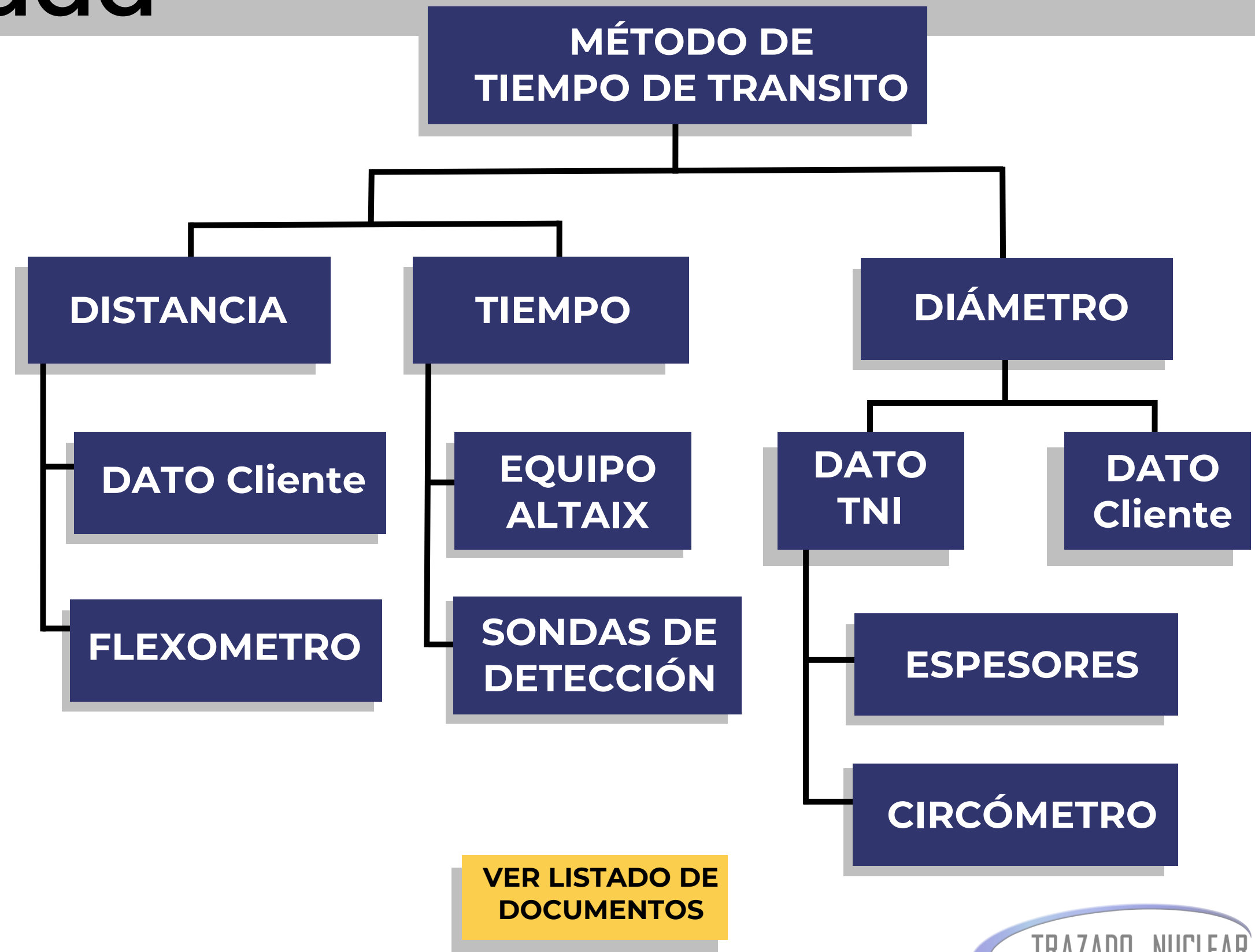
## Método de Tiempo de Transito (ISO 2975-7/1997)

Etapas e instrumentos utilizados con sus certificados y verificaciones según corresponda.

- Flexómetro (Cert. SMI-121356L)
- Sondas (Cert. Fuente Co60 MLRI-7443-2022)
- Circómetro (Cert. SMI-14455L)
- Patrón Espesores (Cert. SMC-46775)
- Registro Mantención ALTAIX

Procedimientos e instructivos de trabajo

Validación con Laboratorio Externo  
(Informe N°5788. CISA)



# Método de Tiempo de Tránsito

## PROCEDIMIENTOS

- PT-TNI-13 Inyección de Trazador líquido
- PT-TNI-14/15/16
- PT-TNI-17/18
- PT-TNI-19
- PT-TNI-20/21
- PT-TNI- 22
- PT-TNI-23
- PT-TNI-24
- PT-TNI-26
- PT-TNI-28

## INSTRUCTIVOS

- **IT-TNI-03 Medición de velocidades en ducto con trazador radiactivo.**
- **IT-TNI-18 Detección del paso de un trazador con equipo Altaix.**

## CERTIFICADOS

- **Flexómetro (Cert. SMI-121356L)**
- **Sondas (Cert. Fuente Co60 MLRI-7443-2022)**
- **Circómetro (Cert. SMI-14455L)**
- **Patrón Espesores (Cert. SMC-46775)**
- **Validación externa (Informe de Verificación N°5788 CISA)**
- **Registro Mantenimiento ALTAIX**

# ANÁLISIS DE DATOS

Información analizada en planillas específicas.

Se calculan errores absolutos mediante:

- Efecto decaimiento de actividad por tiempo (cálculo).
- Efecto medición de distancia (0,5%)
- Efecto fondo natural

- Se realizan controles metrológicos para las dimensiones medidas en terreno con sistemas calibrados.
- Se utiliza personal con capacidades adecuadas y capacitados para la toma y análisis de información.
- Se analizan los datos en programas de desarrollo interno.
- Se realizar series de datos (en la medida de lo posible) para control estadístico.

VELOCIDAD DE FLUJO EN MINERA LOS PELAMBRES															
EXP.1		Estación Choapa 1		Una bomba operando (435)											
Fecha:		01-08-2022		Trazador: Br-82											
Hora:		12:35:05		Tpo vida mer: 129600 [s]											
Tiempos medios				+		-		Tiempos de tránsito				+		-	
t1	19,7	0,1	[s]	T1-2	49,5	0,3	[s]								
t2	69,2	0,3	[s]												
Distancia entre detectore:				+		-		Velocidad				+		-	
D1-2	53,50	0,27	[m]	V1-2	1,082	0,008	[m/s]								
BG:		14,7	14,6												
		3,8	3,8												
		#DIV/0!	#DIV/0!												
		Det 1	Det 2	Corrección de datos				DETECTOR 1		Integral 2		Tpo. medio		DETECTOR	
Tiempo	Det 1	Det 2	Conteo corr.1	error	Conteo corr.2	error	Integral 1	error	Integral 2	error	Tpo. medio	error	Integral 1	error	
[s]	[cps]	[cps]	[cps]		[cps]		[dpm]		[día dpm]		[día]		[dpm]		
21	2406	0	2391,6	49	0,0	4	2,65E+04	117	4,27E+05	190	16,088	0,07	0,00E+00		
22	1885	0	1870,5	44	0,0	4	2,87E+04	121	4,72E+05	182	16,486	0,07	0,00E+00		
23	1644	0	1629,5	41	0,0	4	3,04E+04	125	5,12E+05	171	16,831	0,07	0,00E+00		
24	1571	0	1556,5	40	0,0	4	3,20E+04	128	5,49E+05	164	17,162	0,07	0,00E+00		

Insertar Datos

Se determina error estadístico por repeticiones de medición.



# En Conclusión

TNI ha desarrollado exitosamente la metodología de trazadores para contrastación de sistemas de medición de flujo. Cuenta con más de 100 trabajos exitosos documentados.

Ha implementado exitosamente una certificación de calidad ISO 9001 (desde 2014) y de gestión ambiental ISO 14001 (desde 2020) para estos procesos apoyando el liderazgo de MLP.

Cuenta con sistemas de control y monitoreo para el aseguramiento de calidad de sus productos.



Sistema de  
Gestión  
ISO 9001:2015  
ISO 14001:2015



[www.tuv.com](http://www.tuv.com)  
ID 9000011671



# Certificado

Normativa de aplicación **ISO 9001:2015**

N° registro certificado **01 100 2029622**

Titular del certificado: **Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.**  
Francisco de Villagra N° 385 Oficina 101  
Ñuñoa, Santiago, Región Metropolitana,  
Chile.

Ámbito de aplicación: Comercialización, preparación y ejecución del servicio de:  
Medición de velocidades de fluidos en ducto de sección conocida mediante, el método de tiempo de tránsito usando trazadores radiactivos; medición de flujos superficiales mediante trazadores fluorescentes y determinación de distribuciones de tiempo de residencia, en procesos industriales, mineros y del medio ambiente.

Mediante una auditoría se verificó el cumplimiento de los requisitos recogidos en la norma ISO 9001:2015.

Validez: Este certificado es válido desde 2021-02-19 hasta 2024-02-18.  
Primera auditoría de certificación 2021

2021-02-24

TÜV Rheinland Cert GmbH  
Am Grauen Stein · 51105 Köln

# Certificado

Normativa de aplicación **ISO 14001:2015**

N° registro certificado **01 104 2029623**

Titular del certificado: **Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.**  
Francisco de Villagra N°385 Oficina 101  
Ñuñoa, Santiago, Región Metropolitana,  
Chile.

Ámbito de aplicación: Comercialización, preparación y ejecución del servicio de:  
Medición de velocidades de fluidos en ducto de sección conocida mediante, el método de tiempo de tránsito usando trazadores radiactivos; medición de flujos superficiales mediante trazadores fluorescentes y determinación de distribuciones de tiempo de residencia, en procesos industriales, mineros y del medio ambiente.

Mediante una auditoría se verificó el cumplimiento de los requisitos recogidos en la norma ISO 14001:2015.

Validez: Este certificado es válido desde 2021-02-19 hasta 2024-02-18.  
Primera auditoría de certificación 2021

2021-02-24

TÜV Rheinland Cert GmbH  
Am Grauen Stein · 51105 Köln



Sistema de  
Gestión  
ISO 9001:2015  
ISO 14001:2015



www.tuv.com  
ID 9000011671





**MEDICIÓN DE VELOCIDAD Y FLUJO EN  
INSTALACIONES INDUSTRIALES.**

**CONTRASTACIÓN DE INSTRUMENTOS “IN SITU”**

**Trazado Nuclear e Ingeniería SpA**