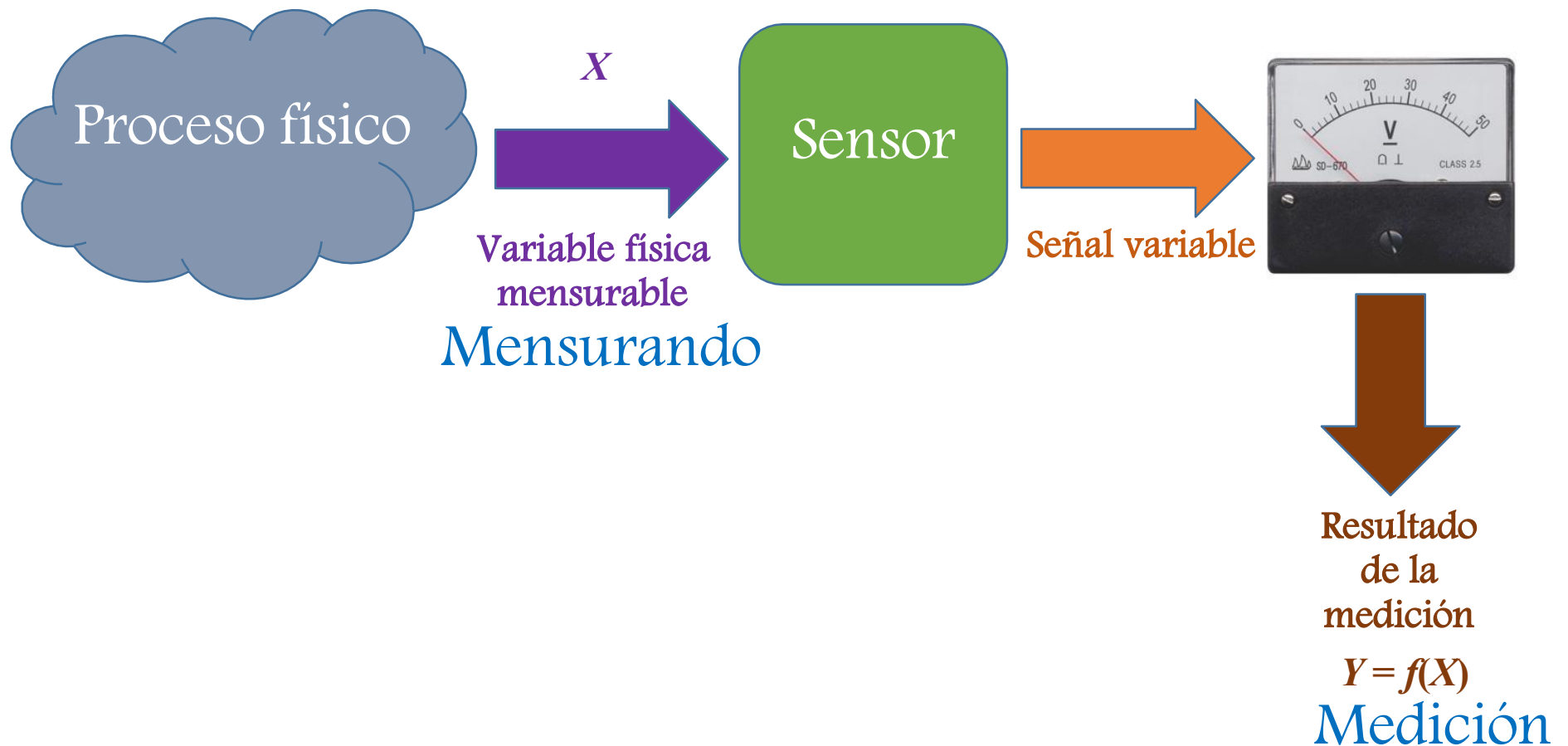

Sensores y transductores utilizados en Control y Automatismos Industriales

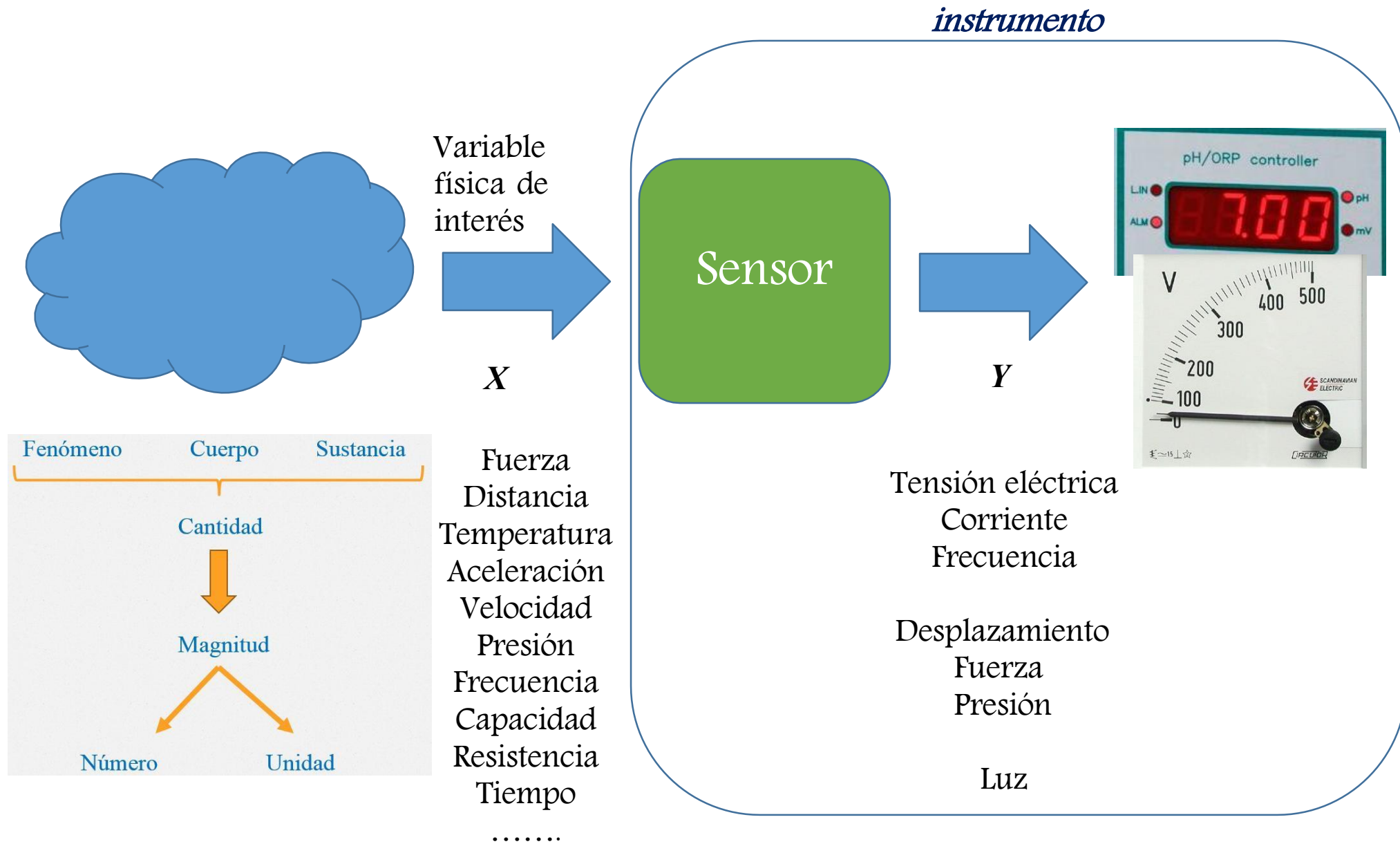
Modelo simple (ideal) de una medición



VIM BIPM International Vocabulary of metrology

BIPM The International System of Units

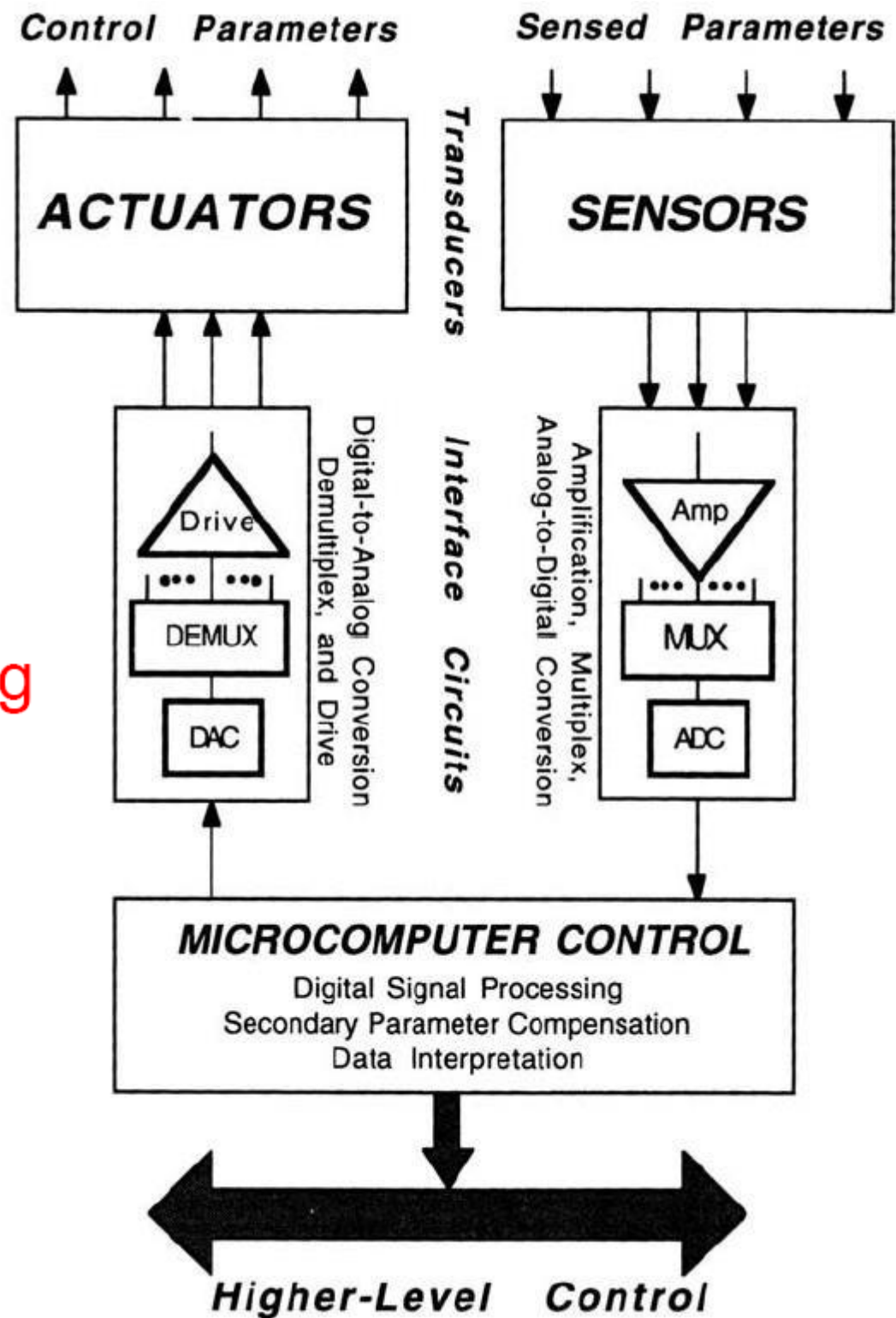
Medición y conversión de la energía



Recuerden verificar el significado de cada término específico en el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología).

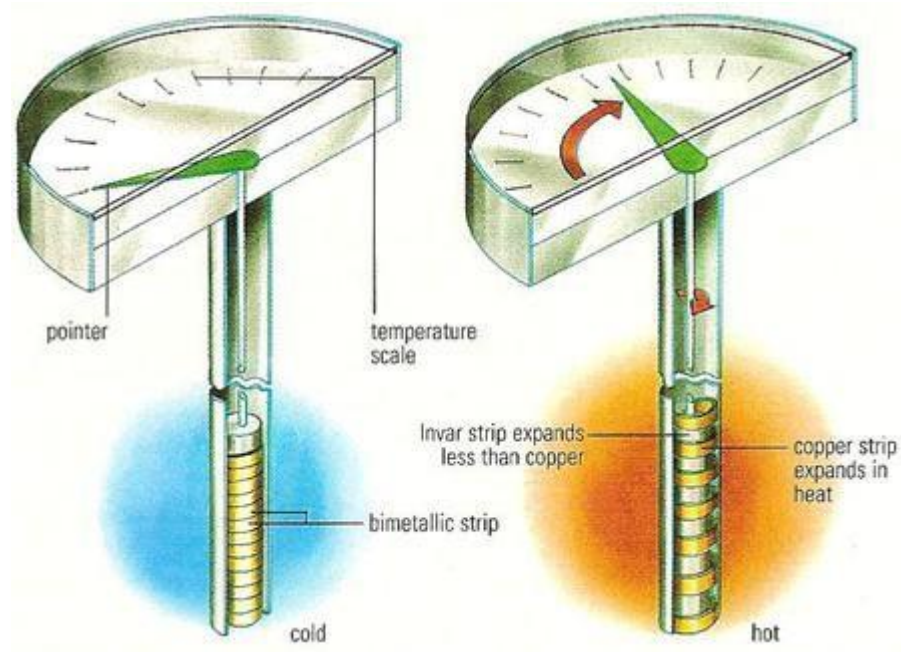
Panorama general

- 👉 automotive
- 👉 health care
- 👉 manufacturing
- 👉 environmental monitoring
- 👉 industrial processing
- 👉 avionics
- 👉 defense
- ...

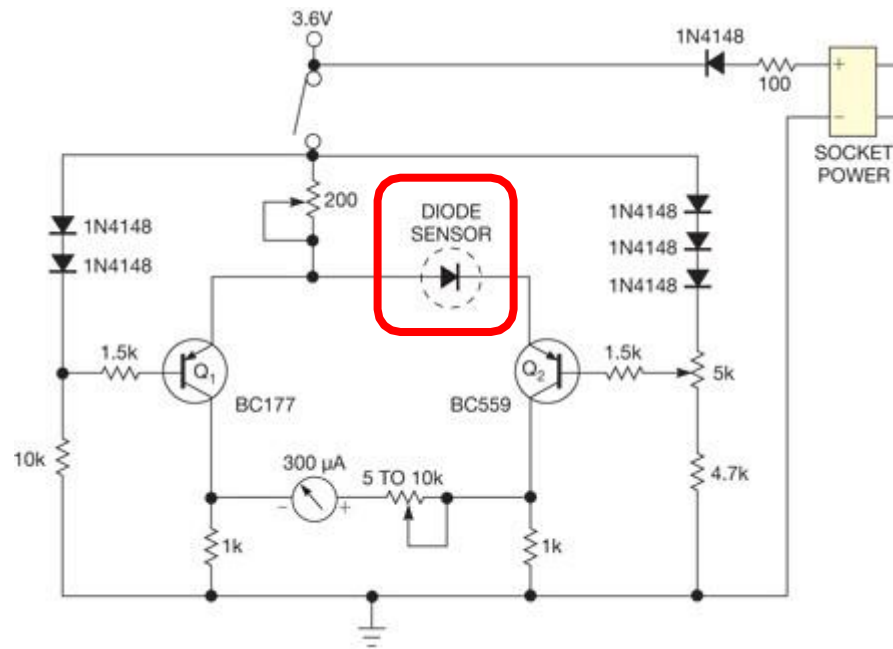


Evolución de los sensores

1ra



2da



Sensores integrados y sensores inteligentes (Smart sensors)

- Van más allá que las simples posibilidades de un sensor tradicional

Proveen de las siguientes Cualidades:

Interface estándar
Autotest (Self-testing)
Tolerancia a falla
Compensación digital



- ☺ La exactitud general del sistema, su rango dinámico y su confiabilidad mejoró mucho.
- ☺ El desarrollo de nuevos sistemas de sensores e instrumentación pasó a ser más simple.

Características principales

Directo o complejo

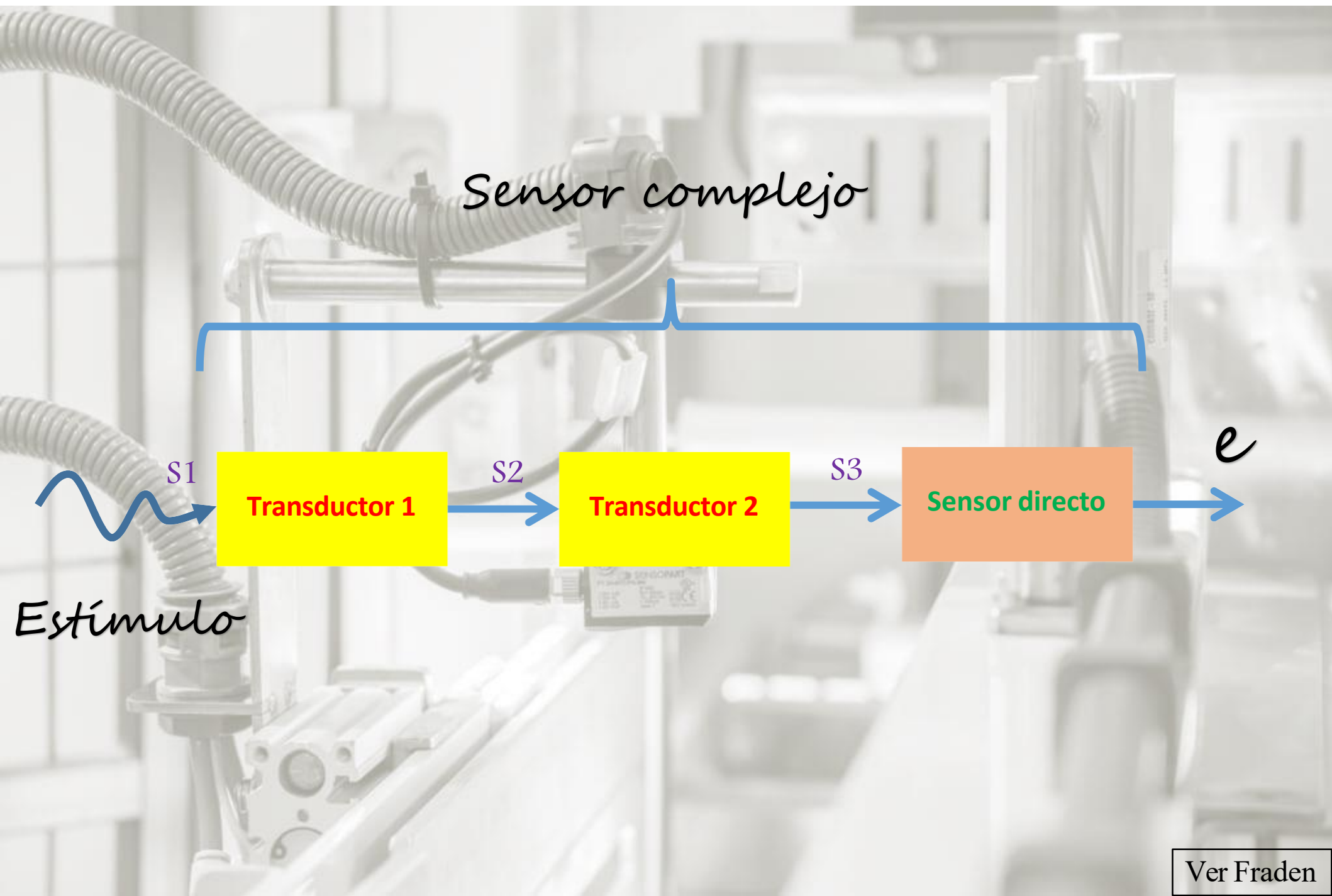
Intrusivo o No intrusivo

Interno o Externo

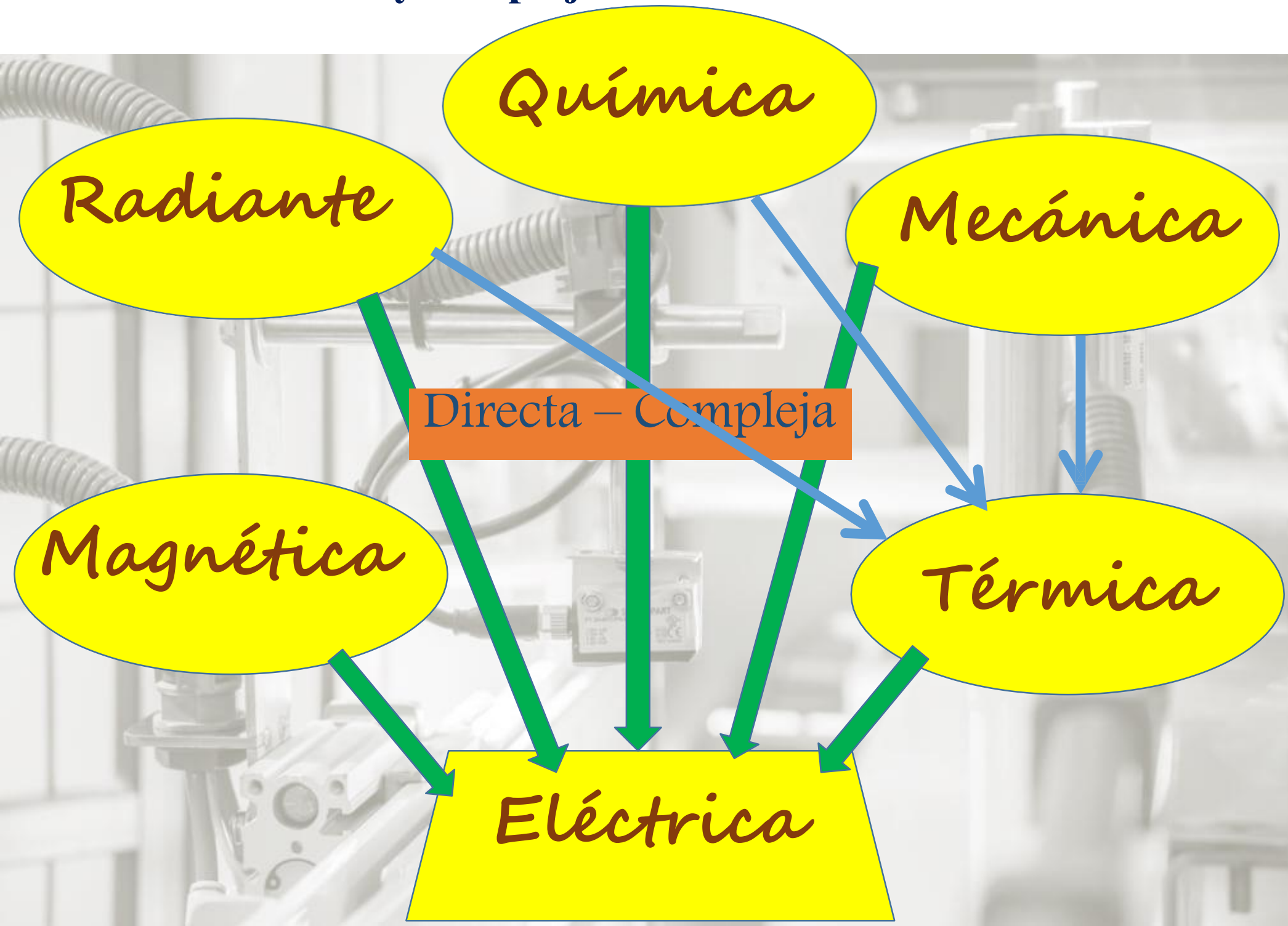
Activo o Pasivo

Absoluto o Relativo

Analicemos cómo clasificar el sensor de temperatura incorporado en una placa madre, digamos que es un termistor: directo, intrusivo, interno, activo y absoluto.



Conversión directa y compleja



Clasificación por el campo de aplicación

Agricultura

Ingeniería civil, construcción Generación
y distribución de energía Salud,
medicina

Industria en general

Militar

Mediciones científicas

Transporte

Automotor

Domésticas

Medio ambiente, meteorología

Seguridad

Información, telecomunicaciones

Marina

Recreación, juguetes

Espacio

Otros

Clasificación por el fenómeno de conversión

Físico

Termoeléctrico
Fotoeléctrico
Fotomagnético
Magnetoeléctrico
Electromagnético
Termoelástico
Electroelástico
Termomagnético
Termoóptico
Fotoelástico
Magnetoelástico
Otro

Químico

Transformación química
Transformación física
Proceso electroquímico
Espectroscopia
Otro

Biológico

Transformación bioquímica
Transformación física
Efecto sobre organismo
de prueba
Espectroscopia
Otro

Clasificación por los materiales

Inorgánico
Conductor
Semiconductor
Substancia biológica

Orgánica
Aislante
Líquido, gas o plasma
Otro

Clasificación por los medios de detección

Biológico
Químico
Eléctrico, magnético o electromagnético
Calor, temperatura
Desplazamiento mecánico
Radioactividad, radiación
Otro

Variables típicas a analizar para la selección de un sensor

Sensibilidad

Estabilidad

Exactitud

Velocidad de respuesta

Sobrecarga

Histéresis

Costo

Tamaño

Ancho de banda

Offset

Zero drift

Rango (span)

Resolución

Selectividad

Robustez (Capacidad de soportar condiciones ambientales)

Linealidad

Banda

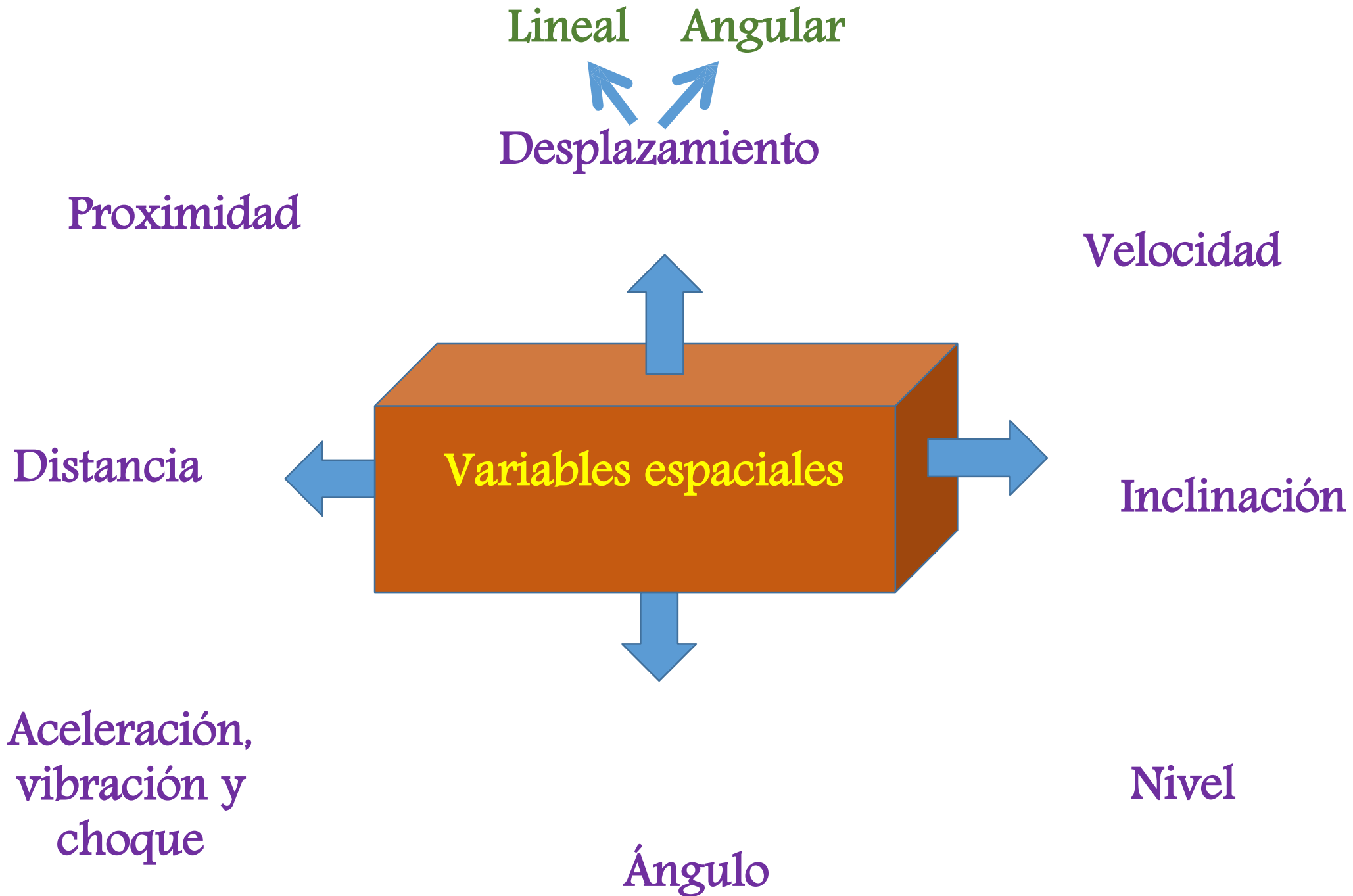
muerta

Formato de salida

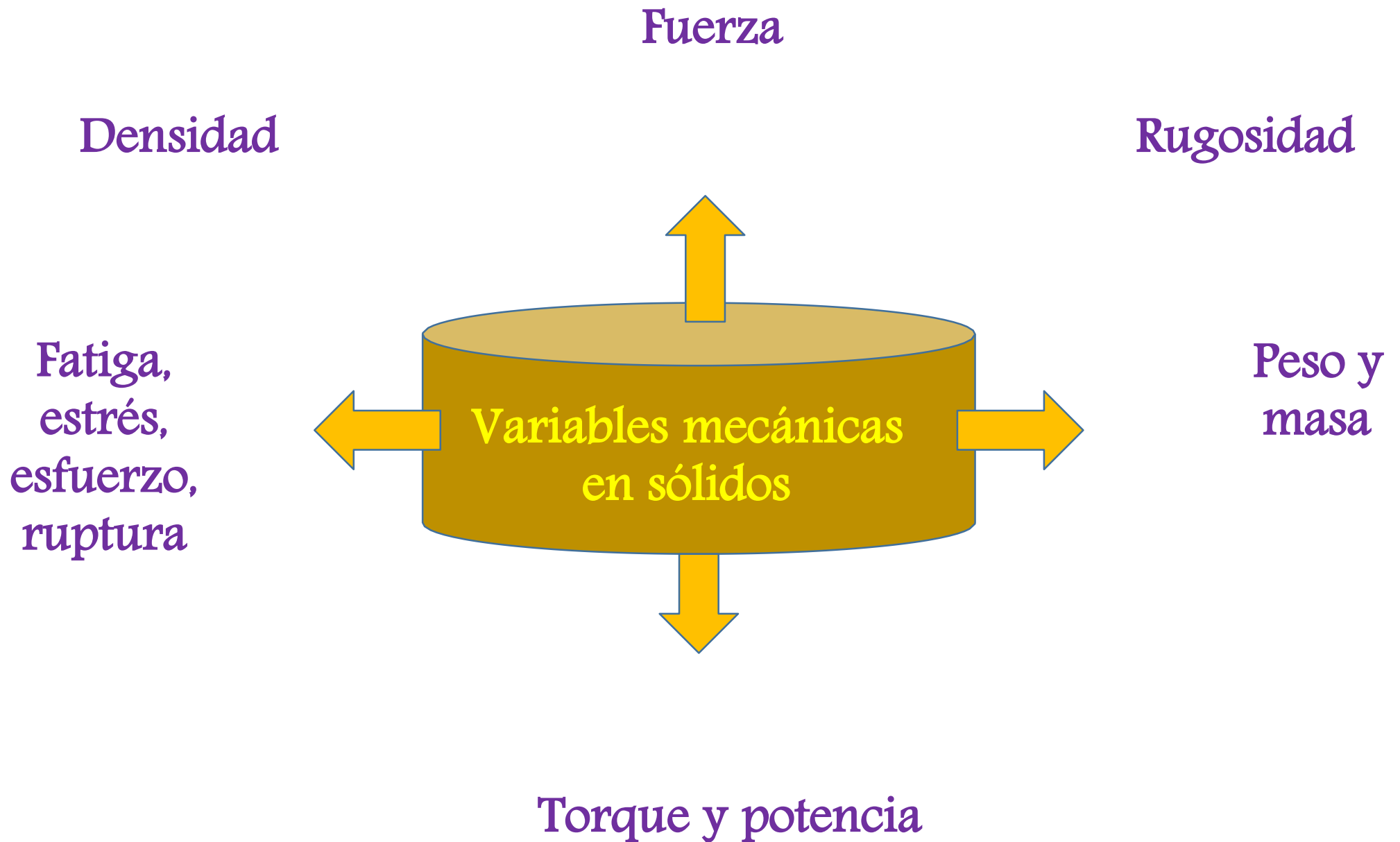
Alimentación

Ruido

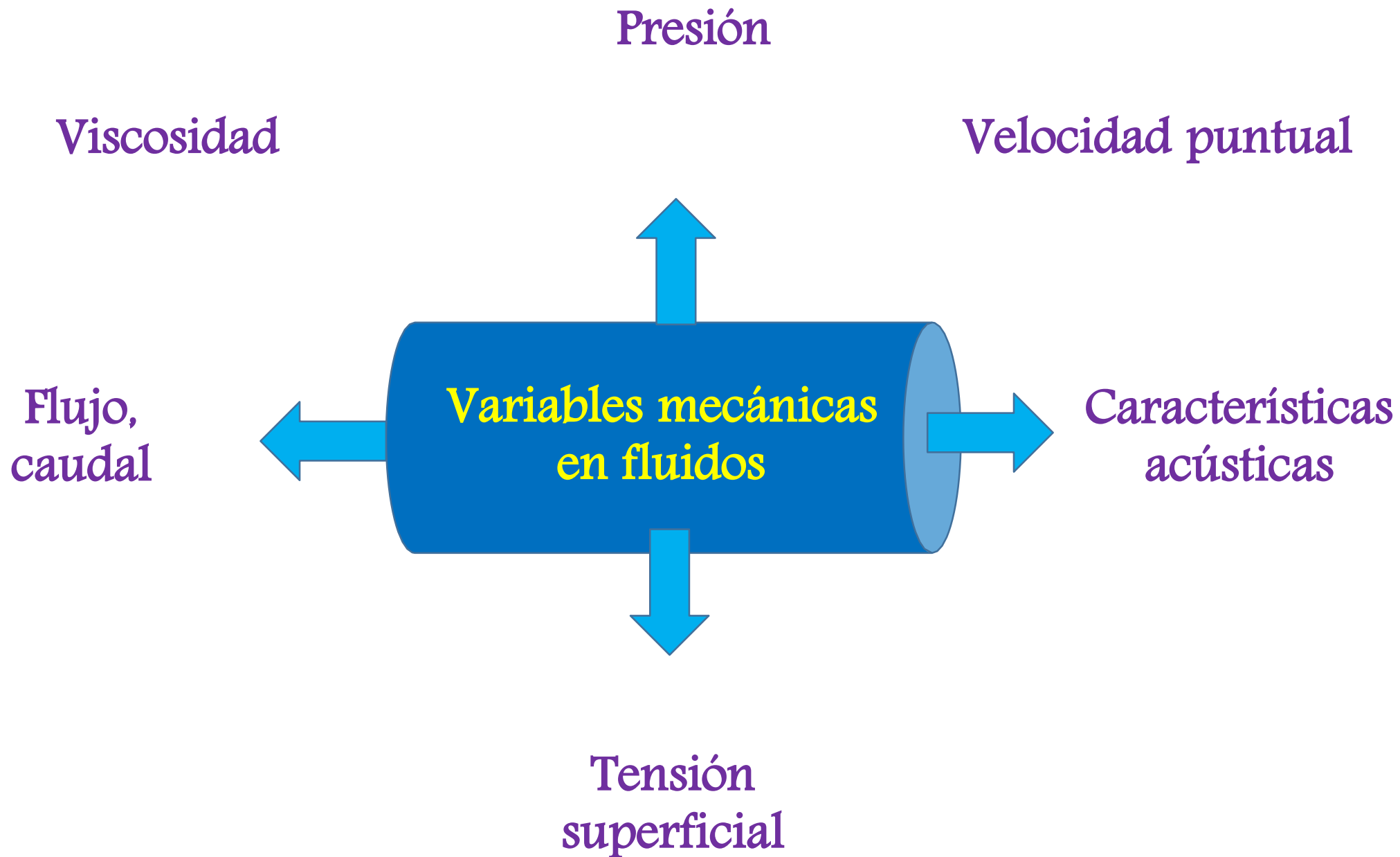
Magnitudes espaciales



Magnitudes mecánicas en sólidos



Magnitudes mecánicas en fluidos



Magnitudes térmicas

Temperatura

Calorimetría

Flujo
de
calor

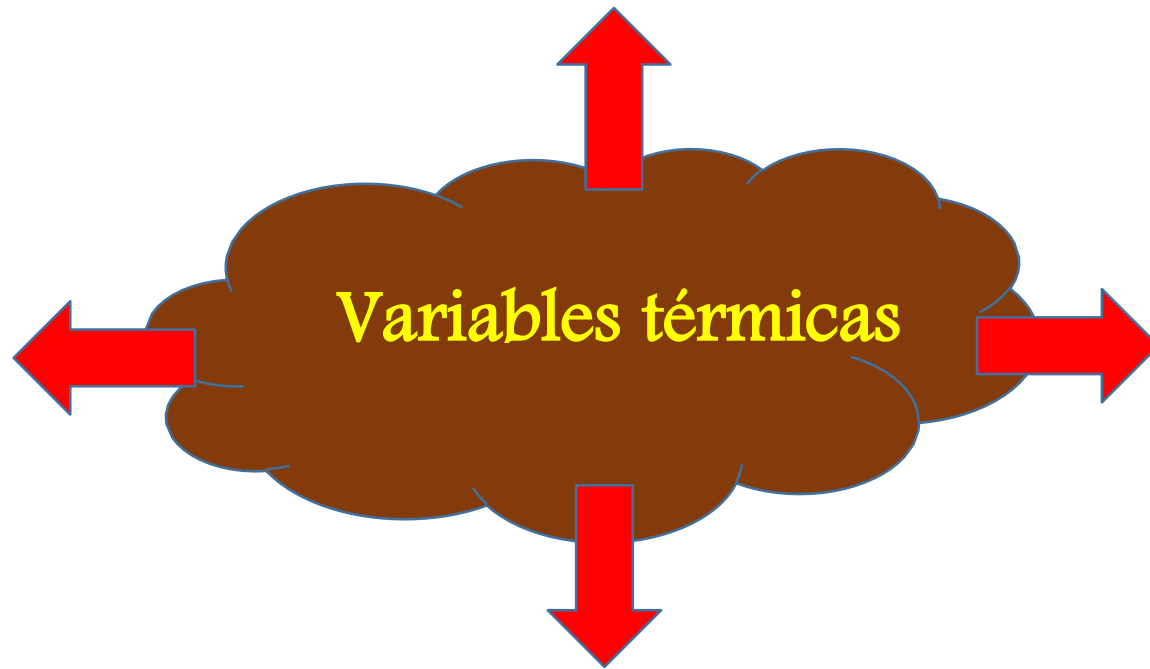
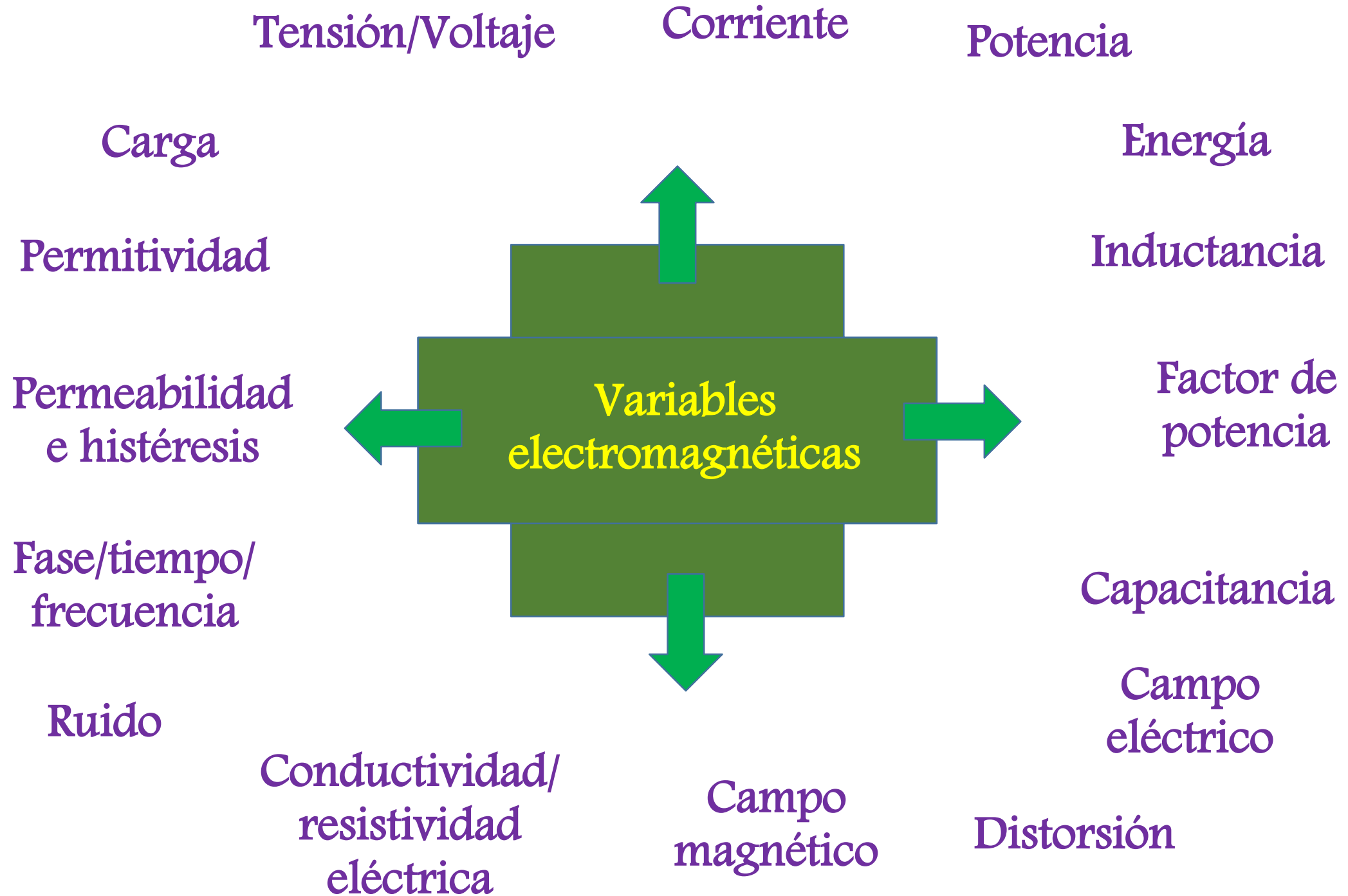


Imagen
térmica

Conductividad/resistencia
térmica

Magnitudes electromagnéticas



Magnitudes químicas y ambientales



Magnitudes ópticas

Colorimetría

Pérdida óptica

Refracción

Polarización

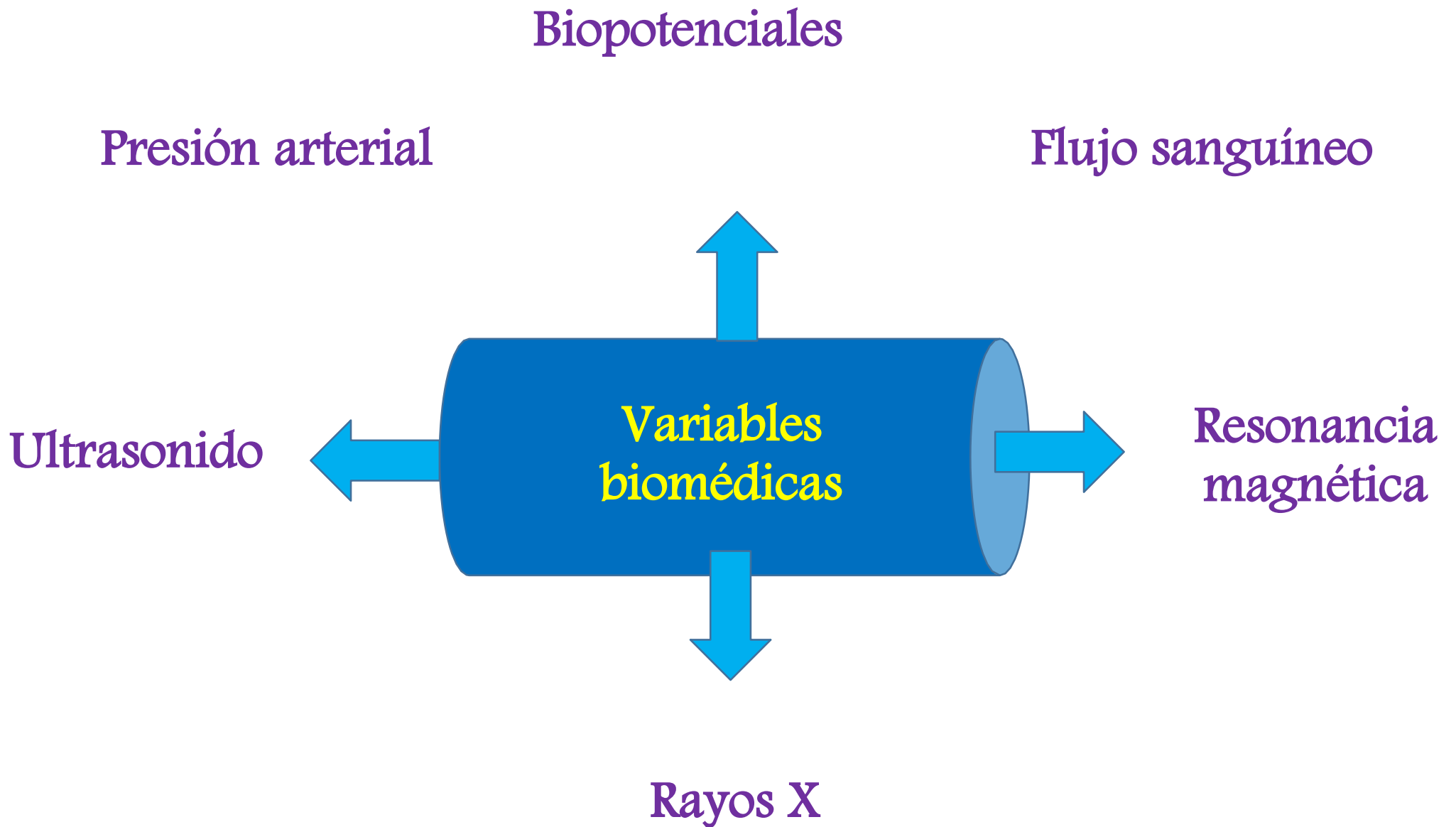
Variables ópticas



Turbidez

Densitometría

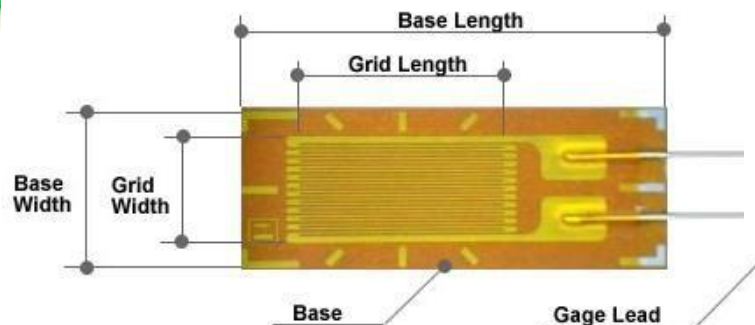
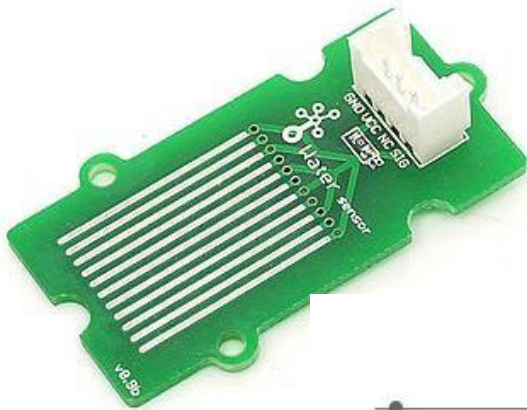
Magnitudes biomédicas



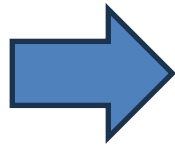
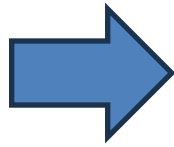
Sensores resistivos



Temperatura
Humedad
Iluminación
Posición
Distancia
Esfuerzo
Nivel
Presión



Montaje RTD



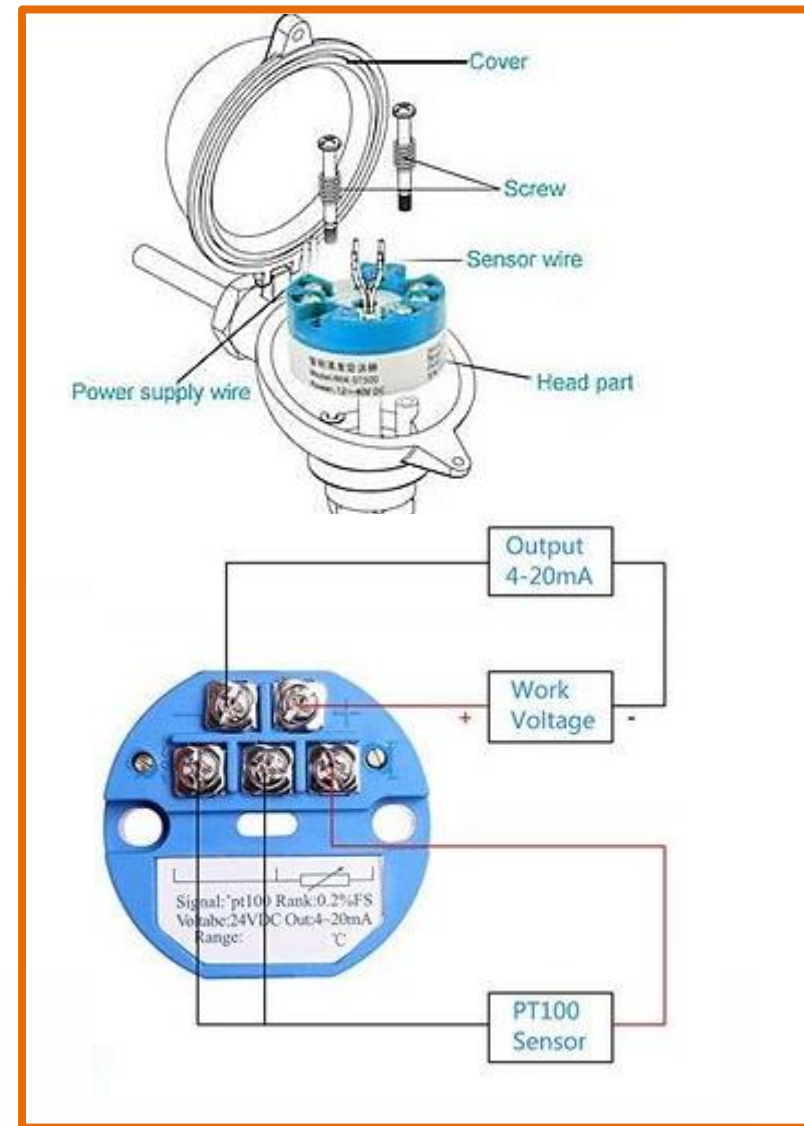
Opción 1: Montaje rectangular
Desfavorable



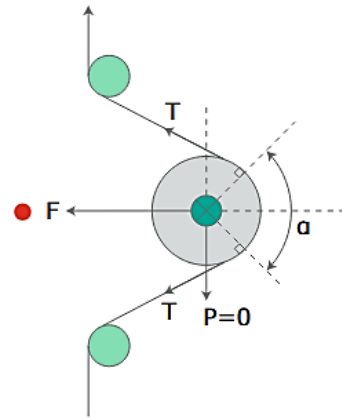
Opción 2: Montaje inclinada
Recomendable



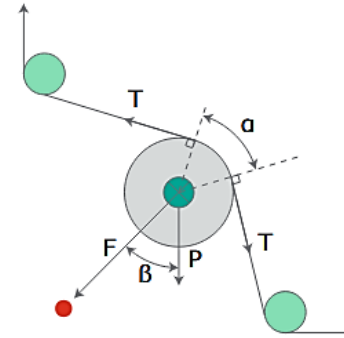
Opción 3: Montaje horizontal
Óptimo



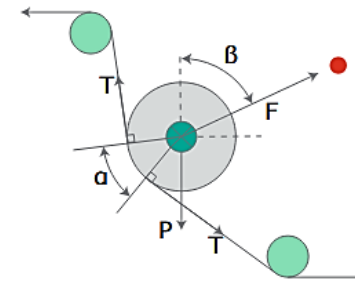
Montaje Celda de Carga



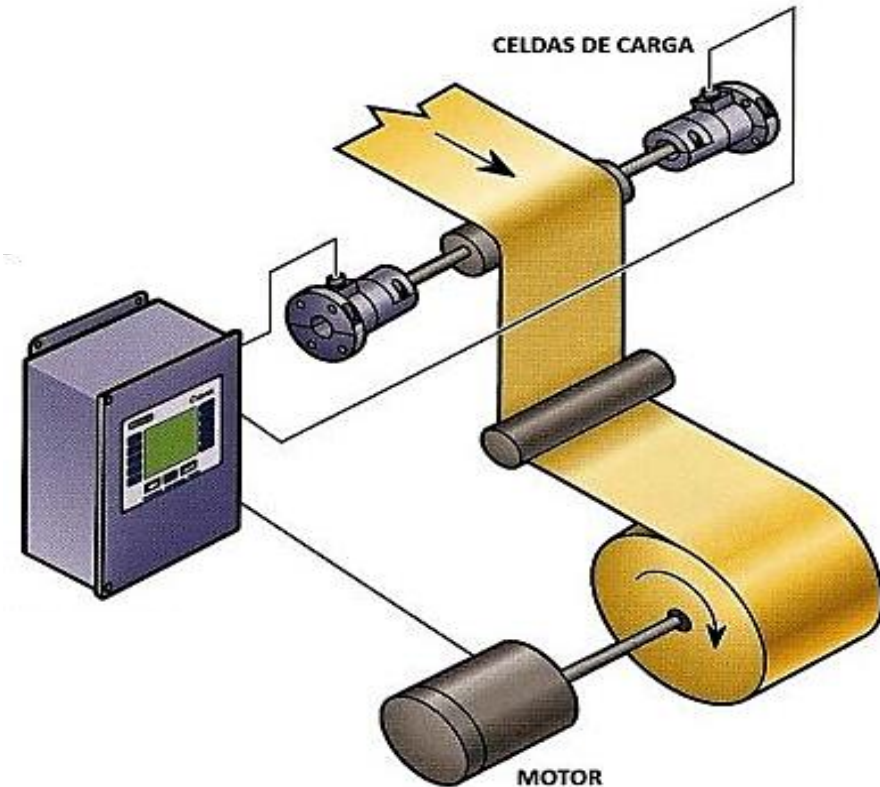
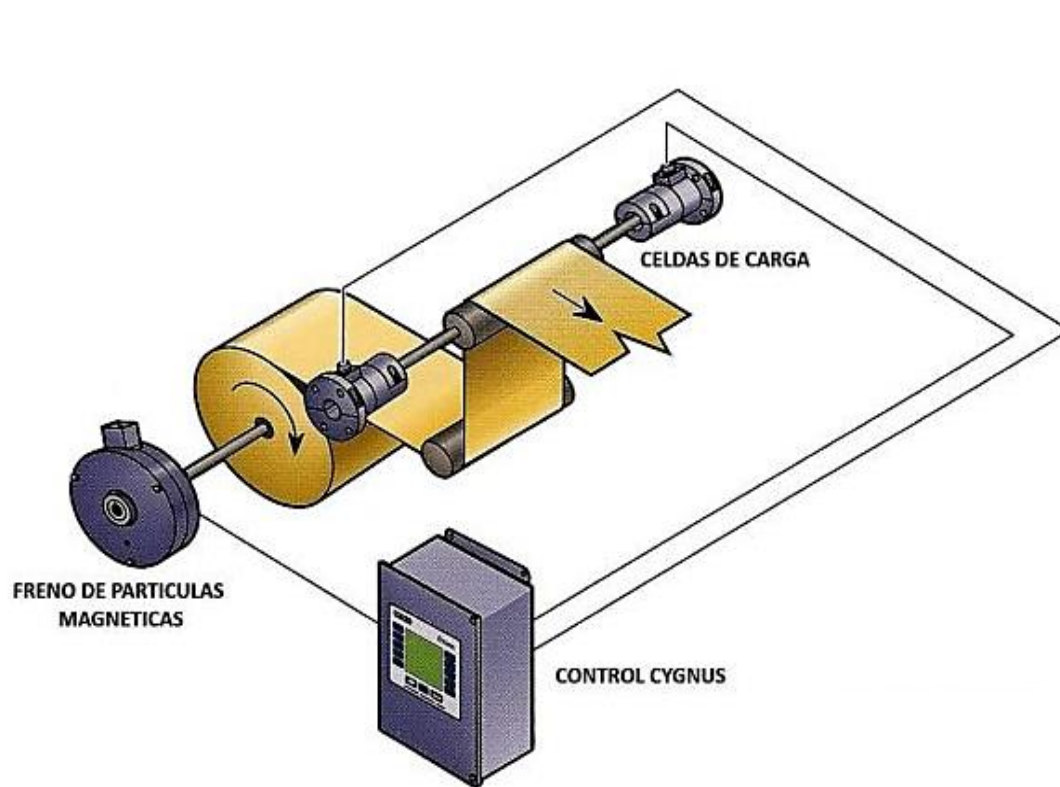
$$F = T \sin \alpha/2$$



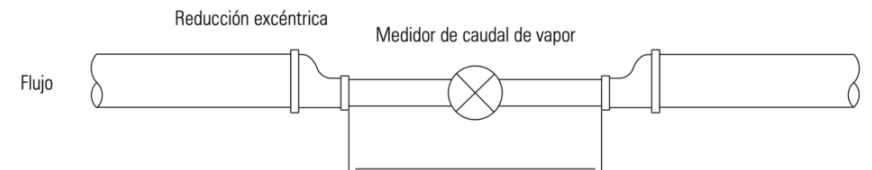
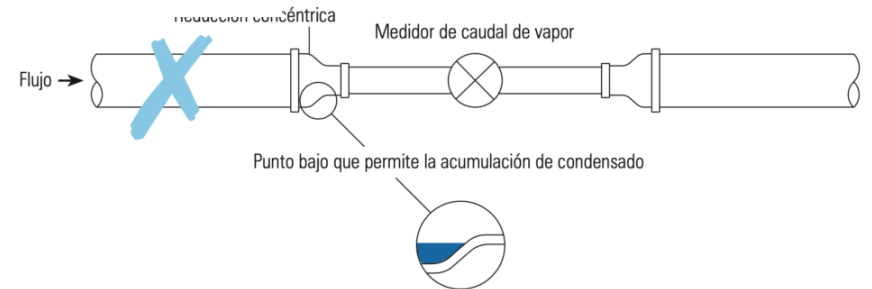
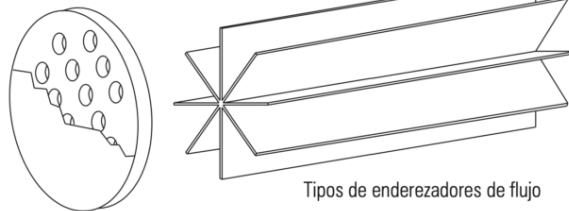
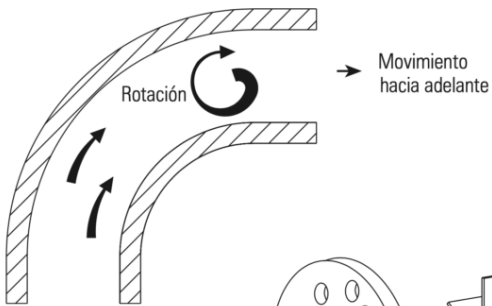
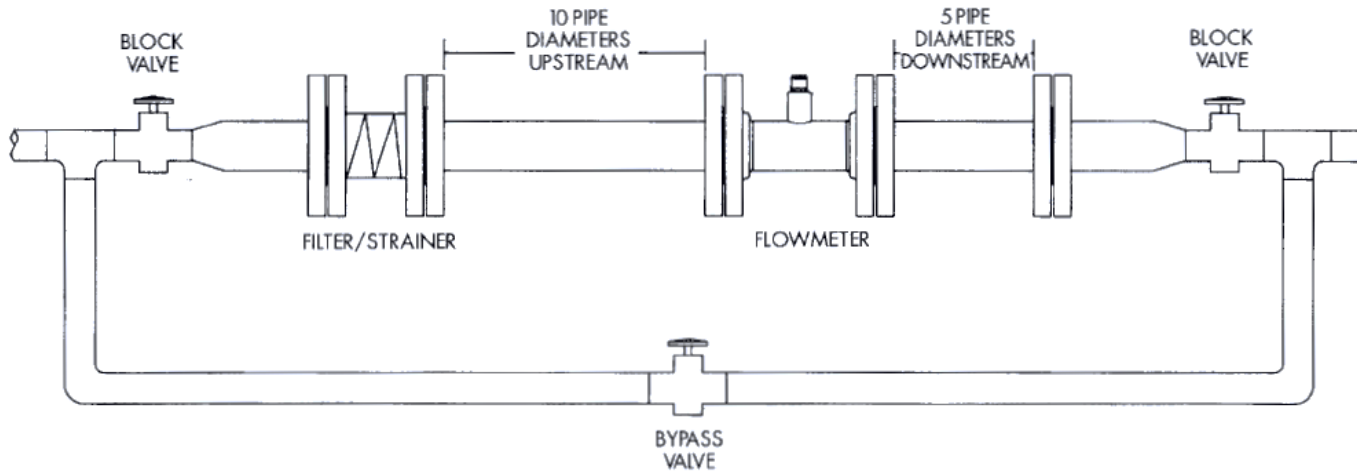
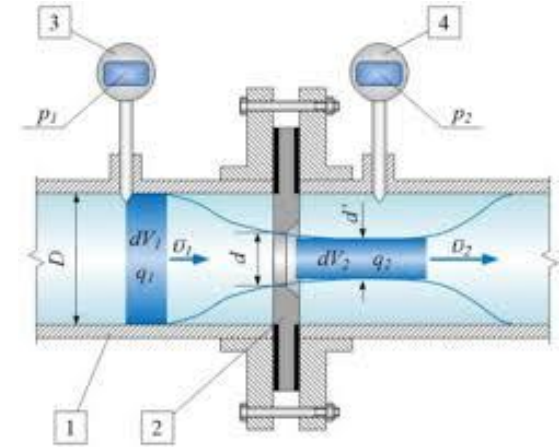
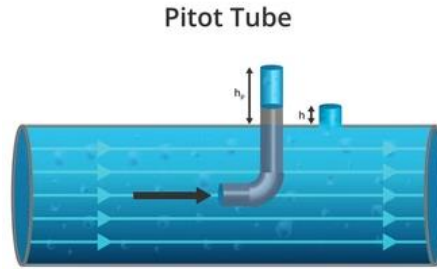
$$F = T \sin \alpha/2 + P/2 \cos \beta$$



$$F = T \sin \alpha/2 - P/2 \cos \beta$$

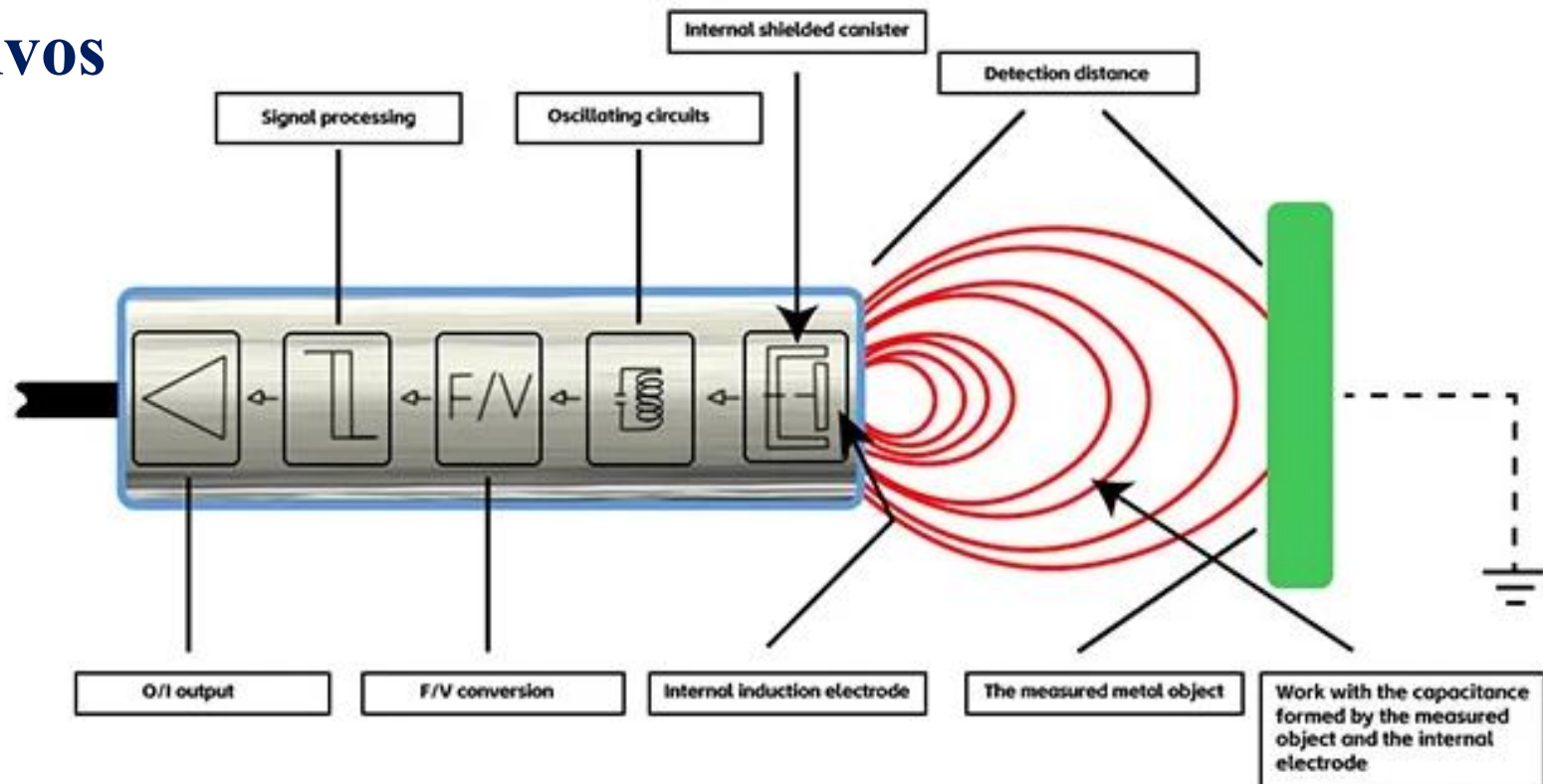


Montaje transmisor de presión



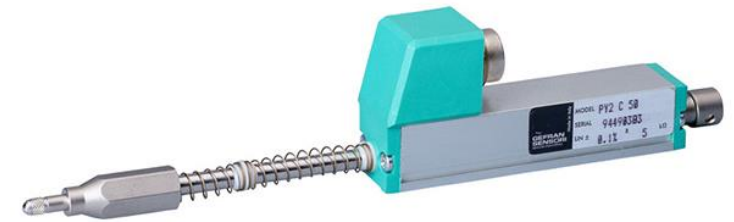
Sensores capacitivos

- Humedad
- Posición
- Distancia
- Movimiento
- Proximidad
- Nivel
- Presión
- Fuerza
- Composición de material



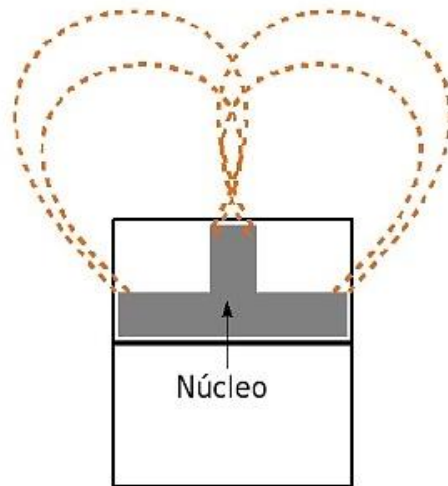
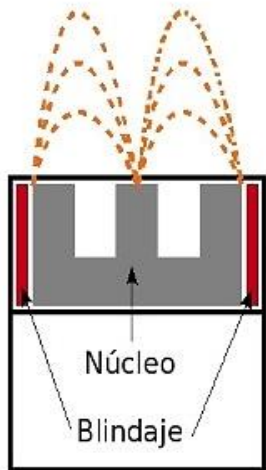
Sensores inductivos

Posición
Distancia
Esfuerzo
Velocidad



SENSOR RASANTE

SENSOR NO RASANTE



Metal ferroso



Bronce



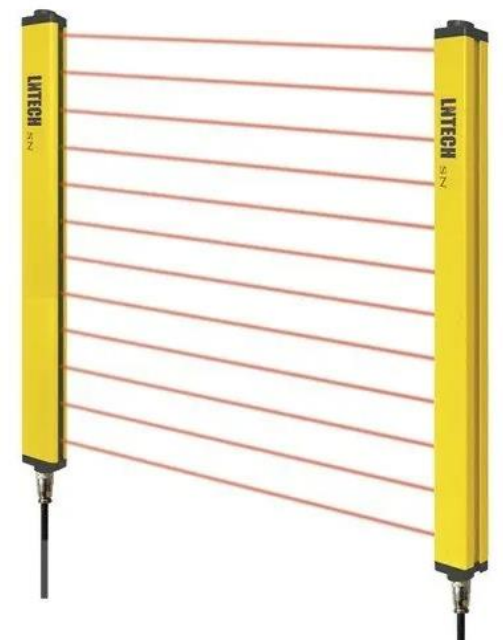
Aluminio



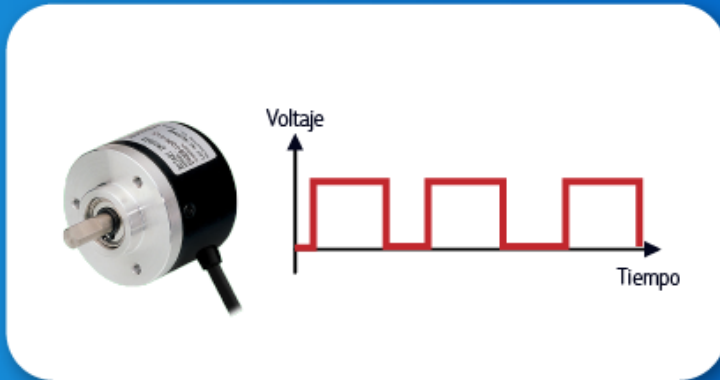
Cobre

Sensores ópticos

Temperatura
Posición
Distancia
Presencia
Movimiento
Velocidad



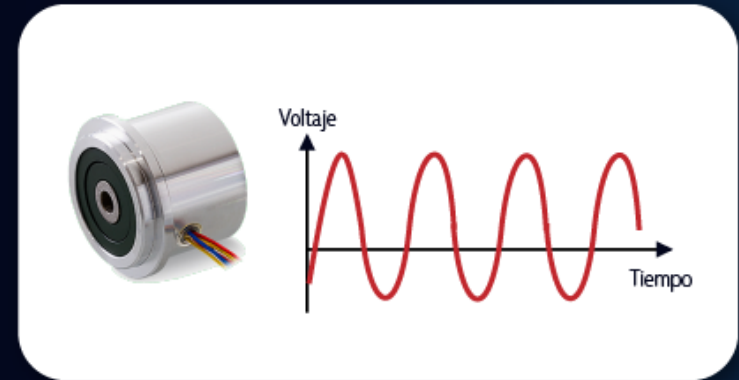
Encoder



- ✓ Sistema digital.
- ✓ Generan señales digitales en respuesta al movimiento.
- ✓ Cuenta con partes electrónicas, que procesan su funcionamiento.
- ✓ Integración más simple en sistemas de control.
- ✓ No se recomiendan en ambientes con altas temperaturas y vibraciones.

VS

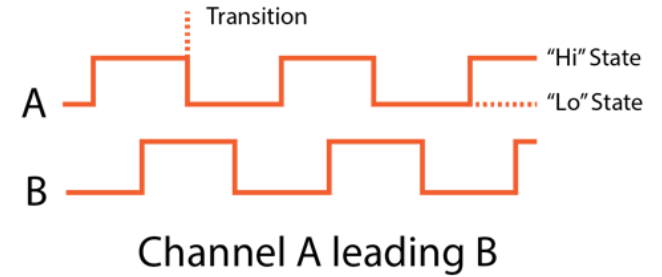
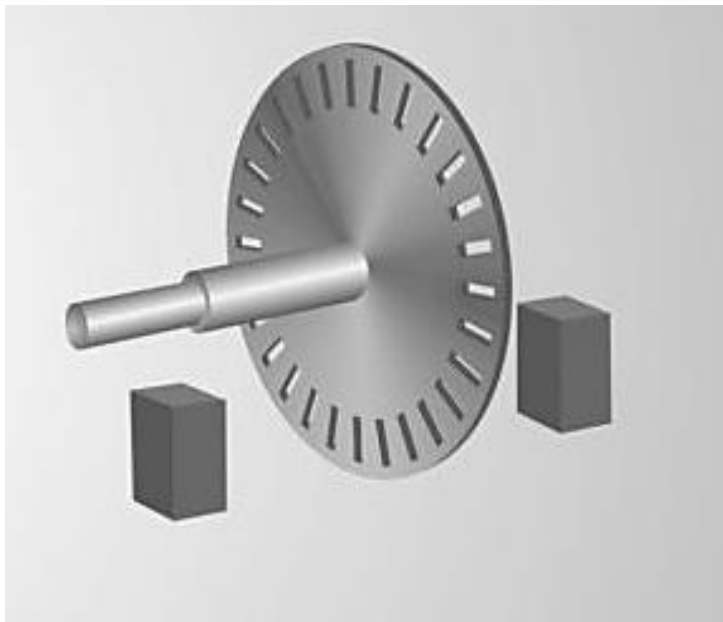
Resolver



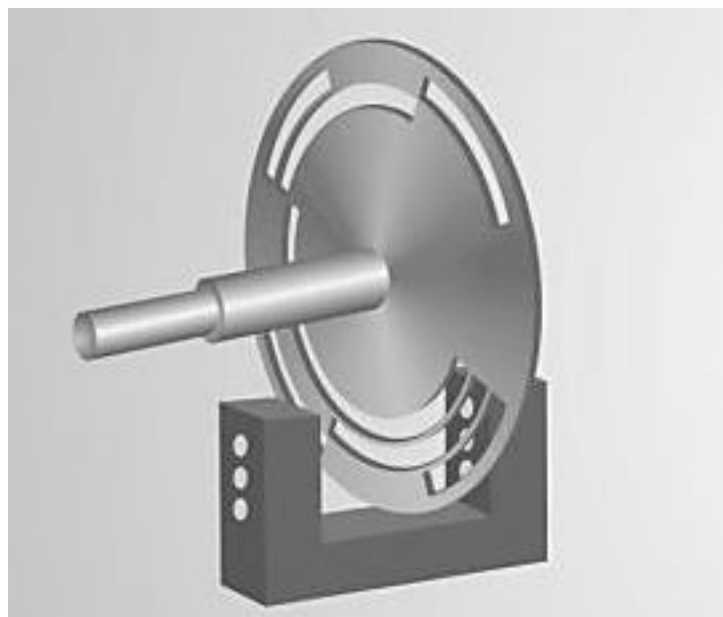
- ✓ Sistema analógico.
- ✓ Producen un conjunto de ondas senoides que indican la posición.
- ✓ Cuenta con devanados, similares a los de un motor.
- ✓ La integración en sistemas de control puede llegar a ser más costosa.
- ✓ Es más robusto, ideal para ambientes con altas temperaturas y vibraciones.

Encoders / Codificadores

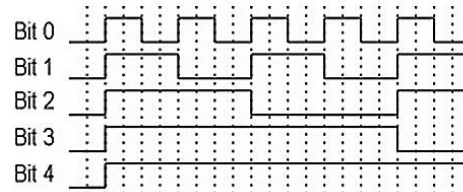
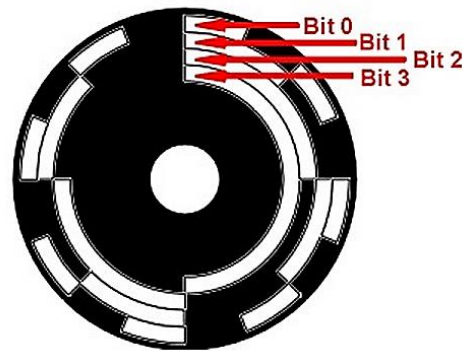
Relativo / Incremental



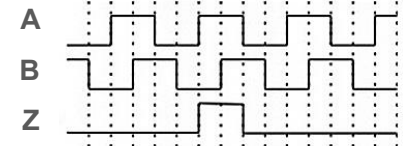
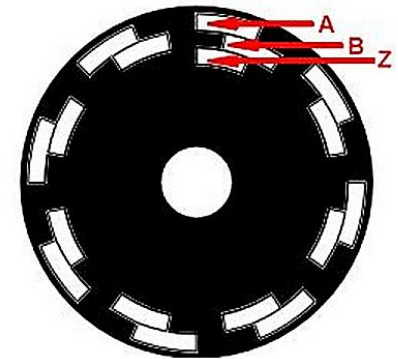
Absoluto



ABSOLUTE ENCODER DISK

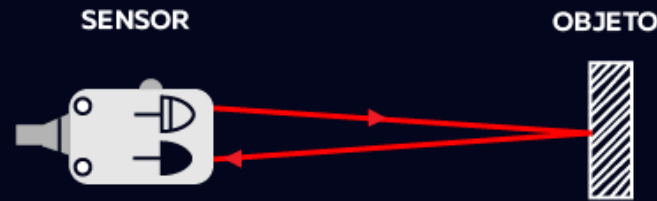


INCREMENTAL ENCODER DISK



Sensores ópticos

#01



REFLECTIVO

Tanto el emisor de luz como los elementos receptores están contenidos en una sola carcasa. El sensor recibe la luz reflejada desde el objeto.

#02



DE BARRERA

El transmisor y el receptor están separados. Cuando el objeto se encuentra entre el transmisor y el receptor, se interrumpe la luz.

#03



RETROREFLECTIVO

La luz del elemento emisor incide en el reflector y regresa al elemento receptor de luz. Cuando hay un objeto presente, se interrumpe la luz.

Sensores magnéticos

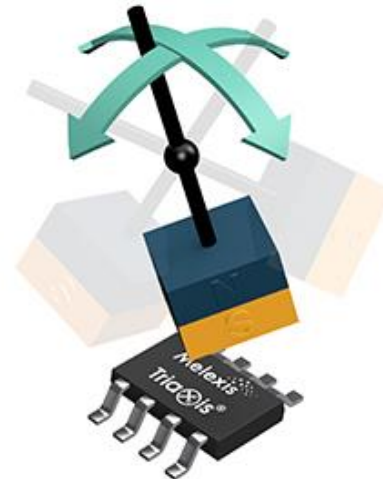
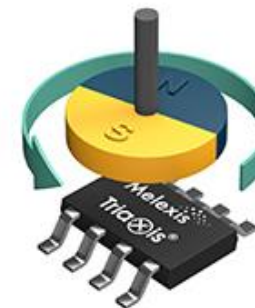
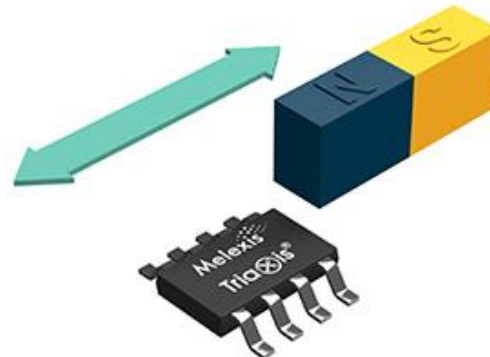
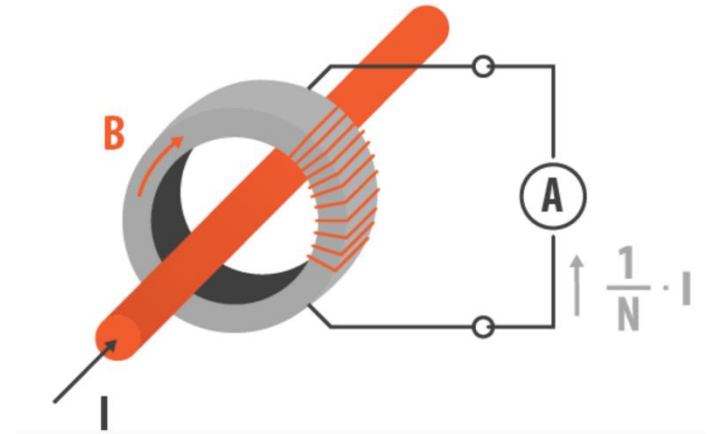
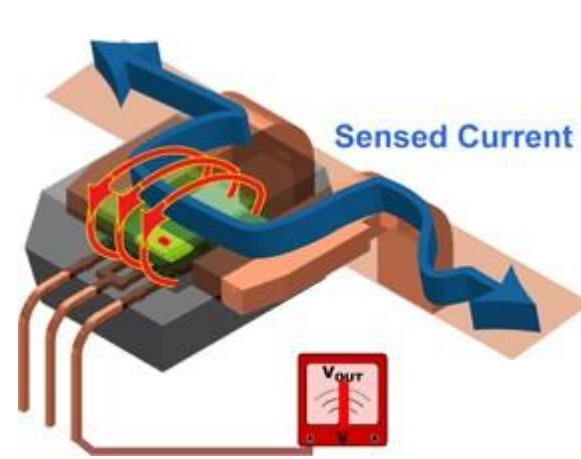
Parámetros magnéticos

Posición

Corriente

Distancia

Caudal

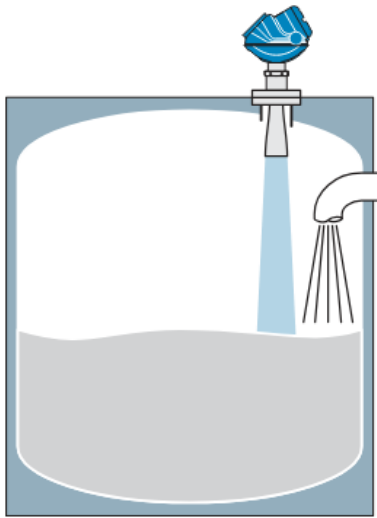


Sensores de ultrasonido, piezoeléctricos y de microondas

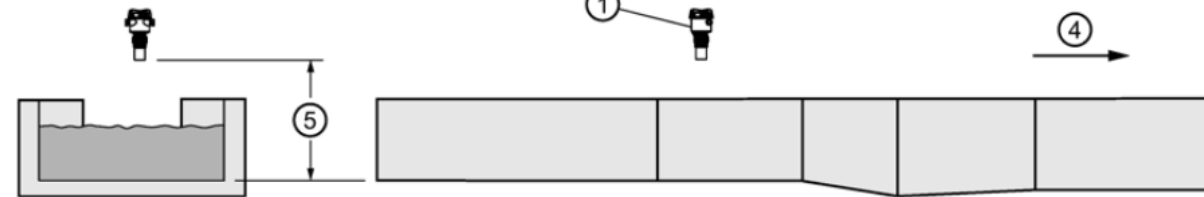
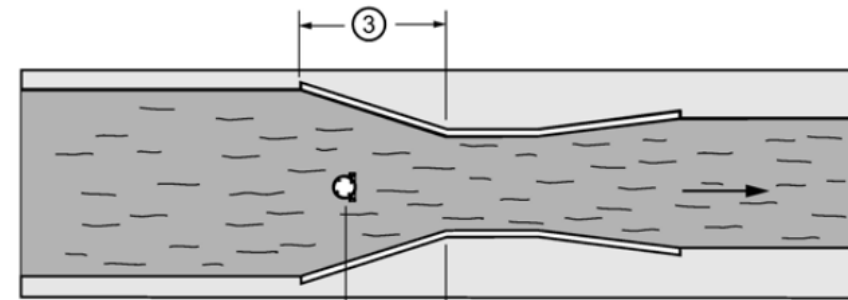
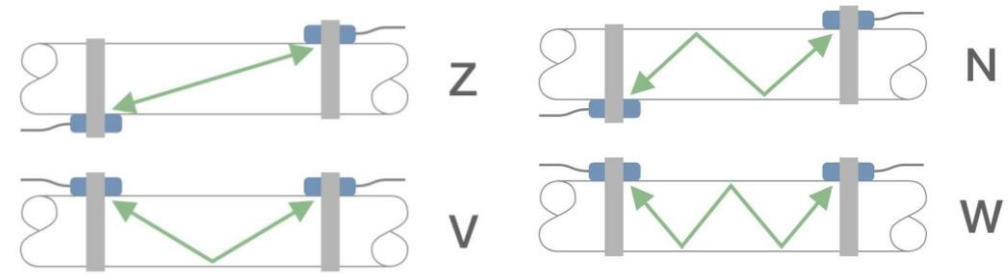
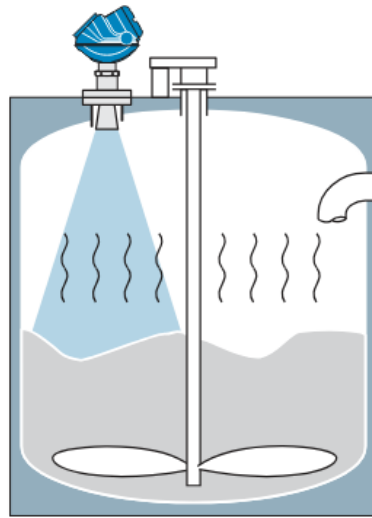


Montaje transmisores de radar y ultrasonido

5402 (26 GHz)



5401 (6 GHz)



- ① SITRANS Probe LU240¹⁾
- ② 2/3 de la dimensión convergente
- ③ Dimensión convergente
- ④ Dirección del caudal
- ⑤ Nivel cero

$$Q = K \times h_a^n$$

Quando se mide en vapor y espuma, se prefiere una frecuencia baja. En la mayoría de las otras aplicaciones, se prefiere una frecuencia alta debido a la mayor flexibilidad de montaje.

Tamaño (H - garganta)	H _{mín} (mm)	Q _{mín} (m ³ /h)	H _{máx} (mm)	Q _{máx} (m ³ /h)	K (m ³ /h)	n
1"	15,0	0,3	210,0	19,0	217,5	1,550
2"	20,0	1,0	393,0	100,0	425,0	1,548
3"	31,9	3,0	591,0	275,0	620,0	1,548
6"	32,7	6,0	609,0	600,0	1310,0	1,574

Instrumentos de Analítica



pH/ORP Sensor



Dissolved Oxygen



Conductivity



Ammonia(NH3-N)



COD Sensor



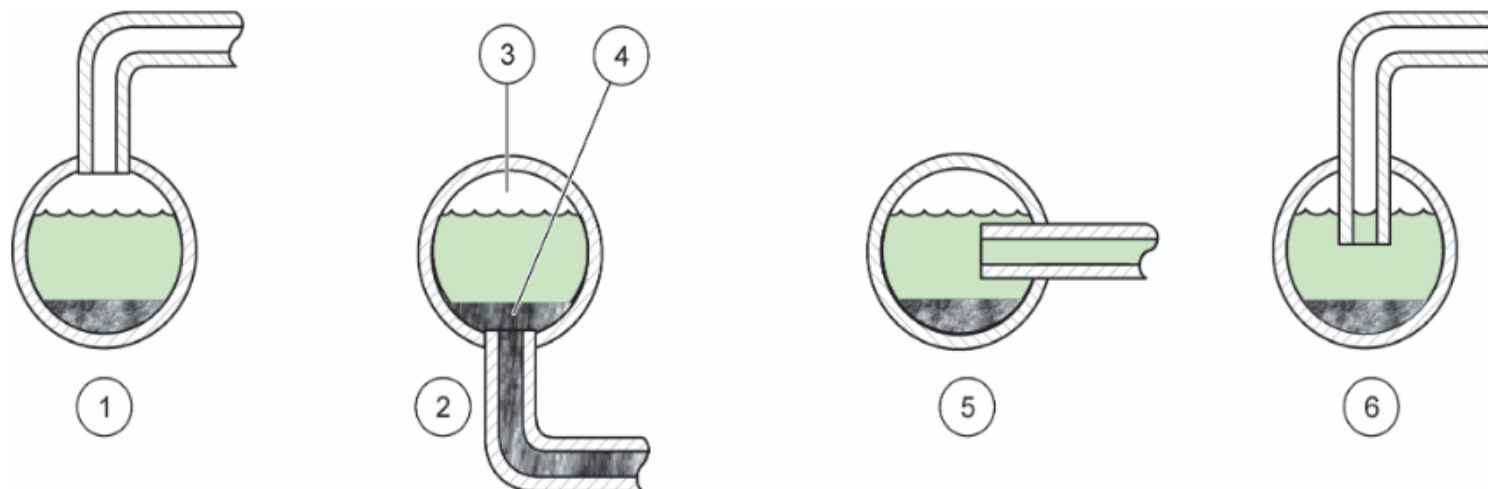
Nitrate Nitrogen(NO3-N)



Turbidity/TSS



Montaje de sondas en línea



Número 6 Ubicación de la línea de muestreo en el flujo del proceso

1 Pobre	4 Sedimento (típico)
2 Pobre	5 Bueno
3 Aire (típico)	6 Mejor

Mensualmente o con menos frecuencia¹⁾	Sustituir reactivos.
Cada 2-3 meses	Comprobar la solución patrón y cambiarla en caso necesario.
Cada medio año	Cambiar los tubos de la bomba. Realizar una calibración después de cambiar los tubos de la bomba.
Si se da el caso	E020, FOME sucio. Limpiar el fotómetro con una solución de NH ₃ al 5%, ver Limpiar el fotómetro, p. 63.

¹⁾ El intervalo depende del ajuste <Ahorro reactivos>, ver 4.2.3, p. 87.

Aviso: Cada semana se realiza una verificación automáticamente, programada por defecto el lunes a las 06:00 AM. Asegurarse de que se conecta una botella de solución patrón con la cantidad suficiente.

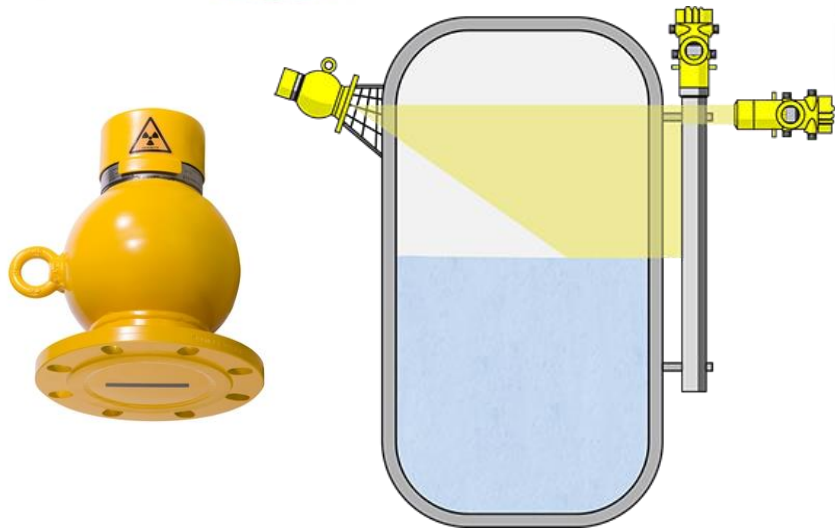
Reactivos y consumibles

8575000	Kit de tubos para CL17sc (montados previamente)
8573100	Kit de limpieza de celda para CL17sc
2556900	Set de reactivos, cloro libre
2557000	Set de reactivos, cloro total

Swansensor pH/Swansensor Redox (ORP)

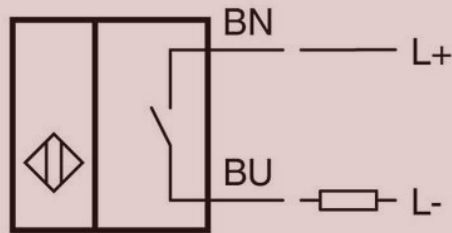
Trimestral	Calibrar electrodo. Asegurarse de que las soluciones tampón no hayan caducado. En caso necesario, limpiar el electrodo.
Anual	Sustituir el electrodo.

Sensores radiactivos

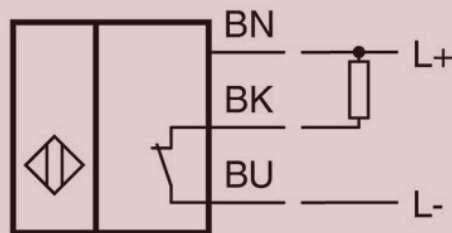


Tipos de Salidas

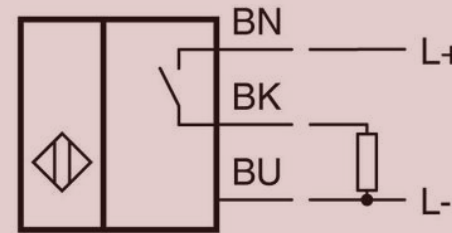
2 hilos



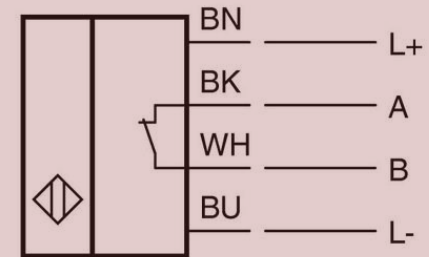
3 hilos NPN



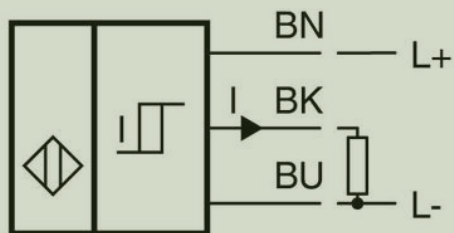
3 hilos PNP



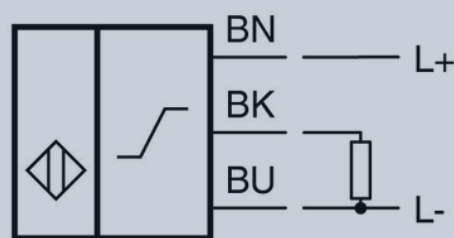
4 / 5 hilos



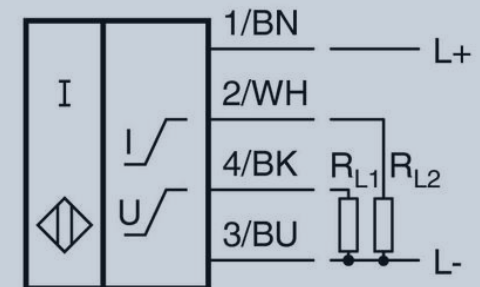
Corriente digital



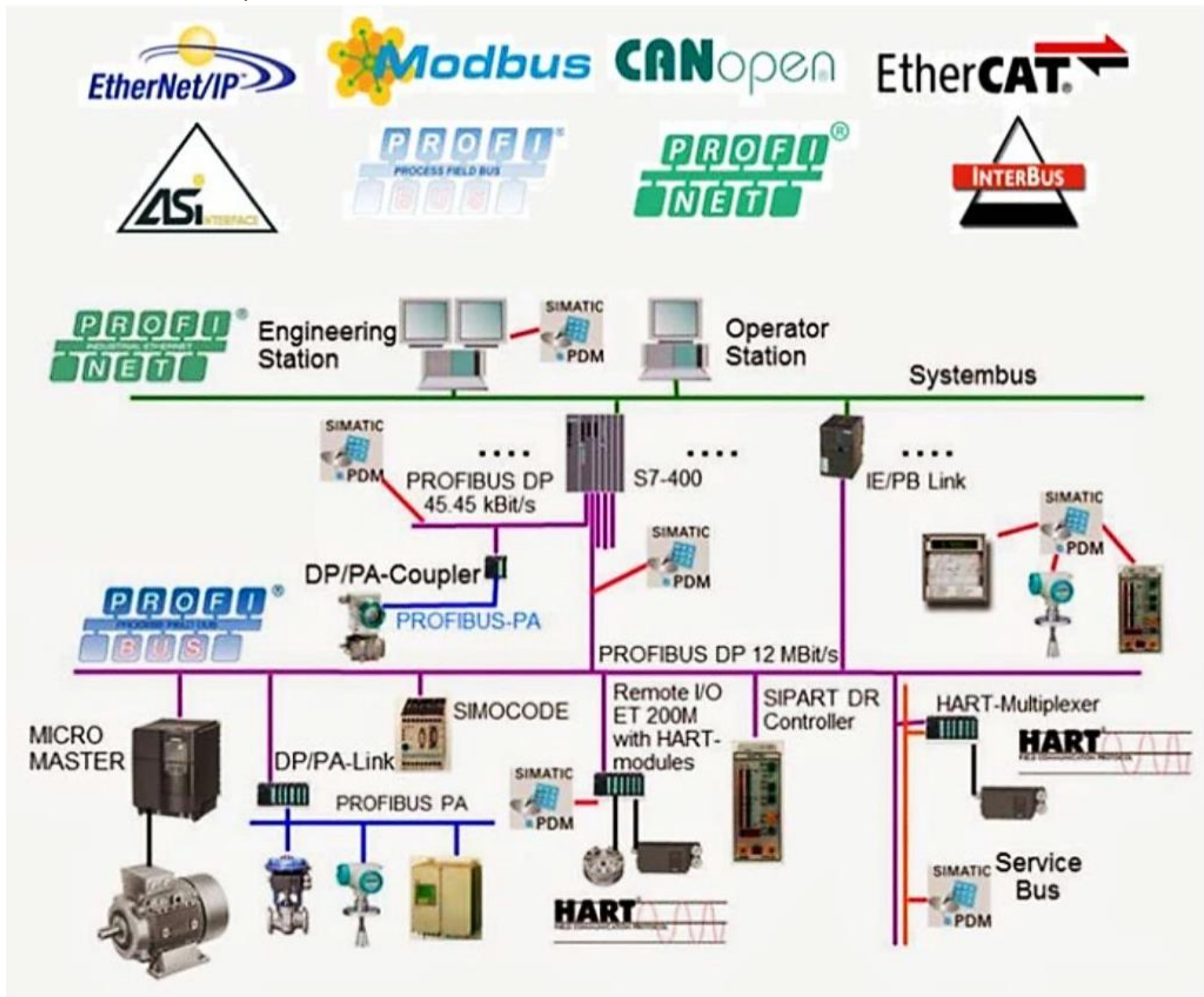
4-20mA o 0-10V



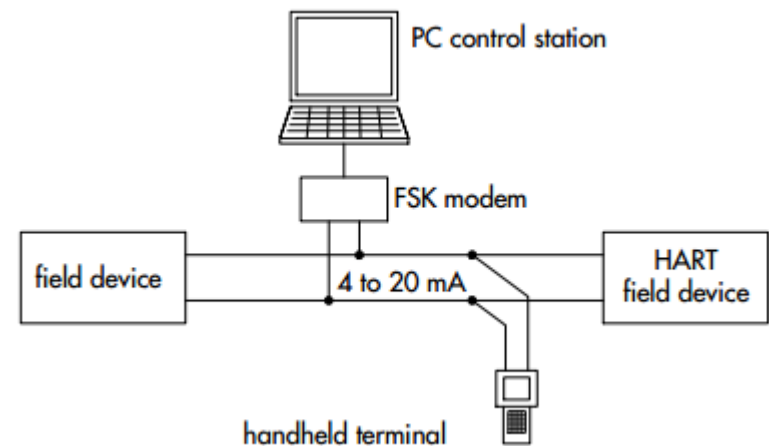
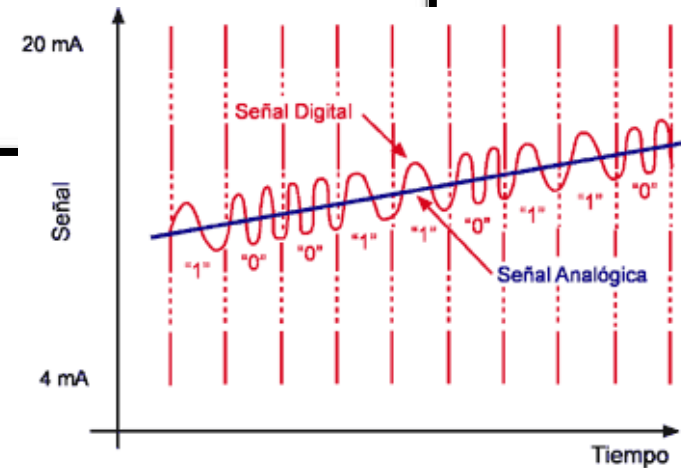
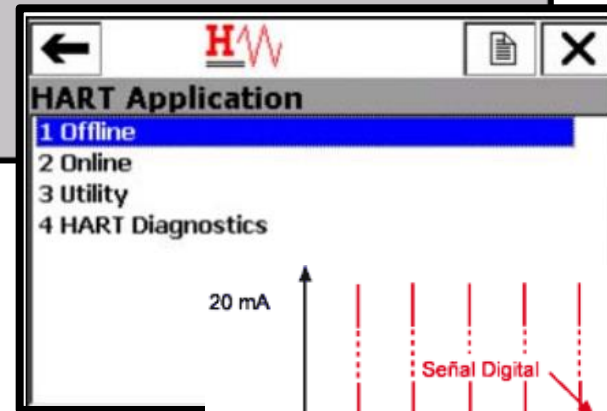
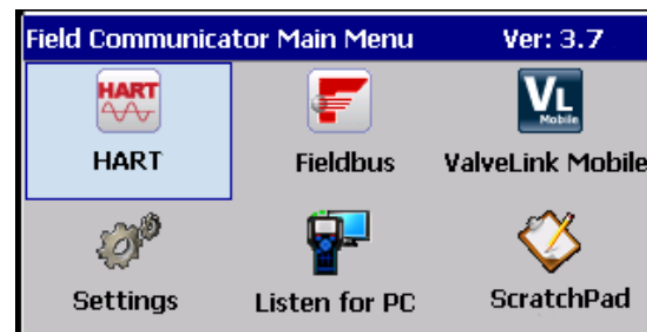
Combinados



Buses de campo



HART: Configuradores



Reglamentación específica

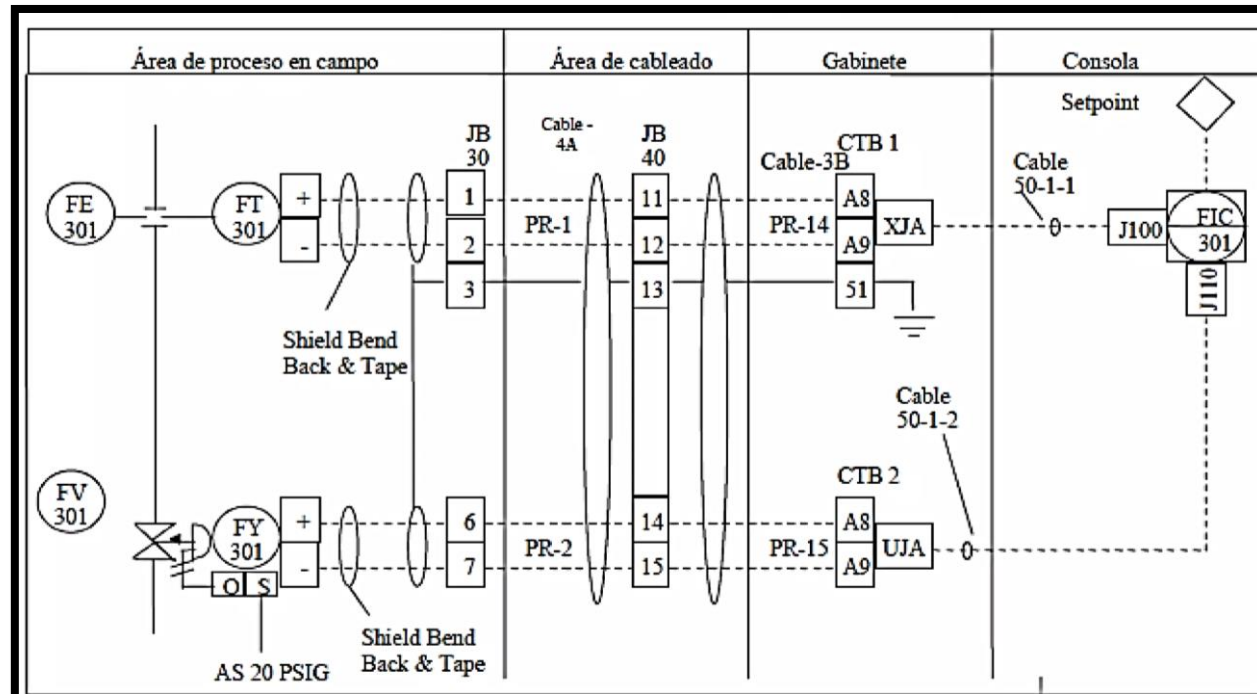
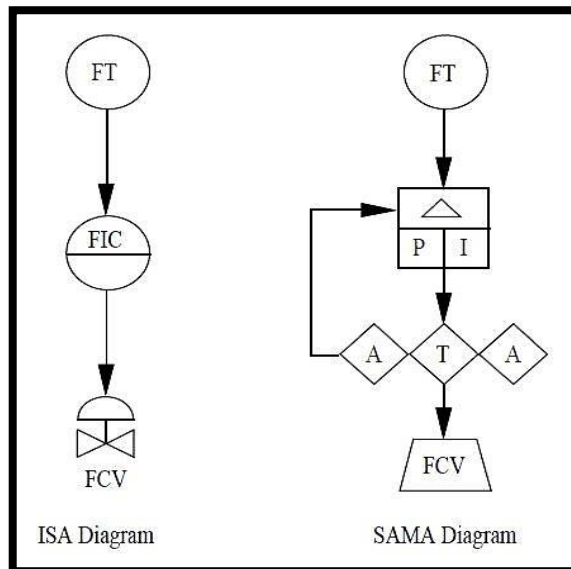
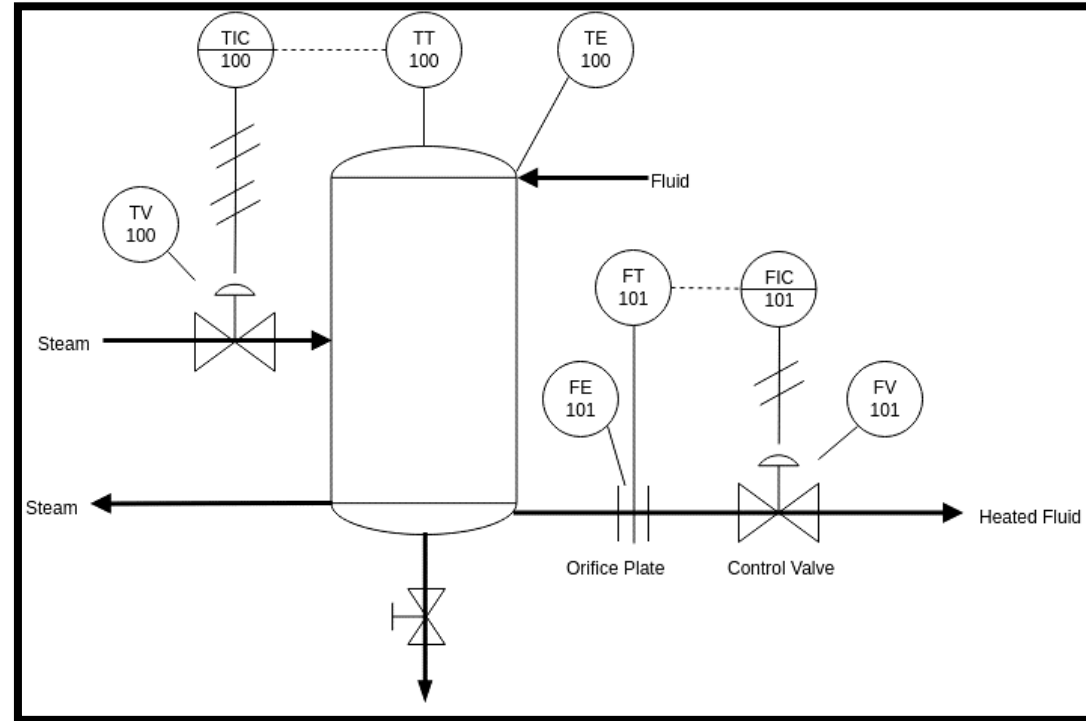
-ANSI/ISA-S5.1 (Identificación y símbolos de instrumentación)

-ANSI/ISA-S5.2 (Diagramas lógicos binarios para operaciones de procesos)

-ISA-S5.3 (Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógicos y computarizados)

-ANSI/ISA-S5.4 (Diagramas de lazo de instrumentación)

-ANSI/ISA-S5.5 (Símbolos gráficos para visualización de procesos)



Reglamentación específica

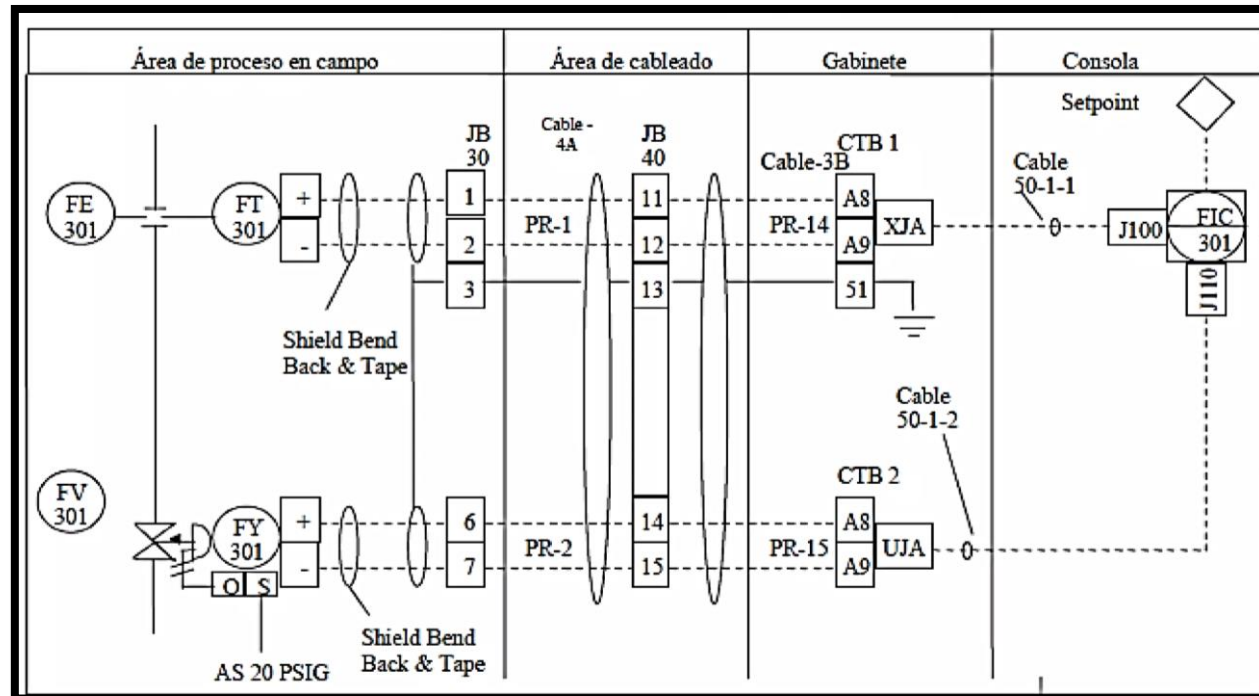
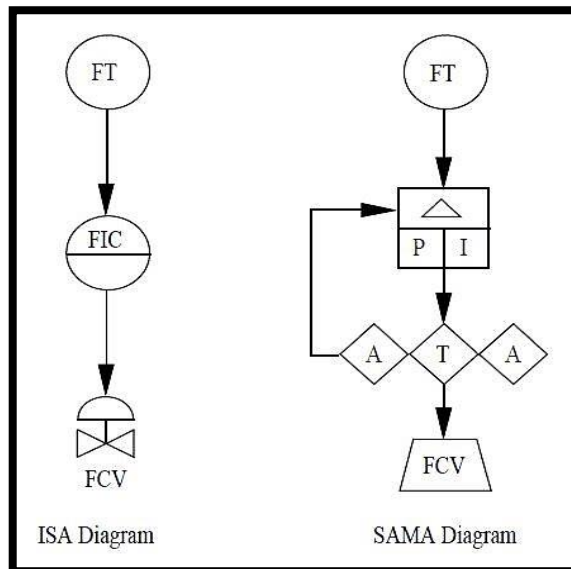
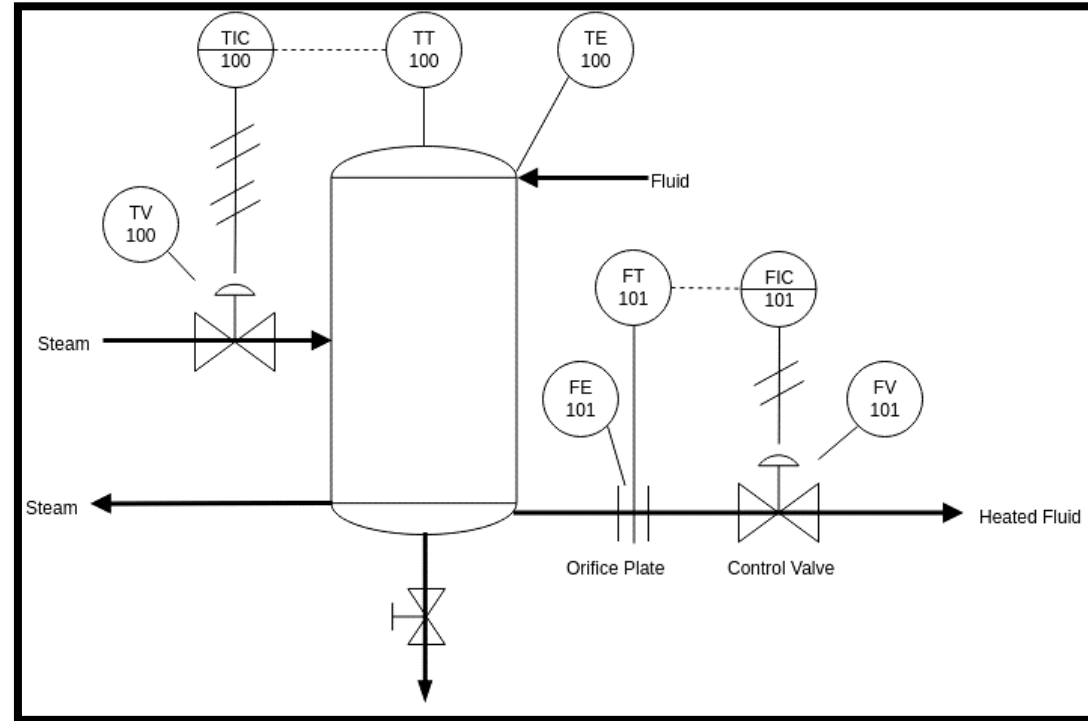
-ANSI/ISA-S5.1 (Identificación y símbolos de instrumentación)

-ANSI/ISA-S5.2 (Diagramas lógicos binarios para operaciones de procesos)

-ISA-S5.3 (Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógicos y computarizados)

-ANSI/ISA-S5.4 (Diagramas de lazo de instrumentación)

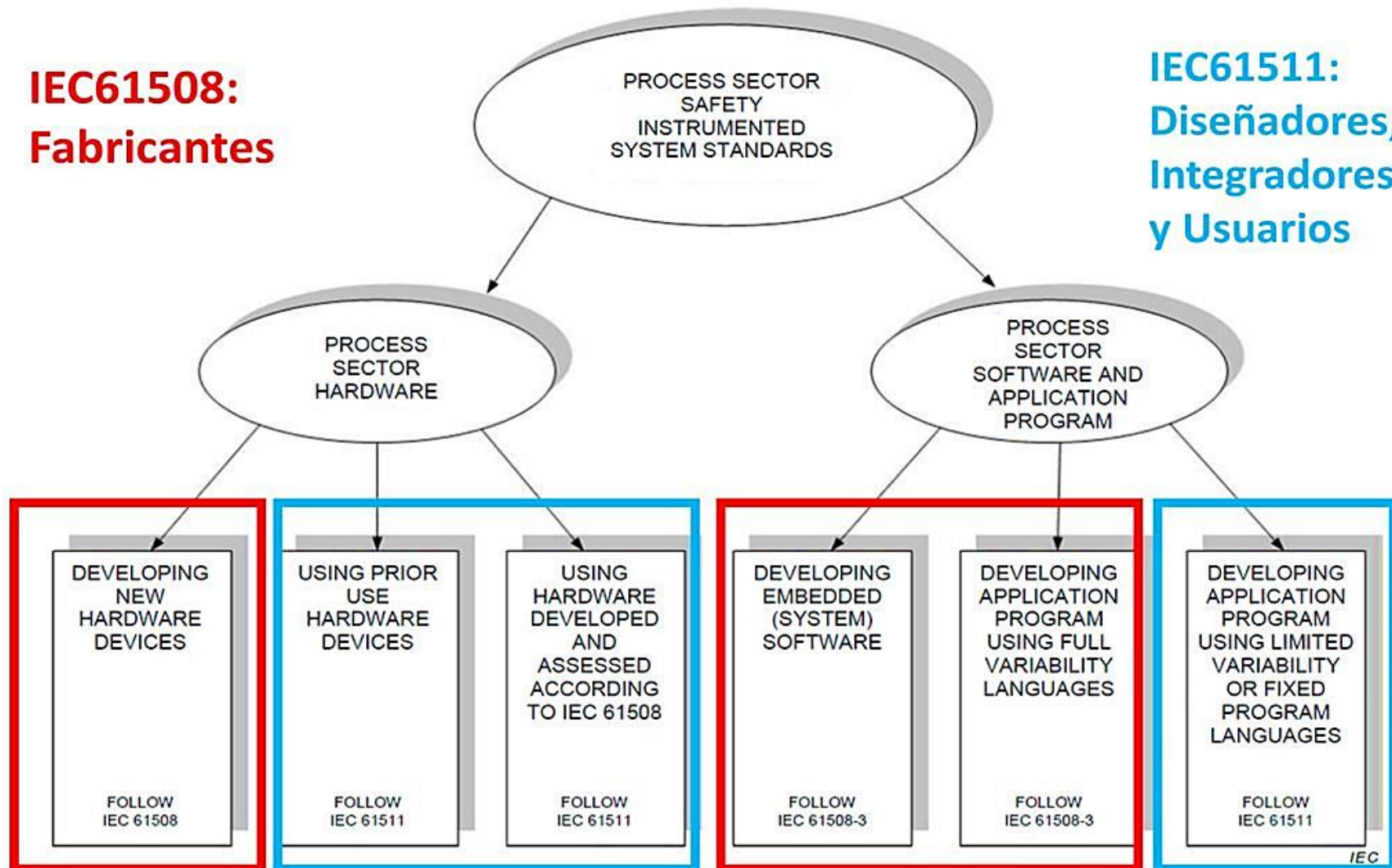
-ANSI/ISA-S5.5 (Símbolos gráficos para visualización de procesos)



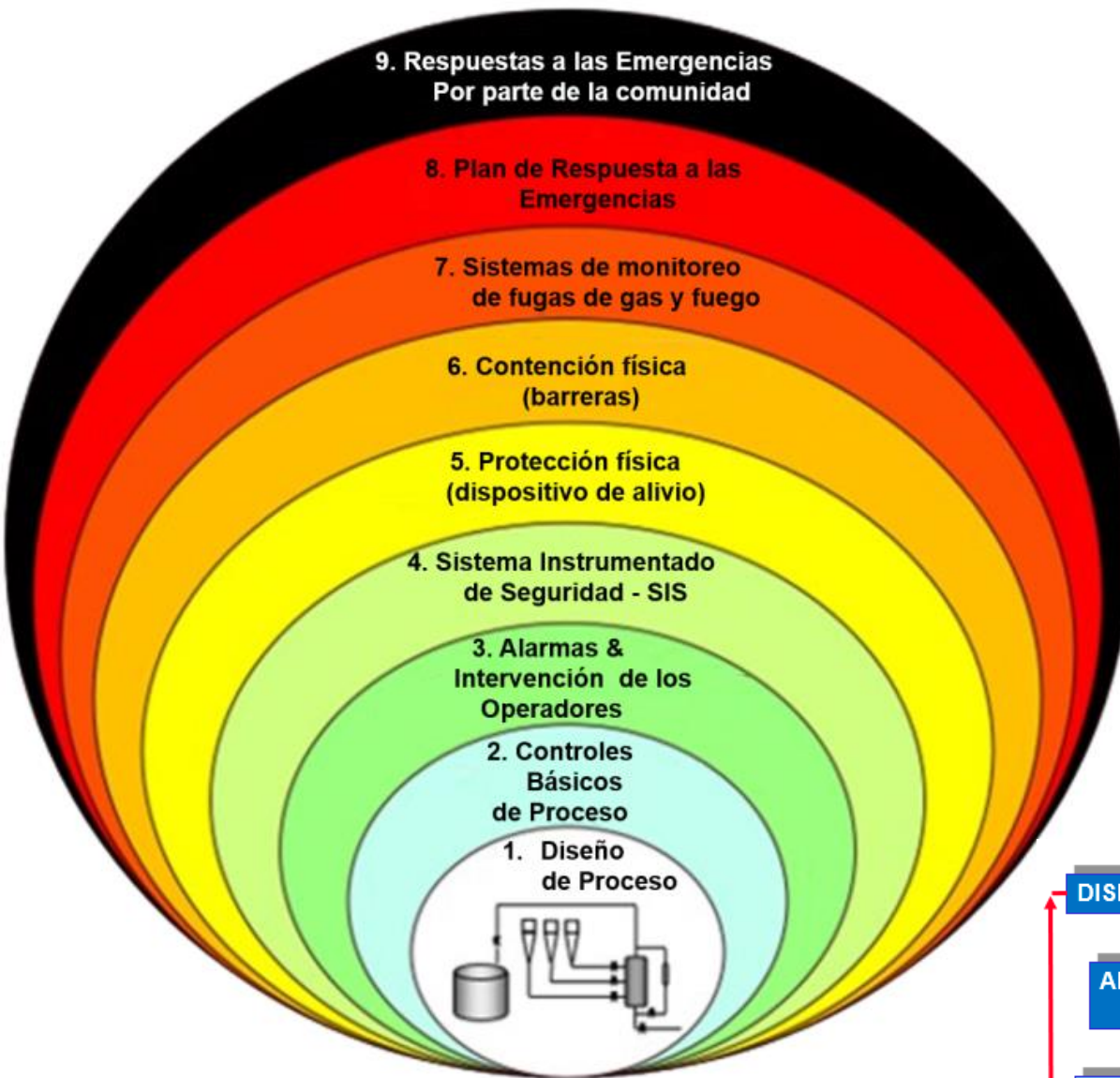
Estándares de Seguridad en Instrumentación Industrial

Sistema Instrumentado Seguro (SIS), tiene como propósito evitar o reducir riesgos y cuando se viola las condiciones normales de operación debe llevar el proceso a un estado seguro (SIF, Safety Instrumented Functions).

Estas funciones de seguridad pueden ser implementadas por medios Eléctricos, Electrónicos o de Programación Electrónica (E/E/PE) bajo Niveles SIL ("Safety Integrity Level").



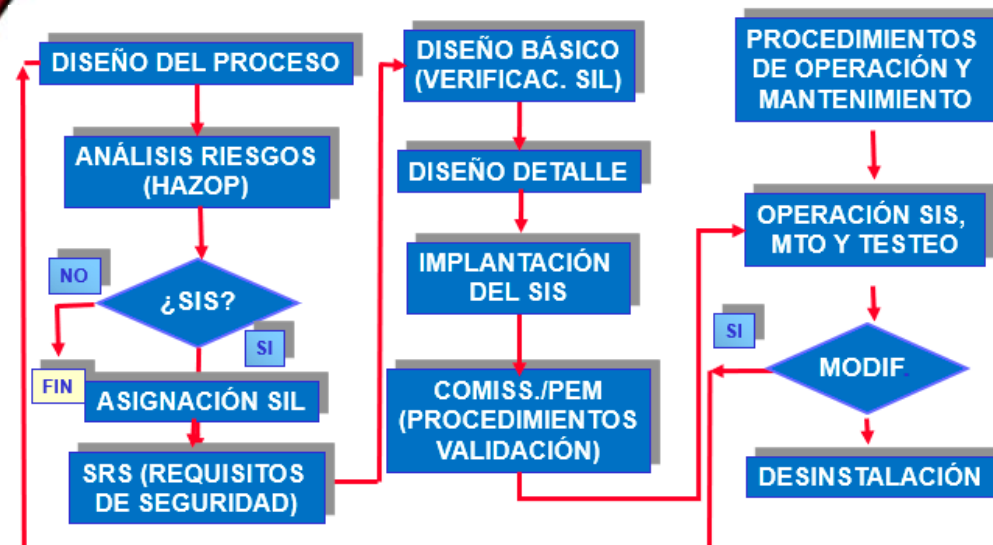
Estándares de Seguridad en Instrumentación Industrial



Método de Análisis por Capas de Protección (LOPA, Layer of Protection Analysis):

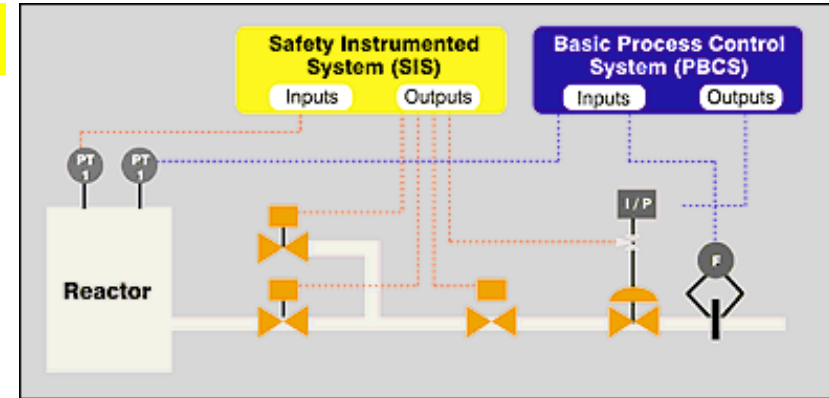
Es reconocido por la IEC 61508 y la IEC 61511 como uno de los métodos recomendados para establecer el nivel de integridad de seguridad objetivo (SIL) para una función instrumentada de seguridad (SIF)

Ciclo de vida de un SIS



Estándares de Seguridad en Instrumentación Industrial

Método cualitativo simple para definir el Nivel SIL necesario

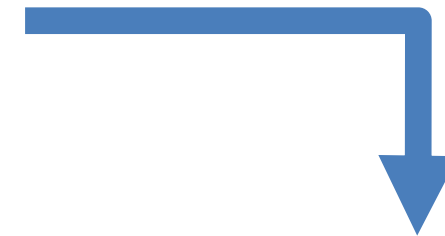


Punto de partida para la estimación de riesgos

		W ₃	W ₂	W ₁
Ca		a	-	-
		1	a	-
Cb	Ga	1	1	a
	Gb	2	1	a
Cc	Ga	3	2	1
	Gb	3	2	1
Cd	Ga	4	3	2
	Gb	4	3	2
		b	4	3

Grado de los daños	
Ca	Lesiones leves de una persona, pequeños daños medioambientales
Cb	Lesiones graves o muerte de una persona
Cc	Muerte de varias personas
Cd	Muerte de muchas personas
Duración de la estancia de una persona en la zona peligrosa	
Aa	Ocasional a frecuente
Ab	Frecuente a permanente
Eliminación del peligro	
Ga	Posible en determinadas condiciones
Gb	Apenas posible
Probabilidad de ocurrencia	
W ₁	Muy reducida
W ₂	Reducida
W ₃	Relativamente alta

a: sin requisitos especiales de seguridad
b: no basta un único SIS
1, 2, 3, 4: Safety Integrity Level (SIL)



SIL	PFD	Fallo máx. aceptado del SIS
SIL 1	$\geq 10^{-2}$ a $< 10^{-1}$	un fallo peligroso en 10 años
SIL 2	$\geq 10^{-3}$ a $< 10^{-2}$	un fallo peligroso en 100 años
SIL 3	$\geq 10^{-4}$ a $< 10^{-3}$	un fallo peligroso en 1.000 años
SIL 4	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$	un fallo peligroso en 10.000 años



Universidad Nacional de Misiones



Facultad de **Ingeniería**
O B E R A