



Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)

Examen teórico y aplicado (nuevo)
**Examen teórico y examen basado en
casos (antiguo)**

Guía de preparación para el examen

Tabla de contenido

Público objetivo..... 3

¿Cómo sé si estoy listo para este nivel de certificación? 3

Introducción 3

A. Guía de autoevaluación 6

¿Cómo obtengo la certificación en este nivel? 7

Requisitos de certificación 7

A. Nota sobre la progresión de la certificación 7

¿Cómo será el examen de certificación? 8

Información sobre el examen de certificación 8

A. Elementos del examen para candidatos del sistema antiguo (Legacy)..... 9

B. Elementos del examen para candidatos nuevos (no antiguos): teórico y aplicado..... 10

C. Elementos del examen: preguntas de muestra 10

D. Elementos del examen: uso de calculadoras 11

E. Elementos del examen: recursos proporcionados para el examen 11

Apendices:

- Apéndice A: Información del plan de examen relacionada con conocimientos y habilidades
- Apéndice B: Capacitación de preparación para el examen y materiales de estudio
- Apéndice C: Preparación de ecuaciones y materiales de estudio
- Apéndice D: Preparación de tablas/escalas y materiales de estudio
- Apéndice E: Requisitos de certificación
- Apéndice F: Preguntas de muestra del examen
- Apéndice G: Calculadora del examen

Público objetivo

La certificación de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3) está dirigida a candidatos que cuentan con una amplia experiencia de campo. Los candidatos a este examen deben tener un sólido conocimiento y comprensión tanto de los conceptos teóricos como de la aplicación práctica de la protección catódica. Los candidatos deben tener una buena comprensión de los procedimientos matemáticos y un conocimiento práctico de los procesos de corrosión.

¿Cómo sé si estoy listo para este nivel de certificación?

Introducción

Los candidatos a este examen deben tener un conocimiento profundo de los conceptos teóricos y la aplicación práctica de la protección catódica, incluyendo:

- a. Realización de la mayoría de los tipos de mediciones y estudios a nivel de campo
- b. Procedimientos y ejecución de cómo se obtienen y aceptan los datos a nivel de campo
- c. Interpretación de datos de protección catódica
- d. Solución de problemas de todo tipo de sistemas de protección catódica
- e. Opciones de mitigación disponibles para los problemas identificados
- f. Cálculos de diseño básicos a intermedios para diseños de sistemas de protección galvánica y por corriente impresa

Para ayudar a aclarar las funciones y responsabilidades previstas, la siguiente tabla proporciona una guía de supervisión técnica (supervisión¹) para un Tecnólogo en Protección Catódica:

Tarea	Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)
Pruebas	• Puede realizar, dirigir y documentar la mayoría de los niveles de servicios de prueba, medición, estudio y/o inspección de protección catódica. • Puede reconocer y realizar pruebas de campo adicionales según sea necesario, incluida la resolución de problemas. • Puede reconocer cuándo se encuentran pruebas o inspecciones altamente complejas o únicas que pueden requerir la supervisión directa o el apoyo de un Especialista en Protección Catódica (CP 4).
Análisis de datos	• Puede comprender cómo se obtuvieron los datos (procedimientos y ejecución). • Puede interpretar y analizar los datos, incluyendo una comprensión de la electroquímica subyacente de la situación. • Puede reconocer cuándo se encuentran situaciones altamente complejas o únicas que pueden requerir la supervisión directa o el apoyo de un Especialista en Protección Catódica (CP 4).
Apoyo a la instalación	• Puede proporcionar apoyo y recomendaciones de instalación para la mayoría de las situaciones. • Puede reconocer cuándo se encuentran situaciones altamente complejas o únicas que pueden requerir la supervisión directa o el apoyo de un Especialista en Protección Catódica (CP 4).
Puesta en servicio	• Puede realizar y dirigir la mayoría de las actividades de puesta en servicio. • Puede determinar y proporcionar supervisión para la puesta en servicio que puede ser realizada por un Técnico en Protección Catódica (CP 2). • Puede reconocer cuándo se encuentran situaciones altamente complejas o únicas que pueden requerir la supervisión directa o el apoyo de un Especialista en Protección Catódica (CP 4).
Diseño	• Puede dirigir diseños de corriente galvánica de nivel básico a intermedio en sistemas de estructura única. • Puede reconocer cuándo el diseño para estructuras complejas, críticas o de alto riesgo puede requerir la supervisión directa de un Especialista en Protección Catódica (CP 4).
Autoridad de supervisión	• Según lo requiera el propietario/agencia y/o las directrices de AMPP para la supervisión directa / indirecta de personas certificadas como CP 1 y CP 2.

Esta tabla es solo para fines de referencia y orientación. Consulte el sitio web de AMPP para obtener más información.

¹ El término "supervisión" se refiere a la supervisión técnica y no a la supervisión general del empleo.

A. Guía de autoevaluación

Los candidatos pueden revisar la información adjunta a esta guía de preparación para el examen (EPG) para realizar una autoevaluación y/o como guía de estudio para este nivel de certificación: Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3).

Debido a que esta certificación es actualmente la segunda credencial de mayor nivel para la Protección Catódica, existen competencias que son exclusivas de este nivel. Parte de esta competencia puede necesitar ser obtenida en niveles de certificación CP inferiores.

Las siguientes áreas críticas de esta guía de preparación para el examen (EPG) pueden ayudarle a prepararse para este examen de certificación:



IMPORTANT

Consulte el Appendice A de esta guía de preparación para el examen (EPG) para obtener información sobre el plan del examen relacionada con los conocimientos y habilidades



IMPORTANT

Consulte el Appendice de esta guía de preparación para el examen (EPG) para obtener materiales de capacitación y estudio de preparación.



IMPORTANT

Consulte el Appendice C de esta guía de preparación para el examen (EPG) para obtener materiales de estudio y preparación de ecuaciones.



IMPORTANT

Consulte el Appendice D de esta guía de preparación para el examen (EPG) para obtener materiales de estudio y preparación de tablas/escalas.

¿Cómo obtengo la certificación en este nivel?

Requisitos de certificación

Existen requisitos que un candidato debe cumplir para obtener la acreditación de la industria como Tecnólogo en Protección Catódica de AMPP (CP 3). Estos requisitos son:

1. Cumplir con los requisitos de experiencia laboral y educación
2. Cumplir con los requisitos previos
3. Tomar y completar con éxito el/los examen(es) requerido(s)
4. Completar y solicitar la certificación.
5. Aceptar los términos y condiciones
6. Pagar la tarifa de solicitud cuando corresponda



Consulte el Appendice E de esta guía de preparación para el examen (EPG) para obtener más información sobre los requisitos de certificación.

A. Nota sobre la progresión de la certificación

El Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3) no pretende ser una progresión directa desde el Técnico en Protección Catódica (CP 2). El candidato necesita experiencia y conocimientos adicionales en la industria:

- La experiencia adicional más allá de la de un CP 2 es fundamental para el éxito de un candidato en este examen. Esta experiencia se relaciona con todos los aspectos de la CP, incluyendo:
 - Experiencia práctica en pruebas y diseño en los diferentes tipos de instalaciones y electrolitos, y
 - Experiencia educativa formal o equivalente en CP y estudios de conocimientos relacionados con áreas tales como: matemáticas, geología, química y/o ingeniería
- Antes de programar el examen de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3), se recomienda encarecidamente que los candidatos completen con éxito o tengan un nivel de formación equivalente a:
 - Curso de Técnico en Protección Catódica (CP 2)

- Antes de programar el examen de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3), se recomienda encarecidamente que los candidatos completen con éxito o tengan un nivel de formación equivalente a:
 - Curso de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)

¿Cómo será el examen de certificación?

Información sobre el examen de certificación

Existen requisitos de examen de certificación que un candidato debe cumplir para ser Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3). El examen de Tecnólogo en Protección Catódica incluye preguntas de examen relacionadas con:

- Teoría y Aplicación en los nuevos exámenes; y
- Teoría y Basado en casos en los exámenes heredados.

A principios de 2025, el Comité del Programa de Certificación de AMPP aprobó revisiones al nivel de certificación de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3) que incluyen:

- Cambios de aclaración en la nomenclatura del examen:
 - Las referencias a "Teoría y Caso" se están aclarando a nivel de pregunta de examen, lo que comenzará a referenciarse como "Teoría² y Aplicación³".
- Una revisión al examen CP 3 que incluye:
 - Pasar a un examen único en lugar de un examen de dos partes
 - Los candidatos al examen tendrán solo seis (6) intentos para aprobar los requisitos del examen de certificación dentro de un período de certificación de cuatro (4) años que comienza en enero de 2028 (consulte el Apéndice E para obtener más información sobre: un período de certificación).

² La teoría se centra en la comprensión y el recuerdo de principios, conceptos y leyes fundamentales.

³ La aplicación implica el uso de conocimientos teóricos para resolver problemas prácticos.

Los candidatos de legado que actualmente están activos en un período de certificación de cuatro (4) años podrán tomar el examen de legado que consta de dos (2) exámenes: Teoría y Basado en Casos.

- Los candidatos de legado pueden usar esta opción para completar los requisitos del examen antes de enero de 2028; momento en el cual, solo estará disponible el examen único.
- Los candidatos de legado pueden cambiar e inscribirse en el formato de examen único en cualquier momento; pero una vez hecho esto, el candidato ya no es elegible para los dos (2) exámenes: Teoría y Basado en Casos.

A partir de 2026, todos los nuevos candidatos que no sean de legado que se inscriban para el examen de Tecnólogo en Protección Catódica serán programados para el formato de examen único y no serán elegibles para tomar el examen de dos (2) partes (exámenes de Teoría y Basado en Casos de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)).

A continuación se proporciona más información:

A. Elementos del examen para candidatos de legado

1. **El examen de Teoría de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)** consiste, en resumen, en 75 preguntas de opción múltiple que requieren que el candidato demuestre su aplicación de conocimientos basada en todo el cuerpo de conocimientos de Protección Catódica (CP).

Nombre del examen	Examen de Teoría de Tecnólogo en Protección Catódica - AMPP
Código del examen	NACE-CP3-001 ⁴
Tiempo	4 horas ⁵
Número de preguntas	Cada candidato recibirá: 70 preguntas de examen que se califican 5 preguntas de examen que no se califican ⁴
Formato	Examen basado en computadora - CBT

⁴ El sistema de examen calificará los puntajes de los exámenes de Teoría y Basado en Casos por separado. El sistema de examen mostrará una calificación de aprobado/reprobado al finalizar cada examen. Los candidatos deben aprobar ambos exámenes.

⁵ El tiempo del examen incluye 4 minutos para el acuerdo de confidencialidad y 6 minutos para el tutorial del sistema.

2. **El examen Basado en Casos de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)** consiste, en resumen, en 37 preguntas de opción múltiple relacionadas con un estudio de caso, escenario o problema que requiere la aplicación de los conocimientos del candidato basados en todo el cuerpo de conocimientos de Protección Catódica (CP).

3.

Nombre del examen	Examen Basado en Casos de Tecnólogo en Protección Catódica - AMPP
Código del examen	NACE-CP3-Case ⁴
Tiempo	4 horas ⁵
Número de preguntas	Cada candidato recibirá: 32 preguntas de examen que se califican 5 preguntas de examen que no se califican ⁶
Formato	Examen basado en computadora - CBT

B. Elementos del examen para nuevos candidatos (no de legado) – Teoría y Aplicación

El examen de Tecnólogo en Protección Catódica (CP3) consiste, en resumen, en 75 preguntas de opción múltiple que requieren que el candidato demuestre su "aplicación de conocimientos" basada en todo el cuerpo de conocimientos de Protección Catódica (CP).

Nombre	Examen de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)
Código del examen	CP 3
Tiempo	5 horas
Número de preguntas	Cada candidato recibirá: 60 preguntas de examen que serán calificadas y 15 preguntas de examen que no serán calificadas ⁶
Formato	Examen basado en computadora - CBT

C. Elementos del examen – Preguntas de muestra del examen

Este examen a libro cerrado consta de preguntas de opción múltiple. Las preguntas se basan en el plan del examen, que refleja los conocimientos y habilidades necesarios en la industria de CP para un Tecnólogo en Protección Catódica.



Consulte el Apéndice F de esta guía de preparación para el examen (EPG) para ver preguntas de muestra del examen.

⁶ Las preguntas de examen no calificadas se están evaluando para futuros exámenes.
Marzo de 2026

D. Elementos del examen – Uso de calculadoras

Los candidatos tendrán acceso a una calculadora digital estándar TI-108 y/o una calculadora científica TI-30XS para su uso durante el examen de certificación. Durante el examen, es posible que deba cambiar o seleccionar una de estas calculadoras para su uso. Los candidatos no podrán utilizar su propia calculadora para este examen.



Consulte el Apéndice G de esta guía de preparación para el examen (EPG) para obtener información sobre la calculadora utilizada en el examen.

E. Elementos del examen – Recursos proporcionados para el examen

Los candidatos tendrán acceso al material de referencia necesario durante el examen. Este material de referencia podría incluir elementos tales como:

- estándares de la industria (donde se indique en el Apéndice B)
- ecuaciones (donde se indique en el Apéndice C)
- tablas de conversión (donde se indique en el Apéndice D)
- otros cuando se considere apropiado



Nota: Los manuales de los cursos de AMPP no están disponibles como parte de los recursos proporcionados para este examen.

Apéndice A

Información del plan de examen
relacionada con
Conocimientos y habilidades

Plan de examen (CP 3)

1.. Instrumentos (1- 4% Teoría y 6-13% Caso)¹

- A. Comprender el funcionamiento de un voltímetro-ohmímetro digital (multímetro) y cómo se utiliza para medir corriente, voltaje y resistencia.
- B. Utilizar un voltímetro-ohmímetro (multímetro) para determinar la salida de voltaje y corriente de un rectificador.
- C. Comprender el funcionamiento de un medidor de resistividad del suelo.
- D. Utilizar un voltímetro-ohmímetro para determinar la salida de corriente de los ánodos de sacrificio instalados en su sistema.
- E. Realizar una prueba de resistividad del suelo con un medidor de resistividad del suelo o un instrumento equivalente.
- F. Realizar mediciones de resistividad del suelo utilizando una caja de suelo.
- G. Comprender y ser capaz de realizar cálculos de resistividad de capas.
- H. Realizar lecturas de resistividad del suelo de un solo punto con una "varilla Collins".
- I. Instalar interruptores en rectificadores o conexiones con el fin de tomar lecturas de potencial "encendido" y "apagado instantáneo" de estructura a electrolito.
- J. Comprender los diversos tipos de instrumentos de localización de tuberías y ser capaz de utilizarlos para localizar tuberías o cables en todos los entornos subterráneos.

2.. Shunts (1- 3% Teoría y 1- 6% Caso)

- A. Comprender cómo determinar la cantidad de corriente que fluye a través de shunts de varios tamaños leyendo la caída de milivoltios (mV) a través de ellos con un voltímetro-ohmímetro y aplicando el factor de conversión correcto.
- B. Comprender cómo determinar la dirección del flujo de corriente a través de un shunt observando la polaridad de la lectura de mV.
- C. Leer shunts en rectificadores para determinar la corriente de salida.
- D. Leer shunts en conexiones con estructuras externas.
- E. Leer shunts para ánodos individuales asociados con lechos de ánodos de pozo profundo.
- F. Utilizar un shunt externo para determinar la corriente de salida de un rectificador con un amperímetro averiado.
- G. Leer shunts instalados en ánodos galvánicos para determinar la corriente de salida.

¹ Este valor refleja la proporción del examen cubierta (peso del dominio) por la sección indicada.

3.. Pruebas de campo (19- 21% Teoría y 22 a 28% Caso)

- A. Realizar la prueba de requerimiento de corriente.
- B. Realizar pruebas de pH del suelo.
- C. Realizar pruebas de caída IR.
- D. Realizar "pruebas de revestimiento en cortocircuito" en revestimientos que se sospecha que están en cortocircuito e interpretar los resultados de la prueba.
- E. Realizar exámenes de recubrimiento en secciones de tubería que han sido excavadas.
- F. Realizar pruebas de resistividad del suelo para evaluar el área para un sitio de lecho de ánodos convencional.
- G. Realizar estudios de gradiente de voltaje de CC (DCVG) y gradiente de voltaje de CA (ACVG) para evaluar la condición del recubrimiento de una sección de tubería.
- H. Realizar estudios computarizados de intervalo cerrado donde sea necesario y evaluar los gráficos producidos a partir de los datos.
- I. Localizar roturas en cables principales con un localizador de tuberías y cables de "tipo audio".
- J. Investigar cortocircuitos en una tubería u otra estructura.
- K. Verificar los resultados de la prueba de revestimiento en cortocircuito.
- L. Comprender los factores que afectan el rendimiento del sistema de protección catódica en el ánodo, en el rendimiento de la estructura, en el electrolito, en la trayectoria metálica, en la fuente de alimentación, debido a la disposición de los ánodos y la interferencia.
- M. Realizar pruebas avanzadas de protección catódica utilizando técnicas de medición correctas para monitorear el rendimiento del sistema de PC e interpretar con precisión los datos recopilados para garantizar un rendimiento óptimo del sistema de PC.
- N. Basándose en los datos recopilados, determinar si son necesarias correcciones/modificaciones en los componentes del sistema.
- O. Identificar errores en la recopilación de datos / mediciones de PC, incluidos errores de resistencia de contacto, errores de caída de voltaje y errores de electrodo de referencia.
- P. Utilizar los instrumentos necesarios para realizar pruebas avanzadas de protección catódica y la recopilación de mediciones de sistemas de protección catódica.
- Q. Realizar estudios de protección catódica, incluidos estudios de intervalo cerrado y DCVG donde sea necesario o requerido, y evaluar los gráficos producidos a partir de los datos recopilados durante los estudios.
- R. Solucionar problemas en rectificadores y realizar correcciones o reparaciones según sea necesario.
- S. Realizar pruebas de eficiencia en rectificadores.
- T. Instalar y poner en servicio nuevas instalaciones de rectificadores.
- U. Comprender la inspección en línea y directa (comprender y ser capaz de implementar ECDA).

4.. Interferencia de corriente par sita de CC (9-11% Teoría y 6-13% Caso)

- A. Realizar y documentar pruebas de interferencia donde se sospeche la presencia de corrientes parásitas.
- B. Una vez realizadas las pruebas de interferencia, sugerir un método de control que mitigue los efectos de la corriente parásita.
- C. Comprender cómo se pueden utilizar las estaciones de prueba de caída IR para evaluar la corriente parásita.
- D. Comprender cómo se pueden utilizar las estaciones de prueba de cupones para determinar la presencia y la mitigación de la corriente parásita.
- E. Calcular la resistencia necesaria para proporcionar la cantidad de drenaje de corriente deseada en una instalación de conexión de resistencia.
- F. Comprender las causas (fuentes) y los efectos de la interferencia.
- G. Comprender los métodos disponibles para mitigar la interferencia.

5.. Mitigación de CA (6 - 9 % Teoría y 1- 25% Caso)

- A. Comprender los requisitos de seguridad al instalar estaciones de prueba bajo líneas eléctricas de alta tensión.
- B. Tomar las medidas adecuadas para mitigar los efectos del voltaje de CA excesivo inducido en estructuras subterráneas.

6.. Teoría de la corrosión (16- 19% Teoría y 1- 6% Caso)

- A. Comprender la composición de una celda galvánica básica y las reacciones electroquímicas que permiten que la corrosión ocurra en el ánodo en lugar del cátodo.
- B. Describir las características de las reacciones anódicas y catódicas.
- C. Comprender y aplicar los principios de la electricidad y los circuitos eléctricos (circuitos en serie, en paralelo y serie-paralelo) (incluida la aplicación de las leyes de Ohm y Kirchhoff a los circuitos eléctricos).
- D. Realizar cálculos utilizando la Ley de Ohm y cálculos relacionados con circuitos en serie y en paralelo.
- E. Comprender cómo se forman las celdas de corrosión en objetos metálicos que están bajo tierra o sumergidos de otro modo en un electrolito.
- F. Comprender la Ley de Faraday y realizar cálculos utilizando la Ley de Faraday para determinar el peso del ánodo necesario para la protección catódica.

7. Polarización (9- 11% Teoría y 1- 6% Caso)

- A. Comprender la causa y el efecto de la polarización en una celda galvánica.
- B. Comprender la polarización por activación, por concentración y por resistencia, así como las expresiones matemáticas de estos conceptos.
- C. Comprender los factores que afectan la polarización (área, temperatura, movimiento relativo, concentración de iones, concentración de oxígeno).

8. Protección catódica (17- 20% Teoría y 13- 19% Caso)

- A. Comprender el concepto de protección catódica y conocer los componentes necesarios tanto para sistemas galvánicos como para sistemas de corriente impresa.
- B. Ser capaz de diseñar e instalar formas simplificadas de instalaciones de protección catódica galvánica y de corriente impresa.
- C. Comprender la relación entre la protección catódica y otros métodos para la mitigación de la corrosión.
- D. Comprender los factores que afectan la cantidad de corriente necesaria para un sistema de protección catódica.
- E. Comprender los criterios de NACE para la protección catódica y ser capaz de aplicar los criterios y ajustar los sistemas de PC según sea necesario para cumplir con los criterios definidos por la empresa donde trabaja el tecnólogo.
- F. Comprender la caída IR y ser capaz de determinar la caída IR y aplicar técnicas de corrección según sea necesario.
- G. Comprender y aplicar los criterios E-Log-I y construir curvas de polarización.
- H. Comprender el concepto de distribución de corriente y ser capaz de determinar la distribución de corriente ideal para un sistema de PC considerando los factores que afectan la distribución de corriente (distancia de separación ánodo-cátodo, variación de la resistividad del electrolito y la estructura, y atenuación de la corriente).
- I. Comprender los efectos de la geometría de la trayectoria de la corriente, los recubrimientos protectores y la polarización en la distribución de la corriente.

9. Diseño (11- 14% Teoría y 6- 13% Caso)

- A. Utilizar datos de campo para realizar los cálculos necesarios para diseñar fuentes de corriente de protección catódica.
- B. Seleccionar ubicaciones de sitio e implementar el diseño de fuentes de corriente de protección catódica para sistemas de tuberías de distribución o transmisión.
- C. Diseñar sistemas de protección catódica para el interior de tanques de agua.
- D. Diseñar sistemas de protección catódica para fondos de tanques de almacenamiento sobre el nivel del suelo (AST).
- E. Diseñar sistemas de protección catódica para tanques de almacenamiento subterráneos (UST).
- F. Trabajar con ingeniería en el uso adecuado del aislamiento eléctrico para instalaciones recién diseñadas.
- G. Proporcionar información sobre el rendimiento de los recubrimientos subterráneos para aquellos que seleccionan recubrimientos para nuevas instalaciones.

Apéndice B

Capacitación de preparación para exámenes y materiales de estudio

Capacitación de preparación sugerida (CP 3)

1. Tecnólogo en Protección Catódica de AMPP - Curso CP 3
2. Técnico en Protección Catódica de AMPP - Curso CP 2
3. Probador en Protección Catódica de AMPP - Curso CP 1

Capacitación de preparación sugerida (CP 3)

1. Guía de preparación para el examen de Tecnólogo en Protección Catódica de AMPP (EPG)
2. Guía de preparación para el examen de Técnico en Protección Catódica de AMPP (EPG)
3. Guía de preparación para el examen de Probador en Protección Catódica de AMPP (EPG)

Material de estudio sugerido para Especialista en Protección Catódica (CP 3)

Libros

1. Peabody, A. W. (2001). *Peabody's control of pipeline corrosion* (No. Ed. 2). Incluyendo:
 - Derivado de las ecuaciones en "Calculation of Resistance to Ground" (Cálculo de la resistencia a tierra), por H.B. Dwight. *Electrical Engineering*, (1936).
 - Derivado de las ecuaciones en "Earth Conduction Effects in Transmission Systems" (Efectos de conducción a tierra en sistemas de transmisión), por Erling D., Sunde. D. Van Nostrand Co., Inc. (1949).
2. *Corrosion Tests and Standards: Application and Interpretation—Second Edition*. (Pruebas y estándares de corrosión: Aplicación e interpretación—Segunda edición). (2005). Baboian, R. ASTM
3. *Handbook of Cathodic Corrosion Protection—Third Edition*. (Manual de protección catódica contra la corrosión—Tercera edición). Von Baeckmann, W., Schwenk, W., Prinz, W. (1997) Gulf Professional Publishing.
4. *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions* (Atlas de equilibrios electroquímicos en soluciones acuosas). Pourbaix, M. (1974). NACE.
5. *NACE Corrosion Engineers Reference Handbook*, Baboian, 3rd Edition (2002) (Manual de referencia para ingenieros de corrosión de NACE, Baboian, 3^a edición)
6. *Pipeline Corrosion and Cathodic Protection*, Parker, M.E. 3rd Edition (1999) (Corrosión de tuberías y protección catódica, Parker, M.E. 3^a edición)
7. *Deep Anode Systems: Design, Installation, and Operation*, Lewis, T.H. (2000) (Sistemas de ánodos profundos: Diseño, instalación y operación). NACE.

Estándares¹

1. NACE SP 0169 (2013), "Control of External Corrosion on Underground of Submerged Metallic Piping Systems" (Control de la corrosión externa en sistemas de tuberías metálicas subterráneas o sumergidas). NACE International.
2. NACE SP 0177 (2014), "Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems" (Mitigación de los efectos de la corriente alterna y los rayos en estructuras metálicas y sistemas de control de corrosión).
3. NACE SP 0285 (2011), "Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection" (Control de la corrosión de sistemas de tanques de almacenamiento subterráneos mediante protección catódica)
4. NACE SP 0193 (2016), "External Cathodic Protection of On-Grade Carbon Steel Storage Tank Bottoms" (Protección catódica externa de fondos de tanques de almacenamiento de acero al carbono sobre el nivel del suelo)
5. NACE SP 0176 (2022), "Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production" (Control de la corrosión de áreas sumergidas de estructuras marinas de acero instaladas permanentemente asociadas con la producción de petróleo)
6. NACE SP 0204 (2015), "Stress Corrosion Cracking (SCC) Direct Assessment Methodology" (Metodología de evaluación directa del agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC))
7. NACE SP 21424 (2018), "Alternating Current Corrosion on Cathodically Protected Pipelines: Risk Assessment, Mitigation, and Monitoring" (Corrosión por corriente alterna en tuberías protegidas catódicamente: Evaluación de riesgos, mitigación y monitoreo).
8. NACE SP 0200 (2014), "Prácticas para tuberías revestidas de acero".
9. NACE SP 0575 (2007), "Sistemas de protección catódica (PC) interna en recipientes de tratamiento de petróleo".
10. NACE TM 0102 (2002). "Medición de la conductancia del revestimiento protector en tuberías subterráneas".

Otros recursos

1. NACE SP 0207 (2007), "Realización de estudios de potencial de intervalo cerrado y estudios de gradiente de potencial de superficie de CC en tuberías metálicas enterradas o sumergidas".
2. NACE SP 0497 (2012), "Técnicas de medición relacionadas con los criterios para la protección catódica en sistemas de tuberías metálicas subterráneas o sumergidas".
3. NACE SP 0102 (2002), "Medición de la conductancia eléctrica del revestimiento protector en tuberías subterráneas".

4. NACE SP 0290 (2007), "Protección catódica por corriente impresa del acero de refuerzo en estructuras de hormigón expuestas a la atmósfera".
5. NACE SP 0196 (2015), "Protección catódica con ánodos galvánicos de superficies internas sumergidas de tanques de almacenamiento de agua de acero".
6. NACE SP 0575 (2007), "Sistemas de protección catódica (PC) interna en recipientes de tratamiento de petróleo".
7. NACE SP 0286 (2007), "Aislamiento eléctrico de tuberías con protección catódica".
8. NACE TM 0115 (2015), "Prueba de desprendimiento catódico para estructuras de acero revestidas bajo protección catódica".
9. NACE SP 0104 (2014), "El uso de cupones para aplicaciones de monitoreo de protección catódica".
10. NACE SP 0408 (2014), "Protección catódica del acero de refuerzo en estructuras de hormigón enterradas o sumergidas".
11. NACE SP 0100 (2014), "Protección catódica para controlar la corrosión externa de tuberías de hormigón a presión y tuberías de acero revestidas con mortero para servicio de agua o aguas residuales".
12. NACE SP 0294 (2016), "Pruebas de ánodos de corriente impresa embebibles para su uso en la protección catódica de hormigón armado con acero expuesto a la atmósfera".
13. NACE SP 0572 (2007), "Diseño, instalación, operación y mantenimiento de lechos de ánodos profundos de corriente impresa".
14. NACE TM 0105 (2016), "Evaluación de revestimientos que contienen pigmentación de carbono conductor para su uso como ánodo en hormigón armado expuesto a la atmósfera".
15. NACE RP 0375 (2006), "Sistemas de revestimiento de cera subterráneos aplicados en campo para tuberías subterráneas, aplicación, rendimiento y control de calidad".
16. NACE TM 21423 (2017), "Método de prueba para la determinación de los límites de temperatura del sustrato y la superficie para revestimientos aislantes utilizados para la protección del personal".
17. NACE MR 0174 (2007), "Selección de inhibidores para su uso como lubricantes de roscas de varillas de bombeo".
18. NACE TM 0404 (2004), "Evaluación del sistema de revestimiento para nuevas construcciones en zonas atmosféricas y de salpicaduras de plataformas marinas".
19. NACE TM 0304 (2004), "Evaluación del sistema de revestimiento de mantenimiento en zonas atmosféricas y de salpicaduras de plataformas marinas".
20. NACE SP 0107 (2017), "Realcalinización electroquímica y extracción de cloruros para hormigón armado".
21. NACE SP 0187 (2017), "Consideraciones de diseño para el control de la corrosión del acero de refuerzo en el hormigón".
22. NACE SP 0487 (2007), "Consideración en la selección y evaluación de preventivos de óxido e inhibidores de corrosión por vapor para la protección contra la corrosión provisional (temporal)".
23. NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC CS 23, "Especificación para la aplicación de revestimientos por proyección térmica (metalización) de aluminio, zinc y sus

- aleaciones y compuestos para la protección contra la corrosión del acero”.
24. NACE TM 0183 (2018), “Evaluación de revestimientos plásticos internos para el control de la corrosión de productos tubulares en un entorno de flujo acuoso”.
 25. NACE TM 0113 (2013), “Evaluación de la precisión de los electrodos de referencia de grado de campo”.
 26. Estándar Nacional Estadounidense para el Uso del Sistema Internacional de Unidades (SI): El Sistema Métrico Moderno ASTM SI 10. (2002). ASTM
 27. ASTM G97-97 (2013), “Método de prueba estándar para la evaluación de laboratorio de especímenes de prueba de ánodos de sacrificio de magnesio para aplicaciones subterráneas”.
 28. ASTM B418 16-a, “Especificación estándar para ánodos galvánicos de zinc fundido y forjado”.
 29. DIN 30676 (1985-10), “Diseño y aplicación de protección catódica de superficies externas”.
 30. CSN EN 12954, “Protección catódica de estructuras metálicas enterradas o sumergidas – Principios generales y aplicación para tuberías”.
 31. ISO 15589-1 (2015), “Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural – Protección catódica de sistemas de tuberías – Parte 1: Tuberías terrestres”.
 32. ISO 18086 (2015), “Corrosión de metales y aleaciones – Determinación de los criterios de protección contra la corrosión por CA”.
 33. “Una comparación de ánodos para sistemas de corriente impresa”, Jakobs, J.A., NACE Región Canadiense, Conferencia Occidental. (1980)
 34. “Investigación del suelo empleando un nuevo método de determinación del valor de capa para la interpretación de la resistividad terrestre”, Barnes, H.E. (1952). Departamento de Carreteras del Estado de Michigan.
 35. “Métodos mejorados de estudio de potencial tubería-suelo”, Informe final de PRCI, PR-186-807. Thompson, N.G., Lawson, K.M. (1991)

¹ Cuando corresponda, los candidatos pueden tener acceso a todo o parte de este material de referencia como parte del examen.

Apéndice C

Preparación de ecuaciones y materiales de estudio

Recurso de cálculo¹

NOTA: Todas las referencias, incluidas las ecuaciones, se han tomado de las fuentes originales y pueden diferir de las utilizadas en los manuales y presentaciones del curso.

RESISTENCIA A TIERRA DE UN ÁNODO VERTICAL ÚNICO

$$R_v = \left[\frac{0.00521\rho}{L} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 \right]$$

Dónde:

R_v = resistencia (Ω)
 ρ = resistividad (Ω -cm)
 L = longitud del ánodo (pies)
 d = diámetro del ánodo (pies)

O

$$R_v = \left[\frac{\rho}{2\pi L} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 \right]$$

Dónde:

R_v = resistencia (Ω)
 ρ = resistividad (Ω -m)
 L = longitud del ánodo (m)
 d = diámetro del ánodo (m)

RESISTENCIA A TIERRA DE MÚLTIPLES ÁNODOS VERTICALES

$$R_v = \left[\frac{0.00521\rho}{NL} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 + \left[\frac{2L}{S} \right] \ln(0.66N) \right]$$

Dónde:

R_v = resistencia (Ω)
 ρ = resistividad (Ω -cm)
 L = longitud del ánodo (pies)
 N = número de ánodos
 S = separación entre ánodos de centro a centro (pies)
 d = diámetro del ánodo (pies)

O

$$R_v = \left[\frac{\rho}{2\pi NL} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 + \left[\frac{2L}{S} \right] \ln(0.66N) \right]$$

Dónde:

R_v = resistencia (Ω)
 ρ = resistividad (Ω -m)
 L = longitud del ánodo (m)
 N = número de ánodos (m)
 S = distancia entre ánodos (m)
 d = diámetro del ánodo (m)

NOTA: Utilice las unidades especificadas.

¹ El candidato tendrá acceso a este material de referencia necesario como parte del examen

RESISTENCIA A TIERRA DE UN ÁNODO HORIZONTAL ÚNICO

$$R_H = \left[\frac{0.00521\rho}{L} \right] \left[\ln \left[\frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} \right] + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right]$$

Dónde:

R_H = resistencia (Ω)

ρ = resistividad (Ω -cm)

L = longitud del ánodo (pies)

S = doble de la profundidad del ánodo (pies)

d = diámetro del ánodo (pies)

OR

$$R_H = \left[\frac{\rho}{2\pi L} \right] \left[\ln \left[\frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} \right] + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right]$$

Dónde:

R_H = resistencia (Ω)

ρ = resistividad (Ω -m)

L = longitud del ánodo (m)

S = doble de la profundidad del ánodo (m)

d = diámetro del ánodo (m)

RESISTENCIA A TIERRA DE MÚLTIPLES ÁNODOS HORIZONTALES

$$R_T = \frac{R_H}{N} F$$

Dónde:

R_T = resistencia de ánodos horizontales múltiples (Ω)

F = factor de interferencia o apiñamiento de ánodos

R_H = resistencia de un solo ánodo horizontal (Ω)

N = número de ánodos

LEY DE KIRCHHOFF

$$V_m = \frac{R_m}{R_t} E_t$$

Dónde:

V_m = caída de tensión a través del voltímetro

R_m = resistencia de entrada del voltímetro

R_t = resistencia total

E_t = verdadero potencial

IIINTERFERENCIA DE ÁNODOS ENTRE ÁNODOS (Factor de aglomeración "Crowding Factor")

$$F = 1 + \frac{\rho}{\pi S R_H} \ln[0.66N]$$

F = factor de interferencia o apiñamiento del ánodo

ρ = resistividad en (Ω -m)

R_H = resistencia de un solo ánodo horizontal (Ω)

N = número de ánodos

S = distancia entre ánodos (m)

RESISTENCIA DE TUBERÍAS O CABLES DEBIDO A LA RESISTIVIDAD (Ley de Pouillet)

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Dónde:

R = resistencia (Ω)

ρ = resistividad en ohm-cm

A = área de la sección transversal en cm^2

L = longitud en cm

LONGITUD DE LA ESTRUCTURA DESNUDA QUE RECIBE PROTECCIÓN

$$L = 2d \tan 60^\circ$$

Dónde:

d = distancia perpendicular entre el ánodo y la estructura

L = longitud de la estructura que recibe la protección

CONVERSIÓN DE TEMPERATURA

$$^\circ\text{C} = \frac{5}{9} (^\circ\text{F} - 32^\circ)$$

$$^\circ\text{F} = \frac{9}{5} (^\circ\text{C} + 32^\circ)$$

PRUEBAS DE CONDUCCIÓN DE RECUBRIMIENTOS Fórmulas aplicables:

- Corriente de prueba aplicada = I_T
- Desplazamiento de voltaje resultante de la corriente de prueba aplicada ΔV_1 and ΔV_2
- Resistencia a tierra de la tubería, $R_p = \frac{\Delta V_{AVG}}{\Delta I_T}$
- Resistencia del revestimiento de tuberías, $R_C = R_p * A$, where $A = \pi dl$
- Conductancia del revestimiento de tuberías, $S = \frac{1}{R_c}$

RESISTIVIDAD DEL SUELO WENNER

$$\rho = 2\pi AR$$

Dónde:

ρ = resistividad del suelo en $\Omega\text{-cm}$

A = distancia entre sondas en cm

R = resistencia del suelo (Ω) {lectura del instrumento}

OR

$$\rho = 191.5 AR$$

Dónde:

ρ = resistividad del suelo en $\Omega\text{-cm}$

A = distancia entre sondas en pies

R = resistencia del suelo (Ω) {lectura del instrumento}

POTENCIAL VERDADERO - Corrección de la medición de impedancia de entrada

$$E_{true} = \frac{V_h(1 - K)}{1 - \left| K \left(\frac{V_h}{V_l} \right) \right|}$$

Dónde:

E_{true} = potencial verdadero (V)

K = relación de resistencia de entrada R_l/R_h

R_l = resistencia de entrada más baja (Ω)

R_h = resistencia de entrada más alta (Ω)

V_l = tensión medida con la resistencia de entrada más baja (V)

V_h = tensión medida con la resistencia de entrada más alta (V)

$$\frac{V_m}{E_{true}} = \frac{R_m}{R_t}$$

Dónde:

V_m = Voltaje del medidor

E_{true} = Diferencia de potencial real

R_m = Resistencia del medidor

R_t = Resistencia del electrodo de referencia a tierra

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL CIRCUITO

$$R_c = R_r - R_m$$

Dónde:

R_{circ} = Resistencia en el circuito de medición, excluyendo la resistencia del medidor.

Marzo de 2026

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA TUBERÍA A TIERRA REMOTA

$$R_{p,re} = \frac{(V_{on} - V_{off})}{I_t}$$

Dónde:

$R_{p,re}$ = resistencia en tierra remota en ohmios

V_{on} = VDC con corriente de prueba “activada”

V_{off} = VDC con la corriente de prueba “apagada”

I_t = corriente de prueba

$$R_{p,re} = \frac{r'_c}{I_t}$$

Dónde:

• $R_{p,re}$ = resistencia a tierra remota en ohmios

• pc' = resistencia específica del revestimiento

• I_t = corriente de prueba

CONVERSIÓN DE TEMPERATURA DEL ELECTRODO DE REFERENCIA

$$E = E^{\circ}_{25^{\circ}C_{SHE}} + k_t(T - 25^{\circ}C)$$

Dónde:

k_t = coeficiente de temperatura en $\frac{mV}{^{\circ}C}$

E_t = coeficiente de temperatura T en $^{\circ}C_{SHE}$

$E^{\circ}_{25^{\circ}SHE}$ = potencial de referencia en $25^{\circ}C$

ATENUACIÓN

$$\alpha = \sqrt{rg}$$

Dónde:

α = constante de atenuación

r = resistencia longitudinal de la estructura (Ω)

g = conductancia a tierra en S

$$r' = R_L A_S$$

Dónde:

r' = resistencia específica de fuga ($\Omega\text{-m}^2$ ($\Omega\text{-ft}^2$))

R_L = resistencia de fuga total media (Ω)

A_S = superficie total (m^2 (ft^2))

$$R_G = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

Dónde:

R_G = resistencia característica

r = resistencia longitudinal (Ω) de la estructura

g = conductancia a tierra en S

R_{SS} = resistencia (Ω) mirando hacia la línea abierta

RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO

$$R_t = \frac{R_m * E_{true}}{V_m}$$

Dónde:

R_t = Resistencia total del circuito

R_m = Resistencia de entrada del medidor

E_{true} = Potencial real (V)

V_m = Potencial medido (Vh)

DETERMINAR LA RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL REVESTIMIENTO

$$R_{sect@1000\Omega\text{-cm}} = R_{sect} * \frac{1000}{p_{test}}$$

Dónde:

$R_{sect@1000\Omega\text{-cm}}$ = resistencia específica del revestimiento

R_{sect} = resistencia medida

p_{test} = resistividad del suelo

$$g'_c = \frac{1}{r'_c}$$

g'_c = Conductancia específica del revestimiento

r'_c = Resistencia específica del revestimiento

DENSIDAD DE CORRIENTE ALTERNA

$$i_{AC} = \frac{8V_{AC}}{\rho\pi d}$$

Dónde:

I_{AC} = densidad de corriente alterna (A / m²)

V_{AC} = voltios de corriente alterna (V)

ρ = resistividad del suelo (Ω-m)

d = diámetro de la holiday (m)

ECUACIONES DE NERNST

$$E_M = E_M^o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\alpha^{M^{n+}}}{\alpha^{M^o}}$$

Dónde:

E_M = potencial metálico

E_M^o = potencial del metal en condiciones estándar

R = constante universal de los gases (J/mol-°K)

T = temperatura absoluta (°K)

F = Constante de Faraday (96,500 coulombs)

$\alpha^{M^{n+}}$ = actividad del ion metálico

α^{M^o} = actividad del metal

n = número de electrones transferidos

DISTANCIA DE ARCO ELÉCTRICO

Cuando:

$p \leq 1000 \Omega\text{-m}$

$$r = (0.08 * \sqrt{If * p})$$

O

Cuando:

$p > 1000 \Omega\text{-m}$

$$r = (0.047 * \sqrt{If * p})$$

Dónde:

r = distancia de arco eléctrico (m)

If = magnitud de falla (kA)

p = resistividad del suelo (Ω-m)

CAPA DE BARNES

$p_{L1} = 2 * \pi * L_1 * R_{L1}$ (Resistividad de la capa 1)

$R_{L2} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 - R_2)}$ (Resistencia de la capa 2)

$p_{L2} = 2 * \pi * L_2 * R_{L2}$ (Resistividad de la capa 2)

$R_{L3} = \frac{R_2 R_3}{(R_2 - R_3)}$ (Resistencia de la capa 3)

$p_{L3} = 2 * \pi * L_3 * R_{L3}$ (Resistividad de la capa 3)

$R_{L4} \dots \dots \dots$, etc.

$p_{L4} \dots \dots \dots$, etc.

Dónde:

p_{L1} = resistividad de la capa 1 (ohm-m)

R_{L2} = Resistencia de la capa 2 (ohms)

R_1 = Resistencia medida hasta la profundidad L_1 (Ohms)

R_2 = Resistencia medida hasta la profundidad L_2 (Ohms)

p_{L2} = Resistividad de la capa 2 (ohm-m)

R_{L3} = Resistencia de la capa 3 (ohms)

R_2 = Resistencia medida a la profundidad L_1 (Ohms)

R_3 = Resistencia medida a la profundidad L_2 (Ohms)

p_{L3} = Resistividad de la capa 3 (ohm-m)

Apéndice D

Preparación de tablas / escalas y materiales de estudio

Referencias de tabla/escala¹

NOTA: Todas las referencias, incluidas las ecuaciones, se tomaron de fuentes originales y pueden diferir de las utilizadas en los manuales y presentaciones del curso.

METRIC PREFIXES

Prefix	Symbol	Factor	Power
tera	T	1 000 000 000 000	10^{12}
giga	G	1 000 000 000	10^9
mega	M	1 000 000	10^6
kilo	k	1 000	10^3
hecto	h	100	10^2
deca	da	10	10^1
(none)	(none)	1	10^0
deci	d	0.1	10^{-1}
centi	c	0.01	10^{-2}
milli	m	0.001	10^{-3}
micro	μ	0.000 001	10^{-6}
nano	n	0.000 000 001	10^{-9}
pico	p	0.000 000 000 001	10^{-12}

CONVERSIONS

EMF	electromotive force – any voltage unit
E or e	any voltage unit
V	volts
mV	millivolts
μ V	microvolts
I	any amperage unit
mA	milliamperes or milliamps
μ A	microampere or microamps
R or Ω	Resistance

1,000,000 volts	=	1 megavolt
1,000 volts	=	1 kilovolt
1.0 volt	=	1000 millivolts
0.100 volt	=	100 millivolts
0.010 volt	=	10 millivolts
0.001 volt	=	1 millivolt
0.000001 volt	=	1 microvolt
1,000,000 amperes	=	1 mega-ampere
1,000 amperes	=	1 kiloampere
1000 milliamperes	=	1 ampere
0.100 ampere	=	100 milliamperes
0.010 ampere	=	10 milliamperes
0.001 ampere	=	1 milliampere
0.000001 ampere	=	1 microampere
1,000,000 ohms	=	1 mega-ohm
1,000 ohms	=	1 kilo-ohm
1.0 ohms	=	1000 milliohms
0.100 ohm	=	100 milliohms
0.010 ohm	=	10 milliohms
0.001 ohm	=	1 milliohm
0.000001 ohm	=	1 micro-ohm
1 meter	=	100 cm
1 meter	=	1000 mm
1 inch	=	2.54 cm
1 foot	=	30.48 c

¹ El candidato tendrá acceso a este material de referencia necesario como parte del examen.

U.S. Customary/Metric Conversion for Units of Measure Commonly Used in Corrosion-Related Publications

1 A/ft ²	= 10.76 A/m ²	1 inH ₂ O	= 249.1 Pa
1 acre	= 4,047 m ² = 0.4047 ha	1 knot	= 0.5144 m/s
1 Ah/lb	= 2.205 Ah/kg	1 ksi	= 6.895 MPa
1 bbl (oil, U.S.)	= 159 L = 0.159 m ³	1 lb	= 453.6 g = 0.4536 kg
1 bpd (oil)	= 159 L/d = 0.159 m ³ /d	1 lbf/ft ²	= 47.88 Pa
1 Btu	= 1,055 J	1 lb/ft ³	= 16.02 kg/m ³
1 Btu/ft ²	= 11,360 J/m ²	1 lb/100 gal (U.S.)	= 1.198 g/L
1 Btu/h	= 0.2931 W	1 lb/1,000 bbl	= 2.853 mg/L
1 Btu/h-ft ²	= 3.155 W/m ² (K-factor)	1 mA/in ²	= 0.155 mA/cm ²
1 Btu/h-ft ² °F	= 5.678 W/m ² K	1 mA/ft ²	= 10.76 mA/m ²
1 Btu-in/h-ft ² °F	= 0.1442 W/mK	1 Mbpd (oil)	= 159 kL/d = 159 m ³ /d
1 cfm	= 28.32 L/min = 0.02832 m ³ /min	1 mile	= 1.609 km
	= 40.78 m ³ /d		
1 cup	= 236.6 mL = 0.2366 L	1 square mile	= 2.590 km ²
1 cycle/s	= 1 Hz	1 mile (nautical)	= 1.852 km
1 ft	= 0.3048 m	1 mil	= 0.0254 mm = 25.4 μm
1 ft ²	= 0.0929 m ² = 929 cm ²	1 MMcfd	= 2.832 x 10 ⁴ m ³ /d
1 ft ³	= 0.02832 m ³ = 28.32 L	1 mph	= 1.609 km/h
1 ft·lbf (energy)	= 1.356 J	1 mpy	= 0.0254 mm/y = 25.4 μm/y
1 ft·lbf (torque)	= 1.356 N·m	1 oz	= 28.35 g
1 ft/s	= 0.3048 m/s	1 oz fluid (Imp.)	= 28.41 mL
1 gal (Imp.)	= 4.546 L = 0.004546 m ³	1 oz fluid (U.S.)	= 29.57 mL
1 gal (U.S.)	= 3.785 L = 0.003785 m ³	1 oz/ft ²	= 2.993 Pa
1 gal (U.S.)/min (gpm)	= 3.785 L/min = 0.2271 m ³ /h	1 oz/gal (U.S.)	= 7.49 g/L
1 gal/bag (U.S.)	= 89 mL/kg (water/cement ratio)	1 psi	= 0.006895 MPa = 6.895 kPa
1 grain	= 0.06480 g = 64.80 mg	1 qt (Imp.)	= 1.1365 L
1 grain/ft ³	= 2.288 g/m ³	1 qt (U.S.)	= 0.9464 L
1 grain/100 ft ³	= 22.88 mg/m ³	1 tablespoon (tbs)	= 14.79 mL
1 hp	= 0.7457 kW	1 teaspoon (tsp)	= 4.929 mL
1 microinch (μin)	= 0.0254 μm = 25.4 nm	1 ton (short)	= 907.2 kg
1 in	= 0.0254 m = 2.54 cm = 25.4 mm	1 U.S. bag cement	= 42.63 kg (94 lb)
1 in ²	= 6.452 cm ² = 645.2 mm ²	1 yd	= 0.9144 m
1 in ³	= 16.387 cm ³ = 0.01639 L	1 yd ²	= 0.8361 m ²
1 in·lbf (torque)	= 0.113 N·m	1 yd ³	= 0.7646 m ³
1 inHg	= 3.386 kPa		

Electrodos de Referencia Comunes y Sus Potenciales a Coeficientes de Temperatura

Electrodo de Referencia	Solución Electrolítica	Potencial en 25 °C (V/ _{SHE})	Coeficiente de Temperatura (mV/°C)
Cu/ CuSO ₄ (CSE)	Sat. CuSO ₄	+0.316	0.9
Ag/AgCl (SJ) (SSC)	0.6M NaCl (3½%)	+0.256	-0.33
Ag/AgCl (LJ) (SSC)	Sat. KCl	+0.222	-0.70
Ag/AgCl (LJ) (SSC)	0.1N KCl	+0.288	-0.43
Sat. Calomel (SCE)	KCl Sat	+0.244	-0.70
Zn (ZRE)	Solución Salina	-0.79	---
Zn (ZRE)	Suelo	-0.80	---

SJ – unión sólida

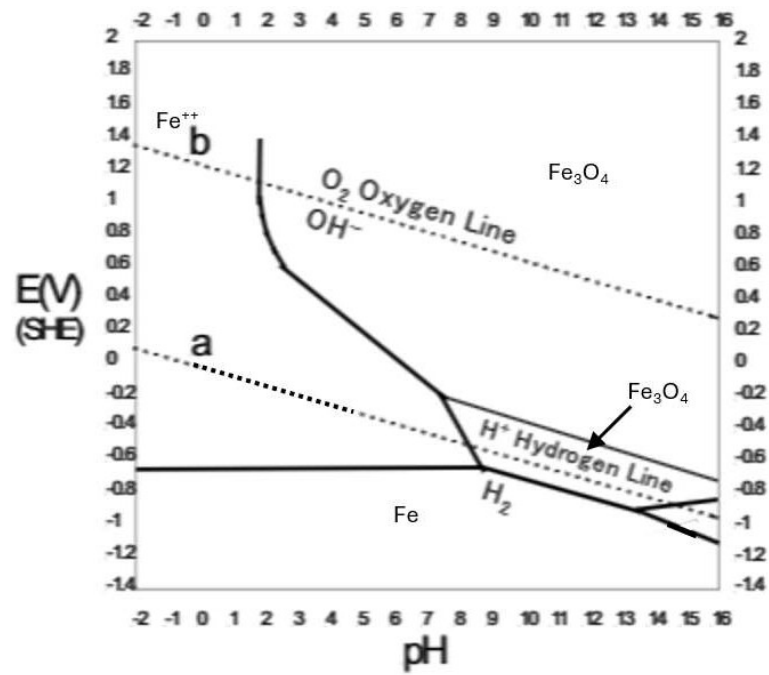
LJ – unión líquida

Tasa de Consumo Típica y Capacidades de Diferentes Materiales de Ánodo en Suelos o Aguas Dulces

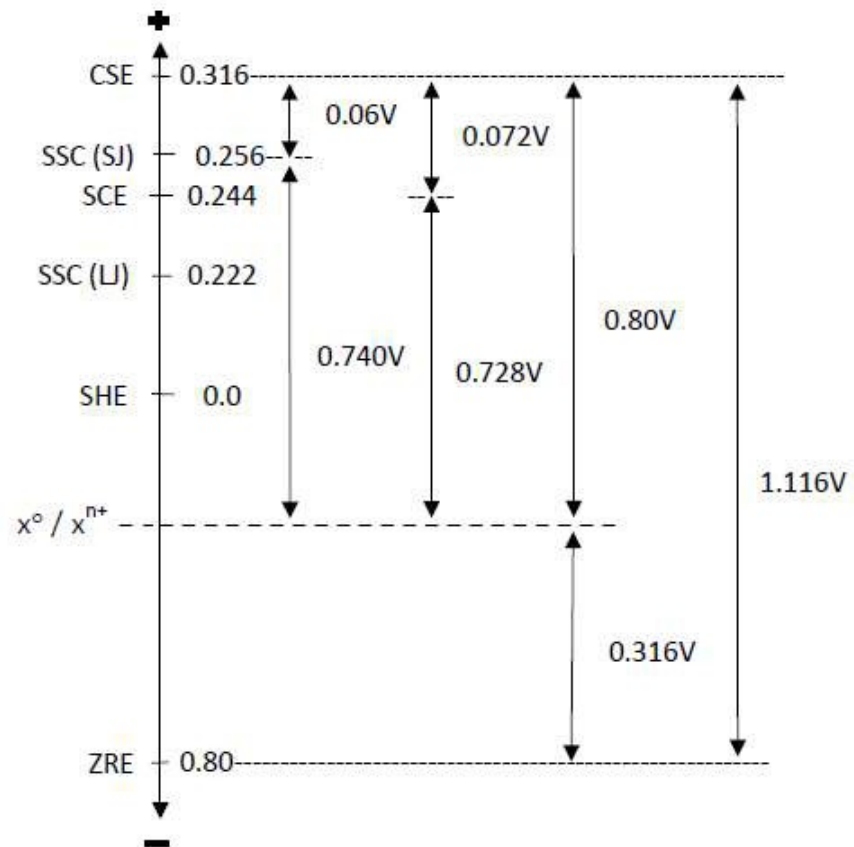
		Theoretical Consumption Rate		Theoretical Capacity		Typical Efficiency (1)
		kg / A-y	lb. / A-y	A-y / kg	A-y / lb.	%
Galvanic Anode Material	Magnesium	3.98	8.76	0.250	0.114	50
	Zinc	10.76	23.50	0.093	0.042	90
	Aluminum	2.94	6.49	0.340	0.155	85 - 95
Impressed Current Anode	Graphite / Carbon	0.1 to 1.0	0.22 to 2.2	10.1 to 1.0	4.5 to 0.45	
	High Silicon Iron	0.25 to 1.0	0.55 to 2.2	4.0 to 1.0	1.8 to 0.45	
	Steel	9.1	20	0.11	0.05	90

Nota: Los ánodos recubiertos de platino y de óxido metálico mixto se cuantifican por el espesor de la película superficial en lugar de por peso.

⁽¹⁾ La eficiencia de los ánodos galvánicos depende de la densidad de corriente del ánodo.

Diagrama Típico de Potencial-pH (Pourbaix) Hierro en Agua a 25°C

Escala de Conversión de Electrodo de Referencia



(SJ) = only solid silver chloride (AgCl) over the silver wire.

(LJ) = a silver wire surrounded by a concentrated solution of KCl.

Apéndice E

Requisitos de certificación

Requisitos de certificación

Los requisitos de certificación para Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3) son los siguientes:

1. Cumplir con los requisitos de experiencia laboral y educación:

Certificación de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3)	
✓	Opción uno
	• Licenciatura en ciencias físicas o ingeniería; y, • 3 años de experiencia laboral verificable en protección catódica.
O	
✓	Opción dos
	• 2 años de formación posterior a la escuela secundaria en matemáticas/ciencias aprobadas o escuela técnica/comercial; y, • 6 años de experiencia laboral verificable en protección catódica.
O	
✓	Opción tres
	• 8 años de experiencia laboral verificable en protección catódica.

2. Cumplir con los requisitos previos:

✓	Requisito previo	Finalización exitosa del curso de tica para el Profesional de la Corrosión o un equivalente de formación aceptado.
---	-------------------------	---

3. Tomar y completar con éxito el/los examen(es) requerido(s):

a. Candidatos de legado

✓	Examen de certificación	Examen teórico de Tecnólogo en Protección Catódica.
✓	Examen de certificación	Examen basado en casos de Tecnólogo en Protección Catódica.

O

b. Candidatos nuevos (no de legado)

✓	Examen de certificación	Examen de Tecnólogo en Protección Catódica (CP 3).
---	-------------------------	--

4. Complete y solicite la certificación:

✓	Enviar una solicitud	Los candidatos deben solicitar esta certificación enviando una solicitud en línea.
---	----------------------	--

- La solicitud está sujeta a revisión y aprobación.
 - Tras completar con éxito **todos** los requisitos, la acreditación y certificación de AMPP otorgará al candidato el reconocimiento de la industria como Tecnólogo en Protección Catódica certificado por AMPP.
 - La aprobación del/de los examen(es) de certificación por sí sola no otorga al candidato ningún derecho a utilizar el título de la certificación.
 - La finalización del curso de Tecnólogo en Protección Catódica por sí sola no otorga al candidato ningún derecho a utilizar el título de la certificación.

5. Aceptar los términos y condiciones:

✓	Aceptar los términos y condiciones	Los candidatos deben aceptar los términos y condiciones.
---	---	--

6. Pagar la tarifa de solicitud cuando corresponda:

✓	Pagar la tarifa de solicitud	Los candidatos deben pagar la tarifa de solicitud cuando corresponda.
---	-------------------------------------	---

Los candidatos tienen un plazo de cuatro (4) años para completar el nivel de certificación¹.

El plazo comienza cuando ocurre cualquiera de los siguientes eventos iniciales:

- ✓ Finalización exitosa de la certificación requerida
- ✓ Solicitud de credencial aprobada

Restricciones para completar el examen del candidato:

Candidatos antiguos: Los espacios para el examen de Teoría y Casos Prácticos de Tecnólogo en Protección Catódica (CP3) se ofrecen en intervalos de 6 meses.

- ✓ Intento inicial del candidato para aprobar.
- ✓ Un intervalo de espera de 6 meses por intento.
- ✓ Dentro del plazo de 4 años:
 - Un total de seis (6)ⁱ intentos de examen para la parte teórica.
 - Un total de seis (6)ⁱ intentos de examen para la parte de casos prácticos.

¹ Si se excede el plazo de 4 años, el candidato deberá volver a realizar cualquier examen aprobado con éxito como parte de un nuevo plazo de 4 años.

Candidatos nuevos (no antiguos): Los espacios para el examen de Teoría / Aplicado se ofrecen en intervalos de 6 meses intervalos.

- ✓ Intento inicial del candidato para aprobar.
- ✓ Un intervalo de espera de 6 meses por intento.
- ✓ Dentro del plazo de 4 años:
 - Un total de seis (6)ⁱ intentos de examen.

ⁱ Hasta enero de 2028, el número de intentos de examen que pueden ocurrir dentro del plazo de 4 años de un candidato se limitará a ocho (8) intentos de examen.

Apéndice F: Ejemplos de preguntas de examen

Ejemplos de preguntas de examen

Descripción de las preguntas

Este examen a libro cerrado consta de preguntas de opción múltiple. Las preguntas se basan en el plan de examen de conocimientos y habilidades necesarios en la industria de CP para un Tecnólogo en Protección Catódica.

Ejemplos de preguntas teóricas

A continuación se proporcionan ejemplos de preguntas para ilustrar el tipo de contenido que aparecerá en el examen. No debe considerar su desempeño en los ejemplos de preguntas como un predictor de su desempeño en el examen real. Los ejemplos de preguntas son solo para fines ilustrativos.

Preguntas de tipo teórico

1. Si se mide un potencial de $-700 \text{ mVDC}_{\text{CSE}}$ con la referencia a 25°C , ¿cuál es el potencial medido si la referencia está a 40°C ?
 - A. $-686 \text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
 - B. $-700 \text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
 - C. $-714 \text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
 - D. $-868 \text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
2. ¿Cuál de las siguientes condiciones aumentará la polarización del ánodo galvánico?
 - A. Mayor agitación
 - B. Disminución de iones Mn^+
 - C. Disminución de la temperatura
 - D. Mayor área superficial

3. ¿Cuánto tiempo ha estado APAGADO este rectificador durante este período de 30 días dados los siguientes datos?

Ubicación	Datos operativos
Salida de CC	15 V _{CC} y 10 A _{CC}
Medidor de KWH	4 revoluciones por minuto donde K=1
Consumo de energía de CA	Para el período de 30 días es de 120 kWh

- A. 0 días
- B. 9 días
- C. 12 días
- D. 21 días

4. ¿Cuál de las siguientes densidades de corriente de descarga daría como resultado la mayor tasa de corrosión según la Ley de Faraday?

- A. 10 mA/ft² de una placa de acero
- B. 6 μA/cm² de una placa de plomo
- C. 100 mA/m² de un ánodo de zinc
- D. 10 μA/cm² de un ánodo de aluminio

Preguntas de práctica basadas en casos

A continuación se proporcionan preguntas de muestra para ilustrar el tipo de contenido que habrá en el examen. No debe considerar su desempeño en las preguntas de muestra como un predictor de su desempeño en el examen real. Estos ejemplos de preguntas de muestra son solo para fines ilustrativos.

Declaración basada en casos

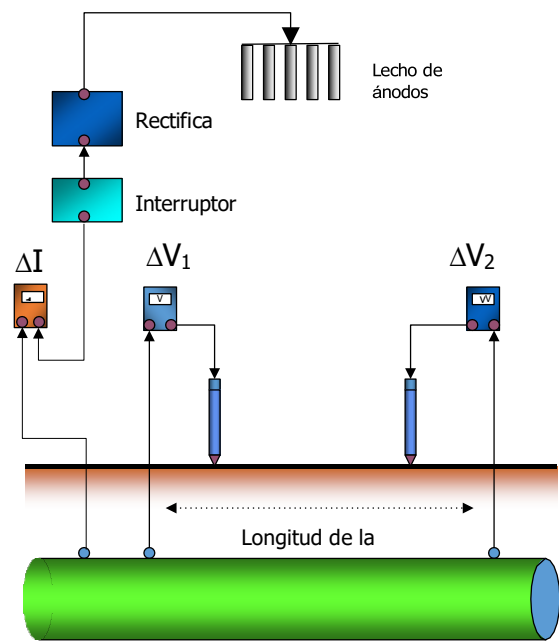
Se va a instalar una tubería mediante perforación direccional horizontal (HDD) debajo de un río. La calidad del revestimiento y el requisito de corriente de protección catódica (PC) deberán evaluarse antes de que la tubería sea soldada (conectada) a los segmentos de tubería aguas arriba y aguas abajo que ya están en su lugar. La información de diseño para la tubería HDD es la siguiente:

- 24 pulgadas (609,6 mm) de diámetro exterior
- 4,500 pies lineales de longitud (perforación HDD) (0.85 millas o 1.237 km)
- Aplicado en fábrica: 16 milésimas de pulgada de revestimiento epoxi unido por fusión (FBE) con una capa de recubrimiento resistente a la abrasión (ARO) de 60 milésimas de pulgada
- Las soldaduras circunferenciales están revestidas en campo con un revestimiento epoxi líquido de 70 milésimas de pulgada de espesor
- La protección catódica será proporcionada por un sistema local dedicado al segmento de tubería instalado mediante HDD

La base de diseño para este segmento de tubería HDD incluye una Tabla de Aceptación de Calidad de Revestimiento aceptada que incluye la siguiente información:

Resistencia efectiva del revestimiento (ohm-ft ²)	Estimación de la calidad del revestimiento	Área desnuda (%)	Eficiencia del revestimiento (%)
Desnudo	-	100	0
10,000	Pobre	3	97
25,000	Regular	1.2	98.8
50,000	Regular	0.6	99.4
100,000	Bueno	0.3	99.7
500,000	Excelente	0.06	99.94

El método de prueba aprobado para este segmento de tubería HDD utiliza la siguiente disposición de prueba:



Los resultados de los datos de campo aplicables se pueden encontrar en la siguiente tabla:

La corriente de prueba aplicada para estos datos es: 0.050 A _{DC}		
Potenciales tubería-electrolito	V ₁	V ₂
Nativo (estático)	-0.700 VDC _{CSE}	-0.630 VDC _{CSE}
Corriente aplicada "ON"	-1.400 VDC _{CSE}	-1.300 VDC _{CSE}
Corriente interrumpida "Instant-off"	-0.850 VDC _{CSE}	-0.780 VDC _{CSE}

- ¿Qué técnica de evaluación se está utilizando para comprender la calidad del revestimiento protector de esta tubería HDD?
 - Estudio de potencial de intervalo cerrado
 - Medición del potencial tubería-electrolito
 - Medición de la conductancia del revestimiento
 - Estudio de atenuación del revestimiento
- Para los datos proporcionados, ¿cuál es la resistencia tubería-tierra R_p calculada?
 - 3.0 Ω
 - 10.7 Ω
 - 13.7 Ω
 - 16.3 Ω
- Para los datos proporcionados, ¿cuál es la resistencia del revestimiento de la tubería R_c calculada?
 - 52,298 $\Omega\text{-ft}^2$ (56,931 $\Omega\text{-m}^2$)
 - 250,364 $\Omega\text{-ft}^2$ (1,269,4896 $\Omega\text{-m}^2$)
 - 302,535 $\Omega\text{-ft}^2$ (3,257,536 $\Omega\text{-m}^2$)
 - 650,000 $\Omega\text{-ft}^2$ (6,996,542 $\Omega\text{-m}^2$)

4. Para los datos proporcionados, ¿cuál es la conductancia del revestimiento de la tubería S calculada?
 - A. 1.305 μS
 - B. 2.000 μS
 - C. 2.300 μS
 - D. 3.304 μS

5. Utilizando los datos proporcionados, ¿cuál es la corriente total requerida para lograr un potencial de tubería polarizado mínimo de -0.900 VDC_{CSE}?
 - A. 50.00 mA_{DC}
 - B. 90.00 mA_{DC}
 - C. 100.00 mA_{DC}
 - D. 1500.00 mA_{DC}

6. Utilizando los datos proporcionados, ¿cómo calificaría la calidad del revestimiento que se encontró en la HDD después de la prueba?
 - A. Pobre
 - B. Regular
 - C. Buena
 - D. Excelente

Clave de respuestas - Preguntas de teoría de muestra

1. A
2. C
3. B
4. B

Clave de respuestas - Preguntas de muestra basadas en casos

1. C
2. B
3. C
4. D
5. B
6. C

Apéndice G

Calculadora del Examen

Calculadora de Exámenes

Los candidatos tendrán acceso a una calculadora digital TI-108 Standard y/o TI-30XS Scientific para su uso durante el Examen de Certificación. Durante el examen, es posible que tenga que cambiar o seleccionar una de estas calculadoras para su uso. Los candidatos no podrán utilizar su propia calculadora para este examen.

Antes de asistir a la sesión de examen:

- ✓ Es muy recomendable que repases cómo funciona esta calculadora y cómo la vas a utilizar. Otras sugerencias:
 - Es posible que puedas encontrar esta calculadora (TI-30XS) en la tienda de Google para teléfonos Android con la que practicar.
 - https://play.google.com/store/apps/details?id=calc991.calculator.scientific.xs30.t34.free&pcampaignid=web_share
 - Es posible que exista una versión similar para Apple IOS
 - Si lo desea, puede adquirir una TI-30XS (coste aproximado: 20,00 dólares estadounidenses).
- ✓ El candidato puede utilizar la calculadora de examen para funciones trigonométricas hiperbólicas como:

$$\bullet \sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

Ejemplo de pulsación de tecla para $\sinh x$ es 2nd, hyperbolic (hyp), sin, enter number,), enter.

$$\bullet \cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

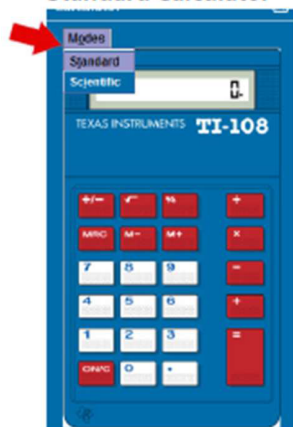
$$\bullet \tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

$$\bullet \coth x = \frac{\cosh x}{\sinh} = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$$

$$\bullet \operatorname{sech} x = \frac{1}{\cosh} = \frac{2}{e^x + e^{-x}}$$

$$\bullet \operatorname{csch} x = \frac{1}{\sinh} = \frac{2}{e^x - e^{-x}}$$

Standard Calculator



Standard Mode Functions

Add	$+$	
Subtract	$-$	
Multiply	$\times$	
Divide	$\div$	
Negative	$(-)$	
Percentage	$\%$	
Square Root	$\sqrt{}$	Example: $4\sqrt{}$
Reciprocal (Inverse)	x^{-1}	Example: $1\div 2=$
Store value to variable	$\text{M}+$	Example: $3\times 5=\text{M}+$
Access variable	MRC	Example: $7+\text{MRC}=\text{MRC}$
Clear variable	M- MRC	

Scientific Calculator



Scientific Mode Functions

Add	$+$	
Subtract	$-$	
Multiply	$\times$	
Divide	$\div$	
Negative	$(-)$	
Percentage	2^{nd} $\%$	
Square Root	$\sqrt{}$	Example: 2^{nd} $\sqrt{}$ 4enter
Reciprocal (Inverse)	x^{-1}	Example: $2x^{-1}\text{enter}$
Store value to variable	sto X^{y^z}	Example: $3\times 5\text{enter}\text{sto} X^{y^z}\text{enter}$
Access variable	X^{y^z} or 2^{nd} [recall]	Example: $7+2^{\text{nd}}$ [recall] enterenter

Numeric Notation

Standard (Floating Decimal) Notation (digits to the left and right of decimal)	mode menu options NORM SCI ENG e.g. 123456.78 FLOAT 0 1 2 3 4 5 ... e.g. 123456.7800
Scientific Notation (1 digit to the left of decimal and appropriate power of 10)	mode menu options NORM SCI ENG e.g. 1.2345678*10 ⁵
Engineering Notation (numerator from 1 to 999 times 10 to an integer power that is a multiple of 3)	mode menu options NORM SCI ENG e.g. 123.45678*10 ³

Fractions

Simple fractions	$\boxed{n/d}$
Mixed numbers	$\boxed{2nd} \boxed{[Un/d]}$
Conversion b/w simple fraction and mixed number	$\boxed{2nd} \boxed{[n/d \leftrightarrow Un/d]}$
Conversion b/w fraction and decimal	$\boxed{2nd} \boxed{[f \leftrightarrow d]}$

Powers, roots, and inverses

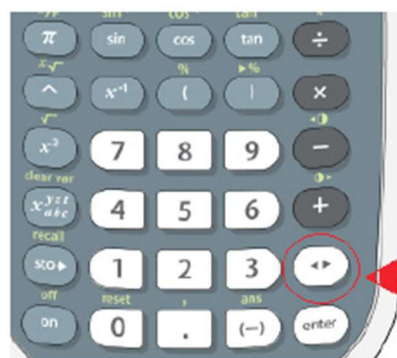
Square a value	$\boxed{x^2}$	
Cube a value	$\boxed{\wedge}$	
Raise value to specified power	$\boxed{\wedge}$	Example (2^4) $2 \boxed{\wedge} 4$
Square root	$\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{\quad}]}$	Example ($\sqrt{16}$): $\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{\quad}]} 16$
Reciprocal	$\boxed{x^{-1}}$	Example (n^{th} root): 5 th root of 8: $5 \boxed{2nd} \boxed{[\sqrt[n]{\quad}]} 8$

Pi

PI (π)	$\boxed{\pi}$
--------------	---------------

Alternar

La calculadora científica podría mostrar los resultados de ciertos cálculos como una fracción – que involucre pi o una raíz cuadrada. Para convertir este tipo de resultado a un solo número con punto decimal, necesitará usar el botón "alternar respuesta" marcado con un círculo en la imagen de abajo. Presionar este botón cambiará la pantalla de formato fraccionario a formato decimal.

**Answer Toggle**

Press the  key to toggle the display result between fraction and decimal answers, exact square root and decimal, and exact pi and decimal.

Example

Answer toggle	$\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{\quad}]} 8 \boxed{\text{enter}}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$
	$\boxed{\text{Answer Toggle}}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$ 2.828427125

Nota: Esta siguiente opción puede o no estar disponible según el centro de examen.

- o Si encuentra difícil de usar esta calculadora en pantalla, levante la mano y pida al Administrador del Examen que le proporcione una calculadora de mano. El Administrador del Examen puede proporcionarle el modelo de calculadora científica o no científica como se menciona arriba.

Como recordatorio, los candidatos no podrán utilizar su propia calculadora para este examen.