

Los grados de protección IP en los equipos e instalaciones y su interpretación según IEC y NEMA

Por el Ingeniero Carlos A. Galizia
Consultor en Seguridad Eléctrica

El grado de protección que proporcionan las envolturas de equipos y materiales eléctricos contra el ingreso de materiales sólidos (partículas, polvos, viruta, pelusa, etc.), agua y partes del cuerpo es un tema de gran importancia en las instalaciones, que no puede ser desconocido por el universo de profesionales e instaladores electricistas.

Y la importancia es tal que se lo menciona en muchas partes del Reglamento de BT de la República Argentina (la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones en Inmuebles AEA 90364), como en diferentes reglamentaciones del resto del mundo, en diferentes normas de productos, en manuales y en catálogos de fabricantes entre otros lugares.

1) Introducción

Una elección incorrecta del grado de protección de las envolturas eléctricas puede hacer que una instalación falle, sacándola de servicio, o peor aún, puede atentar contra la seguridad de la instalación y de las personas.

Por ejemplo,

¿Cómo elegimos un tablero para que trabaje adecuadamente a la intemperie (lluvia en todas las direcciones)?

¿Cómo elegimos un tablero que estará expuesto en un ambiente industrial a chorros de agua con alto caudal (por ejemplo un frigorífico o una industria láctea)?

¿Cómo elegimos a los tomacorrientes que deben instalarse en un obrador (ambiente polvoriento y con agua en todas las direcciones)?

¿Cómo elegimos o especificamos un tablero que va a ser empleado en un obrador?

¿Cómo proyectamos o especificamos un tablero que va a ser operado por una persona no capacitada?

Y la lista puede continuar.

El tema es de tal importancia que se han dictado normas internacionales y nacionales en las que se definen diferentes grados de protección, aunque es justo reconocer que todavía no existe uniformidad a nivel mundial.

A nivel internacional existe la Norma IEC 60529; a nivel europeo la misma norma denominada EN 60529; en Estados Unidos de Norte América se define y emplea una clasificación llamada envolturas NEMA (**NEMA enclosure**) que define una clasificación totalmente diferente a la codificación Norma IEC 60529.

No obstante la codificación más empleada es la de IEC 60529 que define el conocido código IP.

En IEC existen también algunas normas de producto en las que se permite indicar el grado de protección además, mediante símbolos (por ejemplo IEC 60598-1 de Luminarias) y hay otras normas IEC como la 60034-5 dedicada a Máquinas Eléctricas Rotativas en las que se emplean los mismos códigos de la IEC 60529 pero sin hacer mención a esta norma y redefiniendo los conceptos en la misma 60034-5).

El tema de los grados de protección es uno de los aspectos de seguridad en el que se observan mayores debilidades en los instaladores en general, debido al poco conocimiento que se tiene en la materia de las influencias externas y como proteger a los equipos, aparatos e instalaciones de alguna de las influencias del ambiente y como proteger a las personas de los contactos directos.

Dentro de la enorme cantidad de fenómenos externos que pueden tener influencia sobre los materiales eléctricos y las personas, se tienen los efectos sísmicos, el viento, las descargas atmosféricas, las vibraciones, los impactos, **el ingreso de agua, el ingreso de partículas sólidas, el acceso a partes peligrosas (contacto directo)**, etc.

Para poder definir en que medida las **envolventes** proporcionan un adecuado nivel de protección frente a esas tres últimas influencias externas se establece el código llamado "Grado de Protección IP" (International Protection).

Cuando en cursos y seminarios se trata este tema, y se pregunta como se identifica el grado de protección, muchos responden correctamente mencionando que al grado de protección se lo conoce por la sigla "**IP**" pero cuando se profundiza sobre el significado de ese código allí se evidencian las debilidades mencionadas al principio de este trabajo.

Prácticamente nadie conoce que dicho código puede estar formado por cuatro caracteres alfanuméricos, dos números y dos letras (por ejemplo IP23CH). Algunos responden que el IP indica protección contra el ingreso de polvo, otros mencionan que el IP tiene en cuenta la protección contra el ingreso de agua, sin poder definir que

dígito indica cada protección (si el primero o el segundo). Prácticamente la gran mayoría desconoce que uno de los dígitos indica también el grado de protección contra los contactos directos y finalmente el 99,9 % desconoce que dentro del código pueden existir además de los dos dígitos, dos letras.

Cuando se pregunta por ejemplo, como comprar o especificar una caja metálica o aislante para ser utilizada a la intemperie (sea en una vivienda, en un club, en una planta industrial o en cualquier otro lugar) la respuesta que se recibe en forma casi unánime es que hay que instalar una caja “**estanca**”.

Y cuando se pregunta como especificar una caja o envoltente que debe ser instalada en un lugar donde se limpie con chorros de agua o manguera (baños públicos, frigoríficos, etc), se recibe la misma respuesta: caja “**estanca**”.

En ambos casos se está intentando decir que se deben emplear cajas totalmente herméticas, a las que no les ingrese nada de agua, desconociendo que desde el punto de vista técnico no está contemplado en la Norma IEC 60529 la situación de ingreso cero de agua.

Por eso ese **concepto de** caja “**estanca**” así empleado es un **concepto erróneo**. Y en el mismo error incurren algunos fabricantes de gabinetes o envoltentes para tableros ya que indican en su chapa característica de datos y como único dato relacionado con el tema que la envoltente es “**estanca**”.

¿Y porqué esa palabra está mal empleada desde el punto de vista técnico?

Porque en la técnica no se debe mencionar la palabra estanca alegremente sino que se debe hablar de “grados de estanqueidad o grados de estanquidad”. Lo que la norma IEC 60529 establece con su segundo dígito de la codificación IP son diferentes grados de estanqueidad o hermeticidad al ingreso de agua.

La Norma indica en un solo caso el concepto de “totalmente hermético/a”: es cuando se utiliza en el primer dígito (que codifica el ingreso de partículas sólidas extrañas y partes del cuerpo o protección contra los accesos a partes peligrosas) el número 6. Ese 6 significa en relación con el ingreso de partículas sólidas extrañas que la envoltente es **totalmente hermética al polvo: única situación de una envoltente hermética. En cualquier otro caso relacionado** con el ingreso de partículas sólidas extrañas o en lo que se refiere al ingreso de agua **se debe hablar de grado de estanqueidad o de hermeticidad**.

¿Y como resuelve la técnica estas situaciones de codificar las diferentes situaciones de hermeticidad y de acceso a partes peligrosas? Justamente definiendo lo indicado más arriba: los “Grados de Protección” IP.

¿Dónde se define este código? En la ya mencionada Norma IEC 60529 titulada “Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)” que en castellano puede traducirse como “Grados de protección proporcionados por las envoltentes (Código IP)”. Esta norma se aplica a las envoltentes de equipos eléctricos que trabajan con tensiones de hasta 72,5 kV.

La primera edición de esta Norma IEC es de 1976 y la misma fue evolucionando hasta nuestros días en que disponemos la IEC 60529 edición 2.1 del año 2001.

La norma de Argentina que trata sobre el tema es la IRAM 2444 de 1982 que tomó como referencia la edición 1976 de IEC pero que, lamentablemente, y pese a su antigüedad y obsolescencia todavía no fue actualizada. Esa IRAM 2444 tuvo una modificación en 1986 que codificó, el grado de resistencia al impacto, con el agregado de un tercer dígito (agregado que se tomó de una norma francesa ya que en IEC no se contemplaba esa situación).

Como se dijo, la norma IEC intenta **definir** los grados de protección proporcionados por las envoltentes con relación a:

- 1) La protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas dentro de la envoltente.
- 2) La protección de los equipos y materiales ubicados dentro de la envoltente contra el ingreso y la penetración de cuerpos sólidos extraños
- 3) La protección de los equipos y materiales ubicados dentro de la envoltente de los efectos dañinos provocados por el ingreso del agua

La norma en su desarrollo establece

- la **designación** para cada grado de protección,
- los **requisitos** para cada designación y
- los **ensayos** a efectuar para verificar que la envoltente cumple las prescripciones de la Norma.

La norma no trata:

- de los impactos mecánicos (se tratan en otra norma la IEC 62262)
- de la radiación solar
- de la corrosión,
- de los hongos,
- de la humedad en el interior de la envoltente provocada por la condensación interior,

- de las atmósferas explosivas,
- de la formación de hielo,
- de los insectos,
- ni de la protección contra el contacto de las partes peligrosas en movimiento en el exterior de la envolvente (por ejemplo en el caso de ciertos ventiladores).

Las barreras exteriores a las envolventes y no solidarias con ellas y los obstáculos que han sido previstos solamente para la protección de las personas no son considerados como parte de la envolvente y no son considerados en la IEC 60529.

¿En que consiste el código IP? Como se dijo se indica por dos números dígitos y eventualmente por dos letras.

El tipo de protección cubierto por el sistema de clasificación establecido es el siguiente:

- a) **El primer dígito o cifra característica** tiene una doble significación:
 - a1) por un lado establece la protección de las personas contra los contactos o contra la cercanía de las partes bajo tensión interiores a la envoltura
 - a2) y por otro lado establece la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
- b) **El segundo dígito o cifra característica** establece la protección del equipo dentro de la envoltura contra los efectos nocivos debidos a la penetración de agua.

2) Definiciones

Para comprender mejor los conceptos empleados en la norma, es conveniente definir previamente algunos términos:

Envolvente o envoltura de protección (eléctrica) (IEC 60050 VEI 826-12-22) (VEI 195-06-14) (esta definición no forma parte de la IEC 60529)

Envoltura eléctrica que rodea las partes internas de los equipos o materiales para impedir el acceso a las partes activas peligrosas desde cualquier dirección. Además, una envoltura proporciona generalmente protección contra influencias internas o externas, por ejemplo, ingreso de polvo o agua o una protección contra daños mecánicos.

Envolvente o envoltura (IEC 60050 VEI 826-12-20; VEI 195-02-35): alojamiento que proporciona el tipo y el grado de protección adecuado para la aplicación prevista (VEI es el Vocabulario Electrotécnico Internacional establecido en la Norma IEC 60050: sitio de internet de IEC, en este caso de acceso libre, www.electropedia.org).

En la Norma IEC 60529 se utiliza una definición algo diferente debido a que se empleó una definición del VEI ya derogada (la VEI 826-03-12) que decía que *una envolvente es un elemento que proporciona la protección del material contra ciertas influencias externas y en cualquier dirección, la protección contra los contactos directos.*

En la Norma IEC 60529 se agrega el siguiente comentario: *“Las barreras, las formas de las aberturas, o cualquier otro medio, que sean solidarias a la envolvente o que estén constituidas por el mismo equipo interno envuelto, apropiados para impedir o limitar la penetración de los calibres de prueba especificados, se consideran como partes de la envolvente, salvo en los casos en que estos elementos puedan ser extraídos, sin el uso de una llave o herramienta”.*

Contacto directo (VEI 826-12-03) (VEI 195-06-03): Contacto eléctrico de las personas o los animales (domésticos o de cría) con partes activas.

En la Norma IEC 60529 se agrega el siguiente comentario: *“Esta definición del VEI se ha indicado a título informativo. En la Norma IEC 60529 ‘contacto directo’ se reemplaza por ‘acceso a partes peligrosas’”*

Grado de protección: nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a partes peligrosas, contra el ingreso de elementos sólidos extraños, y/o contra el ingreso de agua y verificado por los métodos de ensayo normalizados.

Código IP: sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por una envolvente contra el acceso a partes peligrosas, contra el ingreso de elementos sólidos extraños, y/o contra el ingreso de agua y para dar información adicional en relación con tales protecciones.

Parte peligrosa: parte que presenta un peligro por el contacto o por el acercamiento.

Parte activa peligrosa (VEI 826-12-13) (VEI 195-06-05): Parte activa que, bajo ciertas condiciones, puede provocar un choque eléctrico dañino.

Parte mecánica peligrosa: Una parte móvil, que no sea un eje de rotación suave, que es peligroso tocar.

Protección proporcionada por una envolvente contra el acceso a partes peligrosas: Protección de personas contra:

- el contacto con partes activas de baja tensión peligrosas;
- el contacto con partes mecánicas peligrosas;
- la proximidad a partes activas de alta tensión, peligrosas a menos de la distancia suficiente dentro de la envolvente.

Esta protección se puede proporcionar:

- por medio de la envolvente misma;
- por medio de barreras como parte de la envolvente o manteniendo las distancias adecuadas dentro de la envolvente.

Distancia mínima adecuada para la protección contra el acceso a partes peligrosas: distancia para impedir el contacto o la proximidad de un **calibre de accesibilidad** a una parte peligrosa.

Calibre de accesibilidad: calibre de ensayo simulando, de una manera convencional, una parte de una persona o de una herramienta o algo similar sostenida por una persona, para verificar la existencia de distancias suficientes a partes peligrosas.

Calibre-objeto: calibre de ensayo simulando un objeto extraño sólido para verificar la posibilidad de penetración en una envolvente.

Abertura: agujero o abertura en una envolvente que existe o puede originarse para la aplicación de un calibre de ensayo con la fuerza especificada.

3) Denominación

La Norma indica de qué manera se deben codificar los grados de protección proporcionados por las envolventes y eso lo hace de la siguiente manera (Figura 1):

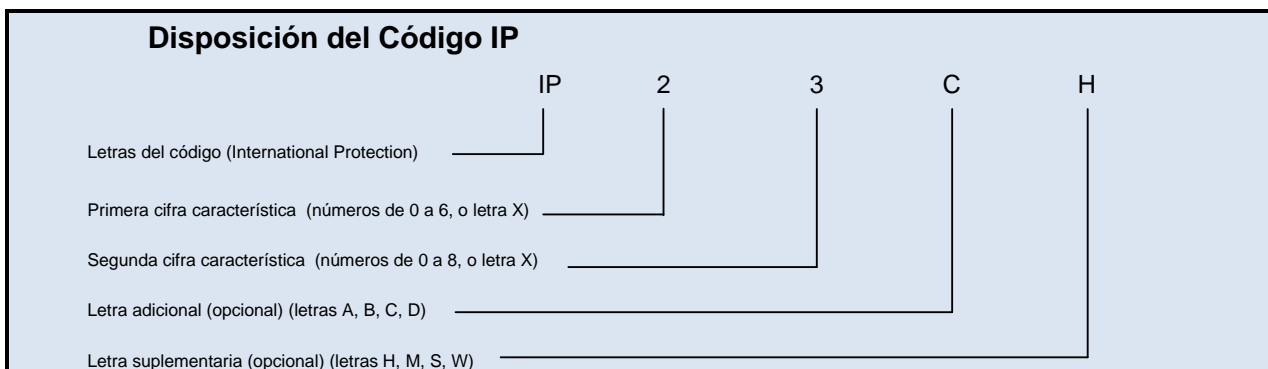


Figura 1

Cuando no se requiere especificar una de las cifras características, ella debe ser reemplazada por la letra "X". Es decir que cuando se requiera indicar un grado de protección por medio de una sola cifra característica, la cifra omitida debe ser reemplazada por la letra X, por ejemplo IP X5 o IP 2X. Si los dos números o cifras características deben ser omitidos se deben emplear "XX".

Si las letras **adicionales** (A, B, C, D) y/o **suplementarias** (H, M, S, W) no son necesarias pueden ser suprimidas sin reemplazar.

Cuando se requiera más de una letra **suplementaria**, se ordenarán alfabéticamente.

Si una envolvente proporciona diferentes grados de protección para diferentes formas de montaje, los grados de protección correspondientes deben ser indicados por el fabricante en las instrucciones relacionadas con cada forma de instalación.

A continuación en las tablas 1 a 2 siguientes se da una descripción abreviada de los elementos de los códigos IP y en las tablas 3 y 4 una descripción abreviada de las letras adicionales y suplementarias.

Tabla 1

1ª CIFRA GRADO DE PROTECCIÓN IP (2 Significados)		
1ª cifra del IP	1er Significado): Grado de protección de los materiales o equipos contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños	2º Significado): Grado de protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas (contactos o cercanía de las partes bajo tensión)
0	no protegido	no protegido
1	de $\phi \geq 50$ mm	el dorso de la mano
2	de $\phi \geq 12,5$ mm (12 mm Iram)	Dedo (12x80 mm)
3	de $\phi \geq 2,5$ mm	Herramienta (2,5 mm)
4	de $\phi \geq 1$ mm	Alambre (1 mm)
5	protegido c/ el polvo	Alambre (1 mm)
6	protegido totalmente c/ el polvo (totalmente estanco)	Alambre (1 mm)

Tabla 2

2ª cifra del Grado de Protección (IP) de la envolvente contra la penetración de agua con efectos perjudiciales (1 solo significado)	
0	No protegido
1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua
2	Protegido contra las caídas de agua con inclinación máxima de 15° a cada lado de la vertical
3	Protegido c/ el agua en forma de lluvia con inclinación máx. de 60° a c/ lado de la vertical (no debe producir efectos perjudiciales)
4	Protegido contra el agua en todas las direcciones (no debe producir efectos perjudiciales)
5	Protegido contra chorros de agua desde cualquier dirección (no debe producir efectos perjudiciales)
6	Protegido contra fuertes chorros de agua desde cualquier dirección (no debe producir efectos perjudiciales)
7	Protegido c/ los efectos de la inmersión temporal en agua (el agua no debe ingresar en cantidad perjudicial con <i>presión</i> y <i>tiempo</i> normalizados)
8	Protegido contra los efectos de la inmersión prolongada en agua (el agua no debe ingresar en cantidad perjudicial)

Tabla 3

Letra adicional (opcional) contra el acceso a partes peligrosas (contactos o cercanía de las partes bajo tensión)	
A	el dorso de la mano
B	Dedo (12x80 mm)
C	Herramienta (2,5 mm)
D	Alambre (1 mm)

Tabla 4

Letra suplementaria (opcional) Información suplementaria específica de	
H	Equipos y materiales de alta tensión
M	Movimiento durante el ensayo de agua
S	Inmóvil durante el ensayo de agua
W	Intemperie

4) Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas y contra objetos sólidos extraños indicados por el primer número característico

Cuando se designa un grado IP con un primer número característico eso obliga al cumplimiento de las dos condiciones establecidas más abajo en 4.1) y 4.2).

La primera cifra característica indica que la envolvente procura:

- Una protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas que impida o limite la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto sostenido por una persona

y al mismo tiempo (simultáneamente)

- una protección de los materiales que la envolvente contiene contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.

Una envolvente solo podrá estar designada con un grado de protección establecido e indicado por el primer número característico **si también cumple con todos los grados de protección inferiores**, de forma tal que si se realiza el ensayo para el dígito más alto es innecesario realizar los ensayos para los dígitos menores. **ESTO SOLO SE APLICA PARA EL PRIMER DÍGITO EN TODOS LOS VALORES (0 A 6) Y PARA EL SEGUNDO DÍGITO HASTA EL DÍGITO 6. NO SE APLICA AL SEGUNDO DÍGITO 7 Y 8.**

4.1) Protección contra el acceso a partes peligrosas

La tabla 5 siguiente da en el 1^{er} significado una breve descripción y definiciones para el grado de protección contra el acceso a partes peligrosas.

Los grados de protección enumerados en dicha tabla serán especificados sólo por el primer número característico y no por la referencia a la descripción breve o a la definición.

Para cumplir con las condiciones del primer dígito (en lo que hace a la **Protección contra el acceso a partes peligrosas**) se debe mantener una distancia adecuada entre **el calibre de accesibilidad** y las partes peligrosas ejecutando los ensayos que prescribe la norma.

Los ensayos están prescritos en la Norma IEC 60529 en su cláusula 12,

4.2) Protección contra los cuerpos sólidos extraños

La tabla 5 siguiente da en el 2^o significado una descripción resumida y las definiciones de los grados de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños incluyendo el polvo.

La protección contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños implica que el calibre-objeto determinado por la Tabla 5, para los números característicos 1 y 2 no deberán penetrar completamente en la envoltura. Esto significa que el diámetro de la esfera no debe poder pasar a través de una abertura en la envolvente. Los calibres-objetos definidos para las cifras 3 y 4 no podrán penetrar.

Las envolturas definidas con la cifra característica 5, están protegidas contra el ingreso de polvo, pero bajo ciertas condiciones pueden permitir el ingreso de una limitada cantidad de polvo, por lo cual no se las puede considerar herméticas.

Las envolturas que **SÍ** se consideran **HERMÉTICAS** al polvo son las definidas por el número 6, ya que en ellas no se permite ningún ingreso de polvo.

Tabla 5

	GRADO DE PROTECCIÓN 1ª CIFRA (2 Significados)
1ª cifra	1º Significado) Grado de protección de las personas contra los contactos o con la cercanía de las partes bajo tensión. La protección es satisfactoria si se mantiene una distancia suficiente entre el calibre de accesibilidad y las partes peligrosas
	2º Significado) Grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños
0	No protegido (no requiere ensayo alguno)
1	1º Significado) (Grado de protección de las personas c/ los contactos) <i>Protegido contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano</i> (pero sin protección contra una penetración deliberada). El calibre de accesibilidad, esfera de 50 mm de diámetro, <i>deberá quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas.</i>
	2º Significado) (Grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños) <i>Protegido contra cuerpos sólidos de diámetro ≥ 50 mm.</i> El calibre objeto, esfera de 50 mm de \varnothing <i>no deberá penetrar completamente</i> (F=50 N $\pm 10\%$).
2	1º Significado) <i>Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo.</i> El dedo de prueba articulado de 12 mm de \varnothing y 80 mm de largo, <i>puede llegar a penetrar hasta el tope</i> de $\varnothing 50$ mm x 20 mm, <i>pero deberá quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas.</i> Cada articulación del dedo tomará ángulos de 90° en todas las posiciones posibles
	2º Significado) <i>Protegido contra cuerpos sólidos</i> de $\varnothing \geq$ de 12,5 mm (para IEC) (12 mm para IRAM). El calibre de ensayo, <i>esfera de 12,5 mm de \varnothing no deberá penetrar completamente</i> (F=30 N $\pm 10\%$)
3	1º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con una herramienta. El calibre de acceso de 2,5 mm de \varnothing <i>no deberá penetrar nada o si penetra quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas</i>
	2º Significado) <i>Protegido contra cuerpos sólidos</i> de $\varnothing \geq 2,5$ mm. El calibre de ensayo, de 2,5 mm de \varnothing <i>no deberá penetrar</i> (F=3 N $\pm 10\%$)
4	1º Significado) Protegido c/ el acceso a partes peligrosas con un alambre. El calibre de acceso de 1 mm de \varnothing y 100 mm de largo <i>no deberá penetrar nada o si penetra quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas</i>
	2º Significado) Protegido c/ cuerpos sólidos de $\varnothing \geq$ de 1 mm. El calibre, de 1 mm de \varnothing no deberá penetrar (F=1 N $\pm 10\%$).
5	1º Significado) Protegido c/ el acceso a partes peligrosas con un alambre. El calibre de acceso de 1 mm de \varnothing y 100 mm de largo <i>no deberá penetrar nada o si penetra quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas</i>
	2º Significado) Protegido parcialmente contra el ingreso de polvo. No se impide totalmente la penetración del polvo, pero este no debe penetrar en cantidades suficientes como para perjudicar el buen funcionamiento del aparato o perjudicar la seguridad
6	1º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre. El calibre de acceso de 1 mm de \varnothing y 100 mm de largo <i>no deberá penetrar nada o si penetra quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas</i>
	2º Significado) Totalmente protegido contra el polvo. Hermético al polvo.

5) Grados de protección contra la penetración de agua indicados por el segundo número característico

La segunda cifra característica indica el grado de protección proporcionado por la envoltura contra los efectos nocivos debidos a la penetración del agua.

El ensayo para la segunda cifra característica se realizará con agua dulce (de la canilla). La protección efectiva puede no resultar satisfactoria si se utilizan disolventes o una fuerte presión para las operaciones de limpieza.

En la tabla 6 siguiente se dan las definiciones y las descripciones breves de los grados de protección representados por la segunda cifra característica.

Los grados de protección enumerados en dicha tabla serán especificados sólo por el segundo número característico y no por la referencia a la descripción breve o a la definición.

Tabla 6

2ª Cifra	GRADO DE PROTECCIÓN DE LAS ENVOLTURAS CONTRA EL AGUA
0	No protegido
1	Protegido c/ caída verticales de gotas de agua (condensación o goteo). Las caídas verticales de gotas de agua no deben tener efectos nocivos. El caudal es de 1+0,5 mm/min durante 10 min (caja de goteo fija y muestra giratoria 1 rpm con cierta excentricidad)
2	Protegido c/ caída verticales de gotas de agua (condensación o goteo) cuando la envoltura tiene un ángulo de inclinación de hasta 15° respecto de la vertical. Las caídas verticales de gotas de agua no deben tener efectos nocivos cuando la envoltura está inclinada hasta 15° respecto a su posición normal. El caudal es de 3+0,5 mm/min durante 10 min a razón de 2,5 min en c/u de 4 posiciones (caja de goteo y muestra fija en 4 pos.)
3	Protegido c/ el rociado con agua o c/ el agua de lluvia. El agua rociada o cayendo en forma de lluvia fina en un ángulo $\leq \pm 60^\circ$ respecto de la vertical, no debe tener efectos nocivos. El caudal es de 10 l/min $\pm 5\%$ a razón de 1 min/m ² y por lo menos 5 min con una cabeza tipo regadera (u otro ensayo de 10 min con tubo oscilante con orificios)
4	Protegido c/ proyecciones de agua. El agua, proyectada en todas direcciones c/ la envoltura, no debe tener efectos nocivos. Ensayo idéntico al 3 sólo que el agua es regada a $\pm 180^\circ$ respecto de la vertical,
5	Protegido contra chorros de agua. El agua, proyectada en chorros en todas las direcciones (con lanza y boquilla de 6,3 mm a razón de 12,5 l/min) contra la envoltura, no debe tener efectos nocivos. Duración mínima 3 min o 1 min/m ²
6	Protegido contra chorros de agua potentes. El agua, proyectada en chorros potentes en todas las direcciones contra la envoltura, no debe tener efectos nocivos (con lanza y boquilla de 12,5 mm a razón de 100 l/min) contra la envoltura, no debe tener efectos nocivos. Duración mínima 3 min o 1 min/m ²
7	Protegido contra los efectos de una inmersión temporaria (tiempo mínimo 30 min) en agua entre 0,15 y 1 m. No debe ser posible la penetración de agua en cantidad nociva en el interior de la envoltura sumergida temporariamente en el agua, bajo condiciones normalizadas de presión y tiempo.
8	Protegido contra los efectos de una inmersión prolongada (continua) en agua. No debe ser posible la penetración de agua en cantidad nociva en el interior de la envoltura sumergida continuamente en el agua, bajo condiciones acordadas entre el fabricante y el usuario, pero que serán más severas que las indicadas por la cifra 7

Hasta el segundo número característico 6 inclusive, la designación implica además el cumplimiento de las exigencias de todos los números característicos menores, de forma tal que si se realiza el ensayo para el dígito más alto es innecesario realizar los ensayos para los dígitos menores.

Una envoltura designada con una segunda cifra característica 7 u 8 solamente, es considerada inadecuada para exponerla a chorros de agua (designada por una segunda cifra característica 5 o 6) y no cumple necesariamente con los requisitos de los códigos numéricos 5 o 6 a menos que esté codificada en forma dual como sigue en la tabla 7:

Tabla 7 Marcación doble y marcación restringida

Envolturas ensayadas a		Designación y marcación	Dominio de empleo
Chorro de agua Segunda cifra característica	Inmersión temporaria / continua Segunda cifra característica		
5	7	IPX5/IPX7	Doble
6	7	IPX6/IPX7	Doble
5	8	IPX5/IPX8	Doble
6	8	IPX6/IPX8	Doble
-	7	IPX7	Restringido
-	8	IPX8	Restringido

Las envolturas de utilización “doble” indicadas en la última columna deben responder a las exigencias de la exposición a los chorros de agua y a las de la inmersión temporaria o prolongada.

Las envolturas de utilización “restringida” indicadas en la última columna son consideradas aptas para la inmersión temporaria o prolongada pero no aptas a la exposición a los chorros de agua.

6) Grados de protección contra accesos a partes peligrosas indicadas por una letra adicional

La letra adicional indica el grado de protección de las personas contra los accesos a las partes peligrosas.

Las letras adicionales sólo serán usadas:

- si la protección real contra los accesos a las partes peligrosas es más elevada que la indicada por la primera cifra característica

- o, cuando sólo se menciona la protección contra partes peligrosas. En ese caso el primer número característico debe ser reemplazado por una X

Por ejemplo, tal aumento de la protección puede ser proporcionado por la instalación de barreras de protección eléctrica, o logrando una forma adecuada de las aberturas o por distanciamientos adecuados en el interior de la envoltente.

La tabla 8 indica los calibres de accesibilidad adecuados, considerados por convención como representativos de partes del cuerpo humano o de objetos sostenidos por una persona y la tabla también da las definiciones de los grados de protección contra accesos a partes peligrosas indicadas por las letras adicionales.

Tabla 8 – Grados de protección contra accesos a partes peligrosas indicadas por una letra adicional

Letra adicional	Descripción abreviada	Grado de protección
		Definición (ver cláusula 2)
A	Protegido contra los accesos con el dorso de la mano	El calibre de accesibilidad, esfera de 50 mm de diámetro, deberá quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas
B	Protegido contra los accesos con un dedo	Los dedos de prueba articulados, de 12 mm de diámetro y de 80 mm de largo deben quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas
C	Protegido contra los accesos a partes peligrosas con una herramienta	El calibre de accesibilidad, de 2,5 mm de diámetro, y de 100 mm de largo debe quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas
D	Protegido contra los accesos a las partes peligrosas con un alambre	El calibre de accesibilidad, de 1 mm de diámetro, y de 100 mm de largo debe quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas

Una envoltura sólo será caracterizada con un determinado grado de protección indicado por la letra adicional si también cumple con todos los grados de protección inferiores, de forma tal que si se realiza el ensayo para la letra que representa un grado de protección más alto es innecesario realizar los ensayos para las letras que reflejan grados de protección menores.

Los ensayos se indican en la cláusula 15 de la Norma IEC 60529.

7) Letras suplementarias

En las normas particulares de producto se pueden indicar informaciones complementarias por una letra suplementaria colocada después de la segunda cifra característica o después de la letra adicional.

Las letras enumeradas abajo tienen el siguiente significado:

**Tabla 9 – Grados de protección contra accesos a partes peligrosas
indicadas por una letra suplementaria**

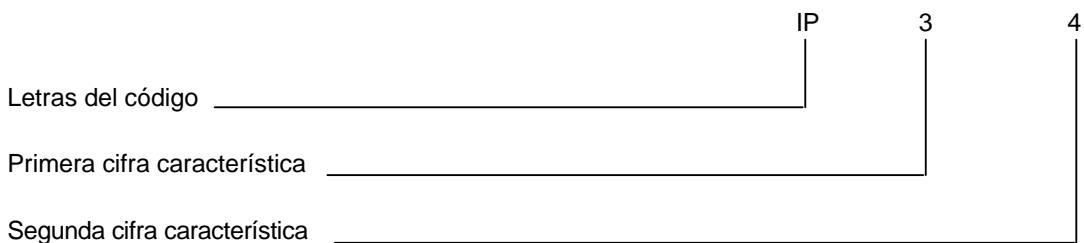
Letra	Significado
H	Aparatos de alta tensión
M	Ensayo de verificación de la protección contra los efectos dañinos debidos al ingreso de agua, cuando las partes móviles del aparato (por ejemplo, el rotor de una máquina rotativa) están en movimiento.
S	Ensayo de verificación de la protección contra los efectos dañinos debidos al ingreso de agua, cuando las partes móviles del aparato (por ejemplo, el rotor de una máquina rotativa) no están en movimiento.
W	Adecuado para ser utilizado en condiciones atmosféricas específicas y dotado de medidas o procedimientos de protección adicionales.

Las normas de producto pueden emplear otras letras además de las indicadas.

La ausencia de las letras **S** y **M** significa que el grado de protección cubierto no depende de que las partes del equipo estén en movimiento o no. Esto puede hacer necesario que las pruebas sean hechas bajo ambas condiciones. Sin embargo, el ensayo estableciendo la conformidad con una de esas dos condiciones es generalmente suficiente, siempre y cuando sea evidente que el ensayo en la otra condición será satisfactorio.

8) Ejemplos de marcaciones con el código IP

8.1) Código IP que no emplea letras opcionales



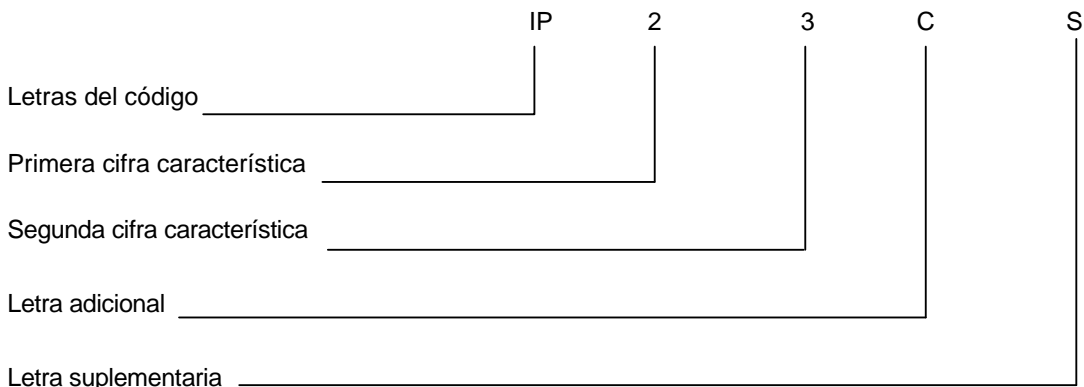
Una envoltura con este código IP significa que proporciona:

Con el 3, protege a las personas contra el acceso a las partes peligrosas cuando ellas sostienen en su mano una herramienta de diámetro igual o superior a 2,5 mm;

Protege los materiales ubicados en el interior de la envoltura contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro igual o superior a 2,5 mm.

Con el 4, protege los materiales ubicados en el interior de la envoltura contra los efectos perjudiciales de las proyecciones de agua en todas las direcciones;

8.2) Código IP que emplea letras opcionales



Una envolvente con este código IP significa que proporciona:

- Con el 2, protege a las personas contra el acceso a las partes peligrosas con los dedos;
Protege los materiales ubicados en el interior de la envoltura contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro igual o superior a 12,5 mm.
- Con el 3, protege los materiales ubicados en el interior de la envoltura contra los efectos perjudiciales de las proyecciones de agua (agua de lluvia) contra las envolturas;
- Con la letra C, protege a las personas que manejan herramientas que tengan un diámetro de 2,5 mm y mayores y una longitud que no exceda los 100 mm, contra el acceso a partes peligrosas (las herramientas pueden penetrar la envoltura hasta su longitud total)
- Con la letra S protección contra los efectos perjudiciales debido al ingreso de agua cuando todas las partes del equipo están en reposo

9) Marcación

Las indicaciones para el marcado deben ser especificadas en la correspondiente norma de producto.

Además cuando corresponda, es necesario que dicha norma también especifique el método de marcado que debe emplearse cuando:

- Una parte de la envolvente tenga un grado de protección diferente del que tiene otra parte de esa misma envolvente;
- La posición de montaje tenga una influencia sobre el grado de protección;
- Se indiquen la profundidad y la máxima duración de inmersión prolongada.

10) Algunas condiciones de ensayos

10.1) Combinación de las condiciones de ensayo para la primera cifra característica

La designación por una cifra característica implica que todas las condiciones de ensayo indicadas en la Tabla 5 son satisfechas por esa cifra.

10.2) Ensayo de envoltentes vacías

Cuando se ensaya una envolvente o gabinete vacío, es decir que no incorpora equipos eléctricos en su interior, el fabricante de la envolvente debe dar indicaciones precisas en sus instrucciones de las exigencias relacionadas con la ubicación y distancias a respetar para las partes peligrosas o partes que puedan quedar afectadas por la penetración de objetos sólidos extraños o agua.

El instalador, tablerista o usuario del gabinete vacío que son quienes terminan equipando la envolvente con material eléctrico, debe asegurar que después que se haya montado el equipamiento eléctrico, la envolvente cumple con el grado de protección declarado para el producto final.

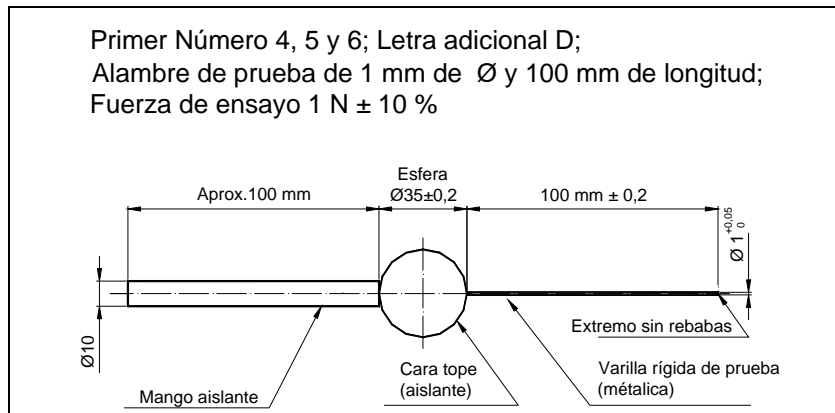
11) Ensayo para la protección contra los accesos a partes peligrosas indicada por la primera cifra característica

11.1) Calibres de accesibilidad

Los calibres de accesibilidad para la protección de las personas contra los accesos a partes peligrosas están indicados en la Tabla 10 siguiente:

Tabla 10 Calibres de accesibilidad para la protección de las personas contra los accesos a partes peligrosas

<p>Primer Número 1; Letra adicional A Esfera de 50 mm de Ø; Fuerza de ensayo 50 N ± 10 %</p>
<p>Primer Número 2; Letra adicional B.- Dedo de prueba articulado Largo 80 mm por Ø 12 mm - Fuerza de ensayo 10 N ± 10 %</p>
<p>Primer Número 3; Letra adicional C; Varilla de ensayo de 2,5 mm de Ø y 100 mm de longitud Fuerza de ensayo 3 N ± 10 %</p>



11.2) Algunas condiciones de ensayo

La sonda de prueba o calibre de accesibilidad se apoya contra (o en caso de ensayo para la primera cifra característica 2 se introduce en) cualquier abertura de la envolvente con la fuerza indicada en la Tabla 10.

Para los ensayos de los equipos de BT, una fuente de BT (no inferior a 40 V y no superior a 50 V) en serie con una lámpara adecuada debe ser conectada entre el calibre de accesibilidad y la parte peligrosa dentro de la envolvente. Las partes activas peligrosas recubiertas por barniz, o pintura o protegido por la oxidación o por un proceso similar deberán ser cubiertos por una lámina metálica, unida eléctricamente a las partes que normalmente en operación, están bajo tensión.

El método del circuito de señalización debe aplicarse también a las partes móviles peligrosas de un equipo de alta tensión. Se admite que las partes móviles internas se maniobren lentamente cuando sea posible.

11.3) Condiciones de aceptación

La protección es satisfactoria si se verifica una distancia suficiente entre la sonda de prueba y las partes peligrosas.

Para el ensayo de la primera cifra característica 1 el calibre de accesibilidad de 50 mm de diámetro no deberá pasar completamente a través de la abertura.

Para el ensayo de la segunda cifra característica 2, la longitud de 80 mm del dedo de ensayo articulado puede penetrar pero la placa tope ($\varnothing 50 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$) no debe pasar a través de la abertura. A partir de la posición recta del dedo cada una de las dos articulaciones del dedo de ensayo se doblará en 90° con respecto al eje del dedo y deberá situarse en todas las posiciones posibles.

Distancia suficiente significa:

11.3.1) Para los equipos o materiales de baja tensión BT (hasta 1000 V ca o 1500 V cc)

El calibre de accesibilidad no debe tocar las partes activas peligrosas.

Si la verificación de la "distancia suficiente" se realiza mediante la ayuda de un circuito de señalización entre el calibre de ensayo y la parte peligrosa, la lámpara deberá permanecer apagada.

En la Norma IEC 60529 existe una nota aclaratoria dirigida a los comités técnicos.

11.3.2) Para los equipos o materiales de alta tensión AT (por encima de 1000 V ca o de 1500 V cc)

Ubicando la sonda de ensayo en las posiciones más desfavorables, el equipo debe satisfacer los ensayos dieléctricos establecidos para el mismo en su respectiva norma de producto.

La verificación puede realizarse, ya sea mediante el ensayo dieléctrico ya sea mediante el control de las distancias en aire especificadas que garantizan que esos ensayos son satisfactorios, considerando los campos eléctricos más desfavorables.

En caso de envoltantes que contengan elementos a diferentes niveles de tensión deben aplicarse las condiciones apropiadas de aceptación de las distancias suficientes a cada elemento.

En la Norma IEC 60529 existe una nota aclaratoria dirigida a los comités técnicos.

11.3.3) Para los equipos con partes mecánicas peligrosas

En estos casos el calibre de accesibilidad no debe tocar las partes activas peligrosas

Si se verifica la distancia adecuada con la ayuda de un circuito eléctrico de señalización, entre las partes peligrosas y la sonda, la lámpara debe permanecer apagada.

12) Ensayos para la protección de de cuerpos sólidos extraños indicados por la primera cifra característica

12.1) Los medios de ensayo

Tabla 11 Medios de ensayo para los ensayos de protección contra la penetración de cuerpos sólidos

1ª CIFRA GRADO DE PROTECCIÓN IP (2 Significados)		
1ª cifra del IP	Medios de ensayo: sondas y cámaras de polvo	Fuerza de ensayo
0	no existe ningún ensayo	-
1	Esfera rígida sin mango ni protección El Ø deberá ser $50^{+0,01}_{-0}$ mm	$50 \text{ N} \pm 10\%$
2	Esfera rígida sin mango ni protección El Ø deberá ser $12,5^{+0,2}_{-0}$ mm	$30 \text{ N} \pm 10\%$
3	Varilla rígida de acero de $2,8^{+0,05}_{-0}$ mm de Ø con el extremo sin rebabas	$3 \text{ N} \pm 10\%$
4	Alambre rígido de acero de $1,0^{+0,05}_{-0}$ mm de Ø con el extremo sin rebabas	$1 \text{ N} \pm 10\%$
5	Cámara de polvo de la figura 2 con o sin subpresión (depresión)	
6	Cámara de polvo de la figura 2 con subpresión (depresión)	

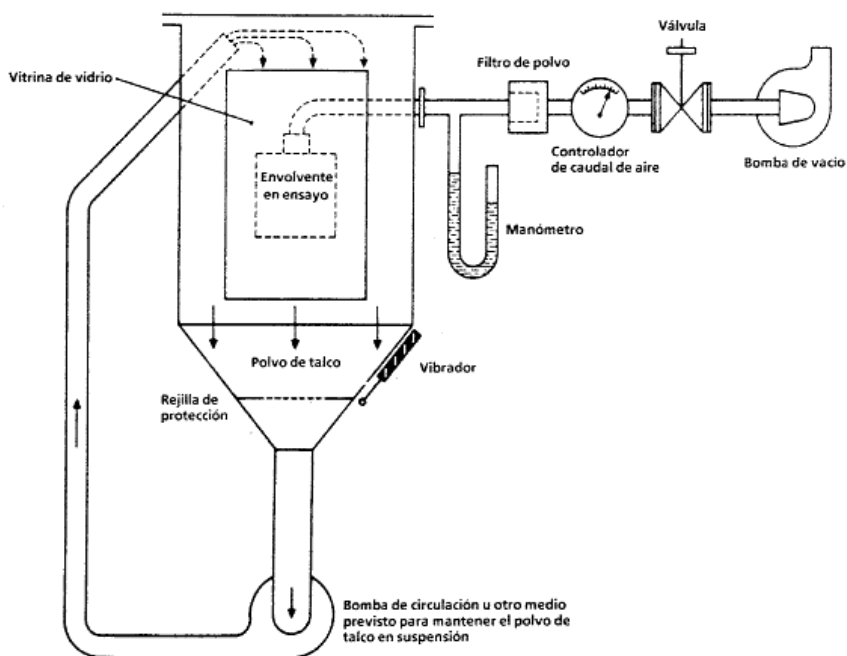


Figura 2 Aparato de ensayo para verificar la protección contra el polvo (cámara de polvo)

12.2) Condiciones de ensayo para las primeras cifras características 1, 2, 3 y 4

La sonda de ensayo se apoya contra toda abertura de la envolvente con la fuerza que se especifica en la tabla 11.

12.3) Condiciones de aceptación para las primeras cifras características 1, 2, 3 y 4.

La protección es satisfactoria si el diámetro completo de la sonda especificado en la tabla 11 no entra por ninguna abertura.

La norma IEC 60529 indica en una nota que para las primeras cifras características 3 y 4, las sondas especificadas en la tabla 11 están destinadas a simular objetos extraños que pueden ser esféricos, y que cuando una envolvente presente un camino de acceso indirecto o tortuoso y se ponga en duda la penetración de un objeto esférico capaz de moverse, será preciso examinar el diseño o efectuar un acceso especial que permita aplicar la sonda, con la fuerza requerida, en la abertura donde se quiere verificar su introducción.

12.4) Ensayo de polvo para las primeras cifras características 5 y 6

El ensayo se realiza con la ayuda de una cámara de polvo, incorporando los principios fundamentales presentados en la figura 2, en los cuales la bomba puede reemplazarse por otros medios que permitan mantener el polvo talco en suspensión en una cámara de ensayo cerrada. El polvo talco utilizado debe poder pasar a través de un tamiz de mallas cuadradas, en las que el diámetro nominal de los alambres sea de 50 μm y el espacio libre entre los mismos de 75 μm . La cantidad de talco a emplear es de 2 kg/m^3 de volumen de la cámara de ensayo. El talco no debe utilizarse para más de 20 ensayos.

En este punto la Norma IEC 60529 establece algo muy poco conocido en el medio técnico. La Norma indica que las envolventes deben ser necesariamente de una de las dos categorías siguientes:

Categoría 1: Envolventes en las cuales el ciclo normal de trabajo del equipo produce reducciones de la presión interna en relación al aire del entorno, por ejemplos causados por los efectos de los ciclos térmicos.

Categoría 2: Envolventes en las cuales no hay diferencia de presión en relación con el aire del entorno.

La Norma IEC establece que en las **Envolventes de categoría 1**, la envolvente objeto del ensayo se sitúa en el interior de la cámara de ensayo y la presión interna en la envolvente se reduce por debajo de la presión atmosférica con la ayuda de una bomba de vacío. La conexión de la bomba debe efectuarse a través de un agujero taladrado especialmente para este ensayo. Salvo especificación contraria en la norma del producto, este agujero se sitúa cerca de las partes vulnerables.

Cuando no sea posible hacer un agujero especial, la bomba se conectará al agujero de entrada de los cables. Si existen otros agujeros (por ejemplo más entradas de cables o de vaciado) se tratan como para su utilización en servicio.

La finalidad del ensayo consiste en hacer pasar en la envolvente, mediante una depresión, un volumen de aire igual a 80 veces el volumen de la envolvente en ensayo sin renovar el volumen más de 60 veces por hora. En ningún caso la depresión debe sobrepasar los 2 kPa (20 mbar) del manómetro representado en la figura 2.

Si la renovación del aire se realiza de 40 a 60 veces por hora, el ensayo dura 2 h.

Si la renovación del aire se realiza menos de 40 veces por hora con una depresión máxima de 2 kPa (20 mbar), no se suspende el ensayo hasta que el aire se haya renovado 80 veces o hayan transcurrido 8 h.

Además, la Norma IEC 60529 establece que en las **Envolventes de categoría 2**, la envolvente objeto del ensayo se sitúa en el interior de la cámara de ensayo en su posición normal de funcionamiento, pero sin conectarla a una bomba de vacío. Todo agujero de vaciado normalmente abierto debe permanecer abierto durante el ensayo. El ensayo dura 8 h.

En el caso de no ser posible ensayar en la cámara de ensayo la envolvente completa, (sean **Envolventes de categoría 1 o de categoría 2**) se debe utilizar uno de los procedimientos siguientes:

- ensayo de las partes de la envolvente individualmente cerradas;
- ensayo de las partes representativas de la envolvente que comporten elementos, tales como puertas, aberturas de ventilación, juntas, palieres, etc. en su posición durante el ensayo;
- ensayo de una envolvente más pequeña que incluya los mismos detalles de diseño que a su escala normal.

En los dos últimos casos, el volumen de aire que se hace pasar a través de la envolvente en ensayo, es el mismo que para la envolvente completa a escala normal.

12.5) Condiciones especiales para la primera cifra característica 5

12.5.1) Condiciones de ensayo para la primera cifra característica 5. La envolvente se supone que está en la categoría 1, salvo si la norma particular del producto especifica que es de categoría 2.

12.5.2) Condiciones de aceptación para la primera cifra característica 5. La protección se satisface si el examen muestra que el talco no se ha acumulado en cantidad o en un lugar tal que, para cualquier otro tipo de polvo, podrá afectar el funcionamiento correcto del equipo o la seguridad. En los casos especiales claramente definidos por las normas particulares del producto, el polvo no debe depositarse en zonas donde puedan producirse líneas de fuga.

12.6) Condiciones especiales para la primera cifra característica 6

12.6.1) Condiciones de ensayo para la primera cifra característica 6. La envolvente se supone que es de la categoría 1, haya o no reducciones de presión interna con relación a la atmosférica.



12.6.2) Condiciones de aceptación para la primera cifra característica 6. La protección es satisfactoria si, al final del ensayo, no se observa deposición de polvo en el interior de la envolvente.

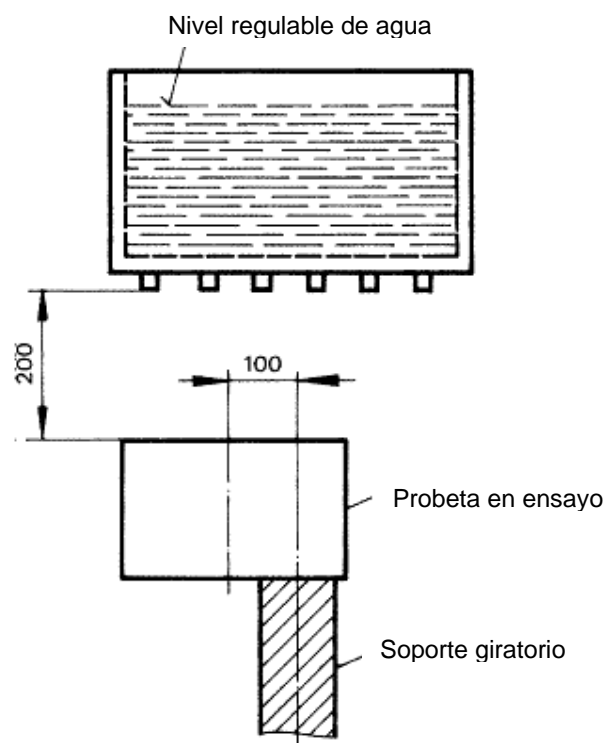
13) Ensayos para la protección contra la penetración del agua indicada por la segunda cifra característica

13.1) Medios de ensayo

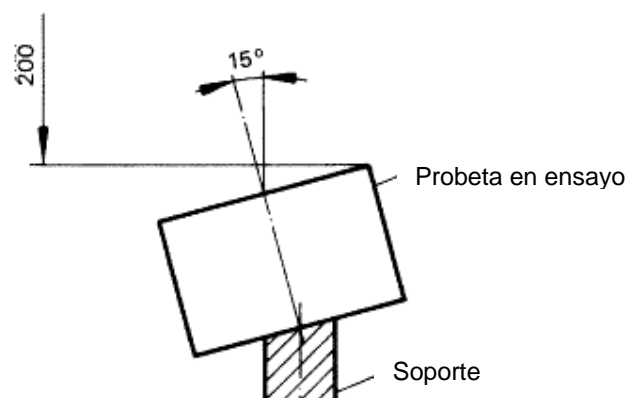
Los medios y las principales condiciones de ensayo se indican en la tabla 12.

Tabla 12 Medios y principales condiciones de ensayo para la protección contra la penetración del agua

2ª CIFRA GRADO DE PROTECCIÓN IP (1 Significado)			
2ª cifra característica	Medios de ensayo	Caudal de agua	Duración del ensayo
0	Paso de ensayo prescrito	-	-
1	Caja de goteo Figura 3 Envolvente situada sobre una tabla giratoria	 mm/min	10 min
2	Caja de goteo Figura 3 Envolvente situada en 4 posiciones fijas con una inclinación de 15°	 mm/min	2,5 minutos en c/u de las posiciones inclinadas
3	Tubo oscilatorio Figura 4 Riego a $\pm 60^\circ$ en relación a la vertical, distancia máx. 200 mm o	0,07 l/min $\pm 5\%$ por agujero multiplicado por el número de agujeros	10 min
	Cabeza regadera Figura 5 Riego a $\pm 60^\circ$ en relación a la vertical	10 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² durante al menos 5 min
4	Idéntico a la cifra 3, pero riego a $\pm 180^\circ$ en relación a la vertical	Idéntico a la cifra 3	
5	Chorros de agua Figura 6 Tubo de 6,3 mm de \varnothing distancia 2,5 m a 3 m	12,5 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² durante al menos 3 min
6	Chorros de agua Figura 6 Tubo de 12,5 mm de \varnothing distancia 2,5 mm a 3 m	100 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² durante al menos 3 min
7	Depósito de agua Nivel del agua por encima de la envolvente 0, 15 m por encima de la parte superior 1 m por encima del punto más bajo		30 min
8	Depósito de agua. Nivel del agua, según acuerdo		según acuerdo



a) Segunda cifra característica 1



b) Segunda cifra característica 2

Medidas en milímetros

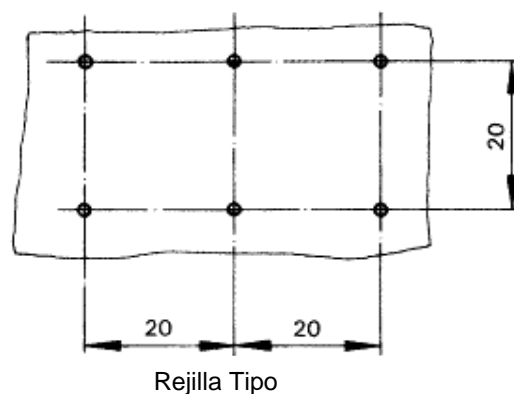
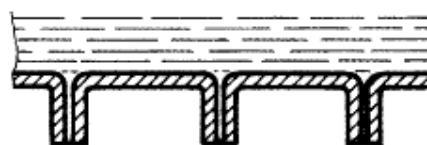
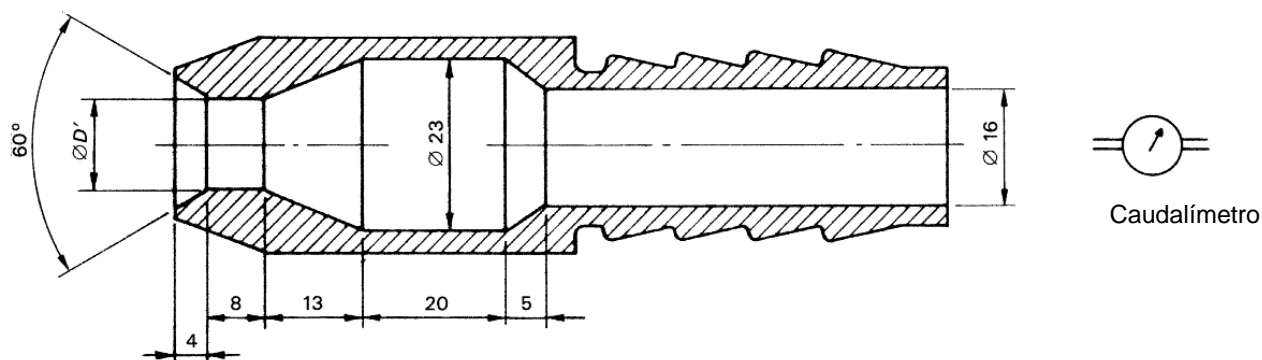


Figura 3 Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra las gotas de agua que caen verticalmente (caja de goteo)



D'= 6,3 para el ensayo de la segunda cifra característica 5

D'= 12,5 para el ensayo de la segunda cifra característica 6

Figura 6 – Lanza o boquilla de ensayo para verificar la protección contra el chorro de agua

13.2 Condiciones de ensayo

En la tabla 13 se indican los medios y las principales condiciones de los ensayos.

En la Revista N°58 se detalló lo concerniente a la conformidad de los grados de protección para la protección contra la penetración del agua, en particular para las segundas cifras características 5/6 (chorros de agua) y 7/8 (inmersión temporal/ inmersión prolongada).

Los ensayos deben ser efectuados con agua dulce (agua de la canilla).

Durante los ensayos de IPX1 a IPX6, es conveniente que la diferencia entre la temperatura del agua y la de la muestra en ensayo no exceda de 5 K. Si la temperatura del agua tiene un valor que resulta inferior en más de 5 K de la temperatura de la muestra, debe preverse un equilibrio de presión en la envoltente. En la cláusula 13.2.7 se dan los detalles sobre la temperatura del agua para los ensayos de IPX7.

Durante el ensayo, la humedad contenida en la envoltente puede condensarse parcialmente. Esa condensación que puede depositarse, no debe confundirse con una penetración de agua.

Para los ensayos, la superficie de la envoltente se calcula con una tolerancia del 10%.

La norma establece además que, cuando este ensayo se efectúe con el equipo en tensión, es conveniente tomar adecuadas precauciones de seguridad.

13.2.1 Ensayo para la segunda cifra característica 1 con la ayuda de la caja de gotas.

El ensayo se debe efectuar con la ayuda de un dispositivo que produzca un flujo uniforme de gotas de agua sobre toda la superficie de la envoltente.

En la figura 2a) de la Parte 5 (Revista N°65) se da un ejemplo de ese dispositivo.

La tabla giratoria sobre la cual se coloca la envoltente, debe tener una velocidad de rotación de 1 rpm y la excentricidad (distancia entre el eje de la tabla giratoria y el eje de la muestra) debe ser aproximadamente de 100 mm.

La envoltente ensayada se monta en su posición normal de funcionamiento por debajo de la caja de goteo, debiendo tener el fondo de esta última una sección superior a la de la envoltente. Salvo en el caso de envoltentes destinadas a instalarse sobre un muro o techo, el soporte de la envoltente a ensayar debe ser menor que la base de la envoltente.

Una envoltente, que normalmente se instalará fija sobre un muro o techo, se deberá montar en su posición normal de utilización, sobre una plancha de madera de dimensiones iguales a la de la superficie de la envoltente en contacto con el muro o el techo, cuando la envoltente se instala en su posición normal de utilización.

La duración del ensayo es de 10 min.

Cuando la base de la caja de goteo sea inferior a la de la envolvente a ensayar, esta última puede dividirse en varias secciones, siendo cada una de ellas de una dimensión suficiente para que pueda estar recubierta por la caja de goteo. El ensayo debe continuarse hasta que al total de la superficie de la envolvente se le haya esparcido agua durante el tiempo requerido.

13.2.2 Ensayo para la segunda cifra característica 2 con la ayuda de la caja de gotas.

El dispositivo del goteo es idéntico a aquel que se especificó en la cláusula 13.2.1, ajustado para establecer el caudal de agua especificado en la tabla 13.

La tabla sobre la cual está situada la envolvente, no gira como el ensayo para la segunda cifra característica 1.

La envolvente debe ser sometida al ensayo durante 2,5 min en cada una de las cuatro posiciones inclinadas. Las posiciones forman un ángulo de 15° a ambos lados de la vertical, en dos planos ortogonales (véase figura 2b) de la Parte 5.

El ensayo debe tener una duración total de 10 min.

13.2.3 Ensayo para la segunda cifra característica 3 con el tubo oscilatorio o la cabeza de regadera.

El ensayo se efectúa con la ayuda de uno de los dos dispositivos descritos en las figuras 3 y 4, de la Parte 5, de acuerdo con la norma particular del equipo o dispositivo a ensayar y según se describe en a) o b) a continuación.

a) Condiciones de utilización del dispositivo de ensayo de la figura 3 (tubo oscilante) de la Parte 5

El caudal total se debe regular como se especifica en la tabla 14. El caudal total debe medirse con la ayuda de un caudalímetro.

El tubo oscilante deberá estar provisto de agujeros hasta un ángulo de 60°, a cada lado de la vertical. El soporte no debe perforarse.

La envolvente a ensayar se sitúa en el centro de semicírculo. El tubo se somete a una oscilación de 120°, 60° a ambos lados de la vertical; el tiempo de una oscilación completa (2 x 120°) tendrá una duración de aproximadamente 4 s, y la duración del ensayo es de 5 min.

A continuación se hace girar la envolvente en un ángulo de 90° en el plano horizontal y el ensayo debe tener una duración de 5 min.

El radio máximo aceptable del tubo oscilante es de 1600 mm.

Si para ciertos tipos de aparatos no es posible mojar todas las partes de la envolvente a ensayar, entonces el soporte de la envolvente puede moverse hacia arriba o hacia abajo. En esos casos, convendría utilizar el dispositivo de ensayo portátil (cabeza de regadera) descrito en la figura 4.

b) Condiciones de utilización del dispositivo de ensayo de la figura 4 (cabeza de regadera) de la Parte 5.

Para este ensayo la pantalla con contrapeso debe estar colocada en la posición señalada.

Se debe ajustar la presión del agua, de forma que se obtenga el caudal prescrito. La presión que debe producir este caudal debe ser del orden de 50 kPa a 150 kPa. Es conveniente mantener esa presión constante durante todo el ensayo.

Tabla 14
Caudal total de agua q_v para las condiciones de ensayo IPX3 e IPX4
Caudal medio por orificio $q_v = 0,07$ l/min

Radio del tubo	Grado IPX3		Grado IPX4	
	Número de orificios abiertos $N^{1)}$	Caudal de agua total q_v l/min	Número de orificios abiertos $N^{1)}$	Caudal de agua total q_v l/min
200	8	0,56	12	0,84
400	16	1,1	25	1,8
600	25	1,8	37	2,6
800	33	2,3	50	3,5
1 000	41	2,9	62	4,3
1200	50	3,5	75	5,3
1400	58	4,1	87	6,1
1 600	67	4,7	100	7,0

¹⁾ La disposición real de los centros de los agujeros a la distancia especificada, puede conducir a aumentar en una unidad el número N de orificios abiertos.

La duración del ensayo es de 1 min/m^2 de superficie calculada de la envolvente, sin incluir ninguna superficie de apoyo, con una duración mínima de 5 min.

13.2.4 Ensayo para la segunda cifra característica 4 con el tubo oscilatorio o la cabeza de regadera.

El ensayo se efectúa con la ayuda de uno de los dos dispositivos descritos en las figuras 3 y 4, de la Parte 5, de acuerdo con la norma particular del equipo o dispositivo a ensayar y según se describe en a) o b) a continuación.

a) Condiciones de utilización del apartado de la figura 3 (tubo oscilante).

El tubo oscilante debe llevar agujeros para regar a lo largo de toda su longitud, aproximadamente 180° , en todo el semicírculo. El caudal total se debe regular como se especifica en la tabla 14. El caudal total debe medirse con la ayuda de un caudalímetro..

Se hace oscilar el tubo un ángulo de 360° , 180° a cada lado de la vertical; el tiempo de una oscilación completa ($2 \times 360^\circ$) tendrá una duración de aproximadamente 12 s, y la duración del ensayo es de 10 min

Salvo indicación contraria expresa en la norma específica del producto, el soporte de la envolvente a ensayar debe perforarse para evitar que actúe como deflector y la envolvente se regará desde todas las direcciones, haciendo oscilar el tubo hasta el límite de su recorrido en cada dirección.

b) Condiciones de utilización del dispositivo de ensayo de la figura 5 (cabeza de regadera).

La pantalla con contrapeso se retira de la cabeza de regadera y el equipo se riega desde todas las direcciones posibles.

El caudal de agua y la duración del regado por unidad de superficie son los especificados en la cláusula 13.2.3.

13.2.5 Ensayo para la segunda cifra característica 5 con boquilla de 6,3 mm de diámetro

El ensayo se efectúa rociando la envolvente desde todas las direcciones posibles con un chorro de agua que salga de una boquilla de ensayo normalizada como la representada en la figura 5, de la Parte 5.

Las condiciones que deben cumplirse son las siguientes:

- diámetro interior de la boquilla: 6,3 mm;
- caudal: 12,5 l/min \pm 5%;
- presión del agua: se regulará para obtener el caudal especificado;
- centro del chorro principal: círculo de aproximadamente 40 mm de diámetro, a una distancia de 2,5 m de la boquilla;
- duración del ensayo: 1 min/m² de superficie de envoltente susceptible de ser rociada;
- duración mínima del ensayo: 3 min;
- distancia entre la boquilla y la superficie de la envoltente: 3 m aproximadamente.

13.2.6 Ensayo para la segunda cifra característica 6, con una boquilla de 12,5 mm de diámetro

El ensayo se efectúa rociando la envoltente desde todas direcciones posibles con un chorro de agua que salga de una boquilla de ensayo normalizada como la representada en la figura 5, de la Parte 5. Las condiciones que deben cumplirse son las siguientes:

- diámetro interior de la boquilla: 12,5mm;
- caudal: 100 l/min \pm 5%;
- presión de agua: se regulará para obtener el caudal especificado;
- centro del chorro principal: círculo de aproximadamente 120 mm de diámetro, a una distancia de 2,5 m de la boquilla;
- duración del ensayo: 1 min/m² de superficie de envoltente susceptible de ser rociada;
- duración mínima del ensayo: 3 min;
- distancia entre la boquilla y la superficie de la envoltente: entre 2,5 y 3 m.

13.2.7 Ensayo de la segunda cifra característica 7: inmersión temporal entre 0,15 y 1 m.

El ensayo se efectúa sumergiendo completamente la envoltente en agua, en la posición de funcionamiento especificada por el fabricante, de forma que se cumplan las condiciones siguientes:

- a) Si la envoltente tiene una altura inferior a 850 mm, el punto más bajo de la envoltente debe encontrarse a 1000 mm por debajo de la superficie del agua.
- b) Si la envoltente tiene una altura igual o superior a 850 mm, el punto más alto de la envoltente, debe encontrarse a 150 mm por debajo de la superficie del agua.
- c) La duración mínima del ensayo debe ser de 30 min.
- d) La temperatura del agua no debe diferir de la del equipo en más de 5 K. Sin embargo, esta prescripción puede estar modificada en la norma específica del producto si los ensayos deben efectuarse estando el material con tensión o sus partes en movimiento.

La figura N° 6 siguiente ilustra lo comentado

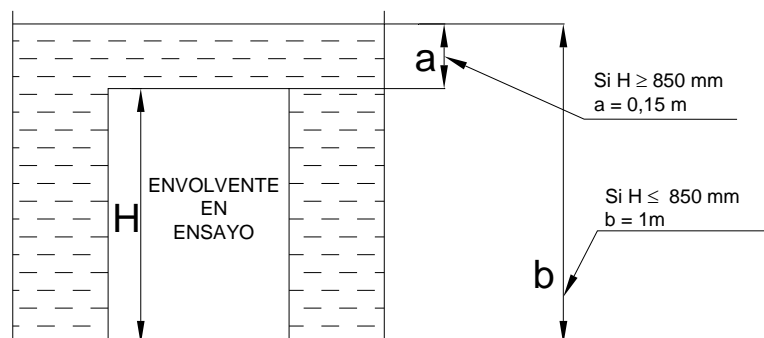


Figura N° 6 Profundidad de la inmersión para la verificación del 2º dígito 7

13.2.8 Ensayo para la segunda cifra característica 8: inmersión prolongada según acuerdo

Salvo que exista una norma específica del producto, las condiciones de ensayo serán objeto de acuerdo entre el fabricante y el usuario. No obstante, esas condiciones deberán ser más severas que las fijadas en el artículo 13.2.7 para la inmersión temporal y además en las condiciones a considerar se deberá tener en cuenta el hecho de que la envolvente permanecerá, en las condiciones reales de utilización, sumergida en forma continua.

13.3 Condiciones de aceptación

Después de los ensayos realizados de acuerdo con las prescripciones de las cláusulas 13.2.1 a 13.2.8, las envolventes deberán examinarse con el fin de verificar la penetración de agua.

El Comité Técnico correspondiente especificará la cantidad de agua aceptable en el interior de la envolvente, y precisará los ensayos dieléctricos, si fueran necesarios.

En general, si algo de agua hubiera ingresado en la envolvente, esa cantidad no deberá:

- ser suficiente para afectar el buen funcionamiento del equipo o desmejorar o debilitar su seguridad;
- depositarse en zonas aislantes en las que podría dar lugar a la formación de caminos conductores a lo largo de las líneas de fuga;
- alcanzar partes bajo tensión o arrollamientos no previstos para funcionar mojados;
- acumularse en la proximidad de las entradas de cables ni haber penetrado en los cables, cuando los haya.

Si la envolvente está provista de agujeros de drenaje, debe verificarse por inspección, que el agua que haya podido ingresar no se acumule y se deberá verificar también que el agua puede salir sin haber producido efectos perjudiciales.

Si la envolvente no está provista de agujeros de drenaje, en la norma particular del producto, dispositivo o equipo deben especificarse las condiciones de aceptación para que la acumulación de agua no alcance las partes bajo tensión.

14 Ensayos para la protección contra el acceso a las partes peligrosas indicadas por la letra adicional

14.1 Calibres de accesibilidad (Sondas de accesibilidad)

En la tabla 10 se dan los calibres de accesibilidad para verificar la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas.

14.2 Condiciones de ensayo

El calibre se presionará contra todas las aberturas existentes en la envolvente con la fuerza que se especifica en la tabla 10 mencionada y, si penetra parcial o totalmente, se colocará en todas las posiciones posibles, pero en ningún caso el tope debe penetrar completamente por la abertura.

Las barreras internas se consideran partes de la envolvente, de acuerdo con la definición dada en la Parte 1 de este trabajo. Para ello se recomienda ver la definición de Envolvente o Envoltura (IEC 60050 VEI 826-12-20; VEI 195-02-35) y el comentario sobre barreras en la mencionada Parte 1.

Para los ensayos de equipos de baja tensión se debe conectar una fuente de alimentación de baja tensión (comprendida entre 40 V y 50 V) en serie con una lámpara adecuada entre el calibre y las partes peligrosas, situadas en el interior de la envolvente. Las partes activas peligrosas cubiertas solamente por barniz o por pintura o protegidas por oxidación o por un procedimiento análogo, deben cubrirse con una hoja metálica unida eléctricamente a las partes que están bajo tensión en el funcionamiento normal.

El método de circuito de señalización debe aplicarse también a las partes peligrosas en movimiento de los equipos de alta tensión.

Las partes móviles internas pueden ser operadas lentamente, cuando eso sea posible.

14.3 Condiciones de aceptación

La protección es satisfactoria, si se mantiene una distancia suficiente entre el calibre de accesibilidad y las partes peligrosas.

En el caso del ensayo para la letra adicional B, el dedo articulado de ensayo puede penetrar hasta una longitud de 80 mm, pero el tope (\varnothing 50 mm x 20 mm) no debe pasar por la abertura. Empezando en la posición recta, las dos

articulaciones del dedo de ensayo se plegarán, sucesivamente, en ángulo de 90°, con relación al eje de la sección adjunta del dedo y se colocará en todas las posiciones posibles.

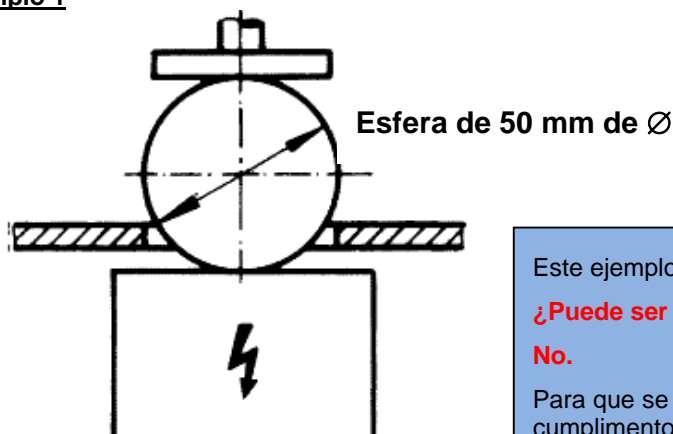
En el caso de los ensayos para las letras adicionales C y D, el calibre de accesibilidad puede penetrar en toda su longitud, pero el tope no debe penetrar totalmente por la abertura.

Las condiciones de verificación de la distancia suficiente, son idénticas a las fijadas en las cláusulas 3.1, 3.2 y 3.3 indicadas en las Partes 4 y parte 5 de este trabajo.

15) La Norma IEC 60529 ofrece en su anexo A una serie de ejemplos que ayudan a interpretar la aplicación del código IP.

Esos ejemplos se indican a continuación con su correspondiente explicación.

Ejemplo 1



Este ejemplo refleja claramente que es IP0X. ¿Porqué?

¿Puede ser primer dígito 1?

No.

Para que se cumpla el primer dígito N° 1 se debe verificar el cumplimiento de las dos condiciones

- a) La vinculada con la *Protección contra cuerpos sólidos de diámetro ≥ 50 mm.*,
- b) *La vinculada con la Protección contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano*

La **a) se cumple** pues “el calibre de ensayo, la esfera de 50 mm de Ø, *no penetra completamente*”. pero la

b) no se cumple ya que “El calibre de ensayo, esfera de 50 mm de diámetro, *deberá quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas*” y eso no ocurre pues el calibre, hace contacto con las partes peligrosas .

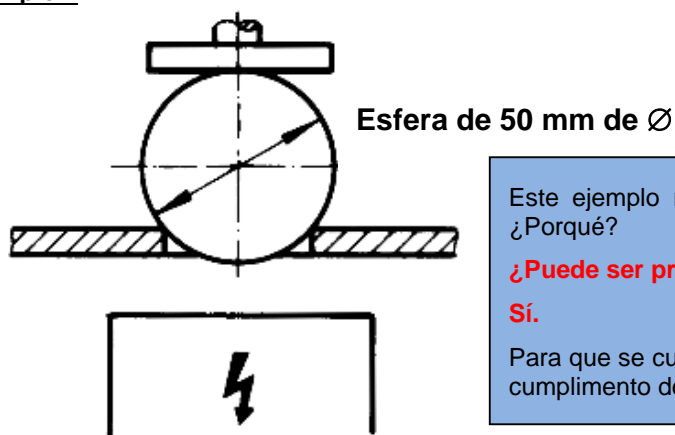
Cabe preguntarse ¿puede ser letra adicional **A** que significa, igual que lo indicado en b), que el equipo está protegido contra el acceso con el dorso de la mano?

No, ya que para ello se debe cumplir con que “El calibre de acceso de esfera de 50 mm de Ø deberá quedar a una distancia adecuada de las partes peligrosas” cosa que no ocurre.

Conclusión: en este ejemplo estamos frente a un IP1X

La X se incluye porque en este caso no estamos evaluando el ingreso de agua.

Ejemplo 2



Este ejemplo refleja claramente que es IP1X y no IP2X. ¿Porqué?

¿Puede ser primer dígito 1?

Sí.

Para que se cumpla el primer dígito N° 1 se debe verificar el cumplimiento de las dos condiciones

a) La vinculada con la Protección contra cuerpos sólidos de diámetro ≥ 50 mm.,

b) La vinculada con la Protección contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano

La a) se cumple pues “el calibre de ensayo, la esfera de 50 mm de \varnothing , no penetra completamente” y la

b) también se cumple ya que “El calibre de ensayo, esfera de 50 mm de diámetro, queda a una distancia suficiente de las partes peligrosas” pues el calibre, no hace contacto con las partes peligrosas.

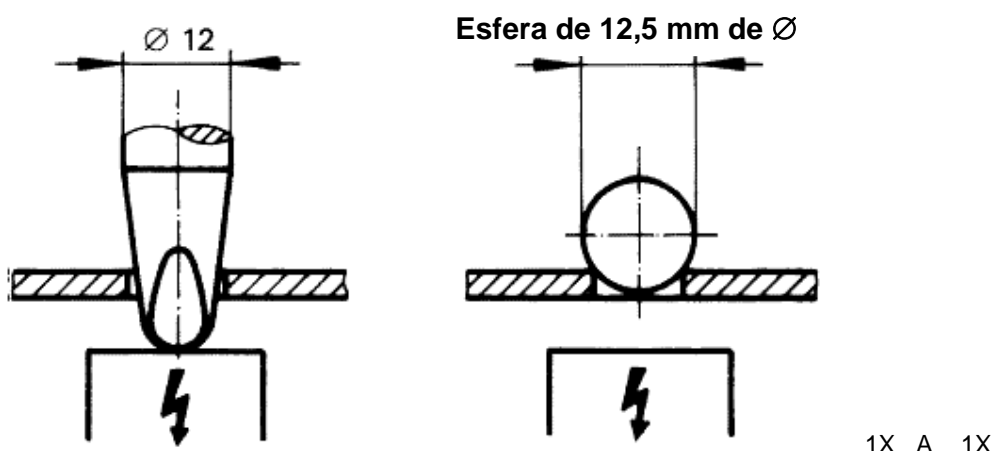
Cabe preguntarse ¿puede ser letra adicional **A** que significa, igual que lo indicado en b), que el equipo está protegido contra el acceso con el dorso de la mano?

Sí, ya que para ello se debe cumplir con que “El calibre de acceso de esfera de 50 mm de \varnothing deberá quedar a una distancia adecuada de las partes peligrosas” pero como este concepto ya queda cubierto por el dígito 1 la letra **A** no se utiliza porque no mejora al dígito 1.

Conclusión: en este ejemplo estamos frente a un IP1X

La X se incluye porque en este caso tampoco se está evaluando el ingreso de agua.

Ejemplo 3



En este ejemplo 3 se refleja claramente que es IP1X y no IP2X. ¿Porqué?

¿Puede ser primer dígito 1?

Sí.

Para que se cumpla el primer dígito N° 1 se debe verificar el cumplimiento de las dos condiciones

a) La vinculada con la Protección contra cuerpos sólidos de diámetro ≥ 50 mm.,

b) La vinculada con la Protección contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano

La a) se cumple pues “el calibre de ensayo, la esfera de 50 mm de \varnothing , no penetra completamente”. y la

b) también se cumple ya que “El calibre de ensayo, esfera de 50 mm de diámetro, queda a una distancia suficiente de las partes peligrosas” pues el calibre, no hace contacto con las partes peligrosas.

Cabe preguntarse ¿puede ser letra adicional **A** que significa, igual que lo indicado en b), que el equipo está protegido contra el acceso con el dorso de la mano?

Sí, ya que para ello se debe cumplir con que “El calibre de acceso de esfera de 50 mm de \varnothing deberá quedar a una distancia adecuada de las partes peligrosas” pero como este concepto ya queda cubierto por el dígito 1 la letra **A** no se utiliza porque no mejora al dígito 1.

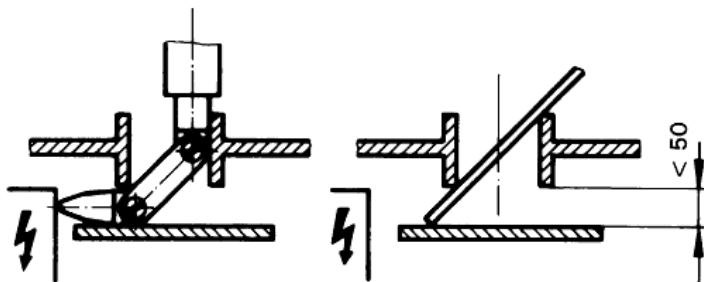
Conclusión: en este ejemplo estamos frente a un IP1X

La X se incluye porque en este caso no estamos evaluando el ingreso de agua.

Falta responder si puede ser IP2X. La respuesta es NO. ¿Porqué? Porque, si bien, la esfera de prueba de 12,5 mm de diámetro no ingresa (se verifica la protección contra el ingreso de partículas sólidas de 12,5 mm y mayores) el dedo de prueba de 12 mm de diámetro hace contacto con las partes peligrosas (no verifica la protección contra el contacto directo).

Los siguientes ejemplos se exponen con su adecuado IP dejando al lector el análisis del porqué:

Ejemplo 4

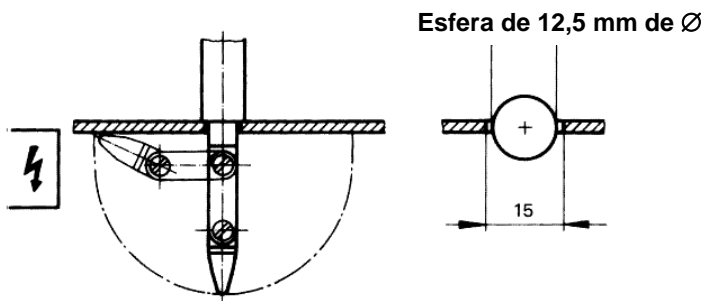


El IP con dos dígitos sería **1X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **A**.

El resultado final es IP1X

Ejemplo 5

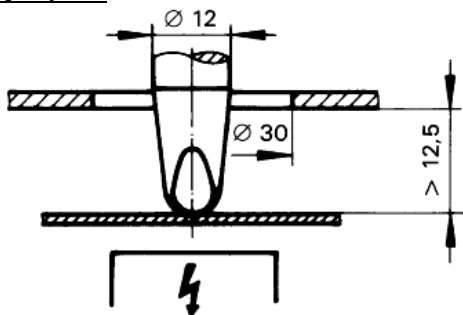


El IP con dos dígitos sería **1X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **B**.

El resultado final es IP1XB

Ejemplo 6

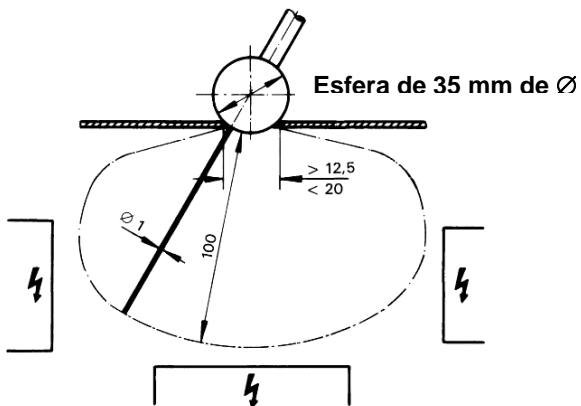


El IP con dos dígitos sería **1X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **B**.

El resultado final es IP1XB

Ejemplo 7

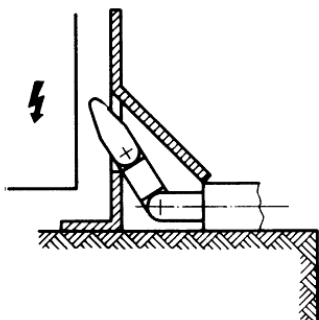
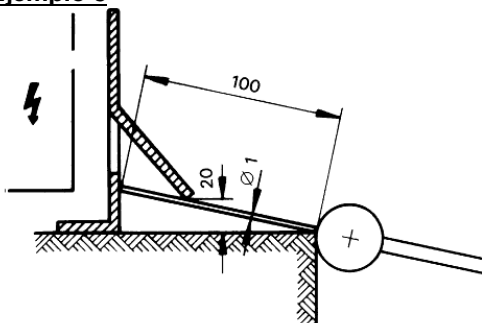


El IP con dos dígitos sería **1X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **D**.

El resultado final es IP1XD

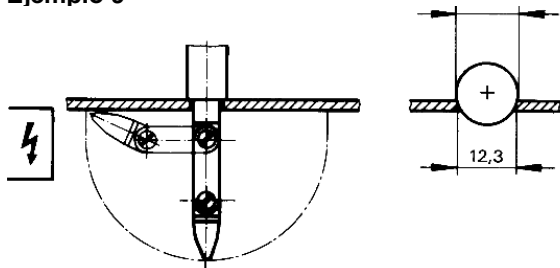
Ejemplo 8



El IP con dos dígitos sería **1X**.
Si consideramos la letra adicional esta sería **D**.

El resultado final es IP1XD

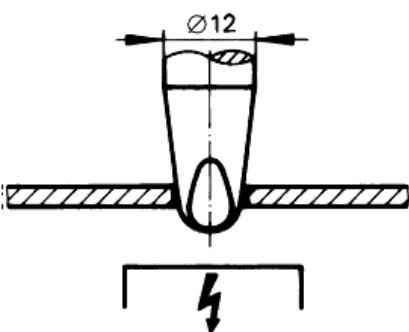
Ejemplo 9



El IP con dos dígitos sería **2X**.
Si consideramos la letra adicional esta sería **B**.

El resultado final es IP2X

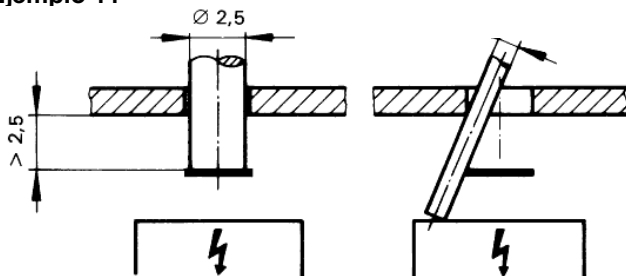
Ejemplo 10



El IP con dos dígitos sería **2X**.
Si consideramos la letra adicional esta sería **B**.

El resultado final es IP2X

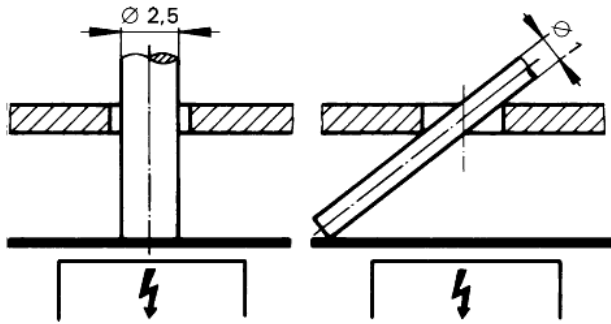
Ejemplo 11



El IP con dos dígitos sería **2X**.
Si consideramos la letra adicional esta sería **C**.

El resultado final es IP2XC

Ejemplo 12

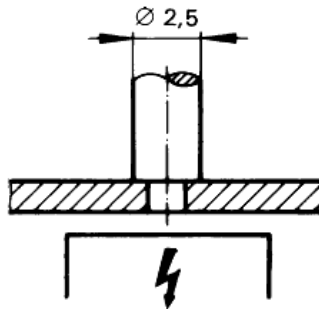


El IP con dos dígitos sería **2X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **D**.

El resultado final es IP2XD

Ejemplo 13

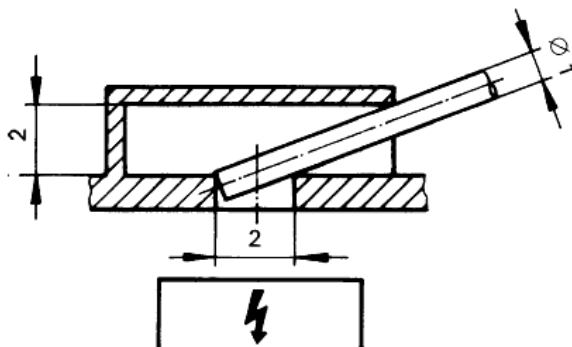


El IP con dos dígitos sería **3X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **C**.

El resultado final es IP3X

Ejemplo 14

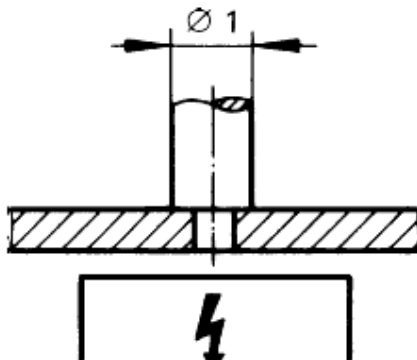


El IP con dos dígitos sería **3X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **D**.

El resultado final es IP3XD

Ejemplo 15



El IP con dos dígitos sería **4X**.

Si consideramos la letra adicional esta sería **D**.

El resultado final es IP4X

A continuación se tratarán los grados de protección según otras normas IEC y según el enfoque que se da al tema en países no alineados con IEC.

16) Otras normas IEC que tratan los grados de protección y los grados de protección en países no alineados con IEC

Si bien los grados de protección IP no son de fácil comprensión para las personas no ilustradas en temas electrotécnicos, se podría suponer que existe un consenso internacional que permita emplear una sola norma para codificar los IP.

Lamentablemente eso no es así. Estados Unidos y los países que siguen su normativa adoptan para identificar los grados de protección, con otros criterios, las llamadas Protecciones NEMA (Norma NEMA 250) o la Norma UL 50.

Por otra parte dentro de la misma IEC encontramos divergencias.

Así por ejemplo, en los motores eléctricos para los que existe una familia de normas IEC específica se produce una división (aunque con pocos efectos prácticos).

En efecto. La IEC 60034 "Rotating Electrical Machines" que es una familia de normas que va desde la 60034-1 a la 60034-31 destina su Parte 5 (60034-5 "Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) -Classification") a definir los IP para las máquinas rotativas.

Esos IP no difieren prácticamente en nada con los IP establecidos en IEC 60529 pero sin embargo el TC 2 (Comité Técnico 2) de IEC que se ocupa de las máquinas rotativas le dedica una sección específica al IP en lugar de derivar a cumplir con IEC 60529.

Eso probablemente se haya hecho así debido a que en la IEC 60034 se definen otros códigos tales como:

IC (Methods of cooling o métodos de refrigeración) en IEC 60034-6 y el





IM (Classification of types of construction, mounting arrangements and terminal box position o Clasificación de los tipos de construcción y de las disposiciones de montaje) en IEC 60034-7.




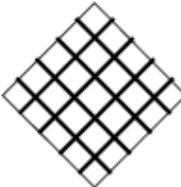
De esta forma incluyen todos los códigos empleados en esos equipos en la misma familia de la Norma IEC 60034.

En el caso de las luminarias se produce una situación singular: la norma IEC 60598-1 habilita a marcar los grados de protección con el código IP o con símbolos (ver la figura 1 de las páginas 238/239 de la edición 6 de la citada Norma, que se reproduce más abajo), aunque no todos los IP tienen un símbolo equivalente.

En el anexo J de IEC 60598-1 se da una explicación resumida de los códigos IP de la IEC 60529.

En la siguiente tabla se indica la doble marcación que permite la IEC 60598-1 aplicable a las luminarias:

Tipo de protección	Grado IP (IEC 60529)	Protección por símbolos (IEC 60598-1)	Significado del Símbolo
Ordinario	IP20		sin símbolo
Protegido contra las caídas verticales de agua	IPX1		una gota
Protegido contra la lluvia	IPX3		una gota en un cuadrado
Protegido contra las proyecciones de agua (proyección de agua en todas las direcciones)	IPX4		una gota en un triángulo
Protegido contra los chorros de agua	IPX5		dos triángulos conteniendo cada uno una gota

Protegido contra los chorros de agua potentes	IPX6		sin símbolo
Protegido contra los efectos de la inmersión temporal en agua (en la Norma IEC 60598-1 se indica “estanco a la inmersión”)	IPX7		dos gotas
Protegido contra los efectos de la inmersión continua en agua (en la Norma IEC 60598-1 se indica “estanco a la inmersión bajo presión”)	IPX8		dos gotas seguidas de la indicación de la profundidad máxima de inmersión en m
Protegido contra los cuerpos sólidos mayores a 2,5 mm	IP3X		sin símbolo
Protegido contra los cuerpos sólidos mayores que 1 mm	IP4X		sin símbolo
Protegido contra el polvo	IP5X		una cuadrícula sin marco
Estanco al polvo	IP6X		una cuadrícula con marco

Como anticipamos algunos párrafos más arriba, en EEUU en cambio, y en los países alineados con sus normas eléctricas, (Canadá, México, Venezuela, Costa Rica, Ecuador, etc.) se emplea una codificación muy diferente a la de IEC para los grados de protección. En EEUU la codificación está establecida en dos normas: en la NEMA 250 y en la UL 50.

Lo dicho se puede comprobar leyendo el Reglamento Americano conocido como NEC (National Electrical Code) en su versión comentada (conocida como Handbook NEC). Allí se indica en una tabla la forma de marcar a una envolvente en función del grado de protección que proporciona contra diversas condiciones ambientales.

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) establece en la NEMA 250 “Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)” qué envolventes o gabinetes son aptos para instalaciones en lugares no clasificados (no clasificados como con riesgo de explosión según la normativa americana), tanto sea en lugares interiores o en lugares a la intemperie y también indica qué envolventes o gabinetes son aptos para instalaciones en lugares clasificados como con riesgo de explosión según la normativa americana, tanto sea en lugares interiores o en lugares a la intemperie.

Así define a los gabinetes para ser empleados en lugares **no peligrosos (clasificados como lugares sin riesgo de explosión)**:

- como envolventes para lugares interiores, Tipo 1, Tipo 2, Tipo 5, Tipo 12, Tipo 12K, y tipo 13 y
- como envolventes para lugares tanto interiores como intemperie, Tipo 3, Tipo 3R, Tipo 3S, Tipo 4, Tipo 4X, y tipo 6P.

De forma similar define a los gabinetes para ser empleados en lugares **peligrosos (clasificados como lugares con riesgo de explosión)**:

- como envolventes para lugares interiores, Tipo 7 y Tipo 9,
- como envolventes para lugares tanto interiores como intemperie Tipo 8 y
- como envolventes para aplicaciones mineras, Tipo 10.

Los tipos de envolvente NEMA para los equipos a ser empleados en lugares **no peligrosos (clasificados como lugares sin riesgo de explosión)** en el Código americano se indican en la tabla siguiente:

Envolvente NEMA Tipo (Número)	Grado de protección proporcionado contra las siguientes condiciones ambientales
1	Envolvente construida para uso interior para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente y para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad.
2	Envolvente construida para uso interior para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad y para proporcionar un grado de protección contra goteo y salpicaduras ligeras de líquidos.
3R	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, la lluvia, el aguanieve, la nieve y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente
3	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, la lluvia, el aguanieve, la nieve y el polvo arrastrado por el viento y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente
3S	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, la lluvia, el aguanieve, la nieve y el polvo arrastrado por el viento y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente y con mecanismos externos que permanecen operativos mientras la envolvente está cubierta de hielo
4	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, la lluvia, el aguanieve, la nieve, el polvo arrastrado por el viento, salpicaduras de agua y agua impulsada con manguera (chorros de agua) y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente
4X	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, la lluvia, el aguanieve, la nieve, el polvo arrastrado por el viento, salpicaduras de agua, agua impulsada con manguera (chorros de agua) y corrosión y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente
5	Envolvente construida para uso interior para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, contra el polvo, pelusa, fibras y partículas transportados por el aire y para proporcionar un grado de protección contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos
6	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos fortuitos (directos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de suciedad o polvo, contra el agua impulsada con manguera (chorros de agua) y contra la entrada de agua durante ocasionales inmersiones temporarias a una profundidad limitada y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente.
6P	Envolvente construida tanto para uso interior como exterior (intemperie) para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolvente, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, contra el agua impulsada con manguera (chorros de agua) y contra la entrada de agua durante ocasionales inmersiones prolongadas a una profundidad limitada y para que no sufra daños por la formación externa de hielo en la envolvente.

12	Envolverte construida (sin troquelados que sirvan para proporcionar de forma fácil una abertura hacia el interior) para uso interior para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolverte, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, contra el polvo, pelusa, fibras y partículas transportados por el aire y para proporcionar un grado de protección contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos.
12K	Envolverte construida (con troquelados que sirvan para proporcionar de forma fácil una abertura hacia el interior) para uso interior para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolverte, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, contra el polvo, pelusa, fibras y partículas transportados por el aire y para proporcionar un grado de protección contra el goteo y salpicaduras ligeras de líquidos.
13	Envolverte construida para uso interior para proporcionar un grado de protección a las personas contra contactos accidentales o no intencionados (fortuitos) con los equipos dentro de la envolverte, para proporcionar un grado de protección contra la caída de polvo o suciedad, contra el polvo, pelusa, fibras y partículas transportados por el aire y en contra del rociado, salpicaduras, y la filtración de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos.

Muchas veces se discute entre los profesionales de las instalaciones eléctricas, si son comparables o equivalentes ambas normas, es decir la Norma NEMA 250 con la IEC 60529.

La respuesta es NO.

La Norma IEC 60529 no toma en cuenta en los ensayos diversos aspectos que sí considera la Norma NEMA 250, por ejemplo, el riesgo de explosión o la posibilidad de daño producido en el interior de los gabinetes o envolvertes por vapores corrosivos, hongos o por la humedad producida en el interior de la envolverte, por ejemplo por condensación. Asimismo la Norma NEMA 250 contempla otras cuestiones no ensayadas en IEC 60529, tales como corrosión, oxidación, formación de hielo, ingresos de aceites o líquidos refrigerantes.

Por estas razones y porque los ensayos son diferentes no hay equivalencias plenas pudiendo existir en ciertos casos algunas similitudes parciales

En el caso de envolvertes para ser empleadas en **áreas clasificadas** como **con riesgo de explosión**, la Norma IEC 60529 no incorpora ningún ensayo para esa aplicación ni ha sido prevista para eso. No obstante, en las Normas IEC 60079 y 61241, se exige a las envolvertes en ciertos modos de protección un IP determinado.

En contraposición la Norma NEMA 250 establece ensayos para las envolvertes que pueden ser empleadas en áreas clasificadas.

Así, por ejemplo, las envolvertes Tipo 7 y Tipo 10 cuando son adecuadamente instaladas y mantenidas han sido proyectadas para contener una explosión interna sin causar un peligro hacia el exterior.

La envolverte Tipo 8 ha sido proyectada para prevenir la combustión con el uso de equipos sumergidos en aceite.

La envolverte tipo 9 fue diseñada para prevenir la ignición del polvo combustible.

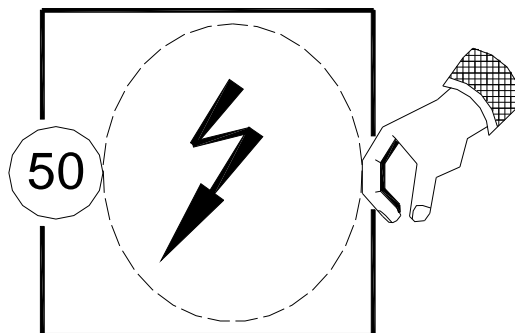
En las páginas anteriores hemos tratado los grados IP en forma extensa y desde diferentes ángulos.

A continuación mostraremos como se pueden interpretar en forma gráfica los diferentes IP que han sido descriptos.

1ª CIFRA CARACTERÍSTICA 0 (2 Significados)

No protegido

- 1) ni contra la penetración de cuerpos sólidos
- 2) ni contra el acceso a partes peligrosas

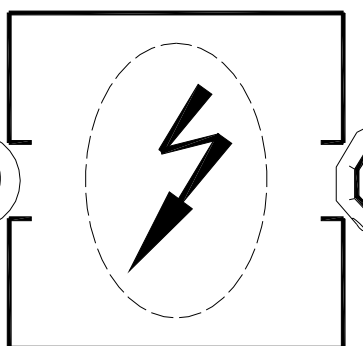


1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 1 (IP1X)

1^{er} Significado) Protegido contra cuerpos sólidos extraños de 50 mm de diámetro y mayores, que no podrán penetrar completamente

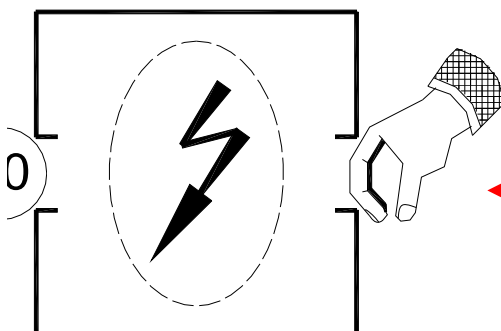
El calibre de ensayo, esfera de 50 mm de Ø no deberá penetrar completamente

50



1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 1 (IP1X)

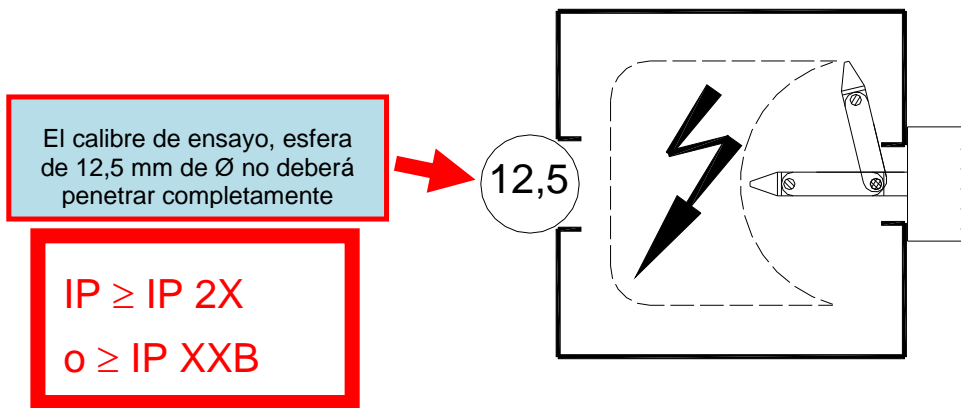
2º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano (pero sin protección contra una penetración deliberada)



El calibre de ensayo, esfera de 50 mm de diámetro, deberá quedar a una distancia suficiente de las partes peligrosas

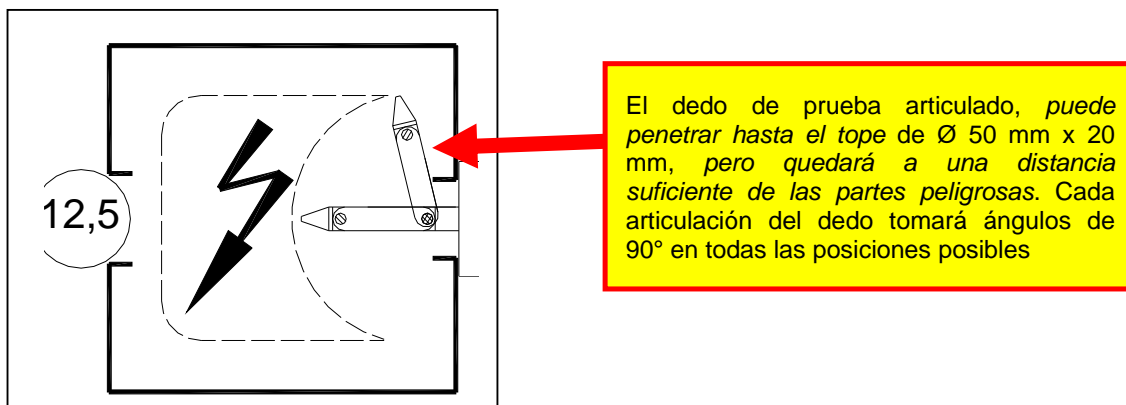
1ª CIFRA CARACTERÍSTICA 2

1º Significado) *Protegido contra cuerpos sólidos de $\varnothing \geq 12,5$ mm para IEC (12 mm para IRAM).*



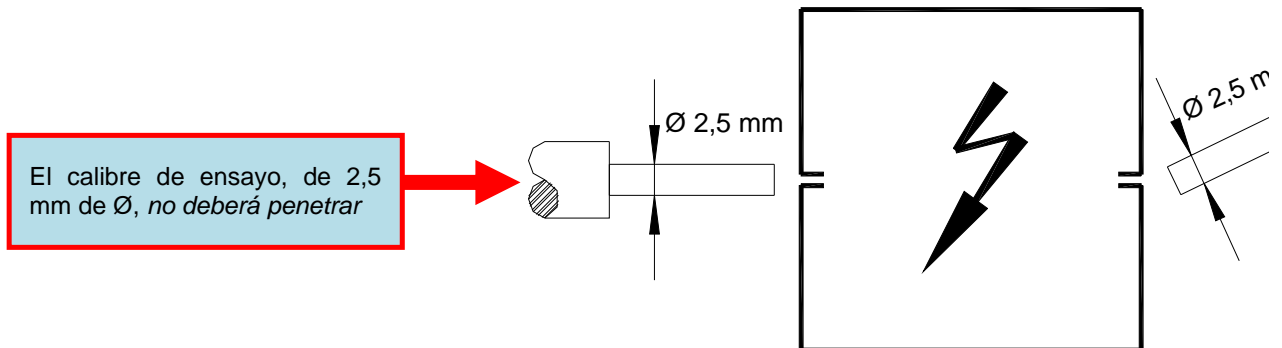
1ª CIFRA CARACTERÍSTICA 2

2º Significado) *Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo de 12 mm de \varnothing y 80 mm de largo.*



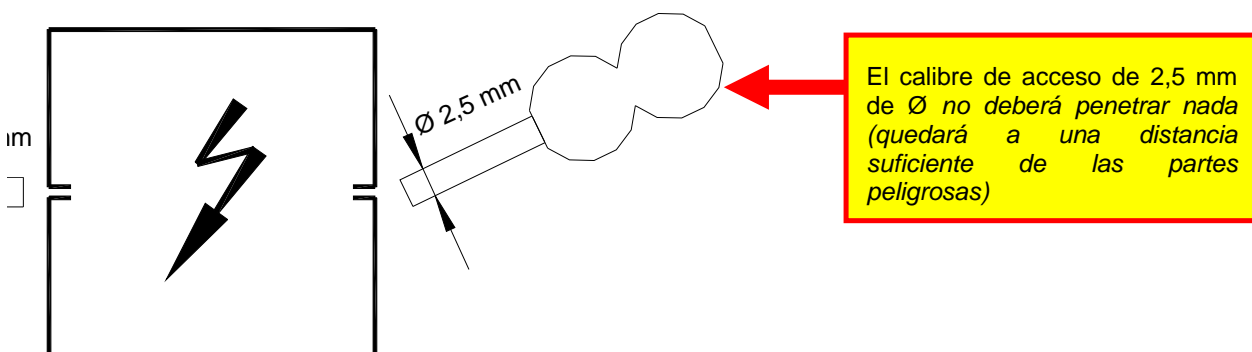
1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 3

1º Significado) *Protegido contra cuerpos sólidos de $\varnothing \geq 2,5$ mm.*



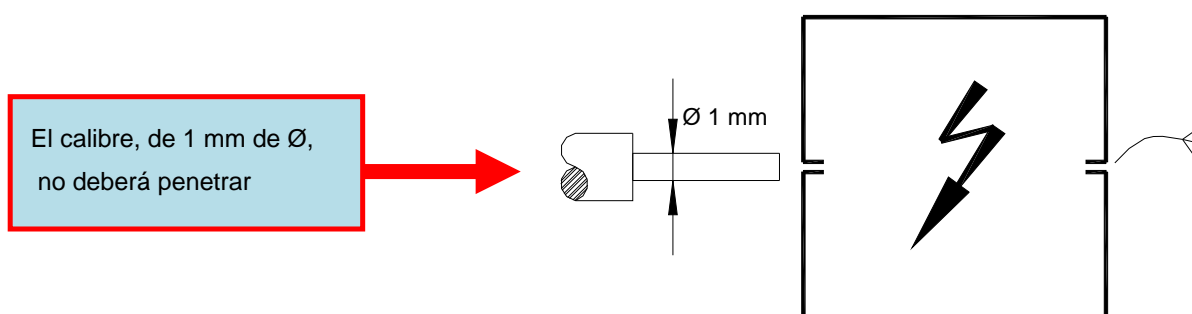
1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 3

2º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con una herramienta.



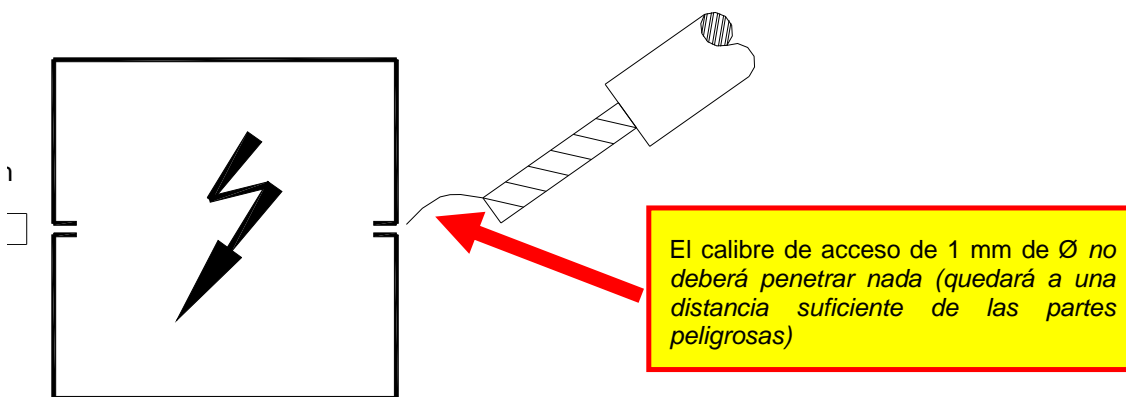
1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 4

1º Significado) Protegido contra cuerpos sólidos de $\varnothing \geq$ de 1 mm.



1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 4

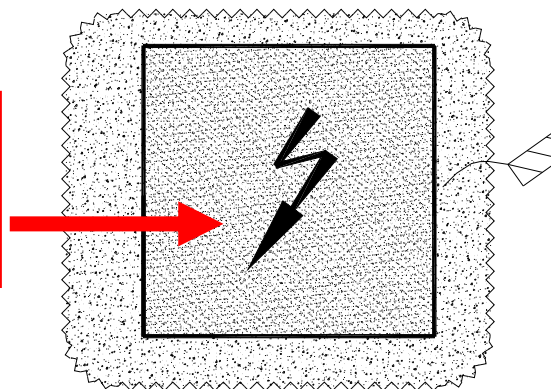
2º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre.



1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 5

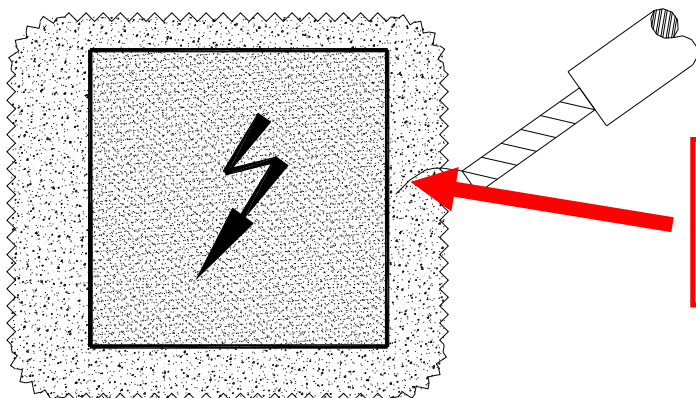
1^{er} Significado) Protegido parcialmente contra el ingreso de polvo.

No se impide totalmente la penetración del polvo, pero este no puede penetrar en cantidades suficientes c/ para perjudicar el buen funcionamiento del aparato o perjudicar la seguridad



1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 5

2º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre.

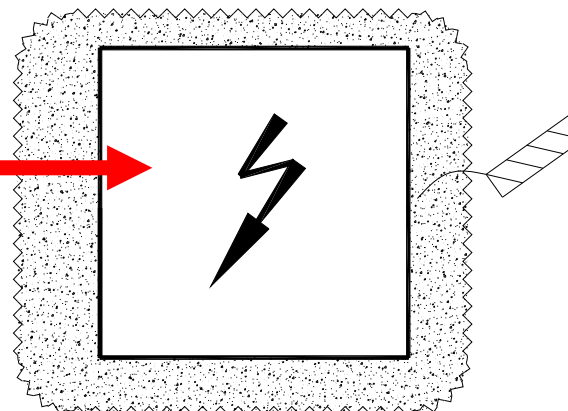


El calibre de acceso de 1 mm de Ø no deberá penetrar (quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas)

1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 6

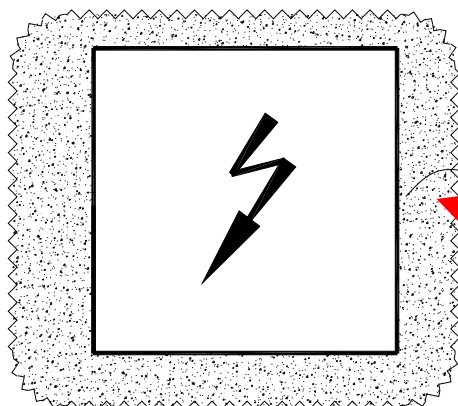
1^{er} Significado) Protegido totalmente contra el ingreso de polvo

Hermético o estanco al polvo



1ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 6

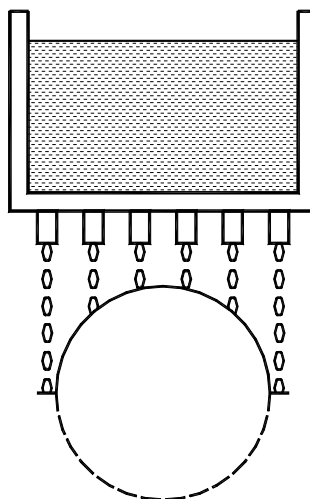
2º Significado) Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre.



El calibre de acceso de 1 mm de Ø no deberá penetrar (quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas)

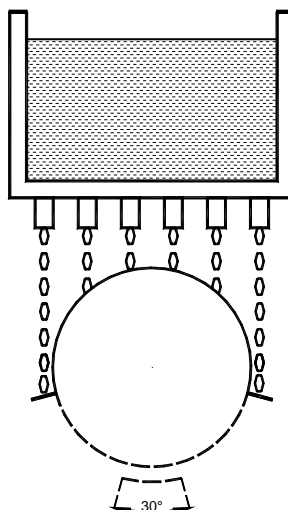
2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 1

Protegido contra la caída vertical de gotas de agua (goteo). Las gotas de agua cayendo verticalmente no deben producir efectos perjudiciales



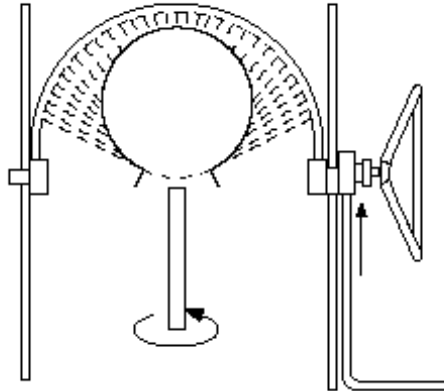
2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 2

Protegido contra la caída vertical de gotas de agua (goteo) cuando la envolvente tiene una inclinación de hasta 15° respecto de la vertical. Las gotas de agua cayendo verticalmente no deben producir efectos nocivos.



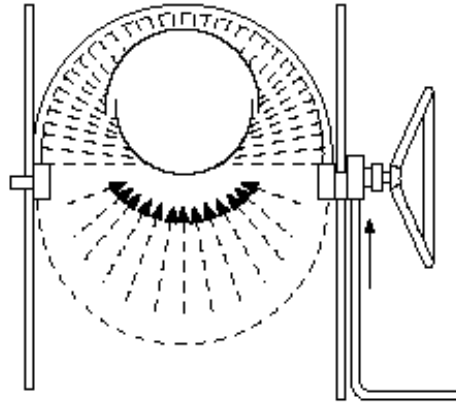
2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 3

Protegido contra el agua en forma de lluvia. El agua cayendo en forma de lluvia en un ángulo \leq a 60° respecto a los dos lados de la vertical no debe tener efectos nocivos



2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 4

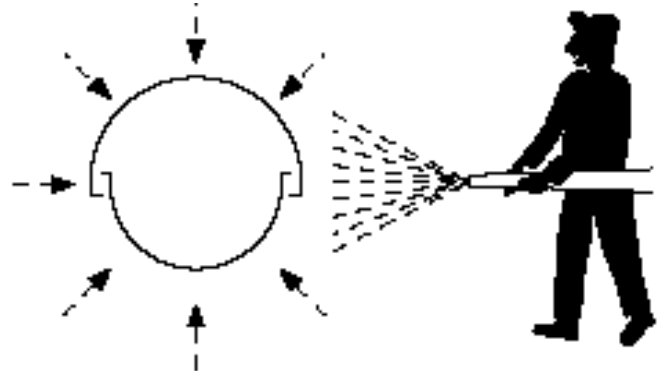
Protegido contra las proyecciones de agua. El agua proyectada en todas las direcciones contra la envoltura no debe tener efectos nocivos



2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 5

Protegido contra los chorros de agua. El agua proyectada en chorros, con una lanza, en todas las direcciones contra la envoltura no debe tener efectos nocivos

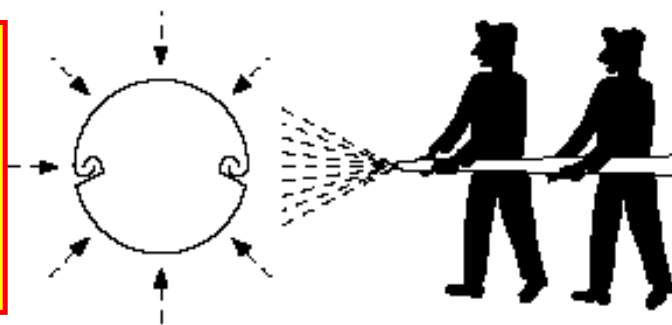
(\varnothing boquilla 6,3 mm; 12,5 l/min; 1 min/m², mínimo 3 min; círculo de 40 mm \varnothing a 2,5 m; distancia entre boquilla y superficie 2,5 a 3 m; caudal necesario)



2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 6

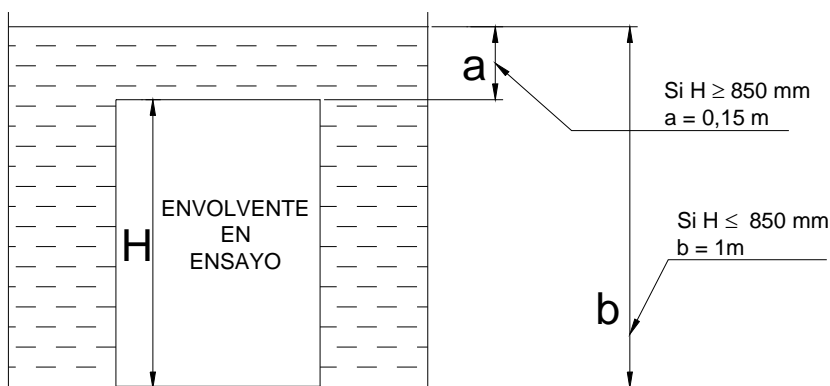
Protegido contra los chorros de agua. El agua proyectada en chorros, con una lanza, en todas las direcciones contra la envoltura no debe tener efectos nocivos.

(\varnothing boquilla 12,5 mm; 100 l/min; 1 min/m², mínimo 3 min; círculo de 120 mm \varnothing a 2,5 m; distancia entre boquilla y superficie 2,5 a 3 m; caudal necesario).



2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 7

Protegido contra los efectos de la inmersión en agua. No debe ser posible que el agua penetre en cantidad perjudicial en el interior de la envoltura sumergida temporalmente en agua, con una presión y un tiempo normalizados.



2ª CIFRA CARÁCTERÍSTICA 8

Protegido c/ los efectos de la inmersión continua en agua. No debe ser posible que el agua penetre en cantidad perjudicial en el interior de la envoltura sumergida continuamente en agua, bajo condiciones que se acordarán e/ el fabricante y el usuario, pero que son más severas que para la cifra 7.

Conclusiones

Es de esperar que, con lo que se ha descrito en este trabajo, el profesional de las instalaciones eléctricas disponga de más herramientas para realizar su tarea con idoneidad y profesionalismo al momento de seleccionar los materiales y equipos en relación con el grado IP, y además esté en mejores condiciones de comprender las diferentes exigencias que la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles 90364 de la AEA (Asociación Electrotécnica Argentina) establece, al igual que los requisitos que sobre este tema fijan normas, como por ejemplo las de tableros IEC 60439 e IEC 61439.