TESTING-US

VALIDÁ TU APRENDIZAJE

4–20 mA Ex

CUADERNILLO DE ESTUDIO · NIVEL BÁSICO

Electricidad e instrumentación industrial

Red trifásica, motores y protecciones; seguridad eléctrica y puesta a tierra; atmósferas explosivas y equipos Ex; instrumentos y señal de 4 a 20 mA; lazos de control, PLC, SCADA y calibración.

1 Trifásica

2 Seguridad

3 Áreas Ex

4 Instrumentos

5 Control

\+ Ejercicios con respuestas

Testing-US · Validá tu aprendizaje
testing-us.com

Edición octubre 2026

Antes de empezar

En una planta o un yacimiento, la electricidad mueve bombas, compresores y equipos, y los instrumentos miden y controlan presiones, temperaturas, niveles y caudales. Un error eléctrico puede causar una descarga, un arco o, donde hay gas, una explosión. Un instrumento mal calibrado o una protección anulada puede dejar a toda una instalación sin defensa.

CÓMO APROVECHARLO

- Pensá en una instalación que conozcas: ¿dónde están los tableros, qué zonas clasificadas tiene y qué instrumentos ves en el campo?
- Las normas citadas son las vigentes en octubre de 2026. No reemplaza la capacitación ni la habilitación de cada empresa.
- Hacé los ejercicios del final de cada tema antes de mirar las respuestas.
- Cuando termines, rendí la evaluación **Electricidad e instrumentación industrial** en testing-us.com.

TIP En electricidad e instrumentación, los accidentes graves casi siempre empiezan con un atajo: trabajar con tensión para no cortar la producción, abrir una caja Ex energizada o puentear una protección que molesta.

Contenido

1 **Electricidad industrial**
Red trifásica, motores de inducción, arranques y protecciones.

2 **Seguridad eléctrica**
Contactos, arco, personal habilitado, trabajo sin tensión y puesta a tierra.

3 **Atmósferas explosivas y áreas clasificadas**
Zonas 0, 1 y 2, equipos Ex y reglas de trabajo.

4 **Instrumentación**
Variables, transmisores, señal de 4 a 20 mA, válvulas y planos P&ID.

5 **Control, seguridad y mantenimiento**
Lazo de control, PLC y SCADA, parada de emergencia y calibración.

TEMA 1

1 Electricidad industrial

LO QUE VAS A APRENDER

- Conocer la red trifásica de la Argentina.
- Leer la placa de un motor.
- Distinguir las formas de arranque.
- Saber qué protege cada dispositivo del tablero.

La red trifásica

- En la Argentina la red es de **corriente alterna de 50 Hz**. En baja tensión, la distribución **trifásica** es de **380 V entre fases** y **220 V entre fase y neutro**.
- Los equipos industriales (motores de bombas, compresores, ventiladores) suelen ser **trifásicos**: dan más potencia con menos corriente por conductor.
- El **Decreto 351/79** (anexo VI) define los niveles de tensión: **muy baja** hasta 50 V; **baja** de más de 50 V hasta 1000 V; **media** hasta 33 kV; **alta**, más de 33 kV.

Motores de inducción

- El motor más común en la industria es el **trifásico de inducción** (asincrónico): robusto y sin escobillas.
- La **placa de características** indica tensión, corriente, potencia (kW o HP), velocidad (rpm), frecuencia y forma de conexión.
- Si se **invierten dos fases**, el motor **gira al revés**: antes de acoplar una bomba se verifica el **sentido de giro**.
- Cada arranque **calienta** el motor: se respetan los arranques por hora que indica el fabricante.

Formas de arranque

- **Directo:** es el más simple, pero al arrancar el motor toma una corriente **varias veces mayor** que la nominal.
- **Estrella-triángulo:** arranca en estrella y pasa a triángulo; **reduce la corriente de arranque**.
- **Arrancador suave:** sube la tensión de a poco para arrancar sin golpes.
- **Variador de frecuencia:** arranca suave y además **regula la velocidad** cambiando la frecuencia; en bombas y ventiladores ahorra energía.

Tableros y protecciones

- **Interruptor termomagnético:** protege los **cables** contra **sobrecarga** (parte térmica) y **cortocircuito** (parte magnética).
- **Guardamotor o relé térmico:** protege al **motor** contra sobrecarga y falta de fase.
- **Contactor:** sirve para **comandar** la marcha y la parada a distancia; **no es una protección**.
- **Interruptor diferencial:** detecta la corriente que **se fuga a tierra** y corta: protege a las **personas**.
- Los tableros se mantienen **cerrados**, señalizados con el riesgo eléctrico y sin objetos ajenos adentro.

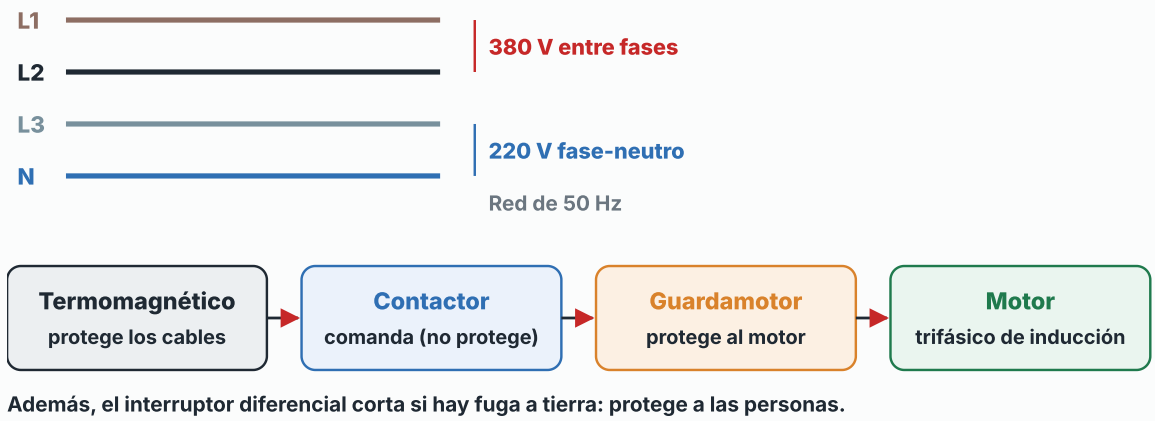


Figura 1.1 Red trifásica de baja tensión y protecciones de un motor (esquema).

Para practicar

1. ¿Qué tensión hay entre dos fases en la red de baja tensión?
2. ¿Qué pasa si se invierten dos fases de un motor?
3. ¿Qué ventaja tiene un variador de frecuencia?
4. ¿Qué diferencia hay entre un contactor y un guardamotor?

LAS RESPUESTAS ESTÁN AL FINAL DEL CUADERNILLO.

TEMA 2

2 Seguridad eléctrica

LO QUE VAS A APRENDER

- Distinguir contacto directo, indirecto y arco.
- Saber quién puede trabajar con tensión.
- Aplicar los pasos para trabajar sin tensión.
- Conocer la Res. SRT 900/2015.

Los riesgos

- **Contacto directo:** tocar una parte que está con tensión. **Contacto indirecto:** tocar una masa (una carcasa, un tablero) que quedó con tensión por una falla.
- **Arco eléctrico:** una descarga por el aire que produce luz, calor y una onda de presión. Puede quemar gravemente **sin tocar** nada. Se protege con **ropa ignífuga**, **protección facial**, **guantes dieléctricos** y distancia.
- El daño de la corriente depende sobre todo de su **intensidad**, del **tiempo** que circula y del **camino** que recorre por el cuerpo.

Quién puede trabajar

- El Dto. 351/79 exige que la empresa **capacite** al personal sobre los riesgos eléctricos (1.2.1).
- Los **trabajos con tensión** solo los hace personal **habilitado especialmente** por la empresa, con el visado del jefe de Higiene y Seguridad, conocimiento, experiencia, **consentimiento** y aptitud física y mental (1.2.2).
- En cada trabajo hay **un responsable** que vela por la seguridad del personal y de la instalación (1.2.3).

Trabajar sin tensión

- En baja tensión, el procedimiento del Dto. 351/79 (2.1.3) es: **seccionar** los aparatos más cercanos, **bloquearlos** y poner un **cartel** de prohibido maniobrar con el nombre del responsable, **verificar la ausencia de tensión**, **descargar** la instalación y, en el lugar de trabajo, volver a verificar, **poner en cortocircuito y a tierra** y, si hace falta, **delimitar** la zona.
- Para **reponer el servicio**, el responsable comprueba que se retiraron las puestas a tierra, las herramientas y la señalización, que el personal se alejó y recién ahí se desbloquea.
- El **detector de tensión** se prueba antes y después de usarlo, en una fuente conocida.



Figura 2.1 Procedimiento del Dto. 351/79 para trabajar sin tensión en baja tensión.

Puesta a tierra

- La **puesta a tierra** conduce a tierra la corriente de una falla, para que actúen las protecciones y las masas no queden con tensión peligrosa.
- La **Res. SRT 900/2015** fija un **protocolo obligatorio** para **medir** el valor de la puesta a tierra y **verificar la continuidad de las masas**. Los valores medidos valen **12 meses**; si no cumplen, hace falta un **plan de acción**. Además hay que **controlar periódicamente** los dispositivos de corte automático (como el diferencial).

Para practicar

1. ¿Qué es un contacto indirecto?
2. ¿Qué pide el Dto. 351/79 para habilitar a alguien a trabajar con tensión?
3. ¿Cuándo se prueba el detector de tensión?
4. ¿Cuánto tiempo valen las mediciones de puesta a tierra según la Res. SRT 900/2015?

LAS RESPUESTAS ESTÁN AL FINAL DEL CUADERNILLO.

TEMA 3

3 Atmósferas explosivas y áreas clasificadas

LO QUE VAS A APRENDER

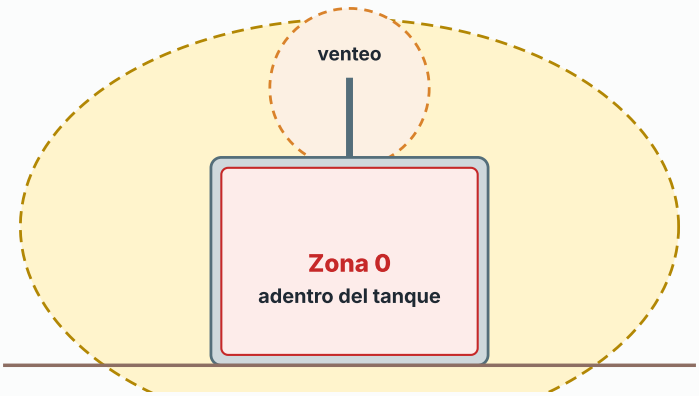
- Entender qué es una atmósfera explosiva.
- Distinguir las zonas 0, 1 y 2.
- Reconocer los modos de protección Ex.
- Aplicar las reglas de trabajo en áreas clasificadas.

Qué es una atmósfera explosiva

- Es una mezcla de **aire** con **gases o vapores inflamables** (en un yacimiento, gas natural o vapores de petróleo) que puede encenderse con una **chispa**, un **arco** o una **superficie caliente**.
- Para que haya fuego hacen falta **combustible, oxígeno y una fuente de ignición**. Donde no se puede evitar el gas, se controlan las fuentes de ignición: por eso los equipos eléctricos son especiales.

Áreas clasificadas

- Un **área clasificada** es un lugar donde puede haber una atmósfera explosiva. Según la serie internacional **IEC 60079**, para gases se divide en zonas:
- **Zona 0:** la atmósfera explosiva está presente **en forma continua** o por largos períodos (por ejemplo, dentro de un tanque).
- **Zona 1:** es **probable** que aparezca en la operación normal (por ejemplo, cerca de venteos o puntos de purga).
- **Zona 2: no es probable** y, si aparece, dura **poco tiempo**.
- Cada instalación tiene su **plano de clasificación de áreas**: hay que conocerlo antes de llevar o instalar un equipo.



Zona 0
atmósfera explosiva continua o por largos períodos

Zona 1
probable en la operación normal

Zona 2
poco probable y, si aparece, por poco tiempo

Cada instalación tiene su plano de áreas.

Figura 3.1 Zonas de un área clasificada alrededor de un tanque con venteo (esquema).

Equipos para atmósferas explosivas

- Solo se usan equipos **certificados para la zona**, con el marcado **Ex** en su placa. El Dto. 351/79 exige materiales **aprobados** para estos ambientes y que el usuario elija el **adecuado** (3.4.3 y 3.4.4).

- **Ex d (antideflagrante):** la envolvente **resiste una explosión interna** y no la deja salir. Sus juntas son metal a metal.
- **Ex e (seguridad aumentada):** construcción que evita chispas y temperaturas peligrosas.
- **Ex i (seguridad intrínseca): limita la energía** del circuito para que no pueda encender la mezcla. Es común en instrumentos.
- **Ex p (presurización):** la envolvente tiene aire o gas inerte a presión; si la presión cae, se **desconecta**.
- La placa también indica la **clase de temperatura**: la temperatura máxima que alcanza la superficie del equipo.

Reglas de trabajo

- Una envolvente antideflagrante **no se abre con tensión**: se inspecciona y se mantiene **sin tensión** (Dto. 351/79, 3.3.2.1).
- Al cerrarla se reponen **todos los tornillos**; las juntas no se golpean, no se pintan ni se les agregan guarniciones.
- Los **sellos cortafuego** en las cañerías eléctricas impiden que la llama o el gas pasen por el caño de una caja a otra.
- Celulares, linternas comunes y herramientas que hacen chispas no se usan en zona clasificada sin **autorización**; los trabajos en caliente llevan **permiso** y **medición de gases**.
- **Electricidad estática:** se controla con puesta a tierra, ropa **sin fibras sintéticas** y calzado antiestático (Dto. 351/79, 3.6).

Para practicar

1. ¿Qué caracteriza a una zona 1?
2. ¿En qué se basa la protección Ex i?
3. ¿Cuándo se puede abrir una caja antideflagrante?
4. ¿Para qué sirven los sellos cortafuego?

LAS RESPUESTAS ESTÁN AL FINAL DEL CUADERNILLO.

TEMA 4

4 Instrumentación

LO QUE VAS A APRENDER

- Conocer las variables de proceso.
- Distinguir sensor y transmisor.
- Interpretar una señal de 4 a 20 mA.
- Leer un tag de un P&ID.

Qué se mide

- Las cuatro variables principales son **presión**, **temperatura**, **nivel** y **caudal**.
- La presión se expresa en **bar**, **kg/cm²**, **psi** o **kPa**; la temperatura, en **°C**.

Instrumentos locales y transmisores

- **Instrumentos locales:** manómetro, termómetro, visor de nivel. Se leen **en el lugar**.
- **Sensor:** el elemento que **detecta** la variable. **Transmisor:** la convierte en una **señal estándar** y la envía a la sala de control.
- La señal más usada es la de **4 a 20 mA**: **4 mA** es el **cero** del rango y **20 mA** el **máximo**. La corriente es la misma en todo el lazo: la resistencia del cable no cambia la medición (siempre que la fuente alcance). Si llega **0 mA**, se sabe que hay una **falla** (por ejemplo, un cable cortado).
- Ejemplo: un transmisor de 0 a 100 bar que envía **12 mA** está midiendo **50 bar** (12 mA está en la mitad entre 4 y 20).
- En general: valor = (mA − 4) / 16 × rango. Por ejemplo, en un rango de 0 a 4 m, 8 mA son 1 m.
- Sobre la señal de 4 a 20 mA se puede superponer una comunicación digital (**HART**) para configurar y diagnosticar el instrumento.

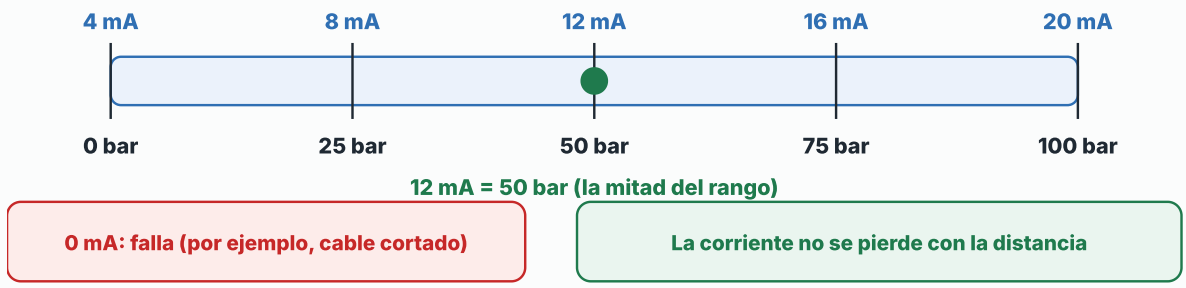


Figura 4.1 Señal de 4 a 20 mA para un transmisor de 0 a 100 bar.

Válvulas

- **Válvula de control: regula** el caudal según la señal del controlador; la mueve un **actuador** (muchas veces neumático) con un **posicionador**.
- **Válvula de seguridad o de alivio: abre sola** cuando la presión supera su valor de ajuste y protege al equipo de una sobrepresión. **No se bloquea** ni se cambia su ajuste sin autorización.
- **Válvula de bloqueo (on-off):** abre o cierra por completo; algunas son de **cierre de emergencia**.

Planos P&ID

- El **P&ID** (diagrama de cañerías e instrumentos) muestra equipos, líneas, válvulas e instrumentos y cómo se conectan.
- Cada instrumento tiene un **tag**: las letras dicen qué variable mide y qué función cumple, y el número identifica el lazo. Por ejemplo: **PT** transmisor de presión, **TT** de temperatura, **LT** de nivel, **FT** de caudal, **PI** indicador de presión.

Para practicar

1. ¿Qué representa 4 mA en una señal de 4 a 20 mA?
2. Un transmisor de 0 a 100 bar envía 16 mA: ¿qué presión mide?
3. ¿Qué hace una válvula de alivio?
4. ¿Qué es un instrumento con tag TT-205?

LAS RESPUESTAS ESTÁN AL FINAL DEL CUADERNILLO.

TEMA 5

5 Control, seguridad y mantenimiento

LO QUE VAS A APRENDER

- Reconocer las partes de un lazo de control.
- Saber para qué sirven el PLC y el SCADA.
- Entender la parada de emergencia.
- Calibrar y registrar.

El lazo de control

- Un **lazo de control** tiene una **medición** (el transmisor), un **controlador** que la compara con el **valor deseado** (punto de ajuste o *set point*) y un **elemento final** (una válvula, un variador) que corrige.
- Ejemplo: el nivel de un separador se mantiene abriendo o cerrando la válvula de salida de líquido.

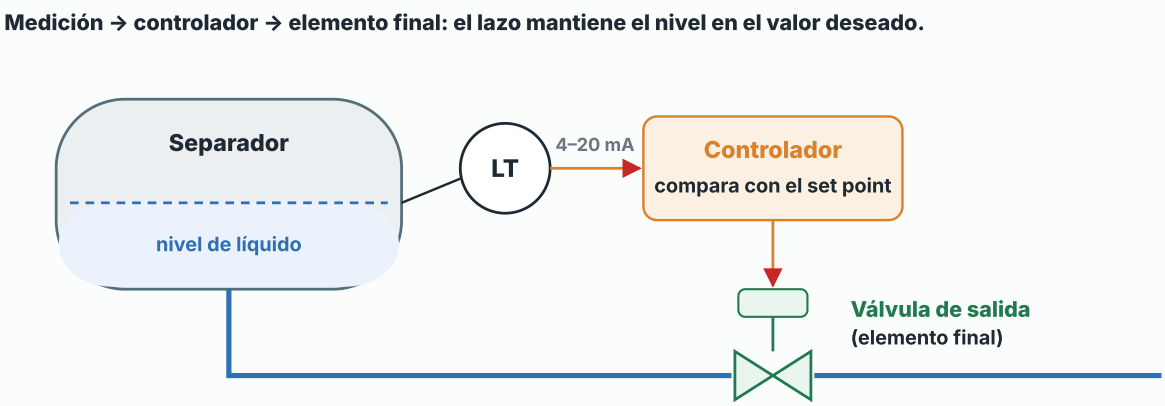


Figura 5.1 Lazo de control de nivel de un separador (esquema).

PLC, SCADA y telemetría

- El **PLC** es una computadora industrial que ejecuta la lógica de control y de seguridad.
- El **SCADA** permite **supervisar y operar a distancia**: en los yacimientos, los pozos y las baterías envían datos por **telemetría** (radio, celular o satélite) a una sala de control.
- Las **alarmas** avisan al operador que una variable salió de su rango (el operador las **atiende**: busca la causa y actúa); los **disparos** paran equipos automáticamente.

Sistemas de seguridad

- La **parada de emergencia** (ESD) lleva la instalación a una **condición segura**: cierra válvulas, para equipos y despresuriza si hace falta.
- Los instrumentos de seguridad se mantienen **independientes** del control normal, para que una falla del control no anule la seguridad.
- Las protecciones y los disparos se **prueban periódicamente**, para saber que van a actuar cuando haga falta.
- **Nunca** se puentea (*bypass*) una protección, una alarma o un disparo sin **autorización**, registro y gestión del cambio. Un puente olvidado deja la instalación sin defensa.

Calibración y mantenimiento

- **Calibrar** es comparar el instrumento con un **patrón** de mayor exactitud y, si hace falta, **ajustarlo**. El patrón tiene **certificado de calibración vigente**.
- Se registran los valores **encontrados** y **dejados**, la fecha y quién lo hizo.
- Antes de intervenir un instrumento en servicio: **avisar a la sala de control** (puede provocar alarmas o disparos), **aislar y despresurizar** el proceso y bloquear las energías.
- Después de un cambio, se hace una **prueba de lazo**: se verifica de punta a punta que la señal llega bien a la sala de control y que la acción es la correcta.

Para practicar

1. ¿Qué es el set point?
2. ¿Qué hace una parada de emergencia (ESD)?
3. ¿Por qué no se puentea una alarma sin autorización?
4. ¿Qué se registra en una calibración?

LAS RESPUESTAS ESTÁN AL FINAL DEL CUADERNILLO.

PARA CONTROLAR

Respuestas de los ejercicios

Tema 1

1. 380 V (y 220 V entre fase y neutro).
2. Gira al revés: por eso se verifica el sentido de giro.
3. Arranca suave y además regula la velocidad cambiando la frecuencia.
4. El contactor solo comanda la marcha y la parada; el guardamotor protege al motor contra sobrecarga y falta de fase.

Tema 2

1. Tocar una masa que quedó con tensión por una falla.
2. Habilitación especial de la empresa con visado del jefe de Higiene y Seguridad: conocimiento, experiencia, consentimiento y aptitud física y mental.
3. Antes y después de usarlo, en una fuente conocida.
4. 12 meses.

Tema 3

1. Es probable que haya atmósfera explosiva en la operación normal.
2. En limitar la energía del circuito para que no pueda encender la mezcla.
3. Solo sin tensión.
4. Para que la llama o el gas no pasen por el caño de una caja a otra.

Tema 4

1. El cero del rango.
2. 75 bar (16 mA está a tres cuartos del camino entre 4 y 20).
3. Abre sola cuando la presión supera su valor de ajuste y protege al equipo.
4. Un transmisor de temperatura del lazo 205.

Tema 5

1. El valor deseado de la variable que el controlador mantiene.
2. Lleva la instalación a una condición segura: cierra válvulas, para equipos y despresuriza si hace falta.
3. Porque deja la instalación sin defensa; solo con autorización, registro y gestión del cambio.
4. Los valores encontrados y dejados, la fecha y quién la hizo.

Validá lo que aprendiste

Rendí la evaluación **Electricidad e instrumentación industrial** en **testing-us.com**. Es gratis: en cada intento te tocan 10 preguntas al azar, dos de cada tema de este cuadernillo. Tenés 20 minutos y aprobás con 70%.

Si aprobás, recibís un certificado con código de verificación que podés sumar a tu currículum y compartir con quien te contrate.

MIS NOTAS

© 2026 Testing-US. Material de estudio propio. Se permite imprimirlo y compartirlo sin modificaciones y sin fines comerciales.

Material de estudio propio de Testing-US. Normativa verificada en octubre de 2026: Dto. 351/79, anexo VI (niveles de tensión, personal capacitado y habilitado, trabajos sin tensión, protección antideflagrante y por sobrepresión, electricidad estática) y Res. SRT 900/2015 (medición de puesta a tierra). Zonas y modos de protección según la serie internacional IEC 60079, en forma general; identificación de instrumentos según la práctica habitual. No reemplaza la capacitación ni la habilitación de cada empresa.

El certificado de Testing-US acredita la aprobación de una evaluación de conocimientos. No es un título oficial ni habilita para el ejercicio profesional.