

# Selección de elementos de examen en la certificación de metalógrafo/a de laboratorio nivel 1

## Selection of exam elements in the level 1 laboratory metallographer certification

Presentación: 07/10/2023

### **Soria Ludmila**

Certificación de Personas, Depto. Gestión de la Calidad, Gerencia de Área Energía Nuclear, CNEA.  
[sandraludmilasoria@cnea.gov.ar](mailto:sandraludmilasoria@cnea.gov.ar)

### **Arias Mariana**

Certificación de Personas, Depto. Gestión de la Calidad, Gerencia de Área Energía Nuclear, CNEA.  
[marianaarias@cnea.gov.ar](mailto:marianaarias@cnea.gov.ar)

### **Aricó Sergio**

Gerencia de Materiales, Gerencia de Área Energía Nuclear, CNEA.  
[arico@cnea.gov.ar](mailto:arico@cnea.gov.ar)

### **Lemos Laura**

Certificación de Personas, Depto. Gestión de la Calidad, Gerencia de Área Energía Nuclear, CNEA.  
[lauralemos@cnea.gov.ar](mailto:lauralemos@cnea.gov.ar)

### **Loureiro Nora**

Gerencia Ciclo de Combustible Nuclear, CNEA.  
[noraloureiro@cnea.gov.ar](mailto:noraloureiro@cnea.gov.ar)

### **Montero Ricardo**

Gerencia de Materiales, Gerencia de Área Energía Nuclear, CNEA.  
[rmontero@cnea.gov.ar](mailto:rmontero@cnea.gov.ar)

### **Spinosa Cristina**

Gerencia Desarrollo, Ensayo y Gestión de Vida, Gerencia de Área Energía Nuclear, CNEA.  
[spinosa@cnea.gov.ar](mailto:spinosa@cnea.gov.ar)

### **Resumen**

Dentro de la CNEA funciona el Organismo de Certificación de Personas que actualmente opera dos esquemas: Metalógrafo/a de Laboratorio de materiales ferrosos con dos alcances de producto y Metalógrafo/a de Réplica Microestructural. Durante el año 2023 se planificó la apertura de mesa de examen para la certificación de Nivel 1 del esquema Metalógrafo/a de Laboratorio para ambos alcances, generando la necesidad de realizar la selección y caracterización de elementos de examen. Este trabajo describe la

metodología empleada para caracterizar esos elementos en conformidad con la norma IRAM-ISO/IEC 17024:2013 “Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los organismos que realizan certificación de personas”.

**Palabras clave:** Certificación, Metalografía, Elementos de examen, Austenita, Clasificación, Lámina, Grafito, Caracterización, Materiales ferrosos, Fundición de Hierro, Acero

## Abstract

The Person Certification Body operates within the CNEA two schemes: Laboratory Metallographer of ferrous materials with two product scopes and Microstructural Replica Metallographer. In 2023, the calling for the examination to certify the Level 1 of the Laboratory Metallographer scheme is planned for both scopes. For this, the selection and characterization of examination elements is necessary. This work describes the methodology used to characterize these elements in accordance to the IRAM-ISO/IEC 17024:2013 standard “Conformity assessment. General requirements for organizations that carry out certification of people.

**Keywords:** Certification, Metallography, Exam Elements, Austenite, Classification, Flake, Graphite, Characterization, Ferrous Materials, Iron Casting, Steel

## Introducción

La certificación de competencias personales, consiste en procesos de evaluación de la conformidad para establecer si una persona cumple con determinados requisitos previamente establecidos en el campo de una determinada actividad laboral. Los requisitos se especifican en un documento, llamado “esquema” que define criterios de competencia y, otros, relacionados con categorías de personas para ocupaciones o calificaciones específicas [1]. La certificación de competencias personales en nuestro país tiene un importante antecedente en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), con la construcción de la Central Nuclear Atucha 1 en la década del 70 alcanzando su máximo desarrollo y continuidad en el sector privado industrial y tecnológico. Ejemplos de esto, son las certificaciones de operadores de ensayos no destructivos y los inspectores de soldadura, a través de organismos de certificación acreditados por el Organismo Argentino de Acreditación [2]. Desde el año 2020 funciona en la Gerencia de Área Energía Nuclear de la CNEA y bajo la dependencia del Departamento Gestión de la Calidad, el Organismo de Certificación de Personas creado por Resolución Presidencial RESOL-2020-76-APN-CNEA#MEC [3] y operando en conformidad con la norma IRAM-ISO/IEC 17024:2013 “Evaluación de la Conformidad. Requisitos generales para los organismos que realizan certificación de personas”.

El Organismo de Certificación de Personas (CP) funciona con una estructura de Comités que se integran y operan como equipos de trabajo de acuerdo a la estructura que se muestra en la Figura 1.

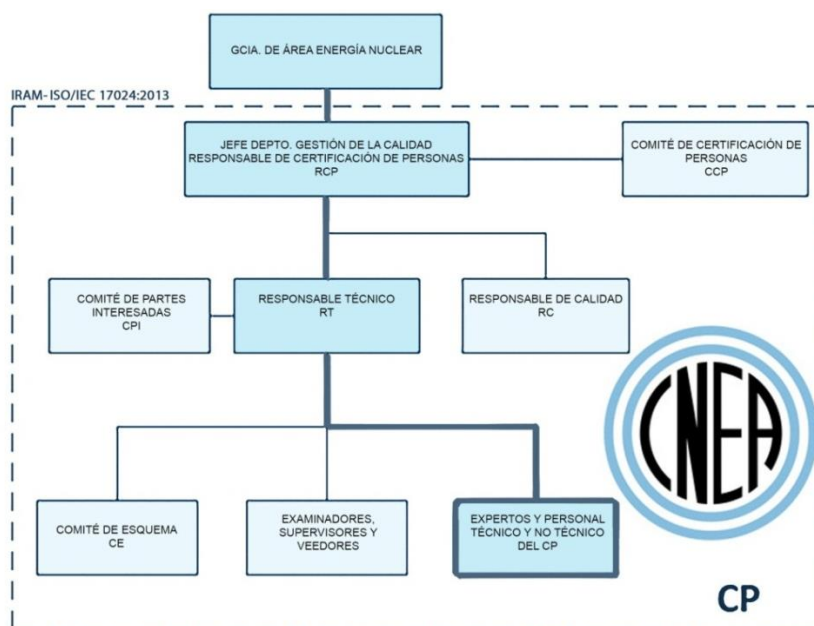


Figura 1: Estructura del Organismo de Certificación de Personas de la CNEA

El Comité de Certificación de Personas (CP) es el cuerpo colegiado de toma de decisiones respecto de otorgamientos, suspensión o cancelación de la certificación. El Comité de Partes Interesadas (CPI) asegura la participación equilibrada de todas las partes interesadas pertinentes en la validación de los Esquemas, los mecanismos de examen y cualquier otro tema vinculado a la imparcialidad. El Comité de Esquema (CE) está conformado por el Responsable Técnico (RT), Expertos Técnicos (ET) calificados en el esquema que operan y Personal Técnico (PT) pertinente permanente o temporal, el cual cumple con los requisitos de confidencialidad y de imparcialidad establecidos en el sistema de gestión de calidad (SGC) del CP implementado de manera completa en conformidad con la norma IRAM-ISO/IEC 17024:2013. Entre las responsabilidades del CE se encuentran desarrollar, validar y mantener los esquemas de certificación, elaborar bancos de preguntas de examen teórico y es el encargado de aprobar las probetas o muestras de materiales y otros elementos de examen similares, dentro del alcance del esquema, y evaluar la caracterización físico-químico-metalúrgica realizada mediante técnicas y criterios establecidos de manera documentada a través de instrucciones y procedimientos predefinidos que también pasan por la aceptación de dicho comité. Actualmente en el CP, el CE se encuentra realizando actividades sobre el siguiente esquema:

- Metalógrafo/a de Laboratorio de Materiales Ferrosos (PQ-EN\_CAL-CP-001- MDL-FE r.0) [4] el cual se divide en dos sectores de producto: (A) Fundiciones de hierro y acero colado y (B) Productos de acero semielaborados o terminados mediante procesos de conformado plástico en frío (laminación, trefilación, estampado, corte, plegado, extrusión y embutido) y en caliente (forja, soldadura, laminación, trefilación).

Una persona puede aspirar a certificarse en este esquema mediante la presentación de una solicitud [5] y siempre que cumpla con los requisitos que establece el esquema, los cuales se definen en niveles de competencia. En el esquema los niveles de competencia establecidos son tres: Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3, los cuales permiten desempeñar las tareas y/o funciones de acuerdo a un grado de conocimiento. Cuando la persona presenta la solicitud, en el CP se debe iniciar el proceso de certificación [6] habiendo publicado sin solicitud previa, el llamado a mesa de examen.

Este trabajo describe cómo el Personal Técnico, bajo supervisión de los/as expertos/as técnicos/as que integran el CE, desarrolla un tipo de elemento de examen para la etapa práctica del examen de certificación para Metalógrafo/a de Laboratorio Nivel 1 alcance (A), es importante destacar que para mantener la seguridad del examen, se incluirá en este trabajo, únicamente con fines explicativos, una probeta metalográfica no utilizable en examen. La caracterización previa al examen de una probeta debe incluir análisis químicos para determinar la concentración de carbono y los principales aleantes, ensayos de dureza y la caracterización metalográfica. Dicha caracterización deberá abarcar las competencias establecidas en el esquema para lograr validar la probeta permitiendo evaluar completa y solamente las competencias establecidas y desarrollando todo el proceso en el marco de un sistema de gestión en conformidad con la norma IRAM ISO/IEC 17024:2013.

## Desarrollo

Una de las etapas fundamentales del proceso de certificación es el examen. Allí el candidato deberá demostrar que posee las competencias determinadas para un/a metalógrafo/a del Nivel al que aspira certificarse. Es aquí donde radica la necesidad de la adecuada selección y caracterización de elementos de examen. Un elemento de examen debe resultar útil para evaluar las competencias establecidas y permitir al aspirante demostrar su capacidad para realizar las funciones y tareas de la actividad.

El examen se divide en dos etapas, una etapa teórica, en la que se utilizan como elementos de examen los bancos de preguntas que desarrolla y aprueba el CE, y una etapa práctica para la cual los elementos de examen podrán ser probetas metalográficas, muestras o porciones de material. El legajo de cada elemento de examen desempeña un papel esencial en el proceso, ya que sirve como una referencia objetiva para la evaluación de los candidatos. La utilización del legajo de la probeta metalográfica elimina la subjetividad en la evaluación y asegura que todos los candidatos sean evaluados de acuerdo con los mismos criterios. De esta manera, se logran evaluaciones confiables que mantienen coherencia, independientes del examinador o del momento en que se realice el examen. Durante la etapa práctica del examen, el candidato debe trabajar con la probeta metalográfica y, mediante técnicas de metalografía, lograr resultados contrastables con la información contenida en el legajo correspondiente, así como en la etapa teórica las respuestas del aspirante se contrastan con las incluidas en bancos de preguntas. Por ello, el legajo del elemento de examen debe presentar trazabilidad en su contenido (composición química, historia de fabricación, método de preparación, caracterización, etc.) verificado y respaldado por los/as expertos/as técnicos/as que integran el Comité de Esquema, quien libera el elemento de examen para su uso siguiendo los lineamientos del sistema de gestión implementado en conformidad con la norma IRAM-ISO/IEC 17024:2013. Teniendo en cuenta lo mencionado, la construcción de un elemento de examen para la etapa práctica consta de un conjunto de pasos que se describen a continuación.

1- **Selección:** La selección de cada elemento de examen a utilizar comienza con la elección del material ferroso acorde con el alcance de producto establecido. Este material debe ser representativo de la industria, reflejando situaciones y desafíos reales que un/a metalógrafo/a pueda encontrar en el campo laboral. Para esto es importante el relevamiento de los materiales ferrosos que mayoritariamente se utilizan en el país, teniendo en cuenta el estado de suministro de los mismos, así como sus diferentes campos de aplicación en la industria argentina. En lo aplicable, se debe considerar además la producción local de materiales ferrosos y los métodos de fabricación de sus semielaborados o semiterminados.

A modo de ejemplo se seleccionó un material dentro del alcance de producto (A) fundición de hierro: Fundición de hierro dúctil austemperado.

2- **Tipo de elemento de examen:** Este paso es fundamental, ya que el tipo de elemento a utilizar determina las competencias que se evaluarán. Por ejemplo, una porción de material permite evaluar la capacidad de realizar un corte metalográfico, fundamental para un/a aspirante a certificarse como metalógrafo/a Nivel 1, mientras que una pieza puede utilizarse para llevar a cabo un análisis de falla si se pretende aspirar a un Nivel 3 de certificación. El uso o aplicación de cada tipo de elemento de examen de acuerdo a las competencias, tareas o funciones de cada Nivel a evaluar se encuentran detallados en el Instructivo de Trabajo de Caracterización IT-EN\_CAL-CP-001 Rev.: 0.

En este contexto, definimos como elemento de examen una probeta y la codificamos de acuerdo al IT de Caracterización. Establecemos que será utilizada para evaluar al candidato a partir de la etapa de desbaste grueso hasta la observación bajo microscopio óptico. Para esto, es necesario preparar una probeta metalográfica, lo que implica confeccionar el legajo de su caracterización de manera completa, el cual acompaña todo el proceso de preparación metalográfica, caracterización y aprobación de esta. Luego, la probeta se somete al proceso de desbaste utilizando un abrasivo de granulometría 220. De esta manera, el candidato a certificarse recibe una muestra incluida y realiza la preparación metalográfica a partir del desbaste grueso.

3- **Preparación:** La etapa de preparación de la probeta metalográfica implica una serie de procesos que van desde el corte metalográfico hasta el revelado de la microestructura y es tan significativa como la propia caracterización, ya que la calidad de la preparación condiciona la observación bajo el microscopio. Los detalles de este proceso se detallan en el legajo asociado a la probeta.

La preparación metalográfica en el contexto de un elemento de examen se distingue por su carácter riguroso, ya que debe llevarse a cabo con precisión para evitar los errores comunes que un candidato podría cometer durante el examen. Estos errores pueden variar desde el facetado de la probeta hasta la generación de líneas de pulido no deseadas. Es por esta razón que el trabajo se llevó a cabo siguiendo estrictamente las normativas vigentes en lo que respecta a la preparación metalográfica.

Para el ejemplo presentado en el presente trabajo, se realizó el corte metalográfico y se extrajo la muestra. El montaje se realizó en caliente utilizando acrílico tipo cristal transparente. El desbaste se efectuó con una secuencia de papeles abrasivos de granulometría 220, 320 y 400 en un equipo automático. En primer lugar, se redondearon los bordes para prevenir daños en los papeles abrasivos. Luego, mediante inspección visual, se verificó la ausencia de líneas de desbaste previas, dado que eliminarlas con un papel abrasivo de granulometría más fina implicaría una mayor dificultad. Solo después de comprobar que todas las líneas de desbaste tenían la misma dirección, se prosiguió con el paso de pulido.

El pulido se realizó con pasta de diamante en secuencias de 6 y 1 micrómetro en pulidoras automáticas. El principal desafío en este paso fue evitar que el grafito se desprendiera, ya que, al tener una dureza menor que la matriz, podía causar desprendimientos que dificultarían luego la clasificación adecuada. Por esta razón, el pulido se realizó girando la probeta a 90° en intervalos regulares de tiempo, tal como indica la norma IRAM-IAS U 500-120 Método de examen micrográfico. Además se realizó un movimiento en sentido contrario al giro de la pulidora, con el fin de evitar la formación de colas de cometa en la superficie. Otro punto que fue importante considerar, fue la correcta lubricación de los paños de pulido, se utilizó etilenglicol con alcohol etílico. En este punto, se revisó constantemente la superficie de la probeta bajo el microscopio óptico, recorriendo la superficie de la probeta, para asegurarse la eliminación completa de las líneas de desbaste y pulido tanto en el centro como en los bordes de la probeta.

Para el revelado de la microestructura fue fundamental la correcta limpieza de la superficie para obtener un revelado uniforme. El revelado se realizó con el reactivo Nital al 2%, teniendo especial consideración en el tiempo de inmersión para evitar el picado de la probeta. Al observar la microestructura al microscopio se decidió realizar un segundo revelado, lo que requirió un segundo pulido. Luego, se utilizó el reactivo CdS de Beraha para el revelado, lo que permitió observar la austenita retenida.

4- **Caracterización:** La caracterización de la probeta incluye una serie de técnicas físico-químico-metalúrgicas establecidas en el IT de caracterización que permiten la descripción de la microestructura presente, incluyendo la presencia de fases, microconstituyentes y características, las cuales se vuelcan en el legajo. A continuación, se detallan los resultados obtenidos para el ejemplo del presente trabajo.

**Análisis químico:** Se aplicaron las técnicas de Fluorescencia de Rayos X (FRX), Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) y la Espectroscopía de Emisión Atómica por Chispa. Estos análisis se utilizaron para determinar el porcentaje en peso de carbono, silicio, manganeso y otros aleantes principales de acuerdo a la Tabla 1.

<b>C % p/p</b>	<b>Si % p/p</b>	<b>Mn % p/p</b>	<b>P % p/p</b>	<b>S % p/p</b>
<b>3,4</b>	<b>1.35</b>	<b>0.6</b>	<b>&lt;0.04</b>	<b>&lt;0.03</b>

Tabla 1: Concentración química obtenida en la probeta utilizada como ejemplo en la preparación de un elemento de examen para la etapa práctica.

**Ensayo de Dureza:** Se realizó un ensayo de dureza utilizando el método Vickers, el resultado obtenido fue de 246.6 HV.

**Caracterización metalográfica:** En la Figura 2, observada en luz polarizada, se identifica la microestructura de hierro dúctil austemperado con nódulos de grafito, bainita (observada en tonos azul y marrón) y austenita retenida (en blanco).

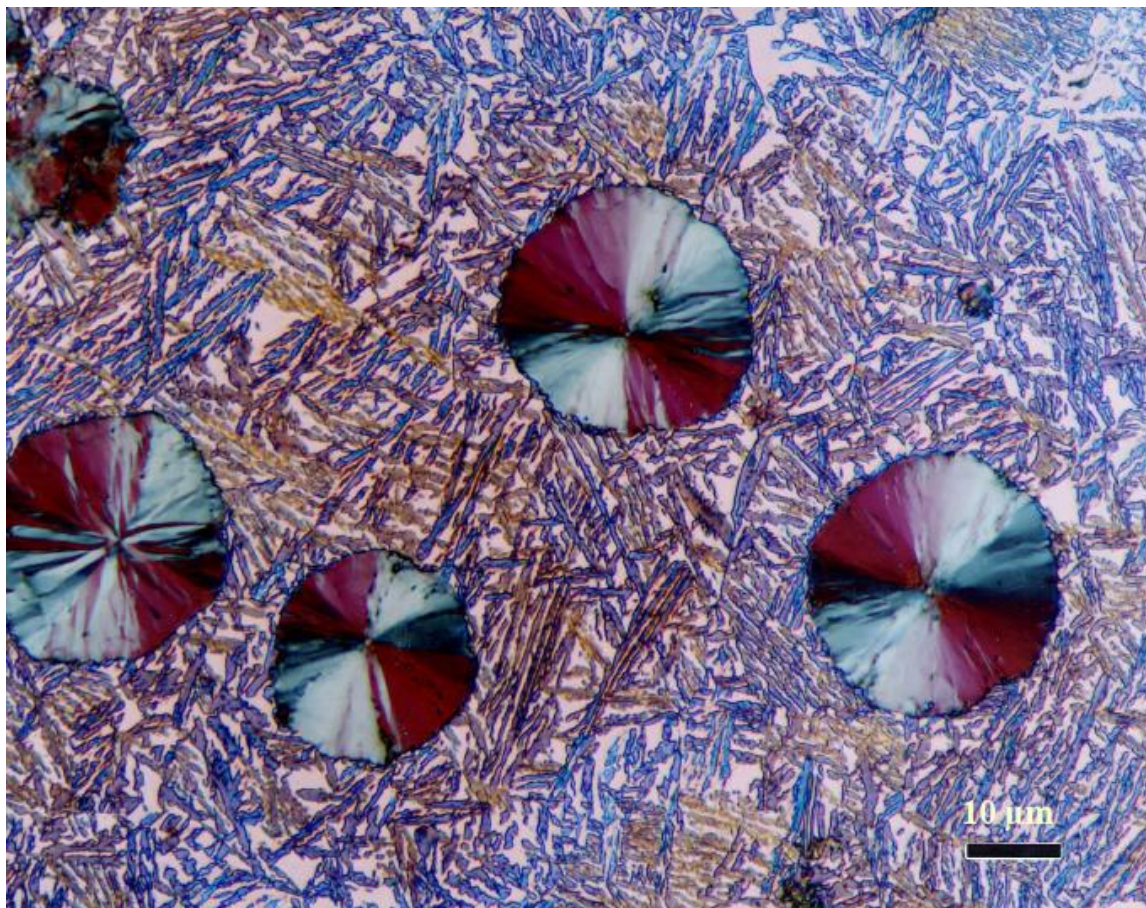


Figura 2: Micrografía de probeta utilizada como ejemplo en la preparación de un elemento de examen para la etapa práctica.

5- **Legajo:** Cada legajo debe contener todos los registros de ensayos, análisis químicos, micrografías y datos del material, además contiene la firma de los/as expertos/as y personal técnico involucrado en la preparación y caracterización metalográfica. Todo el proceso se realiza respetando los requisitos de seguridad del examen. En el contexto de la certificación de Metalógrafo/a de Laboratorio de Materiales Ferrosos, el legajo es un elemento de suma importancia en la cadena de trazabilidad y confiabilidad del proceso de toma de examen en conformidad con la norma IRAM-ISO/IEC 17024:2013. Durante este proceso es responsabilidad del CP, garantizar la protección de la información confidencial, así como asegurar que el personal involucrado cumple con los requisitos de competencia técnica que establece la norma. Cabe destacar que el legajo es una parte fundamental para garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos por el CP dentro del proceso de certificación.

6- **Liberación del Elemento de Examen:** Cada legajo, así construido incluyendo las firmas del personal técnico y de los/as expertos/as técnicos/as intervinientes en el Comité de Esquema, es aprobado y liberado para su uso como elemento de examen.

## Conclusiones

Se logró preparar, caracterizar y validar una probeta para ser utilizada como elemento de examen. Dicha probeta permite evaluar cada una y solamente las competencias establecidas para el Nivel 1 alcance A del

Esquema vigente, desarrollando todo el proceso en el marco de un sistema de gestión en conformidad con la norma IRAM ISO/IEC 17024:2013.

La robustez de este desarrollo garantiza que los candidatos estén preparados para enfrentar los desafíos en su campo laboral y que la certificación sea un indicador confiable de su capacidad, habilidad y competencia técnica para desempeñar sus funciones de manera exitosa.

Se validó la Instrucción de Trabajo de caracterización que establece qué tipo de determinaciones corresponden a los elementos de examen para cada Nivel.

## Referencias

- [1] CASCO-Guía sobre ISO/IEC 17024 “Cómo desarrollar esquemas para la certificación de personas”. (Guía)
- [2] <https://www.iram.org.ar/sector/energia-mineria/>; <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-regulados/certificaciones/organismo-de-certificacion> (Enlaces a sitios Web)
- [3] <https://www.argentina.gob.ar/cnea/cac/laboratorios-e-instalaciones/certificacion-de-competencias-personales/certificacion-de> (Enlace a sitio Web)
- [4] [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/esquema\\_laboratorio.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/esquema_laboratorio.pdf) (Enlace a sitio Web)
- [5] FO-EN\_CAL-CP-006-MDL-FE Rev.: 0 SOLICITUD DE CERTIFICACION METALOGRAFO/FA DE LABORATORIO DE MATERIALES FERROSOS.
- [6] [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cnea-gaen-descripcion\\_de\\_proceso\\_certificacion\\_personal.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cnea-gaen-descripcion_de_proceso_certificacion_personal.pdf) (Enlace a sitio Web)