



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Lineamientos técnicos para el  
desarrollo de pequeñas centrales  
hidroeléctricas  
**CONSTRUCCIÓN**

**Parte 2: Instalación de  
equipos electromecánicos**

PCH/LT 004-2: 2019



## **AVISO LEGAL**

El presente documento se ha elaborado sin edición oficial de las Naciones Unidas. Las denominaciones y la forma en que aparecen presentados los datos en este documento no implican, por parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites, o de su sistema económico o grado de desarrollo. Las denominaciones "desarrollado", "industrializado" y "en vías de desarrollo" se utilizan con fines estadísticos y no expresan necesariamente un juicio sobre la fase alcanzada por una zona o un país determinados en el proceso de desarrollo. La mención de nombres de empresas o productos comerciales no constituye ninguna aprobación por parte de la ONUDI. Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información aquí contenida, ni la ONUDI ni sus Estados Miembros asumirán responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse del uso del material. El presente documento podrá citarse o reproducirse libremente, pero se ruega que se cite su procedencia.

**© 2019 ONUDI/INSHP- Todos los derechos reservados**

Lineamientos técnicos para el  
desarrollo de pequeñas centrales  
hidroeléctricas

**CONSTRUCCIÓN**

## **Parte 2: Instalación de equipos electromecánicos**

**PCH/LT 004-2: 2019**

## AGRADECIMIENTOS

Los lineamientos técnicos (LT) son el resultado de la colaboración entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Red Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (INSHP). Unos 80 expertos internacionales y 40 organismos internacionales participaron en la elaboración y revisión inter pares del documento, y aportaron comentarios y sugerencias concretos para que los LT fueran profesionales y aplicables.

La ONUDI y la INSHP agradecen enormemente las contribuciones aportadas durante la elaboración de estos lineamientos y, en particular, las realizadas por las siguientes organizaciones internacionales:

- El Mercado Común para el África Oriental y Meridional (COMESA)
- La Red Mundial de Centros Regionales de Energía Sostenible (GN-SEC), en particular el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la CEDEAO (ECREEE), el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética de África Oriental (EACREEE), el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Pacífico (PCRE EE) y el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Caribe (CCREEE).

El Gobierno chino ha facilitado la finalización de estos lineamientos y ha sido de gran importancia para su conclusión.

La elaboración de estos lineamientos se ha beneficiado en gran medida de las valiosas aportaciones, revisiones y comentarios constructivos, así como de las contribuciones recibidas de Sr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Sr. Adoyi John Ochigbo, Sr. Arun Kumar, Sr. Atul Sarthak, Sr. Basse Edet Nkposong, Sr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Sra. Chang Fangyuan, Sr. Chen Changjun, Sra. Chen Hongying, Sr. Chen Xiaodong, Sra. Chen Yan, Sra. Chen Yueqing, Sra. Cheng Xialei, Sra. Chileshe Kapaya Matantilo, Sra. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Sr. Deogratias Kamweya, Sr. Dolwin Khan, Sr. Dong Guofeng, Sr. Ejaz Hussain Butt, Sra. Eva Kremere, Sra. Fang Lin, Sr. Fu Liangliang, Sr. Garaio Donald Gafiye, Sr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Sr. Guo Chenguang, Sr. Guo Hongyou, Sr. Harold John Annegam, Sra. Hou Ling, Sr. Hu Jianwei, Sra. Hu Xiaobo, Sr. Hu Yunchu, Sr. Huang Haiyang, Sr. Huang Zhengmin, Sra. Januka Gyawali, Sr. Jiang Songkun, Sr. K. M. Dharesan Unnithan, Sr. Kipyego Cheluget, Sr. Kolade Esan, Sr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Sr. Li Zhiwu, Sra. Li Hui, Sr. Li Xiaoyong, Sra. Li Jingjing, Sra. Li Sa, Sr. Li Zhenggui, Sra. .Liang Hong, Sr. LiangYong, Sr. Lin Xuxin, Sr. Liu Deyou, Sr. Liu Heng, Sr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Sra. Lu Xiaoyan, Sr. Lv Jianping, Sr. Manuel Mattiat, Sr. Martin Lugmayr, Sr. Mohamedain SeifElnasr, Sr. Mundia Simainga, Sr. Mukayi Musarurwa, Sr. Olumide TaiwoAlade, Sr. Ou Chuanqi, Sra. Pan Meiting, Sr. Pan Weiping, Sr. Ralf Steffen Kaeser, Sr. Rudolf Hupfl, Sr. Rui Jun , Sr. Rao Dayi, Sr. Sandeep Kher, Sr. Sergio Armando Trelles Jasso, Sr. Sindiso Ngwenga, Sr. Sidney Kilmete, Sra. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Sr. Shang Zhihong, Sr. Shen Cunke, Sr. Shi Rongqing, Sra. Sanja Komadina, Sr. Tareqemtairah, Sr. Tokihiko Fujimoto, Sr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Sr. Tan Xiangqing, Sr. Tong Leyi, Sr. Wang Xinliang, Sr. Wang Fuyun, Sr. Wang Baoluo, Sr. Wei Jianghui, Sr. Wu Cong, la Sra. Xie Lihua, el Sr. Xiong Jie, la Sra. Xu Jie, la Sra. Xu Xiaoyan, el Sr. Xu Wei, el Sr. Yohane Mukabe, el Sr. Yan Wenjiao, el Sr. Yang Weijun, la Sra. Yan Li, el Sr. .Yao Shenghong, Sr. Zeng Jingnian, Sr. Zhao Guojun, Sr. Zhang Min, Sr. Zhang Liansheng, Sr. Zhang Zhenzhong, Sr. Zhang Xiaowen, Sra. Zhang Yingnan, Sr. Zheng Liang, Sr. Sr. Zheng Yu , Sr. Zhou Shuhua, Sra. Zhu Mingjuan.

Agradeceríamos cualquier otra recomendación o sugerencia de aplicación para la actualización.

## Índice

Prólogo .....	II
Introducción .....	III
1 Alcance .....	1
2 Referencias normativas .....	1
3 Términos y definiciones .....	1
4 Instalación de unidades de turbogeneradores y equipo auxiliar de maquinaria hidráulica .....	1
4.1 Requisitos básicos .....	1
4.2 Turbina .....	4
4.3 Generador .....	22
4.4 Equipo auxiliar de maquinaria .....	36
4.5 Tuberías del sistema .....	46
5 Instalación de equipos eléctricos .....	50
5.1 Disposiciones básicas .....	50
5.2 Cuadros de distribución, cuadro completo y circuito secundario .....	51
5.3 Transformadores .....	54
5.4 Equipos eléctricos de alta tensión .....	59
5.5 Barra colectora cerrada y conducto de barras .....	64
5.6 Tendido de cables .....	67
5.7 Motores del sistema auxiliar .....	70
5.8 Sistema de vigilancia por computadora .....	72
5.9 Sistema de videovigilancia .....	73
5.10 Puesta a tierra de protección contra rayos .....	74
6 Instalación del sistema automático de previsión e información hidrológica .....	79
7 Instalación de equipos de control de la seguridad .....	81

## Prólogo

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) es un organismo especializado del sistema de las Naciones Unidas para promover un Desarrollo Industrial Sostenible e Inclusivo (ISID) a escala mundial. La relevancia del ISID como enfoque integrado de los tres pilares del desarrollo sostenible está reconocida por la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los correspondientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que enmarcarán los esfuerzos de las Naciones Unidas y de los países hacia el desarrollo sostenible en los próximos quince años. El mandato de la ONUDI para el ISID abarca la necesidad de apoyar la creación de sistemas energéticos sostenibles, ya que la energía es esencial para el desarrollo económico y social y para mejorar la calidad de vida. La preocupación y el debate internacionales sobre la energía han ido en aumento en las dos últimas décadas, en las que los problemas de la reducción de la pobreza, los riesgos medioambientales y el cambio climático han pasado a ocupar un lugar central.

La INSHP (Red Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) es una organización internacional de coordinación y promoción del desarrollo mundial de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), que se basa en la participación voluntaria de los puntos focales regionales, subregionales y nacionales, las instituciones pertinentes, los servicios públicos y las empresas, y tiene como principal objetivo el beneficio social. El objetivo de la INSHP es promover el desarrollo mundial de las PCH mediante la cooperación técnica y económica triangular entre países en desarrollo, países desarrollados y organizaciones internacionales, con el fin de suministrar a las zonas rurales de los países en desarrollo una solución energética respetuosa con el medio ambiente, asequible y adecuada, que permita aumentar las oportunidades de empleo, mejorar los entornos ecológicos, mitigar la pobreza, mejorar los niveles de vida y culturales locales y el desarrollo económico.

La ONUDI y la INSHP han estado cooperando en el Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas desde el año 2010. Según los informes, el desarrollo de PCH en todo el mundo no ha sido suficiente para satisfacer la demanda. Uno de los obstáculos al desarrollo en la mayoría de los países es la falta de tecnologías. La ONUDI, en colaboración con la INSHP, a través de la cooperación mundial de expertos, y basándose en experiencias de desarrollo satisfactorias, decidió desarrollar los LT de PCH para satisfacer la demanda de los Estados miembros.

Estos LT se redactaron de acuerdo con las normas editoriales de las Directivas ISO/IEC, Parte 2 (véase [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de estos LT puedan estar sujetos a derechos de patente. La ONUDI y la INSHP no serán responsables de la identificación de tales derechos de patente.

## Introducción

Las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) son objeto de un reconocimiento cada vez mayor como una importante solución de energía renovable para el reto que supone la electrificación de las zonas rurales remotas. Sin embargo, mientras que la mayoría de los países de Europa, América del Norte y del Sur y China cuentan con un alto grado de capacidad instalada, el potencial de las PCH en muchos países en desarrollo sigue sin explotarse y se ve obstaculizado por una serie de factores, como la falta de buenas prácticas o normas acordadas a nivel mundial para el desarrollo de las PCH.

Estos Lineamientos Técnicos (LT) para el Desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas abordarán las limitaciones actuales de la normativa aplicada a los lineamientos técnicos para PCH aplicando los conocimientos especializados y las mejores prácticas existentes en todo el mundo. Se pretende que los países utilicen estos lineamientos acordados para apoyar su política, tecnología y ecosistemas actuales. Los países que tienen capacidades institucionales y técnicas limitadas podrán mejorar su base de conocimientos en el desarrollo de PCH, atrayendo así más inversiones en proyectos de PCH, fomentando políticas favorables y ayudando posteriormente al desarrollo económico a nivel nacional. Estos LT serán valiosos para todos los países, pero sobre todo permitirán compartir experiencias y buenas prácticas entre países con escasos conocimientos técnicos.

Los LT pueden utilizarse como principios y base para la planificación, el diseño, la construcción y la gestión de PCH de hasta 30 MW.

- Los términos y definiciones de los LT especifican los términos y definiciones técnicos profesionales utilizados habitualmente para las PCH.
- Los lineamientos de diseño proporcionan directrices sobre requisitos básicos, metodología y procedimiento en cuanto a selección del sitio, hidrología, geología, diseño del proyecto, configuraciones, cálculos energéticos, hidráulica, selección de equipos electromecánicos, construcción, estimación de costos del proyecto, valoración económica, financiación, y evaluaciones sociales y medioambientales, con el objetivo, en última instancia, de obtener las mejores soluciones de diseño.
- Los lineamientos de unidades especifican los requisitos técnicos de las turbinas de PCH, los generadores, los sistemas del gobernador de las turbinas hidráulicas, los sistemas de excitación y las válvulas principales, así como los sistemas de supervisión, control, protección y las fuentes alimentación de corriente directa.
- Los lineamientos de construcción pueden utilizarse como documentos técnicos de orientación para la construcción de proyectos de PCH.
- Los lineamientos de gestión proporcionan orientaciones técnicas para la gestión, el funcionamiento, el mantenimiento, la renovación técnica y la aceptación de proyectos de PCH.





# Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas- Construcción

## Parte 2: Instalación de equipos electromecánicos

### **1 Alcance**

De acuerdo con las características de construcción de los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), esta parte de los lineamientos de construcción estipula las normas básicas y los requisitos técnicos para la instalación de equipos electromecánicos.

Este documento es aplicable al turbogenerador hidráulico bajo las siguientes condiciones:

- a) La capacidad unitaria es inferior a 10 MW;
- b) Para las turbinas Francis y Pelton, el diámetro nominal del rodete es inferior a 1,0 m;
- c) Para turbinas de flujo axial, diagonales y tubulares, el diámetro nominal del rodete es inferior a 3,3 m.

### **2 Referencias normativas**

No hay referencias normativas en este documento.

### **3 Términos y definiciones**

A efectos del presente documento, se aplicarán los términos y definiciones que figuran en PCH/LT 001.

## **4 Instalación de unidades de turbogeneradores y equipos auxiliares de maquinaria hidráulica**

### **4.1 Requisitos básicos**

4.1.1 La instalación combinada de turbogeneradores hidráulicos y equipo auxiliar principales en la central se realizará de acuerdo con los planos de instalación aprobados por el fabricante, los requisitos de los documentos técnicos correspondientes y el presente documento.

4.1.2 La instalación de turbogeneradores hidráulicos deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El equipo del turbogenerador hidráulico deberá cumplir con los requisitos de las normas tecnológicas pertinentes y el pedido del contrato para los bienes, y deberá tener registros de inspección en fábrica y documentos de calificación. Después de que el equipo haya sido transportado al sitio de recepción, el aceptador deberá organizar a las personas pertinentes para el desembalaje, el conteo, la inspección de la lista de suministros y la lista de empaque antes del plazo acordado con el fabricante.
- b) Todo el material empleado en la instalación de los turbogeneradores hidráulicos deberá cumplir con los requisitos de diseño. El material principal de las piezas principales deberá poseer certificados de conformidad de inspección o de fábrica.
- c) Se establecerán normas detalladas de seguridad y protección del medio ambiente de acuerdo con la situación real.
- d) El sitio de instalación deberá estar protegido contra el viento, la lluvia, el polvo, el fuego y contar con suficientes instalaciones de iluminación y salvaguardias de construcción de acuerdo con los requisitos. La temperatura del sitio de instalación no debe ser inferior a 5 °C y la humedad relativa del aire debe ser inferior al 85 %. La instalación de equipos y componentes que requieran temperatura, humedad y otros factores especiales se realizará de acuerdo con los requisitos de diseño.
- e) Antes de ser instalado, el equipo se deberá barrer e inspeccionar completamente. Se deberán verificar las tolerancias de tamaño y ajuste de los componentes importantes, y no se deben desmontar los conjuntos completos de equipos con garantía del fabricante.
- f) Para empotrar la placa base de cimentación del equipo, la desviación de elevación no debe ser mayor de -5 mm a 0 mm, la desviación de la posición central y de distribución no debe superar los 10 mm y la desviación horizontal no debe ser mayor que 1 mm/m.
- g) Los componentes empotrados se reforzarán y consolidarán después de la instalación. Los pernos de cimentación, gatos elevadores, coladores, cuñas y tablas de cimentación se fijarán mediante soldadura por puntos. La interfaz entre un componente empotrado y el hormigón no deberá tener manchas de aceite ni corrosión grave.
- h) Las cuñas de ajuste se utilizarán en pares, y la longitud de superposición deberá ser superior a 2/3. Después de la instalación, la condición de contacto de una cuña que soporta componentes importantes se debe inspeccionar con una galga de espesores de 0,05 mm., y la longitud de contacto en cada lado debe ser superior al 70 %.
- i) La instalación del equipo se realizará después de que la resistencia del hormigón de cimentación haya alcanzado al menos el 70 % de su valor de diseño. El hormigón secundario del tablero de cimentación se inyectará hasta su compactación y se utilizará cemento microexpansivo.
- j) Cualquier superficie de unión de equipos deberá ser brillante y limpia, sin rebabas, y cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Se debe utilizar una galga de espesores de 0,05 mm para la inspección, y esta no debe pasar por ninguno de los huecos de unión.
  - 2) Si se permiten espacios localizados, se debe emplear una galga de espesores de 0,1 mm para la inspección, y la profundidad no deberá ser mayor que 1/3 del ancho de la combinación, y la longitud total no deberá superar el 20 % del perímetro.
  - 3) No deberá haber espacios en las proximidades de los pernos y pasadores de montaje.
  - 4) Cualquier desalineación de la superficie de instalación en la junta no debe ser superior a 0,10 mm.
- k) Se prestará atención a las marcas coincidentes durante el ensamblaje de los componentes. Si se instalan juntas muchos turbogeneradores hidráulicos, cada unidad se ensamblará con componentes de la misma serie numérica. Los componentes o puntos de medición del mismo tipo deben estar numerados en orden en la lista de instalación y cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Para componentes fijos, la numeración comenzará desde + Y e irá en el sentido de las agujas del reloj, como se ve desde el extremo del generador, de manera similar desde abajo.
  - 2) Los componentes giratorios se numerarán a partir de la posición correspondiente, a la mitad de las dos puntas de los polos del rotor, y en el sentido de las agujas del reloj, excepto los puntos de medición del eje de los engranajes de retención, que estarán numerados en el sentido contrario a las agujas del reloj.
  - 3) Si es la numeración de estos fabricantes incompatible con la especificada más arriba, entonces debe esta estar claramente marcada.
- l) Para la instalación del perno de conexión? deberán cumplirse los siguientes requisitos:
- 1) Para la instalación de pernos de conexión de paso estrecho, será necesario aplicar lubricante.
  - 2) Los pernos de conexión se sujetarán uniformemente siguiendo una serie de pasos.
  - 3) Para la conexión de pernos con requisitos de fuerza de ajuste previo, la desviación de la precarga no debe ser mayor que el  $\pm 10$  % del valor requerido.
  - 4) Para los pernos que deben atornillarse en caliente, el grado de ajuste previo de aproximadamente el 20 % de los pernos deberá comprobarse selectivamente a temperatura ambiente después de la fijación.
  - 5) A medida que se instale cada componente, se deben perforar los orificios para los pasadores de ubicación y se deben ensamblar los pasadores de acuerdo con los requisitos de diseño.
  - 6) Todos los tornillos y pasadores, y todas las tuercas deberán estar bloqueados firmemente en su lugar, o se les debe aplicar soldadura por puntos, de acuerdo con los requisitos de diseño.

- m) Para la línea de referencia y los puntos de elevación para la instalación de los turbogeneradores hidráulicos, el error de medición no deberá ser superior a  $\pm 1$  mm. El error de medición de la diferencia de altura para todas las piezas no deberá exceder  $\pm 0,5$  mm; el error de medición horizontal no deberá exceder 0,02 mm/m. El diámetro del alambre para la medición del núcleo debe ser de 0,3 a 0,4 mm y el límite elástico no debe ser inferior a 1200 MPa.
- n) Para las pruebas de resistencia a la presión de equipos que soportan presión y piezas de conexión fabricadas en el campo, la presión de prueba deberá ser 1,5 veces la presión nominal de trabajo, mientras que la presión más baja no deberá ser inferior a 0,4 MPa. Después de que se mantenga la presión de prueba durante 10 min, no se deberán producir fenómenos inusuales, como fugas o fisuras. Para pruebas rigurosas de presión de resistencia de los equipos y sus piezas de conexión, la presión de prueba deberá ser 1,25 veces la presión nominal de trabajo. Después de 30 minutos, no se deben producir fugas. Se realizarán pruebas de resistencia a la presión de los enfriadores de acuerdo con los requisitos de diseño. Si no existen requisitos de diseño, la presión de prueba deberá ser 2 veces la presión de trabajo; al mismo tiempo, no deberá ser inferior a 0,40 MPa. Después de 30 minutos, no se deben producir fugas.
- o) Las pruebas de fuga de queroseno de los contenedores de equipos deben durar al menos 4 horas y no deberá haber fugas. Generalmente, los contenedores no se deben desmantelar después de la prueba. Las pruebas de fuga de queroseno de las válvulas deben durar al menos 5 minutos, y no debe haber fugas.
- p) Las chavetas individuales se deben comprobar junto con las ranuras de las chavetas, y la tolerancia deberá cumplir con los requisitos de diseño. El paralelismo de las claves emparejadas debe cumplir los requisitos de diseño.
- q) Después de la instalación del cojinete, al soldar las piezas giratorias, la conexión a tierra del soldador eléctrico se conectará directamente a la pieza que se va a soldar. También se deben tomar medidas de protección para garantizar que no caigan salpicaduras de material de soldadura en el cojinete.
- r) Los turbogeneradores hidráulicos deberán mantenerse limpios durante y después del ensamblaje de los componentes y del ensamblaje final. El interior y el exterior de los turbogeneradores hidráulicos deberán limpiarse y revisarse cuidadosamente después de la instalación. No deberá haber materiales diversos ni suciedad.
- s) Cada componente de los turbogeneradores hidráulicos estará protegido por un revestimiento, de acuerdo con los requisitos pertinentes.

## 4.2 Turbina

4.2.1. La instalación de la turbina de reacción vertical deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) El error de instalación permitido para el revestimiento del tubo de aspiración deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 1.
  - 2) El error de instalación permitido para la cámara del rodete, el anillo de cimentación y el anillo de soporte debe cumplir con los requisitos de la Tabla 2.

- 3) La instalación y soldadura de la caja en espiral deberán cumplir con los requisitos de diseño.
- 4) Deberá haber una transición suave entre las partes empotradas y las superficies de paso de flujo de concreto.
- 5) El error de instalación permitido del revestimiento del foso de la turbina y la base del servomotor deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 3.

Tabla 1. Error permitido en la instalación del revestimiento del tubo de aspiración Unidad: mm

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Diámetro del orificio de la tubería	$\pm 0,00150 \%$	$D$ — diámetro de diseño del orificio de la tubería, que se mide en 8 puntos iguales del círculo.
2	Diferencia entre los perímetros interiores de orificios de tuberías adyacentes.	$0,001 L$	$L$ — Perímetro del orificio de la tubería
3	Centro y posición del orificio superior del tubo	4	Mida la distancia entre los puntos de marca X, Y del orificio de la tubería y las líneas de referencia X e Y del turbogenerador hidráulico.
4	Elevación del orificio superior del tubo	0~ +8	—
5	Centro del orificio inferior del tubo	10	Medir con un martillo colgante

Tabla 2. Error de instalación permitido de la cámara del rodete, el anillo de cimentación y el anillo de soporte

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Centro y posición	2 mm	Mida la distancia entre los puntos de marca X e Y de la pieza integrada y las líneas de referencia X e Y del turbogenerador hidráulico
2	Elevación	$\pm 3$ milímetros	—
3	Nivel	0,05 mm/m en medida radial; el valor máximo no debe ser superior a 0,6 mm.	Diferencia de elevación entre los puntos más altos y más bajos.
4	Circularidad de la cámara del rodete.	La diferencia entre cada radio y el radio promedio no deberá ser mayor que $\pm 10 \%$ del espacio promedio de diseño.	Para el tipo de flujo axial, mida las secciones superior, media e inferior; para el tipo de flujo diagonal, mida los grifos superior e inferior al menos en 8 puntos equidistantes.
5	Circularidad del anillo de cimentación y del anillo de sujeción.	1.0 mm	Mida al menos 8 puntos equidistantes. Para el tipo de flujo mixto, la medición se basa en el centro del anillo de sellado fijo inferior; para el tipo de flujo axial, la medición se basa en el centro de la cámara del rodete.

Tabla 3. Error de instalación permitido del revestimiento de la fosa de la turbina y la base del servomotor

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Centro del revestimiento de la fosa de la turbina	5 mm	Mida la distancia entre la brida del revestimiento y la abertura del orificio de la brida superior del anillo de sujeción en 8 puntos equidistantes.
2	El diámetro de apertura superior del revestimiento del foso de la turbina	±5 mm	Medir en 8 puntos equidistantes.
3	Elevación de la abertura superior del revestimiento del foso de la turbina.	±3 mm	Medir en 8 puntos equidistantes.
4	Nivel de la abertura superior del revestimiento del foso de la turbina	6 mm	Medir en 8 puntos equidistantes.
5	Verticalidad de las bridas de cimentación del servomotor.	0,30 mm/m	—
6	Centro y elevación de la cimentación del servomotor	± 1,0 mm	Mida desde la superficie de la brida superior del anillo de sujeción.
7	Paralelismo entre la base del servomotor y la línea de referencia de coordenadas del turbogenerador hidráulico.	1.0 mm	—
8	Distancia desde la base del servomotor hasta la línea de referencia del turbogenerador hidráulico.	±3 mm	Desviación del valor de diseño.

b) La excavación de rampas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) El rodete no deberá tener fisuras. Si es necesario, deberá comprobarse mediante ecografía. El perfil de la pala deberá cumplir los requisitos de diseño.
- 2) Cuando se conectan juntos, no deberá haber espacio entre el eje principal y el rodete. Se comprobará la axialidad y circularidad de cada parte del rodete tomando como centro el eje principal. La diferencia entre cada radio y el radio promedio deberá cumplir los requisitos de la Tabla 4.

Tabla 4. Error permitido en la axialidad y circularidad de las partes del rodete.

Cabeza hidráulica de trabajo	Pieza	Error permitido	Explicación
<200 m	Anillo de sellado	± 10 % del espacio de diseño	—
	Borde exterior de la hoja	± 10 % del espacio de diseño	—
	Anillo de sellado de la placa desviadora	± 15 % de la brecha de diseño	—
	Protección de brida utilizada al mismo tiempo como sello de mantenimiento	± 15 % de la brecha de diseño	—
≥200 m	Borde exterior de la corona superior e inferior.	± 5 % de la brecha de diseño	Las piezas fijas correspondientes son la cubierta del cabezal y el anillo inferior.
	Anillo de sellado	±0,10 milímetros	—

- c) La instalación del mecanismo guía y el servomotor deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Antes de la instalación previa del mecanismo de guía, vuelva a verificar la elevación de la superficie superior del anillo de soporte, el nivel y la circularidad de la abertura del orificio. deberán cumplir los requisitos de la Tabla 2.
  - 2) El error de instalación permitido para el mecanismo de paleta guía deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 5.
  - 3) Cuando el mecanismo guía haya sido ensamblado, deberá poder moverse de manera constante y libre.
  - 4) El servomotor se desmontará y se limpiará, y se comprobará la holgura de montaje y la carrera de cada pieza para cumplir con los requisitos de diseño. El pistón se debe mover de manera constante y libre. Después del montaje, se realizarán pruebas de estanqueidad y presión de acuerdo con la sección 4.1.2. La desviación horizontal de la instalación del servomotor no deberá ser superior a 0,10 mm/m. La carrera de compactación deberá cumplir con los requisitos del fabricante. Si el fabricante no tiene requisitos, estará en el rango de 3 a 6 mm.
  - 5) La desviación vertical del eje de control de velocidad no deberá ser superior a 1 mm/m. La holgura de montaje entre el cuello del eje superior e inferior y el manguito del eje deberá cumplir con los requisitos de diseño. El eje de control de velocidad deberá girar libremente.

Tabla 5. Error de instalación permitido del mecanismo de guía Unidad; mm

N.º	Elementos		Error permitido		Explicación
1	Cada espacio entre juntas compuestas		Cumple con los requisitos de la sección 4.1.2		—
2	La circularidad y axialidad de cada anillo de sellado.		Cumplir con los requisitos de la sección 4.2.1.		—
3	Axialidad de la brida del cono inferior y de la cámara de rodadura		0,25		—
4	Espacio total de la cara final de la paleta guía		No más grande que el diseño. gap		—
5	Espacio vertical local de la paleta guía	Altura de la paleta guía	≤600	>600 y ≤1200	La longitud total del espacio no deberá ser mayor que el 25 % de la altura de la paleta guía.
		Paleta guía sin tiras de sellado	0,05	0,10	—
		Paleta guía con tira de sellado (desinstalada)	0,15		No deberá haber ningún espacio después de la instalación de la tira de sellado.

- d) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Generalmente, la elevación de elevación del eje principal o rodete deberá ser ligeramente inferior a la elevación de diseño y deberá haber un espacio de 2 a 6 mm entre la superficie superior del eje principal y la subcara de la espiga de la brida inferior del eje del generador después de ser izado. Para un turbogenerador hidráulico cuyo bloque de empuje está instalado en el eje de la turbina, la elevación debe ser ligeramente mayor que la elevación de diseño para garantizar que haya un espacio de 2 a 5 mm entre el bloque de empuje y la placa de espejo después de la instalación. Generalmente, la desviación del eje principal con respecto a la verticalidad no deberá ser superior a 0,05 mm/m. Si la turbina hidráulica o el generador están centrados de acuerdo con las unidades reales, entonces el centro del rodete y la verticalidad del eje principal se deben ajustar, de modo que la separación del anillo de sellado cumpla con los requisitos de la Tabla 6. La desviación del eje principal con respecto a la verticalidad no deberá ser superior a 0,02 mm/m.
  - 2) La elevación de instalación final del rodete y el error permitido del espacio entre los anillos de sellado o el espacio entre la paleta y la cámara del rodete deberán cumplir con los requisitos de la Tabla 6, si el fabricante no especifica ningún requisito.
  - 3) Después del acoplamiento del turbogenerador hidráulico, no deberá haber espacio en la unión compuesta de las dos bridas. Comprobar la junta con una galga de espesores de 0,03 mm, que no debe ser posible introducir.
- e) La instalación del cojinete guía de la turbina y del sello del eje principal deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) El revestimiento del cojinete deberá cumplir los siguientes requisitos:
    - La superficie del revestimiento de caucho debe ser plana y lisa y no debe tener defectos, como fisuras o exfoliación. Los revestimientos de cojinetes Babbitt no deberán tener defectos, como poros densos, fisuras, puntos duros y exfoliación. La rugosidad del revestimiento deberá ser inferior a 0,8  $\mu$ m.
    - Se debe realizar un ensayo de ensamblaje del revestimiento de caucho y el revestimiento cilíndrico con el eje, y el espacio total debe cumplir con los requisitos de diseño. Tanto la diferencia entre el espacio máximo y mínimo en cada extremo como la diferencia entre el espacio del extremo superior e inferior en la misma posición no deberán ser mayores al 10 % del espacio total promedio medido real.

Tabla 6. Error permitido de elevación y espacio de instalación del rodete Unidad: mm

N.º	Elementos		Error permitido	Explicación
1	Elevación	Tipo de flujo mixto	$\pm 1.5$	Mida la desalineación desigual entre los anillos de sellado fijos y giratorios.
		Tipo de flujo axial	0~2,0	Mida la distancia desde el anillo inferior hasta la superficie superior del rodete.
		Tipo de flujo diagonal	0~ +0,8	Mida el espacio entre la paleta y la cámara del rodete.



Cuadro 6 (continuación)

Unidad: mm

N.º	Elementos		Error permitido	Explicación
2	Brecha	cabeza nominal <200 m	La diferencia entre cada brecha y la brecha promedio real no deberá ser mayor que $\pm 20\%$ de la brecha promedio.	Significa el espacio entre la paleta y la cámara del rodete. Mida en la entrada, salida y en el medio cuando el rodete esté totalmente cerrado.
		Altura nominal $\geq 200$ m	$a_1$ $a_2$	
			$b_1$ $b_2$	La diferencia entre cada espacio y el espacio promedio real no deberá ser mayor que $\pm 10\%$ del espacio promedio de diseño.

- Cuando la camisa cilíndrica cumpla los dos requisitos anteriores, no se deberá raspar más. Determine si el revestimiento del cojinete segmentado se raspará de acuerdo con los requisitos de diseño. Cuando se haya raspado el revestimiento del cojinete, debe haber un contacto uniforme con la superficie del revestimiento y habrá al menos un punto de contacto por centímetro cuadrado. El área sin contacto de cada bloque no deberá ser mayor que el 5 % de su área de superficie y el área total sin contacto no deberá ser mayor que el 15 % del área de superficie total del revestimiento del cojinete.
  - Debe haber un estrecho contacto entre los bloques amortiguadores resistentes al peso y el asiento del cojín trasero del revestimiento del cojinete, y entre la tuerca roscada resistente al peso y el asiento de la tuerca roscada.
- 2) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
- El revestimiento del cojinete deberá instalarse bajo la condición de que el eje de la unidad del turbogenerador hidráulico y la almohadilla de empuje se hayan ajustado adecuadamente para cumplir con los requisitos de soporte de carga, y que el espacio entre el anillo de sellado de la turbina hidráulica y el generador pueda cumplir con los requisitos pertinentes.
  - Generalmente, durante la instalación del revestimiento del cojinete, la separación se ajustará de acuerdo con la posición central del eje principal y el valor y la posición del descentramiento del engranaje de bloqueo. El espacio total de instalación deberá cumplir con los requisitos de diseño. Sin embargo, para turbogeneradores hidráulicos con solo dos cojinetes guía, la separación se puede ajustar sin considerar el descentramiento.

- El error permitido del espacio del revestimiento del cojinete guía segmentado no deberá ser mayor que  $\pm 0,02$  mm. El error permitido del espacio del revestimiento del cojinete guía cilíndrico deberá ser de  $\pm 20$  % del valor del espacio distribuido, y la superficie del revestimiento deberá ser vertical. La desviación permitida de la holgura de la zapata del cojinete de guía del cilindro deberá estar dentro del 10 % del valor de holgura y la superficie de la zapata del cojinete deberá ser vertical.
- 3) La instalación del encofrado deberá cumplir los siguientes requisitos:
- El sumidero/tanque del cojinete que contiene aceite diluido no deberá tener fugas de aceite. Generalmente, se debe realizar una prueba de penetración de queroseno de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
  - Para el enfriador de cojinetes, las pruebas de presión se realizarán de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
  - El aceite debe ser apto, y el nivel de aceite deberá cumplir con los requisitos de diseño. Generalmente, la desviación no deberá ser superior a  $\pm 10$  mm.
- 4) El sello de reserva del eje principal deberá cumplir los siguientes requisitos:
- Antes del montaje de la cubierta de aire, se debe realizar una prueba de fuga de aire bajo el agua bombeando aire comprimido a 0,05 MPa. No deberá haber fugas de aire durante la prueba.
  - Después de la instalación, el espacio radial deberá cumplir con los requisitos de diseño, y la desviación no deberá ser mayor que  $\pm 20$  % del valor del espacio de diseño.
- 5) La instalación del sello de trabajo del eje principal deberá cumplir los siguientes requisitos:
- Los espacios axiales y radiales del sello de trabajo deberán cumplir con los requisitos de diseño y el error permitido no deberá ser mayor que  $\pm 20$  % del espacio promedio real.
  - Los sellos deberán poder moverse hacia arriba y hacia abajo libremente y deberán hacer contacto adecuado con la superficie de sellado del pivote. Las tuberías utilizadas para el abastecimiento y drenaje de agua deberán estar desbloqueadas.
- f) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Se realizarán pruebas de movimiento y fugas para las válvulas de ruptura de vacío y las válvulas de absorción. La presión inicial y el valor máximo de apertura de las pruebas de movimiento deberán cumplir con los requisitos de diseño.
  - 2) La instalación de los asientos de las válvulas de drenaje o las válvulas de disco de las cajas espirales y tubos de aspiración no deberá tener una desviación horizontal mayor que 0,2 mm/m. Después de la instalación de la válvula de disco, se debe verificar la superficie de sellado para asegurarse de que no haya espacios y que el grupo de válvulas pueda moverse libremente.

4.2.2 La instalación de turbinas horizontales deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Antes de la instalación, se debe verificar el concreto de la primera etapa para verificar que la posición, la elevación y el tamaño de los orificios preformados de los cimientos cumplan con los requisitos de diseño.
- b) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) La desviación de la verticalidad de la caja espiral no deberá ser superior a 0,06 mm/m y la desviación deberá ser inferior a 0,5 mm/m.
  - 2) El error permitido en la nivelación del eje principal de la turbina hidráulica no deberá ser superior a 0,02 mm/m. La cantidad de rebote de las superficies extremas del rodete no deberá ser mayor que 0,05 mm/m.
  - 3) El espacio entre el rodete y la cámara del rodete deberá cumplir con los requisitos de diseño y la desviación no deberá superar el 10 % del espacio de diseño.
  - 4) Cuando el mecanismo de guía haya estado totalmente cerrado, el espacio local entre las superficies de sellado de la paleta guía no deberá ser mayor que 0,08 mm.
  - 5) La holgura final entre los sellos de la paleta guía y las placas de cubierta delantera y trasera no deberá ser mayor que 0,25 mm.
- c) La comprobación y el raspado del revestimiento del cojinete deberá cumplir los requisitos del apartado 4.3.2.
- d) El ajuste entre el casquillo del cojinete y el semicojinete deberá cumplir los requisitos del apartado 4.3.2.
- e) La separación del revestimiento del cojinete deberá cumplir con los requisitos de diseño y deberá estar sellada herméticamente. El aceite deberá poder reciclarse sin problemas.

4.2.3 La instalación de turbinas tubulares con extensiones de eje deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Para piezas que deban ser preensambladas en obra, al ser elevadas y volteadas 90°, se deberán tomar medidas para evitar deformaciones y vuelcos. Las piezas empotradas se reforzarán después de la instalación y el ajuste. El hormigón se colará capa a capa y se controlará la velocidad de ascenso para evitar la deformación de las piezas.
- b) Los componentes instalados se deben preensamblar, y se debe verificar el tamaño de ajuste antes de izarlos. Cualquier desviación que exceda el error permitido deberá corregirse antes de la instalación.
- c) El error de instalación permitido del tubo de tiro deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 7.
- d) El error de instalación permitido del anillo de soporte (carcasa tubular) deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 8.

e) El error de instalación permitido del cojinete deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 9.

Tabla 7. Error de instalación permitido del tubo de tiro

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	La diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de las bridas del orificio de la tubería.	3,0 mm	Para estructuras con anillo de cimentación, significa el ala superior del anillo de cimentación.
2	Centro y elevación	± 1,5 mm	Mida la elevación de las marcas horizontales del orificio de la tubería y la desviación horizontal de las marcas verticales.
3	Distancia entre la brida del orificio de la tubería y la línea central del rodete	±2,0 milímetros	(1) Si el anillo de sujeción se instala primero, se tomará como plano de referencia la superficie de la brida del anillo. (2) Mida los puntos superior, inferior, izquierdo y derecho.
4	Verticalidad de las superficies de la brida.	0,4 mm/m	—
5	Perímetros de pared interior de dos orificios de tubería adyacentes	≤10 mm	—
6	Concentricidad de cada unidad de segmento	0,002 <i>D</i>	<i>D</i> es el diámetro interior de diseño de la tubería

Tabla 8. Error de instalación permitido del anillo de sujeción (carcasa tubular)

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Centro y posición	±2,0 milímetros	(1) Mida la elevación de las marcas horizontales de las bridas aguas arriba y aguas abajo. (2) Mida la distancia entre las marcas X e Y en el componente y las líneas de referencia correspondientes
2	Distancia entre la brida y la línea central del rodete	±2,0 milímetros	(1) Si los tubos de tiro o el anillo de cimentación se instalan primero, se tomarán como planos de referencia las superficies de las bridas de estos. (2) Mida los puntos superior, inferior, izquierdo y derecho.
3	Verticalidad de las bridas de precentro	0,8 mm/m	—
4	Grado de circularidad de la brida	1,0 mm	—
5	Elevación de la superficie compuesta de la carcasa tubular interior	±0,8 milímetros	—
6	La distancia entre el centro del marco de cimentación de la placa de cubierta del paso de flujo y el centro del turbogenerador hidráulico.	±2mm	—
7	La distancia entre la base del servomotor y la línea de referencia.	±3 mm	—

- f) La instalación del mecanismo de guía deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La distancia entre el anillo interior de admisión de agua (anillo inferior) y el eje principal se determinará considerando la deformación del cojinete principal causada por el peso del rodete. Generalmente, la distancia en la parte superior es menor que en la parte inferior y las distancias en los dos lados son iguales.
  - 2) La holgura del extremo de la paleta guía se ajustará y se medirá en la posición cerrada. La distribución de los espacios libres de los extremos interior y exterior deberá cumplir con el requisito de diseño. En cada extremo de la paleta guía, el espacio debe ser igual en ambos lados. La paleta guía deberá poder moverse libremente.

Tabla 9. Error de instalación permitido del cojinete

Unidad: mm

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Verticalidad de la placa del espejo y el eje principal	0,05	—
2	Junta compuesta del collar de empuje dividido	Los espacios locales no deberán ser mayores que 0,05; cualquier desalineación no deberá ser mayor que 0,02.	Verifique seguir la dirección de rotación del turbogenerador hidráulico.
3	Grado de ajuste de las superficies de carga del casquillo del cojinete y del asiento del cojinete	El área en contacto debe ser superior al 60 %.	—
4	Juego final entre el revestimiento del cojinete y el cuello del eje	Cumplir con los requisitos de diseño	—
5	Separación del revestimiento del cojinete	Cumplir con los requisitos de diseño	—
6	Ángulo de contacto entre el revestimiento del cojinete inferior y el cuello del eje	No más de 60º	—
7	Puntos de contacto entre el revestimiento del cojinete inferior y el cuello del eje	1 ~3 puntos/100 mm <sup>2</sup>	—
8	Espacio de unión compuesto del cuerpo del cojinete.	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—
9	Resistencia del aislamiento de la conexión a tierra del cuerpo del cojinete	No inferior a 1 MΩ	—

- 3) El valor máximo del espacio local vertical de la paleta guía no deberá ser superior a 0,25 mm, y la longitud total no deberá ser superior al 25 % de la altura de la paleta guía.
- g) La instalación del eje principal y del rodete deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) El error de instalación permitido del eje principal y el rodete deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 10.
- 2) La desviación del eje principal con respecto a la nivelación no deberá ser superior a 0,04 mm/m.

Tabla 10. Error de instalación permitido para el eje principal y el rodete

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Juntas compuestas de bridas de eje principal y rodete	Ningún espacio	—
2	Brecha entre el rodete y la cámara del rodete	Cumplir con los requisitos de diseño	—
3	Espacio de sellado del eje principal	Cumplir con los requisitos de la sección 4.2.3	—

4.2.4 La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La desviación de la distancia entre la línea central de entrada de la tubería de desvío y las líneas de coordenadas del turbogenerador hidráulico no deberá ser mayor que  $\pm 2$  %.
- b) La excavación de rampas deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) Las carcasas con conjuntos divididos deberán cumplir los requisitos de la sección 4.1.2. Las superficies compuestas que no tengan sellado ni amortiguación deberán recubrirse con sellador.
  - 2) Al instalar la carcasa, la desviación de la distancia a las líneas de referencia X, Y del turbogenerador hidráulico no debe ser mayor de 1 mm y la desviación de elevación no debe ser mayor de  $\pm 2$  mm. La desviación horizontal de la superficie del ala superior de la carcasa no deberá ser mayor que 0,04 mm/m. Para los turbogeneradores hidráulicos de tipo vertical, la elevación de cada brida de boquilla soldada a la carcasa deberá ser la misma, y la desviación no deberá ser mayor que 1,0 mm. La desviación de verticalidad de cada brida no deberá ser superior a 0,30 mm/m y la distancia entre cada brida y la línea de referencia de coordenadas del turbogenerador hidráulico deberá cumplir con los requisitos de diseño.
- c) La calidad de la perforación deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) El conjunto de cojinete de turbina de tipo vertical deberá cumplir los siguientes requisitos:
    - Verifique la elevación y nivelación de la brida del cojinete. La desviación de elevación no deberá ser mayor que 2 mm y la desviación horizontal no deberá ser mayor que 0,04 mm/m.
    - Los cojinetes guía de la turbina y sus soportes deberán estar preensamblados. La desviación central de los soportes de los cojinetes y del turbogenerador hidráulico no debe ser mayor que 0,40 mm. Después del posicionamiento previo al ensamblaje, se deberán perforar los orificios de posicionamiento y se deberán ensamblar los pasadores de posicionamiento.

- El cojinete guía de la turbina se puede instalar sólo cuando el eje del turbogenerador hidráulico haya pasado la inspección. Durante la instalación, las pruebas de fugas y presión se realizarán de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2 y deberán cumplir con los requisitos de diseño.
- 2) El conjunto de cojinete de turbina de tipo horizontal deberá cumplir con los requisitos de la sección 4.3.2.
- d) La instalación del eje de la turbina deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Antes de la instalación del eje de la turbina, se comprobará el grado de planitud y el acabado de las bridas compuestas.
  - 2) Para turbogeneradores hidráulicos de tipo vertical, la instalación de la superficie de la brida superior del eje de la turbina deberá ser inferior a la elevación de diseño entre 20 y 25 mm. Si el eje de la turbina se conecta directamente con el rotor del generador, no solo se alinearán la axialidad y el paralelismo de la brida del rotor del generador y la brida del eje de la turbina, sino también la elevación de la brida del rotor del generador con respecto al eje de la boquilla.
  - 3) La desviación horizontal o vertical del eje principal no deberá ser superior a 0,02 mm/m.
  - 4) Antes de instalar el cojinete guía de la turbina, se debe verificar el eje del turbogenerador hidráulico y cumplir con los requisitos de diseño.
- e) La instalación de la boquilla y su servomotor deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Para la boquilla y su servomotor, se deberán realizar pruebas de estanqueidad y presión antes de la instalación según los requisitos del fabricante.
  - 2) Después del montaje de la boquilla y el servomotor, la aguja del chorro y el servomotor deberán poder moverse libremente por debajo del 16 % de la presión de trabajo nominal. Bombea aceite dentro de la cavidad de cierre del servomotor bajo la presión nominal, y no deberá haber espacio entre la cabeza de la aguja del chorro y la abertura.
  - 3) La instalación de la boquilla deberá cumplir los siguientes requisitos:
    - La línea central de la boquilla deberá ser tangencial al círculo de paso del rodete. La desviación radial no deberá ser mayor que  $\pm 2 \% d_i$  ( $d_i$  es el diámetro del paso del canal). La desviación axial en comparación con la cuchilla divisora de agua del balde no deberá ser mayor que  $\pm 0,5 \% W$  ( $W$  es el ancho interior máximo del balde).

- Generalmente, la desviación del centro del deflector y del centro de la boquilla no deberá ser superior a 4 mm.
  - La desviación entre la longitud de compresión del resorte amortiguador y el valor de diseño no deberá ser mayor que  $\pm 1$  mm.
  - La desviación sincrónica de cada tobera de chorro a lo largo de la carrera no deberá ser superior al 2 % de la carrera de diseño.
  - Las desviaciones axiales y radiales de la línea central de la tobera de frenado invertida no deberán superar los  $\pm 5$  mm.
- f) La excavación de rampas deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La superficie giratoria de la paleta divisora de agua del cubo del canal deberá pasar por el centro de la brida de la boquilla en la carcasa y la desviación no deberá ser mayor que  $\pm 0,5$  % *W*.
  - 2) La cantidad de rebote de la cara del extremo del canal no deberá ser superior a 0,05 mm/m.
  - 3) El espacio entre el rodete y la trampilla de agua deberá cumplir con los requisitos de diseño.
- g) El sellado del eje principal deberá cumplir con los requisitos de la sección 4.2.1.
- h) La instalación y el ajuste del mecanismo de control deberán cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La desviación central de cada componente del mecanismo de control no deberá ser superior a 2 mm y la desviación de elevación no deberá ser superior a  $\pm 1,5$  mm. La desviación horizontal o vertical no deberá ser superior a 0,10 mm/m. El mecanismo se debe mover libremente después de la instalación.
  - 2) La abertura del deflector deberá ser 3 mm mayor que el radio del chorro durante esta carrera de apertura, pero no deberá ser mayor que 6 mm. Cada deflector se debe mover sincrónicamente, y la desviación no deberá ser mayor que el 2 % del valor de diseño.

4.2.5 La instalación del sistema del gobernador de la turbina hidráulica deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El error de instalación permitido del dispositivo de presión de aceite deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 11. Las pruebas de fugas y las pruebas de presión de estanqueidad del tanque de presión deberán cumplir con lo dispuesto en la sección 4.1.2.



Tabla 11. Error de instalación permitido para el tanque de aceite de retorno (tanque del gobernador) y el tanque de presión

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Centro	No mayor que 5,0 mm	Mida la distancia entre las marcas del equipo y las líneas de referencia X, Y del turbogenerador hidráulico.
2	Elevación	±5 mm	—
3	Desviación de nivel	No mayor que 1,0 mm/m	Mida la elevación de las cuatro esquinas del tanque de aceite de retorno (tanque regulador)
4	Desviación de la verticalidad del tanque de aceite a presión	No mayor que 1,0 mm/m	Mida colgando plomadas en la dirección X e Y

- b) Al instalar y alinear los acoplamientos elásticos de las bombas de aceite y motores eléctricos, la excentricidad y la pendiente no deberán ser superiores a 0,08 mm. Si el motor eléctrico axial de la bomba de aceite no tiene movimiento lateral, deberá haber un espacio de 1 mm a 3 mm entre los acoplamientos. Cuando se hayan instalado todos los pasadores, los acoplamientos deberán poder girar ligeramente entre sí. La cavidad de la bomba de aceite se debe llenar con aceite homologado para turbinas de vapor.
- c) Las marcas y calidad de los aceites para turbinas utilizados en el sistema del gobernador de la turbina hidráulica deberán cumplir con los requisitos de diseño. Los índices del aceite deberán cumplir los requisitos pertinentes, y la temperatura del aceite se mantendrá en el rango de 10 a 50 °C durante el funcionamiento.
- d) El funcionamiento de prueba del motor eléctrico de la bomba de aceite deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Las inspecciones y pruebas de motores eléctricos deberán cumplir los requisitos pertinentes.
  - 2) Mantenga la bomba de aceite funcionando sin carga durante 1 hora. Si no hay ningún fenómeno anormal, mantenga la bomba de aceite funcionando por debajo del 25, 50, 75 y 100 % de la presión nominal durante 15 minutos respectivamente. No deben producirse fenómenos anormales.
  - 3) Durante el funcionamiento, la temperatura del aceite no deberá ser superior a 50 °C, y la temperatura del cojinete no deberá ser superior a 60 °C. La amplitud bidireccional del proyectil no deberá ser superior a 0,05 mm y no deberá producir ruidos anormales.
  - 4) Bajo presión nominal, la salida de aceite medida de la bomba de aceite no deberá ser menor que el valor de diseño.
- e) El ajuste de los componentes del dispositivo hidráulico deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Si no hay requisitos de diseño, el ajuste de la válvula de seguridad y el anunciador de presión deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 12. La desviación del movimiento del anunciador de presión no deberá ser mayor que  $\pm 1$  % del valor de configuración, y el valor de retorno no deberá ser mayor que el valor de diseño.

Tabla 12. Valor de configuración para la válvula de seguridad y el anunciador de presión de la bomba de aceite

Unidad: MPa

Presión de aceite nominal	Valor de ajuste						
	Válvula de seguridad			Bomba de aceite de trabajo		Bomba de aceite en espera	
	Presión inicial de drenaje de aceite	Presión completamente abierta	Presión completamente cerrada	Presión inicial	Presión de reinicio	Presión inicial	Presión de reinicio
2,50	$\geq 2,55$	$\leq 2,90$	$\geq 2,30$	2,20~2,30	2,50	2,05~2,15	2,50
4,00	$\geq 4,08$	$\leq 4,64$	$\geq 3,80$	3,70~3,80	4,00	3,55~3,65	4,00
6,30	$\geq 6,43$	$\leq 7,30$	$\geq 6,10$	6,00~6,10	6,30	5,85~5,95	6,30
16,00	$\geq 16,42$	$\leq 17,60$	$\geq 15,20$	14,00~14,50	16,00	13,00~13,50	16,00

- 2) Cuando la válvula de seguridad esté funcionando, no deberá haber vibraciones ni ruidos intensos.
  - 3) El valor de ajuste para la baja presión de aceite causada por un accidente deberá cumplir con los requisitos de diseño, y su desviación de movimiento no deberá ser mayor que  $\pm 2$  % del valor de ajuste.
  - 4) Para bombas de aceite que funcionan continuamente, si no hay ningún requisito de diseño, la presión de operación de la válvula de inundación debe cumplir con los requisitos para el valor de ajuste de la bomba de aceite en funcionamiento en la Tabla 12.
  - 5) El dispositivo automático de suministro de aire del tanque de aceite a presión y el indicador de nivel de aceite del tanque de retorno de aceite deberán poder funcionar de manera precisa y confiable.
  - 6) El arranque y parada de la bomba de aceite a presión y de la bomba de aceite de fuga deberán ser correctos y confiables, y no deberá producirse ningún fenómeno de rotación inversa.
  - 7) Cuando el tanque de aceite a presión esté bajo presión de trabajo y el nivel de aceite esté en su posición normal, cierre cada válvula de conexión y manténgala así durante 8 horas. La disminución de la presión del aceite no deberá ser superior al 4,0 % de la presión de trabajo nominal. Se deben registrar las caídas en el nivel de aceite.
- f) El error de instalación permitido del gabinete mecánico, gabinete eléctrico y válvula de distribución de emergencia del gobernador deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 13.

Tabla 13. Error de instalación permitido para el gabinete mecánico del gobernador, el gabinete eléctrico y la válvula de distribución de emergencia

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Centro	5,0 mm	Mida la distancia entre las marcas del equipo y las líneas de referencia X, Y del turbogenerador hidráulico.
2	Elevación	±5,0 mm	—
3	Nivelación del gabinete mecánico	0,15 mm/m	Para el tipo electrohidráulico, mida la base del dispositivo de conversión electrohidráulico; para el tipo hidráulico mecánico, mida la placa inferior del motor eléctrico de péndulo (el diafragma superior)
4	Verticalidad o nivelación de la válvula de distribución de emergencia.	0,15 mm/m	Mida la placa de cimentación de la válvula de distribución de emergencia.
5	Verticalidad del armario eléctrico	1,0 mm/m	Mida colgando plomadas en las direcciones X e Y.
<p>NOTA Durante la instalación de reguladores combinados, se tomarán como referencia los soportes del mecanismo de transmisión del eje de control de velocidad, y la desviación deberá cumplir con los requisitos de diseño.</p>			

g) Los gobernadores que requieran ser desmantelados deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) En el caso de las piezas hidráulicas mecánicas que deben desmontarse en el gobernador electrohidráulico, la limpieza, montaje y ajuste de los componentes deberán cumplir con los requisitos de los planos del fabricante.
- 2) Cada indicador y palanca en el gabinete del gobernador deberá ajustarse de acuerdo con los dibujos, y el error de posición de cada mecanismo no deberá ser superior a 1 mm.
- 3) Cuando la paleta guía y el servomotor del rodete estén en el medio (hayan alcanzado el 50 % de la apertura total), la posición de los brazos de manivela y las bielas del mecanismo alternativo debe cumplir con los requisitos de diseño y las desviaciones verticales y horizontales no deben ser más de 1 mm/m. La conexión del mecanismo alternativo deberá ser firme, y las pruebas de carga se realizarán de acuerdo con los requisitos de diseño.

h) La prueba de ajuste con aceite del sistema del gobernador de la turbina deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Conecte la corriente oscilante y compruebe el valor de oscilación del dispositivo de conversión electrohidráulico. El valor deberá cumplir con los requisitos de diseño.
- 2) Verifique la polarización cero y la deriva de presión cero del dispositivo de conversión electrohidráulica. La polarización cero no deberá ser superior al 5 % del valor de salida nominal (corriente, voltaje). La deriva de presión cero no deberá causar un movimiento obvio del servomotor dentro del rango de presión de aceite de trabajo.

- 3) Registre la curva característica estática entre la frecuencia de entrada y el desplazamiento de salida del dispositivo de conversión electrohidráulico o electromecánico. Tanto la zona muerta como el coeficiente de amplificación deberán cumplir los requisitos de diseño.
- 4) Mida y trace la curva que muestra la relación entre el voltaje de salida (corriente) del transductor de retroalimentación y la ruta del servomotor. Debe ser lineal en toda la carrera del servomotor, y sus características deben cumplir con los requisitos de diseño.
- 5) Al llenar el sistema del gobernador de la turbina con aceite por primera vez, el llenado se realizará lentamente, y la presión no deberá ser superior al 50 % de la presión nominal del servomotor. Haga funcionar el gobernador durante toda su carrera varias veces. No se deben producir fenómenos anormales. Para los gobernadores, se deben realizar pruebas de conmutación entre diferentes métodos de control, como operación manual y operación automática. Durante las pruebas, el movimiento deberá ser normal, y el servomotor no deberá tener oscilaciones anormales. Para oleoductos y componentes que soportan presión, las pruebas de estanqueidad se realizarán de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
- 6) Haga funcionar manualmente el servomotor de paletas guía para verificar el límite de apertura. Verifique el valor indicado en el indicador del gabinete mecánico; el valor deberá estar de acuerdo con la carrera del servomotor de paleta guía y del servomotor de paleta. La desviación del primero no deberá ser superior al 1 % de la carrera total del pistón, mientras que la desviación del segundo no deberá ser superior a  $0,5^\circ$ .
- 7) La desviación entre la paleta guía y el tiempo de cierre de emergencia de la paleta, el tiempo de apertura, la carrera de cierre de secuencia de la paleta guía y el tiempo de cierre de secuencia y su valor de diseño no deberán ser mayores que  $\pm 5\%$  del valor de diseño. Finalmente, la desviación se ajustará para cumplir con los requisitos de cálculo. Generalmente, se debe esperar que los tiempos de cierre y apertura sean el doble del tiempo requerido para una apertura entre el 25 y el 75 %.
- 8) La desviación entre el tiempo de cierre de la paleta guía de la válvula de distribución de emergencia y su valor de diseño no deberá ser mayor que el  $\pm 5\%$  del valor de diseño. Finalmente, la desviación se ajustará para cumplir con los requisitos de cálculo.
- 9) Verifique el punto muerto del mecanismo alternativo. El valor no debe ser superior al 0,2 % de la carrera total del servomotor.
- 10) A partir de las direcciones de apertura y cierre, trace la curva que muestra la relación entre la carrera del servomotor de la paleta guía y los valores de apertura de la paleta guía. Mida el valor de apertura de 4 a 8 paletas guía en cada punto y tome el promedio de estos valores. Cuando las paletas guía estén totalmente abiertas, se medirán los valores de apertura de todas ellas. Generalmente, la desviación no deberá ser superior al  $\pm 2\%$  del valor de diseño.

- 11) A partir de las direcciones de apertura y cierre, trace la curva entre la carrera del servomotor de la paleta guía y la carrera del servomotor de la paleta bajo la relación de combinación de diferentes cabezas hidráulicas, y deduzca las reglas que determinan la apertura y el cierre. La curva y las reglas cumplirán los requisitos de diseño. La imprecisión del servosistema de la pala deberá ser inferior al 1,5 % de todo el recorrido.
  - 12) El ajuste de la ganancia de bucle abierto práctica del servosistema y los tiempos de apertura y cierre del servomotor se deben haber ajustado y deben cumplir con los requisitos de diseño. Establezca el coeficiente de amplificación y la relación de palanca al valor máximo en el diseño y, luego, introduzca una señal de paso que represente el 10 % de la carrera completa del servomotor en el servosistema. Observe el movimiento del servomotor. El coeficiente de amplificación máximo o la relación de palanca que puede mantener estable el servosistema y evitar sobreimpulsos es la ganancia de bucle abierto práctica.
  - 13) Registre la curva característica estática del sistema del gobernador de la turbina cuando la caída de velocidad permanente  $b_p = 6\%$ . La curva característica estática deberá ser aproximadamente una línea recta. La velocidad de rotación de la zona muerta de velocidad de rotación no deberá ser superior al 0,04 %. Para un sistema del gobernador de turbina Kaplan, la inexactitud del servosistema de paletas no deberá ser superior al 1,5 %.
  - 14) Cuando no haya agua en la caja espiral, la presión del tanque de presión y la disminución del nivel de aceite se registrarán cuando esta se apague en caso de baja presión de aceite de emergencia.
  - 15) Cuando no haya agua en la caja espiral, mida la presión de aceite más baja del mecanismo operativo para la paleta guía y la paleta. La presión no debe ser superior al 16 % de la presión nominal del aceite.
- i) La inspección y ajuste de las partes eléctricas del gobernador deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Revise el cableado del circuito de la parte eléctrica en el sistema para comprobar que cumpla con los requisitos de diseño.
  - 2) El voltaje de salida del suministro de energía regulado en las partes eléctricas deberá cumplir con los requisitos de diseño, y la fluctuación del voltaje de salida no debe exceder  $\pm 1\%$  del valor de diseño.
  - 3) Verifique las propiedades de cada unidad de circuito de las partes eléctricas y el rango ajustable de los parámetros ajustables del circuito, como la caída de velocidad permanente  $b_p$ , la relación de deslizamiento  $e_p$ , la ganancia proporcional  $K_p$ , la ganancia integral  $K_i$ , ganancia diferencial  $K_d$  (o caída de velocidad temporal, constante de tiempo del buffer  $T_d$ , constante de tiempo derivada  $T_n$ ). Todos estos parámetros y rangos ajustables deberán cumplir con los requisitos de diseño.

- 4) Compruebe el rango regulable de apertura, la frecuencia y la potencia. Estos valores deben cumplir con los requisitos de diseño.
  - 5) Registre la curva que muestra la relación entre la señal de entrada del equipo de medición de velocidad y la salida (corriente, voltaje). Dentro del  $\pm 10$  % de la velocidad de rotación nominal, la curva característica estática deberá ser una línea recta aproximadamente, y la zona muerta de la velocidad de rotación deberá cumplir con los requisitos de diseño. Dentro del  $\pm 2$  % de la velocidad de rotación nominal, la desviación del coeficiente de amplificación medido no deberá ser mayor que el  $\pm 5$  % del valor de diseño.
- j) Las pruebas de simulación del sistema del gobernador de la turbina cumplirán los siguientes requisitos:
- 1) Simule todo tipo de fallas del sistema del gobernador de la turbina y los dispositivos de protección deberán poder funcionar de manera confiable y enviar señales de advertencia correctamente.
  - 2) Haga funcionar los turbogeneradores hidráulicos de forma manual o automática para simular el arranque, el apagado y el apagado de emergencia. El sistema del gobernador de la turbina deberá poder funcionar de manera confiable y enviar señales de advertencia correctamente.

#### 4.3. Generador

4.3.1. La instalación de los generadores verticales deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El raspado del revestimiento del cojinete deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La almohadilla de empuje no deberá presentar defectos, como fisuras, inclusiones de escoria o poros densos. El área total de exfoliación localizada del material de la superficie del revestimiento del cojinete y de la base metálica no deberá superar el 5 % del área de la superficie del revestimiento. Si es necesario, se puede utilizar una inspección ultrasónica para comprobar la almohadilla de empuje. La superficie de trabajo de las placas de espejo no deberá tener cicatrices ni óxido. La rugosidad y rigidez cumplirán los requisitos de diseño. Si es necesario, se comprobará el paralelismo entre las dos superficies y la tolerancia de planitud de la superficie de trabajo de acuerdo con los requisitos del dibujo.
  - 2) Las almohadillas de empuje que el fabricante exige que se raspen en el lugar de trabajo deberán cumplir los siguientes requisitos después del raspado:
    - Habrá de 1 a 3 puntos de contacto por centímetro cuadrado en la superficie del revestimiento.
    - En la superficie del revestimiento, el área de superficie de cada parte local que no hace contacto no debe ser más del 2 % del área de superficie total del revestimiento del cojinete, y el área total sin contacto no debe ser mayor que el 5 % del área total del revestimiento del cojinete.
    - La entrada se raspará según los requisitos del fabricante.

- Para soportar cojinetes de empuje tipo tornillo sin bandejas; solo cuando su revestimiento haya cumplido los requisitos anteriores, se puede raspar la mitad de parte de la superficie del revestimiento. En la zona del tornillo de soporte, en una sección circular cuyo diámetro sea 2/3 de la longitud del plato de cojinete, retire primero los posibles puntos de contacto (se pueden conservar los puntos de contacto ligeros) y corte el plato de cojinete una vez con una cortadora en grupo. En segundo lugar, corte el soporte de cojinete en un rango más pequeño, nuevamente con una cortadora múltiple, en la proximidad del tornillo de soporte en una sección circular cuyo diámetro sea 1/3 de la longitud del soporte de cojinete y en una dirección perpendicular al corte anterior.
  - Después de girar el turbogenerador hidráulico a baja velocidad, será necesario extraer la almohadilla de empuje para comprobar el grado de contacto. Si se ha frotado el revestimiento o hay puntos altos, se deberá raspar nuevamente el revestimiento hasta que esté homologado.
- 3) El raspado del revestimiento del cojinete guía deberá cumplir los requisitos del apartado 4.2.1.
- b) El error de instalación permitido del estátor deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 14.

Tabla 14. Error de instalación permitido del estátor Unidad; mm

N.º	Elemento	Error permitido
1	Espacio de unión general entre el estátor y la base de la unidad	No mayor que 0,10 localmente No mayor que 0,05 alrededor de los pernos.
2	Espacio de unión general entre el estátor y el núcleo de hierro.	No deberá haber espacio si se agrega cojín. El desajuste radial no deberá ser superior a 0,30 en la parte inferior de las ranuras. El ancho de la ranura deberá cumplir con los requisitos de diseño.
3	Unión total entre bastidor y placa de cimentación.	Cumple con los requisitos de la sección 4.1.2
4	Circularidad del estátor (la diferencia entre cada radio y el radio promedio)	±4 % de brecha de aire de diseño
5	Elevación central del núcleo de hierro del estátor	0- +0,4 % de la longitud efectiva del núcleo de hierro y no deberá ser mayor que 6.0

- c) La medición de la resistencia de aislamiento del devanado del estátor a tierra y de la resistencia de aislamiento entre los devanados deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Al convertir la temperatura a 100 °C, la resistencia de aislamiento de cada devanado del estátor no deberá ser inferior a R, que se calcula mediante la fórmula (1):

$$R = \frac{U_N}{1\ 000 + \frac{S_N}{100}} \dots\dots\dots ( 1 )$$

donde

$U_N$  es la tensión nominal de línea del generador, en V;

$S_N$  es la capacidad nominal del generador, en kVA.

Para generadores secos y limpios, cuando la temperatura ambiente es  $t$  (°C), la resistencia de aislamiento del devanado del estátor  $R_t$ (MO) se revisará de acuerdo con la Fórmula (2):

$$R_t = R \times 1.6^{(100-t)/10} \dots\dots\dots ( 2 )$$

donde

$R$  es la resistencia de aislamiento en caliente calculada del devanado cuando la temperatura es de 100 °C, en MΩ.

- 2) Cuando la temperatura es inferior a 40 °C, el coeficiente de absorción de la resistencia de aislamiento del papel de epoxi-mica  $R_{eo}/R_{is}$  no deberá ser inferior a 1,6 o el índice de polarización  $R_{wmin}/i_{min}$  no deberá ser inferior a 2,0.
- d) El conjunto del rotor deberá cumplir los requisitos de diseño. Verifique la circularidad del rotor y la diferencia entre cada radio y el radio promedio. No deberán ser mayores que ±4 % de la brecha de aire de diseño. Antes de izar el rotor al foso de la turbina, se deben verificar uno por uno todos los elementos de prueba enumerados en la sección 4.4.1.
- e) El error de instalación permitido de los estantes superior e inferior deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 15.
- f) El error de instalación permitido del freno deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 16.

Tabla 15. Error de instalación permitido de los estantes superior e inferior Unidad: mm

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Brecha conjunta general	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—
2	Distancia entre los parabrisas y las tuberías de agua de protección contra incendios, así como entre los devanados del estátor y los ventiladores del rotor.	0~ +20 % del valor de diseño	—
3	Centro del bastidor	0,5	—
4	Nivelación del estante	No mayor que 0,10 mm/m	—
5	Elevación del bastidor	±1,5	—
6	Unión total entre la estantería y las placas de cimentación.	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—



Tabla 16. Error de instalación permitido del freno Unidad: mm

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Pruebas de estanqueidad y de presión de frenos	Cuando duren 30 min, la disminución de presión no deberá exceder el 3 %.	—
2	Elevación de la superficie superior del freno.	±1,0	—
3	Espacio entre el freno y la placa de frenado anular del rotor	± 20 % del valor de diseño	—
4	Posición radial del freno	±3,0 %	—
5	Pruebas de estanqueidad y presión de las tuberías del sistema de frenos	Ninguna fuga	—

g) El error de instalación permitido del rotor deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 17.

Tabla 17. Error de instalación permitido del rotor

Unidad: mm

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Nivelación de la placa de espejo	No ser superior a 0,02 mm/m	—
2	Espacio axial del anillo elástico del bloque de empuje	Debe ser inferior a 0,02	Compruebe si el anillo elástico soporta carga.
3	Brecha de aire	± 8 % de la brecha promedio	—

h) Verifique el ajuste del eje de la unidad del turbogenerador hidráulico para asegurarse de que cumpla con los siguientes requisitos:

- 1) Se utilizarán las barras de la unidad para comprobar la alineación del eje. Antes del bloqueo de la unidad, las partes giratorias del turbogenerador hidráulico deberán estar en posición central y el eje principal deberá estar libre y vertical.
- 2) Para el refuerzo rígido de los cojinetes de empuje, la carga soportada por cada revestimiento del cojinete se debe ajustar para que sea uniforme, y la desviación de la nivelación de la placa del espejo deberá ser inferior a 0,02 mm/m. Al ajustar la separación del revestimiento del cojinete guía en el costado del bloque de empuje, el espacio deberá ser de entre 0,03 mm y 0,05 mm. Al mismo tiempo, otros cojinetes de guía radiales no deberán estar en contacto con el eje principal. Después de la alineación del eje, el descentramiento de la línea axial del turbogenerador hidráulico no deberá exceder los requisitos de la Tabla 18.

Tabla 18. Desviación permitida de la línea axial del turbogenerador hidráulico (doble amplitud)

Eje	Elementos de medición	Tipo de excentricidad	Velocidad de rotación del eje (n) r. p. m.				
			n < 150	150 ≤ n < 300	300 ≤ n < 500	500 ≤ n < 750	n ≥ 750
Eje del generador	Cuello del eje y bridas de los cojinetes superior e inferior	Descentramiento relativo en mm/m	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Eje de turbina	Cuello del eje del cojinete guía	Descentramiento relativo en mm/m	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02
Eje del generador	Anillo colector	Excentricidad absoluta mm	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
<b>NOTA 1</b>	Excentricidad absoluta: Excentricidad medida real.						
<b>NOTA 2</b>	Desviación relativa: La relación entre el descentramiento absoluto (mm) y la distancia desde la pieza de medición a la placa del espejo (m).						
<b>NOTA 3</b>	El descentramiento anterior significa el bloqueo del turbogenerador hidráulico, en lugar del descentramiento operativo.						

- 3) En todo caso, el descentramiento absoluto del cojinete guía de la turbina hidráulica deberá cumplir los requisitos de la Tabla 19.

Tabla 19. Descentramiento absoluto permitido del cojinete guía de la turbina hidráulica

Velocidad de rotación del eje (r. p. m.)	n < 250	250 ≤ n < 600	n ≥ 600
Descentramiento absoluto permitido /mm	0,35	0,25	0,20

- i) Cuando se haya ajustado el descentramiento del eje para calificarlo, se deberá volver a verificar la nivelación de la placa del espejo y la carga soportada por la almohadilla de empuje, la circularidad del estátor y del rotor y a brecha de aire deberán cumplir con los requisitos pertinentes.
- j) La instalación de la ranura de aceite del cojinete de empuje deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Para la ranura de aceite del cojinete de empuje, las pruebas de fuga de queroseno se deben realizar de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
  - 2) Para el enfriador de ranura de aceite, las pruebas de resistencia a la presión deben realizarse de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
  - 3) El espacio axial entre las partes giratorias y fijas en la ranura de aceite deberá cumplir con los requisitos del rotor de elevación y el espacio radial deberá cumplir con los requisitos de diseño. Al colocar el fieltro sellador tipo ranura en la ranura de aceite, deberá comprimirse aproximadamente 1 mm y el contacto entre el fieltro sellador y el eje no deberá ser demasiado estrecho.

- 4) El círculo exterior del anillo de retención de aceite deberá ser concéntrico con el turbogenerador hidráulico, y la desviación del centro no deberá ser superior a 1,0 mm. La desviación entre la distancia radial desde el círculo exterior del anillo de retención de aceite hasta el círculo interior del cuello del eje y la distancia promedio no deberá ser mayor que  $\pm 10\%$ .
  - 5) La altura de la superficie del aceite en la ranura de aceite debe cumplir con los requisitos de diseño, y la desviación no debe ser superior a  $\pm 5$  mm. La marca del aceite lubricante deberá cumplir con los requisitos de diseño. La calidad del aceite se comprobará adecuadamente antes del llenado y cumplirá con los requisitos de diseño.
  - 6) La resistencia de aislamiento permitida de cada parte del cojinete de empuje de un turbogenerador hidráulico suspendida deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 20.
- k) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Las condiciones de carga del eje y las almohadillas de empuje del turbogenerador hidráulico se ajustarán para ser calificadas.
  - 2) Se calificarán el espacio del anillo de sellado de la turbina hidráulica y el espacio de aire del generador.
  - 3) Durante la instalación final de un revestimiento de cojinete guía segmentado que tiene requisitos de aislamiento, la resistencia del aislamiento deberá ser superior a 50 M $\Omega$ .
  - 4) Durante la instalación, la separación del revestimiento del cojinete deberá ajustarse de acuerdo con la posición central del eje principal, y se deben considerar la dirección y el tamaño de la barra. El espacio total de instalación deberá cumplir con los requisitos de diseño.
  - 5) El error permitido para la separación del revestimiento del cojinete guía segmentado no deberá ser mayor que  $\pm 0,02$  mm. La desviación entre el espacio real de dos revestimientos adyacentes y el valor requerido no deberá ser superior a 0,02 mm. Cuando se haya ajustado la brecha, deberá bloquearse de manera confiable.

Tabla 20. Resistencia de aislamiento permitida para cada parte del cojinete de empuje de un turbogenerador hidráulico suspendido

N.º	Componentes del cojinete de empuje	Resistencia del aislamiento (M $\Omega$ )	Equipos para medir la resistencia del aislamiento.	Explicación
1	Asiento del cojinete de empuje y soportes	5	500 V	Mida después de la instalación de los asientos y los subpuertos.
2	Cojinete de empuje	1	500 V	Mida cuando el cojinete esté totalmente ensamblado y el rotor instalado. Mida antes de llenar con aceite lubricante y la temperatura deberá estar entre 10 y 30 °C.
3	Termómetro integrado	50	250 V	Antes de llenar con aceite lubricante, mida la resistencia de aislamiento de la almohadilla de empuje del cable central de cada termómetro.

- l) La instalación de los dispositivos de medición de temperatura del generador deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La resistencia de aislamiento total del dispositivo de medición de temperatura no deberá ser inferior a 0,5 MΩ. Para un cojinete que deba estar aislado, cuando se hayan instalado todos los termómetros, la resistencia de aislamiento del revestimiento del cojinete deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 20.
  - 2) Para los bloques de terminales del dispositivo de medición de temperatura del devanado del estátor, si hay un espacio de descarga, el espacio deberá ser de 0,3 a 0,5 mm.
  - 3) Antes de sellar la ranura de aceite del cojinete, se debe verificar el dispositivo de medición de temperatura y la diferencia entre las resistencias de cada termómetro de resistencia no debe superar el 1,5 %. El dispositivo estará bien aislado a tierra. El valor indicado de la señal del termómetro deberá aproximarse a la temperatura real del revestimiento del cojinete. Los cables conductores utilizados para medir la temperatura deben estar firmemente fijados.
  - 4) El número de marca de los termómetros e interruptores de medición de temperatura deberá estar de acuerdo con el número de líneas y refrigeradores y el número de ranuras de los devanados.
- m) La instalación de los sistemas y dispositivos de excitación deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) El sistema y los dispositivos de excitación solo se instalarán cuando se haya completado toda la construcción interior y la humedad interior haya cumplido los requisitos pertinentes.
  - 2) Para la placa o el gabinete del sistema de excitación, los contactos enchufables de los cajones tipo enchufable se deben verificar de acuerdo con los requisitos de diseño.
  - 3) La instalación del interruptor de descarga de campo deberá cumplir con los siguientes requisitos:
    - Las bobinas de apertura/cierre y los dispositivos de bloqueo del mecanismo de transmisión del interruptor se comprobarán por separado y también se realizarán pruebas operativas. La confiabilidad y el tiempo de las operaciones deberán cumplir con los estándares de producto relevantes.
    - Comprobar que la secuencia de actuación de los contactos de extinción de arco y de los contactos principales es correcta. Los contactos normalmente cerrados actuarán antes que los contactos normalmente abiertos y el tiempo de separación después de la rotura de los contactos normalmente cerrados deberá cumplir los requisitos de diseño.
    - Cuando se utiliza un interruptor de descarga de campo tipo DM, se debe verificar la cantidad, la disposición, forma y la posición de instalación de las placas de la rejilla de extinción de arco, la conexión y resistencia de la resistencia en derivación y el espaciamiento de los contactos de extinción de arco. Todos ellos deberán cumplir con los requisitos del producto y del pedido.

4) El tendido y cableado del cable del sistema de excitación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Las longitudes del cable de alimentación trifásico que conecta el transformador de excitación al gabinete de potencia deberán ser iguales.
- El tendido de cables y el cableado interno deberán cumplir con los requisitos de diseño.

4.3.2 La instalación del generador horizontal deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a) El raspado del revestimiento del cojinete deberá cumplir los siguientes requisitos:

1) El revestimiento del cojinete y la placa de espejo deberán verificarse de acuerdo con los requisitos del apartado 4.3.1. Los revestimientos de cojinetes que el fabricante requiera que se raspen en obra deberán procesarse en dos pasos: raspado inicial y luego raspado fino. El raspado inicial debe realizarse antes de colocar el rotor en el estátor, y el raspado fino debe realizarse después de centrar el rotor.

2) El raspado del revestimiento del soporte del pedestal deberá cumplir los siguientes requisitos:

- El espacio entre el revestimiento del cojinete y el cuello del eje deberá cumplir los requisitos de diseño. Los espacios en ambos lados deberán ser de la mitad del espacio superior, y la diferencia entre los espacios en los dos lados no deberá ser mayor que el 10 % del espacio.
- El ángulo de contacto entre la parte inferior del revestimiento del cojinete y el cuello del eje deberá cumplir con los requisitos de diseño y no deberá ser superior a 60°. El revestimiento del cojinete deberá hacer un contacto total y uniforme a lo largo de la dirección de su longitud. Deberá haber de 1 a 3 puntos de contacto por centímetro cuadrado en el área de contacto.
- Para los cojinetes que adoptan sistemas de lubricación por circulación de aceite a presión, el tamaño del canal de aceite debe cumplir con los requisitos de diseño y la longitud de la cabeza en ambos extremos del canal de aceite longitudinal en la junta no debe ser inferior a 15 mm.

3) El raspado de las almohadillas de empuje deberá cumplir los siguientes requisitos:

- El área de contacto entre la almohadilla de empuje y el collar de empuje alcanzará el 75 % de la superficie total y deberá haber de 1 a 3 puntos de contacto por centímetro cuadrado.
- El espesor de las almohadillas de empuje sin dispositivos de ajuste deberá ser igual. La diferencia de espesor entre cada almohadilla de empuje del mismo grupo no deberá ser superior a 0,02 mm.

b) El error de instalación permitido para el asiento del cojinete deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 21.

Tabla 21. Error de instalación permitido del asiento del cojinete para el generador horizontal

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Pruebas de fuga de queroseno realizadas en la cavidad de aceite del asiento del cojinete.	Cumplir con los requisitos relevantes de la sección 4.1.2	—
2	Axialidad central del asiento del cojinete	0,10	—
3	Nivelación transversal del asiento del cojinete	No mayor que 0,20 mm/m	—
4	Nivelación axial del asiento del cojinete	No mayor que 0,10 mm/m	—
5	Unión compuesta por el asiento del cojinete y la placa de cimentación	Cumplir con los requisitos relevantes de la sección 4.1.2	—

- c) Si la turbina y el generador son coaxiales, el eje principal se deberá alinear al mismo tiempo. Si tanto la turbina como el generador tienen sus propios ejes, la brida del eje principal del rotor del generador deberá estar alineada de acuerdo con la brida del eje principal de la turbina. Para conexiones rígidas, la desviación de axialidad no deberá ser superior a 0,04 mm, y la inclinación de las dos caras de las bridas no deberá ser superior a 0,02 mm. Para la conexión de engranajes, la desviación de coaxialidad no deberá ser superior a 0,08 mm; para la conexión elástica, la desviación de la coaxialidad radial y axial no deberá ser superior a 0,05 mm, y el espacio libre entre las dos bridas deberá ser de 3 a 5 mm.
- d) La brecha de aire entre el estátor y el rotor deberá ser uniforme, y la brecha de aire de cada polo magnético se calculará a partir del valor medio aritmético de cuatro valores medidos (girando el rotor 90° cada vez). La diferencia entre el espacio de cada polo magnético y el espacio promedio no deberá ser superior al +8 % del espacio promedio.
- e) El ajuste del centro axial del estátor y el rotor deberá hacer que el estátor se desplace hacia la parte posterior del cojinete en relación con el rotor, y el valor de desplazamiento deberá cumplir con los requisitos del fabricante. El valor debe ser de 1,0 a 1,5 mm, o se puede tener en cuenta la mitad del alargamiento térmico del eje del generador cuando el generador funciona a plena carga.
- f) Cuando se haya conectado el eje principal, el descentramiento de cada pieza se comprobará mediante barras, y el descentramiento deberá cumplir los requisitos de la Tabla 22.

Tabla 22. Desviación de cada pieza

Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Cuello del eje	0,03	—
2	Cantidad de salto de la cara final del collar de empuje	0,02	—
3	Brida de acoplamiento	0,10	—
4	Anillo colector	0,20	—

g) La inspección de las piezas del cojinete y el ajuste de la holgura deberán cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Después del ajuste del eje, se deben verificar mediante barras las condiciones de contacto de la superficie de contacto entre el eje principal y el revestimiento del cojinete inferior, y la superficie de contacto entre la almohadilla de empuje y el collar de empuje. Las condiciones de contacto deberán cumplir con los requisitos del inciso a) de este párrafo.
- 2) Al determinar la holgura axial entre los dos extremos del revestimiento del cojinete y el hombro del eje, se debe tener en cuenta la expansión del eje principal a una velocidad de  $0,011 \text{ mm}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$  cuando el rotor funciona con el mayor aumento de temperatura. El espacio deberá ser suficiente para asegurar la libre expansión del rotor durante el funcionamiento.
- 3) La holgura axial del cojinete de empuje (movimiento del eje principal) debe estar entre 0,3 mm y 0,6 mm (el valor mayor se aplica a ejes más grandes).
- 4) El ajuste entre el revestimiento del cojinete y el casquillo deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - Para revestimientos de cojinetes cilíndricos, no deberá haber espacio entre el revestimiento del cojinete superior y la cubierta del cojinete, y deberá haber 0,05 mm de compresión. El revestimiento del cojinete inferior y el asiento del cojinete deberán estar en estrecho contacto, y la superficie de carga deberá ser de más del 60 % de la superficie total.
  - Para revestimientos de cojinetes esféricos, el área de contacto entre la superficie esférica y el asiento del cojinete esférico deberá ser aproximadamente el 75 % de la superficie esférica total, y el contacto deberá ser uniforme. Cuando se haya apretado la tapa del cojinete, el espacio entre el revestimiento y el asiento del cojinete esférico deberá cumplir con los requisitos del fabricante.
- 5) El espacio entre el anillo de sellado y el eje deberá cumplir con los requisitos del dibujo y deberá ser de aproximadamente 0,2 mm. Durante la instalación, el espacio entre las mitades opuestas no deberá ser mayor que 0,1 mm, y no deberá haber ninguna desalineación.

h) La excavación de rampas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) La superficie del ventilador deberá ser lisa y limpia y no presentar fisuras ni otros daños mecánicos.
- 2) Para los ventiladores que se instalen en obra, los pernos deberán ajustarse y bloquearse según los requisitos del fabricante. No se deben utilizar arandelas de resorte, y se debe evitar el corte con gas y la soldadura eléctrica en el ventilador.
- 3) El espacio entre las aspas del ventilador y el dispositivo de conducción de aire debe ser uniforme y la desviación no debe ser mayor que  $\pm 20 \%$  del espacio promedio real.

- 4) La distancia entre el extremo del ventilador y el extremo del dispositivo de conducción de aire deberá cumplir con los requisitos de diseño. Si no hay ningún requisito, el espacio no debe ser inferior a 5 mm.

4.3.3 La instalación de turbogeneradores tubulares con extensión de eje deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El error de combinación permitido para las partes principales deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 23.

Tabla 23. Error general permitido para las partes principales Unidad; mm

N.º	Elementos	Error permitido	Explicación
1	Brecha conjunta general entre el estátor y el núcleo de hierro	No deberá haber ninguna brecha cuando estén amortiguados. La desalineación radial en la parte inferior de la ranura del núcleo de hierro no deberá ser superior a 0,3	—
2	Brecha conjunta general entre el estátor y la base de la unidad	No más de 0,10 en partes locales y no más de 0,05 alrededor de los pernos	—
3	Circularidad del estátor de hierro del estátor	$\pm 4$ % de la brecha de aire de diseño	—
4	Circularidad de la caja principal de y las bridas de la tapa superior.	$\pm 0,1$ % del diámetro de diseño y el valor máximo no deberá ser superior a 5,0	—
5	Espacio entre juntas general de la tapa superior	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—

- b) El conjunto final del generador deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) El conjunto de cojinetes deberá cumplir los requisitos de la Tabla 21.
- 2) Después de acoplar el eje principal, el descentramiento de cada pieza deberá ser verificado por el engranaje de bloqueo y deberá cumplir con los siguientes requisitos:
  - La desviación del cuello de cada eje deberá ser inferior a 0,03 mm.
  - El valor de salto de la cara extrema de la placa de espejo no deberá ser superior a 0,05 mm.
  - El descentramiento de la brida de acoplamiento del eje no deberá ser superior a 0,10 mm.
  - El descentramiento del anillo colector no deberá ser superior a 0,20 mm.
- 3) Al instalar el estátor, se debe limpiar cuidadosamente la superficie compuesta del estátor y la base de cimentación. Los sellos de empaque se instalarán en estricto cumplimiento de los requisitos de diseño. La brecha de aire entre el estátor y el rotor deberá ajustarse adecuadamente. La diferencia entre cada brecha y la brecha promedio no deberá ser mayor que  $\pm 8$  % de la brecha promedio.



4.3.4 La instalación de las tuberías y accesorios deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La calidad de la tubería después del doblado deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) No deberá haber defectos, como fisuras, delaminación y quemaduras excesivas.
  - 2) La diferencia entre los diámetros externos máximo y mínimo de la tubería no debe ser superior al 8 % del diámetro de la tubería.
  - 3) El ángulo de flexión deberá estar de acuerdo con la placa de muestra.
  - 4) La altura de los pliegues corrugados dentro del tubo acodado no debe ser superior al 3 % del diámetro del tubo. La distancia entre los pliegues no debe ser inferior a 4 veces la altura del pliegue.
  - 5) La tubería anular se ensamblará previamente después de doblarla, y la desviación del radio no deberá ser superior al 2 % del valor de diseño. Las tuberías deberán estar en la misma superficie, y la desviación no deberá ser superior a 40 mm.
- b) La desviación vertical de los tubos soldados de tres vías no deberá ser superior al 2 % de la altura.
- c) Al instalar las tuberías, la posición de las uniones soldadas deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) El espacio entre dos costuras circulares en el segmento recto no deberá ser inferior a 100 mm y deberá ser superior al doble del diámetro exterior de la tubería.
  - 2) La distancia entre las uniones soldadas a tope y el punto de flexión de los tubos acodados no deberá ser inferior a 100 mm y no deberá ser inferior al diámetro exterior del tubo.
  - 3) La distancia libre entre las uniones soldadas y las ménsulas de soporte o suspensión no deberá ser inferior a 50 mm. Las tuberías que atraviesen el tabique y el suelo no deberán tener uniones soldadas entre la pared y el suelo.
  - 4) No debe haber poros en las uniones soldadas de las tuberías. Si los poros se abrieron, las uniones soldadas deberán pasar una inspección no destructiva.
- d) El radio de curvatura de un tubo acodado soldado no debe ser inferior a 1,5 veces el diámetro del tubo. Un codo de 90° debe tener al menos cuatro secciones. El ángulo del eje del codo deberá estar de acuerdo con la placa de muestra después de la soldadura.
- e) La lechada de relleno deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) Las tuberías no deben conectarse mediante roscas ni bridas.

- 2) Para oleoductos o gasoductos se debe utilizar el método de manguitos adaptadores empotrados.
  - 3) Si la tubería pasa a través de una junta de dilatación, las medidas que se tomen para proteger las tuberías deberán cumplir con los requisitos de diseño.
- f) La posición de instalación de una tubería expuesta deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La desviación de la posición de instalación (coordenadas o elevación) no debe ser superior a 10 mm.
  - 2) La flexión horizontal de la tubería y la desviación horizontal no deben ser superiores al 0,15 % ni superiores a 20 mm. La desviación de verticalidad del tubo vertical no debe ser superior al 0,2 % ni superior a 15 mm.
  - 3) Los tubos de cremallera deben estar en la misma superficie, y la desviación no deberá ser mayor que 5 mm. La desviación de la distancia entre tuberías deberá estar comprendida entre 0 y +5 mm.
  - 4) El gradiente de las tuberías de gravedad y de drenaje de aceite debe estar de acuerdo con la dirección del flujo del líquido y debe estar entre el 0,2 y el 0,3 %.
- g) El material de las juntas de sellado de las bridas deberá estar de acuerdo con el medio de trabajo y los requisitos de presión.
- h) Antes de utilizar petróleo, agua, gas y el sistema del gobernador de la turbina, las tuberías deben tratarse, lavarse y comprobarse de acuerdo con los requisitos de diseño y las normas pertinentes.
- i) Las pruebas de tuberías y accesorios deberán cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Los recipientes a presión automecanizados en sitio y los accesorios con una presión de trabajo de 1 MPa o superior se deben probar para determinar su resistencia y resistencia a la presión de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2. Los recipientes sin presión fabricados in situ se deberán probar según las especificaciones de la sección 4.1.2.
  - 2) Las válvulas con una presión de trabajo de 1 MPa y superior y las válvulas con una presión de trabajo inferior a 1 MPa en partes importantes se deben probar para determinar su estanqueidad y tolerancia a la presión, de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
  - 3) Antes del vertido de concreto, las tuberías y accesorios de presión enterrados deben someterse a rigurosas pruebas de compresión, según lo requerido en la sección 4.1.2.
  - 4) Después de la instalación de los sistemas y accesorios de tuberías de aire, agua y aceite, se realizarán pruebas bombeando aire, agua y aceite a las tuberías. La presión se debe aumentar gradualmente hasta la presión de trabajo nominal durante las pruebas. No deberá haber fugas.

4.3.5 La instalación de válvulas de mariposa, válvulas esféricas y juntas de expansión deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La instalación de la válvula de mariposa deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Para las tuberías de carga o la caja en espiral aguas arriba o aguas abajo de las válvulas de mariposa, la longitud de la abertura dejada fuera del muro de concreto debe ser lo suficientemente larga para garantizar suficiente espacio de trabajo para el ensamblaje y la soldadura de los componentes.
  - 2) Cuando se haya instalado la válvula de mariposa, la línea central en la dirección del flujo se determinará de acuerdo con el centro real de las cajas en espiral y las tuberías de carga. La desviación entre la posición real y la de diseño no debe ser superior a 3 mm. La desviación entre la línea central transversal (aguas arriba o aguas abajo) y la línea central de diseño no debe ser superior a 10 mm. Las desviaciones horizontales y verticales de la válvula de mariposa no deberán ser superiores a 1 mm/m cuando se midan después de soldar las bridas. Para válvulas de mariposa de diámetro superior a 4,0 m, la desviación no deberá ser superior a 0,5 mm/m.
  - 3) Se deberá dejar suficiente distancia entre los pernos de cimentación y los orificios para pernos. La distancia no deberá ser menor que el diámetro de la empaquetadura de caucho entre las bridas.
  - 4) El error de montaje permitido de la válvula de mariposa deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 24.

Tabla 24. Error de montaje permitido para válvulas de mariposa Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Uniones compuestas entre el asiento de la válvula y la placa de cimentación.	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—
2	Juntas compuestas de carcasa de válvula	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—
3	Pruebas de aire del sello de goma	Sin fugas con aire presurizado de 0,05 MPa	—
4	Espacio cuando las válvulas están cerradas	Sellos de agua aireados	Ningún espacio
		Sellos de agua sin airear	±20 % del valor de diseño
5	Pruebas de estanqueidad en aguas tranquilas.	La fuga de agua después de 30 minutos no deberá exceder el valor de diseño.	—

- b) La instalación de la válvula esférica deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) El error de instalación permitido de las válvulas esféricas deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 25.
  - 2) Las válvulas esféricas deberán poder moverse libremente. Se dejará un espacio suficientemente grande entre las válvulas esféricas y las partes fijas. El espacio no debe ser inferior a 2 mm.

Tabla 25. Error de instalación permitido para válvulas esféricas

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Uniones compuestas entre asientos de válvula y placas de cimentación	Cumplir con los requisitos relevantes de la sección 4.1.2	—
2	Centro del cuerpo de válvula	±5 mm	—
3	Centro transversal del cuerpo de válvula	15 mm	—
4	Nivelación y verticalidad del cuerpo de la válvula	1,0 mm/m	—
5	Juntas compuestas del cuerpo de válvula	Cumplir con los requisitos de la sección 4.1.2	—
6	Espacio entre la válvula y el cuerpo de la válvula	Cumplir con los requisitos de diseño	—
7	Brecha entre los sellos de trabajo y mantenimiento	No más de 0,05 mm	—
8	Carrera de tapa sellada	No menos del 80 % del valor de diseño, el movimiento deberá ser flexible.	—
9	Pruebas de estanqueidad en aguas tranquilas.	La fuga de agua después de 30 minutos no deberá ser mayor que el valor de diseño	—

c) El relleno de las juntas de dilatación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) El espacio entre la carcasa interior y exterior de una junta de expansión se ajustará para que sea uniforme y no tenga obstrucciones.
- 2) La distancia de expansión de las juntas de expansión y las carcasas interior y exterior deberá cumplir con los requisitos de diseño. La desviación no deberá ser superior a ±6 mm y deberá considerar la cantidad de contracción de soldadura de la unión de tuberías.
- 3) Las piezas de fuelle se deben inspeccionar de acuerdo con los requisitos de diseño antes de instalar juntas de expansión tipo fuelle. Después de soldar el ajustador del tubo de acero, verifique la distancia entre los fuelles, la redondez de las bocas del tubo en ambos extremos y los dientes, que deberán cumplir con los requisitos de diseño.
- 4) Después de soldar el ajustador de la tubería de acero y los fuelles, se debe realizar la detección de fallas no destructivas de acuerdo con los requisitos de diseño.

#### 4.4. Equipos auxiliares de maquinaria hidráulica

4.4.1 La instalación de equipo auxiliar deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La calidad de las cimentaciones de los equipos auxiliares deberá cumplir con los requisitos de diseño.

- b) Antes de colocar el equipo, se limpiará cualquier suciedad, como manchas de aceite o barro, en el plano de los asientos.
- c) El tamaño de los orificios preformados del perno de anclaje deberá cumplir con los requisitos de diseño. No deben quedar barras de acero transversales ni restos. Al verter el hormigón de segunda etapa de los cimientos, se deberá desbastar y limpiar la superficie del hormigón de primera etapa. El colado de la segunda etapa debe realizarse con hormigón de piedra fina o mortero de cemento. El grado de resistencia deberá ser superior en un grado a la resistencia del hormigón de cimentación. Si los requisitos son superiores a lo normal se utilizará hormigón mezclado con cemento expansivo (o mortero de cemento).
- d) La fijación con pernos de anclaje deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) La no perpendicularidad del perno de anclaje deberá ser inferior a 1/100.
  - 2) La distancia entre el perno de anclaje y la pared del agujero deberá ser superior a 15 mm.
  - 3) Se limpiará el aceite y la suciedad de los pernos de anclaje, pero las roscas de los tornillos se recubrirán con grasa.
  - 4) Deberá haber un estrecho contacto entre las tuercas y las juntas y entre las juntas y la base del equipo.
  - 5) Los pernos de anclaje se apretarán cuando el hormigón haya alcanzado el 80 % de la resistencia requerida. Cuando se hayan apretado las tuercas del tornillo, el tornillo quedará expuesto de 2 a 5 hilos.
  - 6) El error permitido para la posición de instalación del equipo auxiliar deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 26.

4.4.2 La instalación del compresor de aire deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Antes de la instalación, se comprobará el compresor y se sustituirá el aceite lubricante. Si es necesario, se desmontará el compresor para su comprobación.
- b) El error permitido para compresores de aire instalados integralmente deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 27.
- c) Antes de que el equipo auxiliar del compresor de aire, como el enfriador, el separador de gas y agua y el gasómetro estén en su posición, se debe verificar que las posiciones de los orificios de las tuberías, los orificios de los pernos de anclaje y los cimientos se ajusten a los planos de construcción y los requisitos de diseño.

Tabla 26. Error permitido de posición de instalación del equipo auxiliar Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Posición planimétrica del equipo.	± 10	
2	Elevación	10~20	

Tabla 27. Error permitido para compresores de aire instalados integralmente

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Nivelación longitudinal y transversal del compresor.	0,1 mm/m	
2	Verticalidad del extremo de la polea	0,5 mm/m	
3	Caras extremas de dos poleas en la misma superficie	0,50 mm	

- d) Para equipos auxiliares bajo presión, las pruebas de resistencia y estanqueidad se realizarán bajo la presión requerida en los planos o documentos técnicos del equipo. Si no hay ningún requisito, las pruebas de resistencia y estanqueidad se realizarán de acuerdo con los requisitos de la sección 4.1.2.
- e) Antes de la prueba de funcionamiento, el compresor de aire deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Se deben comprobar que las sujeciones de la culata, del cilindro, del cuerpo del compresor, de la cruceta, de la biela y de la tapa de cojinete estén apretadas y firmes.
  - 2) Los instrumentos y equipos eléctricos deberán estar correctamente ajustados. La dirección de rotación del motor eléctrico deberá cumplir con los requisitos del compresor de aire.
  - 3) Las especificaciones y cantidades de aceite lubricante deberán cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del equipo y las condiciones del suministro de aceite deberán ser normales.
  - 4) Las tuberías de entrada y ventilación deberán estar limpias.
  - 5) Se deben abrir las tuberías de entrada y salida de agua.
  - 6) Haga girar el compresor varias vueltas. El giro deberá ser libre y sin bloqueos.
  - 7) Las válvulas de seguridad de cada nivel deberán estar en buen estado de funcionamiento.
- f) La prueba de funcionamiento sin carga del compresor de aire tendrá una duración de 4 a 8 horas y deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La presión del aceite lubricante no deberá ser inferior a 0,1 MPa.

- 2) La temperatura del aceite del cárter no deberá superar los 70 °C.
  - 3) El sonido de las piezas en funcionamiento deberá ser normal y no tener vibraciones evidentes.
  - 4) Las piezas de conexión no deberán estar sueltas.
- g) La prueba de funcionamiento en carga del compresor de aire deberá durar 1 hora bajo el 25 % de la presión nominal, 2 horas bajo el 50 % o el 75 % de la presión nominal y 3 horas bajo el 100 % de la presión nominal. La prueba de funcionamiento no solo deberá cumplir los requisitos para el funcionamiento con carga cero, sino también los siguientes requisitos:
- 1) No deberá haber fugas de aceite, fugas de aire o fugas de agua.
  - 2) La temperatura de drenaje del agua de refrigeración no deberá ser superior a 40 °C.
  - 3) La temperatura y la presión de ventilación de cada nivel deberán cumplir con los requisitos de diseño.
  - 4) La presión de funcionamiento de la válvula de seguridad en cada nivel deberá ser correcta, y el funcionamiento deberá ser sensible.
  - 5) Los dispositivos de control automático deberán ser sensibles y fiables.
- h) Cuando el compresor de aire se haya probado para su homologación, se reemplazará el aceite lubricante.

4.4.3 La instalación del encofrado deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Las bombas de agua deberán estar completas y no tener piezas faltantes, daños u óxido. La tapa protectora del orificio de la tubería no deberá estar dañada.
- b) El error permitido para bombas centrífugas deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 28.
- c) El error permitido para bombas de pozos profundos deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 29.

Tabla 28. Error permitido de las bombas centrífugas

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Nivelación longitudinal y transversal de la bomba	0,1 mm/m	—
2	Espacio entre el impulsor y el anillo de sellado	Cumplir con los requisitos de diseño	—
3	Juego axial del impulsor de la bomba multinivel	Mayor que el espacio axial del bloque de empuje	—
4	Centro de ejes motrices y conducidos	0,10 mm	—
5	Grado de inclinación del eje motriz y del eje conducido.	0,2 mm/m	—

Tabla 29. Error permitido para bombas de pozos profundos

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Espacio entre los impulsores y los anillos de sellado en cada nivel	Cumplir con los requisitos de diseño	—
2	Espacio axial del impulsor	Cumplir con los requisitos de diseño	—
3	Capacidad de elevación del eje de la bomba	Cumplir con los requisitos de diseño	—
4	Excentricidad entre el eje de la bomba y el eje del motor eléctrico	0,15 mm	—
5	La inclinación entre el eje de la bomba y el eje del motor eléctrico	0,5 mm/m	—
6	Nivelación del asiento de la bomba	0,1 mm/m	—

d) La instalación de bombas de agua centrífugas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Antes de conectar el motor eléctrico a la bomba, se debe probar por separado el sentido de rotación del motor. Conéctelos cuando se haya confirmado la dirección.
- 2) Cuando el eje motriz y el eje conducido hayan sido centrados y conectados, deberán poder girar libremente.
- 3) Al conectar la tubería con la bomba, las bridas deberán estar bien centradas. La superficie de la junta de brida deberá ser paralela y perpendicular a la línea central de la tubería.

e) La instalación de bombas para pozos profundos se comprobará de acuerdo con los siguientes requisitos:

- 1) El diámetro interior y la no perpendicularidad de la tubería del pozo deberán cumplir con los requisitos de tamaño para las piezas de la bomba en el pozo. El diámetro interior de la tubería del pozo debe ser mayor que el diámetro externo de la parte interna del pozo en aproximadamente 50 mm para garantizar que la bomba pueda moverse libremente hacia arriba y hacia abajo en el pozo.
- 2) El orificio de la tubería del pozo deberá estar por encima de la superficie de los cimientos al menos 25 mm. Se colocarán capas de aislamiento suave entre la tubería del pozo y los cimientos.
- 3) No deberá haber extremos de tuberías de acero expuestos ni materiales diversos en la tubería del pozo.
- 4) Las caras extremas del eje impulsor de la bomba deben ser planas y lisas. Cuando se apoya en ambos extremos, el valor de salto radial en el centro del eje de transmisión no deberá ser superior a 0,2 mm. Las roscas de los tornillos deberán estar limpias y sin daños.
- 5) Los soportes de cojinetes y los cojinetes de goma deben estar intactos. Los cojinetes de goma no deben contaminarse con grasa.



- f) Antes de la prueba de funcionamiento, la bomba de agua se comprobará de acuerdo con los siguientes requisitos:
- 1) La dirección de rotación del motor eléctrico deberá cumplir con los requisitos de la bomba.
  - 2) Todas las piezas de sujeción y conexión no deberán estar sueltas.
  - 3) Las especificaciones, la calidad y la cantidad del aceite lubricante deberán cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del equipo.
  - 4) Los cojinetes de caucho deberán estar previamente lubricados con agua según los requisitos de la documentación técnica del equipo.
  - 5) Las tuberías deben lavarse y no deben tener obstrucciones.
  - 6) Los dispositivos de seguridad y protección deberán ser sensibles y fiables.
  - 7) Para bombas de pozo profundo, la holgura axial entre el impulsor y el recipiente de descarga deberá ajustarse de acuerdo con la documentación técnica del equipo.
  - 8) El mecanismo de empuje de la bomba de pozo profundo deberá funcionar de forma libre y confiable.
  - 9) La válvula de salida de la bomba de agua deberá estar en posición abierta. (Para las bombas de agua centrífugas, la salida está en la posición cerrada, así que primero llene el nivel de agua hasta sobrepasar la parte superior de la carcasa de la bomba).
  - 10) El mecanismo de bloqueo deberá funcionar libremente y ser normal.
  - 11) Las pruebas de la bomba de agua se realizarán cuando cada sistema auxiliar individual haya podido operar normalmente.
- g) Las pruebas de la bomba de agua bajo carga nominal durarán al menos 2 horas y deberán cumplir los siguientes requisitos:
- 1) El ajuste del prensaestopas deberá ser el adecuado. La fuga deberá ser en gotas.
  - 2) No deberá haber vibraciones ni sonidos anormales durante el funcionamiento. Cada conexión no deberá tener holguras ni fugas.
  - 3) La temperatura de los cojinetes y de los cojinetes de deslizamiento no debe superar los 70 °C. La temperatura del cojinete no supera los 70 °C y la temperatura del cojinete deslizante no supera los 80 °C.
  - 4) La corriente del motor eléctrico no deberá ser mayor que el valor nominal.

- 5) La presión de la bomba de agua y la cantidad de flujo deberán cumplir con los requisitos de diseño.
- 6) La amplitud de vibración radial del eje de la bomba de agua no deberá ser mayor que los valores enumerados en la Tabla 30.
- h) Las bombas de pozos profundos se detendrán cuando la prueba haya durado 20 minutos para ajustar nuevamente el espacio axial entre el impulsor y el recipiente de descarga.
- i) Las bombas de agua centrífugas no deberán funcionar durante un período prolongado con las válvulas de salida completamente cerradas.
- j) Después de la prueba de funcionamiento de la bomba, se deberán realizar correctamente los siguientes trabajos:
  - 1) Cierre las válvulas de salida.
  - 2) Drene completamente el agua de la bomba para evitar la oxidación y el agrietamiento por escarcha.

Tabla 30. Valores permitidos para la vibración radial de la bomba de agua

Velocidad de rotación (r. p. m.)	750~1000	1000~1500	1500~3000
Amplitud radial (doble dirección) (mm)	No mayor que 0,10	No mayor que 0,08	No mayor que 0,06

4.4.4 La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El error de instalación permitido de la bomba de aceite de engranajes deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 31.

Tabla 31. Error de instalación permitido de la bomba de aceite de engranajes

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Nivelación del cuerpo de la bomba	0,20 mm/m	
2	Espacio radial entre el engranaje y el cuerpo de la bomba.	0,13 ~ 0,16 mm	
3	Espacio axial entre el engranaje y el cuerpo de la bomba.	0,02 ~ 0,03 mm	
4	Centro del eje motriz y del eje conducido	0,10 mm	
5	Inclinación del centro del eje motriz y del eje conducido	0,20 mm/m	

- b) La bomba de aceite de engranajes deberá mantenerse funcionando durante 1 hora con carga cero y durante 30 minutos con el 25, el 50, el 75 y el 100 % de la carga nominal. La excavación de rampas deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) No deberá haber vibraciones ni sonidos anormales durante el funcionamiento. Cada conexión no deberá tener holguras ni fugas.

- 2) La vibración de la carcasa de la bomba de aceite de engranajes no deberá ser superior a 0,05 mm. La temperatura de la carcasa en el lugar de los cojinetes de la bomba de aceite no debe ser superior a 60 °C. La vibración de la carcasa de la bomba de aceite de engranajes no debe ser superior a 0,05 mm y el aumento de temperatura de la carcasa en la parte del cojinete de la bomba de aceite no debe ser más de 35 °C o 20 °C mayor que la temperatura del aceite.
- 3) Las fluctuaciones de presión de la bomba de aceite de engranajes deberán ser inferiores a  $\pm 1,5\%$  del valor de diseño.
- 4) La cantidad de salida de la bomba de aceite de engranajes no deberá ser menor que el valor de diseño.
- 5) La corriente del motor eléctrico de la bomba de aceite de engranajes no deberá ser mayor que el valor nominal.

4.4.5 El error de instalación permitido para los instrumentos de medición hidráulica deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 32.

4.4.6 La instalación de contenedores, como tanques de petróleo o gas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Los accesorios de los contenedores, como cajas y tanques, deberán estar completos y su tipo y especificaciones deberán cumplir con los requisitos de diseño.
- b) Para contenedores como cajas y tanques, la especificación y posición de las entradas y salidas deben cumplir con los requisitos de diseño.
- c) Antes de que el tanque salga de fábrica, se deberán realizar pruebas de fugas y se deberá proporcionar una certificación de calidad.
- d) Antes de que el tanque de gas salga de fábrica, se deberán realizar pruebas de fuga y resistencia a la presión de acuerdo con los requisitos técnicos del equipo y se deberá proporcionar una certificación de calidad.
- e) Antes de colocar contenedores como cajas y tanques en su lugar, se deben limpiar las paredes internas del contenedor, y estas no deberán tener materiales diversos.
- f) El error de instalación permitido para contenedores como cajas y tanques deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 33.

Tabla 32. Error de instalación permitido para instrumentos de medición hidráulica

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Posición de instalación del instrumento	10 mm	—
2	Posición de instalación del panel de instrumentos.	20 mm	—
3	Verticalidad del panel de instrumentos.	3 mm/m	—
4	Nivelación del panel de instrumentos	3 mm/m	—
5	Elevación del panel de instrumentos	$\pm 5$ mm	—
6	Posición de la línea de presión	$\pm 10$ milímetros	—

Tabla 33. Error de instalación permitido para contenedores como cajas y tanques

Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Nivelación del contenedor horizontal	$\leq 1/1\ 000 L$	<i>L</i> : Longitud del contenedor
2	Verticalidad del contenedor vertical	$\leq 1/1\ 000 H$ , no superior a 10	<i>H</i> : Altura del contenedor
3	Elevación	$\pm 10$	—
4	Posición de la línea central	10	—

4.4.7 La instalación del encofrado deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Los ventiladores se comprobarán de acuerdo con los siguientes requisitos antes de la instalación:
- 1) Verifique las dimensiones principales de instalación de la carcasa del impulsor y otras piezas, como el espacio entre centros del orificio de anclaje, el diámetro del orificio de la brida de entrada/salida, la posición y el espacio entre centros, el centro y la elevación del eje. Estas dimensiones deberán estar de acuerdo con el diseño.
  - 2) Las entradas y salidas de aire deben estar cubiertas herméticamente con placas de cubierta para evitar la entrada de polvo y artículos diversos.
  - 3) El sentido de rotación del impulsor deberá cumplir con los requisitos de la documentación técnica del equipo.
  - 4) Revise el rotor del ventilador, no deberá haber deformaciones evidentes, oxidación grave ni daños. Si hay alguno, analícelo con las organizaciones pertinentes para encontrar el tratamiento adecuado.
- b) El error de instalación permitido de un ventilador centrífugo deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 34.

Tabla 34. Error de instalación permitido del ventilador centrífugo

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Nivel longitudinal y transversal del cojinete	0,20 mm/m	—
2	Axialidad de la carcasa y del rotor	2 mm	<i>D</i> - Diámetro del impulsor
3	Espacio axial entre el impulsor y la carcasa	Cumplen con los requisitos de diseño o 1/100D	—
4	Espacio radial entre el impulsor y la carcasa	Cumplir con los requisitos de diseño o 1,5~3/100D	—
5	Centro del eje motriz y del eje conducido	0,05 mm	—
6	Inclinación del centro del eje motriz y del eje conducido	0,20 mm/m	—
7	Verticalidad del extremo de la polea	0,50 mm/m	—
8	Dos caras extremas de la polea en la misma superficie	0,50 mm	—

- c) El error de instalación permitido para ventiladores de flujo axial deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 35.

Tabla 35. Error de instalación permitido de ventiladores de tipo flujo axial

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Nivelación longitudinal y transversal del ventilador	0,20 mm/m	—
2	Espacio entre el impulsor y el conducto de aire principal o la diferencia entre los espacios en ambos lados	Cumplir con los requisitos de diseño. Si $D \leq 600$ mm, no más de $\pm 0,5$ mm Si $D > 600$ —1200 mm, no más de $\pm 1,0$ mm	<i>D</i> - diámetro del impulsor

- d) Después de la instalación, el ventilador se comprobará de acuerdo con los siguientes requisitos:
- 1) Las tuberías de entrada y ventilación del ventilador, las válvulas y los dispositivos de ajuste deben tener soportes por separado y deben estar conectados firmemente a los cimientos u otros edificios. Las caras de las juntas de bridas deberán ser paralelas entre sí y perpendiculares a la línea central de la tubería.
  - 2) La carcasa del ventilador no deberá soportar el peso de otros componentes de la máquina para evitar la deformación de la carcasa.
- e) Las pruebas de funcionamiento del ventilador deberán tender una duración mínima de 2 horas y deben cumplir los siguientes requisitos:
- 1) La dirección de rotación del impulsor deberá ser correcta. El ventilador funcionará de manera constante. No deberá haber ningún sonido de fricción entre el rotor y la carcasa.
  - 2) La vibración radial de las piezas giratorias no deberá ser mayor que los valores de la Tabla 36.
  - 3) La temperatura de los cojinetes no debe ser superior a 60 °C, mientras que la de los cojinetes no debe ser superior a 80 °C. Durante el ensayo de funcionamiento, la temperatura del cojinete deslizante del ventilador centrífugo no debe exceder los 65 °C y la temperatura del cojinete no debe ser 40 °C mayor que la temperatura ambiente. La temperatura de funcionamiento normal del cojinete del ventilador de flujo axial no supera los 70 °C, la temperatura máxima instantánea no supera los 95 °C y el aumento de temperatura no supera los 55 °C. La temperatura normal de funcionamiento del cojinete deslizante no supera los 75 °C.
  - 4) La corriente del motor eléctrico no deberá ser mayor que la corriente nominal.

Tabla 36. Valores permitidos para la vibración radial del ventilador

Velocidad de rotación (r. p. m.)	>750-1000	>1000-1450	>1450-3000
Amplitud radial (doble dirección) (mm)	No más de 0,10	No más de 0,08	No más de 0,05

4.4.8. La instalación de tuberías contra incendios deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La distancia entre la tubería contra incendios y la bobina del estátor y las piezas giratorias no debe ser menor que el tamaño de diseño, generalmente no más del 20 % del valor de diseño.
- b) La dirección del orificio de pulverización de la tubería contra incendios (pulverización de agua o gas CO<sub>2</sub>) debe ser correcta, y la inspección se debe realizar de acuerdo con los requisitos del fabricante y los diferentes tipos estructurales. Si es necesario, utilice el método de ventilación para comprobarlo.

4.5. Tuberías del sistema

4.5.1 Los materiales de la tubería deberán cumplir con los requisitos de diseño. Si no hay ningún requisito, las tuberías cuya presión de trabajo sea superior a 1,6 MPa deberán estar hechas de tubos de acero sin costura.

4.5.2. La excavación de rampas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El error de fabricación permitido para los accesorios de tubería del sistema de tuberías deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 37.

Tabla 37. Error de fabricación permitido para accesorios de tubería Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Diferencia entre el máximo y diámetros mínimos de tubería	≤8 %	—
2	Ángulo de flexión	±3 mm/m; longitud total <10	—
3	Desigualdad del fruncimiento	≤3% D	D-Diámetro nominal de los tubos o tubos cónicos
4	Radio del tubo anular	≤±2 %R	Radio de curvatura del tubo Anillo-R
5	Tolerancia de planitud del tubo anular	≤±20	—
6	Tamaño de las juntas de dilatación en forma de Ω	±10	—
7	Planitud de las juntas de dilatación en forma de Ω	3 mm/m. Longitud total<10	—
8	Verticalidad de tuberías principales y ramales de tres vías.	≤2 %H	H-Altura de ramales de tres vías
9	Diámetros de tubo en forma de cono a dos extremos	≤±1 % D≤±2mm	D- Tubo en forma de cono Diámetro nominal
10	Inclinación de las caras extremas del tubo soldado.	≤1/1000D	Diámetro nominal del tubo D
11	Perímetro del tubo soldado	≤±1/1 000L	L- Perímetro de diseño del tubo soldado

- b) El radio de curvatura no debe ser inferior a 4 veces el diámetro de la tubería para tuberías curvadas en frío y no menos de 3,5 veces para tuberías curvadas en caliente. Los tubos curvados en caliente se calentarán con carbón vegetal, coque, petróleo o gas de hulla en lugar de carbón. La temperatura de calentamiento no deberá ser superior a 850 °C.

- c) El error de fabricación permitido para los conductos de ventilación deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 38.

Tabla 38 Error permitido para la fabricación e instalación de tuberías de ventilación Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Diámetro o longitud lateral de los tubos de ventilación.	-2	—
2	Diámetro o longitud lateral de las bridas del tubo de ventilación.	+2	—
3	Perpendicularidad entre los tubos de ventilación y las bridas.	2	—
4	Nivelación de tubería horizontal	3 mm/m; longitud total ≤ 20	—
5	Verticalidad de las tuberías verticales.	2 mm/m; longitud total ≤ 20	—

4.5.3 La voladura de banco deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La soldadura de tuberías y accesorios de tuberías deberá cumplir los requisitos de la Tabla 39.
- b) Después de soldar, las bridas deben quedar perpendiculares a la línea central de la tubería y la deflexión no debe ser mayor que los requisitos de la Tabla 40.

Tabla 39. Requisitos de soldadura para tuberías y accesorios de tuberías

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Examen visual de las uniones soldadas.	No deberá haber fisuras, inclusiones de escoria ni poros en la superficie.	—
2	Importante inspección no destructiva de las uniones soldadas (presión de trabajo < 6 MPa)	Cumplir con los requisitos de las secciones correspondiente de DL/T 820	—

Tabla 40. Deflexión permitida desde la perpendicularidad entre las bridas y la línea central de la tubería

Diámetro nominal de la tubería (mm)	<100	<250	<300	<350	<400	<500
Deflexión máxima del borde exterior de la brida (mm)	±1,5	±2	±2,5 %	±2,5 %	±3	±3

4.5.4 La instalación del encofrado deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Antes de la instalación de la tubería y sus accesorios, se lavará y limpiará el interior.
- b) Para tuberías empotradas en concreto, la posición central y la elevación de los extremos expuestos del orificio de la tubería deben cumplir con los requisitos de diseño, y el orificio de la tubería debe bloquearse mediante tapones temporales para evitar que entren desechos en la tubería durante el proceso de fundición del concreto.
- c) El error de instalación permitido de la tubería deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 41.

- d) No deberá haber materiales diversos ni obstrucciones en la tubería después de la instalación.
- e) Después de la instalación, se deberán realizar pruebas de presión en tuberías empotradas, de acuerdo con los requisitos pertinentes. Solo cuando la tubería esté calificada se podrá vaciar el hormigón.
- f) Las tuberías de agua dentro del túnel de viento del generador deberán envolverse con dos capas de cinta de tela blanca para evitar que el condensado y el agua gotee sobre el exterior de la tubería.

Tabla 41. Error de instalación permitido de la tubería

Unidad: mm

N.º	Elemento	Error permitido	Explicación
1	Posición planimétrica de las tuberías expuestas por 10 m.	±10; longitud total ≤ 20	—
2	Elevación de las tuberías expuestas	±5	—
3	Verticalidad de las tuberías verticales	2 mm/m; longitud total ≤ 15	—
4	Tolerancia de planitud de los tubos de cremallera.	≤ r	—
5	Espaciado entre tubos de cremallera	0~5	—
6	Posición de salida de tuberías empotradas conectadas al equipo	± 10	—

4.5.5 Ajuste de los soportes de la tubería. Se deberá fijar un soporte adicional en cada vuelta de la tubería. Se fijará al menos un soporte añadido en cada intervalo entre edificios. El espaciamiento de los soportes de la tubería no deberá ser menor que los requisitos de la Tabla 42.

4.5.6 Las pruebas de presión de agua de los accesorios de tubería, válvulas y sistemas de tuberías deberán cumplir con los requisitos de la Tabla 43.

Tabla 42. Separación mínima de los soportes de tuberías

Diámetro nominal de la tubería (mm)	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
Distancia entre soportes (m)	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0

Tabla 43. Requisitos estándar para pruebas de presión de agua

N.º	Elemento de prueba	Propiedad de prueba	Presión de prueba (MPa)	Tiempo de prueba (min)	Requisitos estándar	Nota
1	Válvulas superiores a 1,0 MPa	Estanqueidad	1,25 P	10	Ninguna fuga	P (presión de trabajo nominal)
2	Recipientes a presión y accesorios de tubería de fabricación propia	Fuerza	No más de 1,5 0,4	10	Ninguna fuga	—
3	Recipientes a presión y accesorios de tubería de fabricación propia	Estanqueidad	1,25 P 1 P	30 12 horas	No deberá haber fugas y la caída de presión deberá ser inferior al 5 % de P.	—



Cuadro 43 (continuación)

N.º	Elemento de prueba	Propiedad de prueba	Presión de prueba (MPa)	Tiempo de prueba (min)	Requisitos estándar	Nota
4	Contenedor de presión cero	Fuga	Llenado de agua	24 horas	Ninguna fuga	—
5	Tuberías del sistema	Fuerza	1,25 P mas grande que 0,4	10	Ninguna fuga	—
6	Tuberías del sistema	Estanqueidad	1,25 P mas grande que 0,4	30	Ninguna fuga	—
7	Sistema de ventilación	Índice de fuga de aire	Presión de aire clasificada		No más del 10 % de la cantidad de aire de diseño.	—

4.5.7 La tubería y los soportes se revestirán con los colores requeridos en la Tabla 44 después de la instalación.

4.5.8 Cada tramo de tubería en secciones separadas del edificio y cada sección de tubería de derivación deberá estar marcado con esmalte negro para mostrar la dirección del flujo del medio en la tubería. Si hay dos direcciones opuestas, se marcarán dos flechas opuestas. Detrás de las flechas que muestran la dirección del flujo del medio habrá palabras que indiquen la ubicación de la tubería. El tamaño de letra deberá ser 0,6 veces el diámetro exterior de la tubería. Los volantes de las válvulas deben estar marcados con la dirección de apertura/cierre.

Tabla 44. Requisitos para colores de revestimiento

N.º	Nombre de la canalización	Color de la tubería
1	Tubería para aceite a presión y aceite lubricante limpio en el sistema operativo	Rojo
2	Tubería utilizada para descargar aceite y aceite lubricante usado en el sistema de operación	Amarillo
3	Tubería para aceite aislante limpio	Rojo
4	Tubería para aceite aislante sucio	Amarillo
5	Tubería de suministro para uso técnico del agua	Azul
6	Tubería de bomba de drenaje para demanda técnica de agua	Verde
7	Tuberías compartidas para demanda técnica de agua y demanda contra incendios	Azul
8	Principal para incendios	Naranja
9	Tuberías para lavado	Plateado
10	Tubería de bomba de aguas residuales y alcantarillado de la casa de máquinas	Negro
11	Tuberías de aire comprimido y otras tuberías de aire	Blanco
12	Soportes de tuberías y válvulas	Gris claro

**5** Instalación de equipos eléctricos

5.1 Disposiciones básicas

5.1.1 La instalación de equipos eléctricos se realizará de acuerdo con los planos de diseño aprobados y los documentos técnicos del producto.

5.1.2 El período de almacenamiento de equipos y aparatos antes de la instalación deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto y no deberá exceder el período de un año cuando no esté especificado en los documentos técnicos del producto. Cuando se requiera un almacenamiento a largo plazo, se deberá informar al fabricante del equipo para obtener sugerencias.

5.1.3 Los equipos y aparatos deberán cumplir con los requisitos de las normas técnicas, cumplir con los requisitos de las condiciones técnicas de los pedidos firmados y estarán provistos de placas de identificación, instrucciones de instalación y uso, informes de pruebas de fábrica y documentos de certificación.

5.1.4 Los equipos y aparatos se comprobarán a tiempo en el momento de su entrega en el lugar.

- a) El embalaje y el sellado deberán estar en buenas condiciones.
- b) Inventario de desembalaje. Las especificaciones deberán ajustarse a los requisitos de diseño, y los accesorios y las piezas de repuesto deberán estar completos.
- c) La información técnica del producto deberá estar completa.
- d) La apariencia del equipo se verificará de acuerdo con los requisitos de este documento.

5.1.5 La construcción de ingeniería arquitectónica relacionada con la instalación de equipos eléctricos deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Se deberán cumplir los requisitos de diseño y equipamiento.
- b) El proyecto de construcción deberá cumplir con los siguientes requisitos antes de instalar el equipo;
  - 1) El techo y el piso deberán estar completos y no tener goteras.
  - 2) Se instalarán puertas y ventanas; se completará la base del suelo interior y se marcará la elevación del suelo en la pared; y se completará la puesta a tierra interior según el diseño.
  - 3) Las piezas empotradas y los orificios reservados deberán cumplir con los requisitos de diseño, y deberán fijarse las piezas empotradas.

- 4) La resistencia y rigidez de los cimientos de hormigón y del andamio deberán ser suficientes para la instalación.
- 5) Será necesario limpiar las instalaciones de construcción y los materiales diversos. Deberá haber suficientes sitios de instalación. Los caminos de construcción no deberán estar obstruidos.
- 6) Los edificios, cimientos de concreto y andamios deberán haber sido aprobados inicialmente para su aceptación.

**5.2 Equipo de tablero eléctrico, cubículo completo y circuito secundario**

5.2.1 La construcción de paneles, gabinetes y cableado secundario se realizará de acuerdo con las disposiciones de este documento. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.

5.2.2 La construcción del conjunto del cuadro, del cubículo completo y del circuito secundario deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La instalación de la sección de acero de la cimentación deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) Las secciones de acero para cimientos se fabricarán de acuerdo con los planos de diseño o las dimensiones del equipo, que deberán ser consistentes con las dimensiones del panel y el gabinete. El error permitido deberá cumplir los requisitos de la Tabla 45.

Tabla 45. Error permitido para acero seccional de cimentación

Elementos	Error permitido	
	mm/m	mm/longitud total
No linealidad	<1	<5
Horizontalidad	<1	<5
Error de posición y grado de desequilibrio	—	<5
<b>NOTA</b> Para disposiciones circulares, el error permitido deberá cumplir con los requisitos de diseño.		

- 2) Una vez instalado el perfil de acero de cimentación, la parte superior debe estar 10 mm más alta que el suelo nivelado. Los cubículos completos tipo carro de mano deberán cumplir con los requisitos técnicos de los productos.
  - 3) Las secciones de acero de los cimientos deberán tener una conexión a tierra confiable.
- b) Los cuadros, cubículos y sus equipos internos deberán estar firmemente conectados a los demás componentes. El panel de control principal, el panel de protección de relés y el panel de dispositivos automáticos no deben soldarse demasiado firmemente a la sección de acero de la base.

- c) Cuando el tablero de distribución y el cubículo se instalan por separado o en una fila, el valor permitido para la desviación vertical, la desviación horizontal, la desviación de la superficie del panel y la desviación de la junta del tablero de distribución y del cubículo deben cumplir con los requisitos de la Tabla 46.

Tabla 46. Error de instalación permitido para el tablero y el cubículo

Elementos		Error permitido
Desviación de verticalidad (1/m)		<1,5
Desviación horizontal	Parte superior de dos paneles adyacentes	<2
	Parte superior de los paneles seguidos	<5
Desviación de la superficie del panel	Dos paneles adyacentes	<1
	Paneles en fila	<5
Desviación de unión entre paneles adyacentes	—	<2

- d) El cable de puesta a tierra del tablero de distribución, del cubículo, de la consola y del gabinete deberá estar sujetado firmemente. Una puerta que se pueda abrir con equipo eléctrico debe estar conectada de manera confiable con una estructura metálica conectada a tierra mediante cables de cobre desnudos y blandos. Las celdas completas estarán equipadas con un dispositivo de puesta a tierra para su uso durante el mantenimiento.
- e) La instalación completa del cubículo deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Los bloques mecánicos y eléctricos deberán poder funcionar de forma correcta y fiable.
  - 2) La línea central de los contactos móviles y fijos deberá estar alineada entre sí, y los contactos deberán estar apretados.
  - 3) Los contactos inversores del interruptor piloto del circuito secundario deberán poder funcionar correctamente y hacer contacto de manera confiable.
  - 4) El equipo de iluminación del gabinete deberá estar completo.
- f) La instalación de gabinetes de distribución de energía tipo cajón deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) El movimiento de empuje y halado de los cajones debe ser libre y fácil, y no debe haber bloqueos ni choques. Debe ser posible intercambiar los cajones entre sí.
  - 2) El dispositivo de bloqueo mecánico o eléctrico de un cajón deberá funcionar de manera correcta y confiable. Solo después de abrir los contactos del disyuntor se pueden abrir los contactos del aislador.
  - 3) Los cajones deben hacer buen contacto con los componentes enchufables del circuito secundario entre los gabinetes.
  - 4) El cajón no se debe sacar cuando el circuito principal del cajón esté encendido.

- 5) La carcasa metálica y el marco del aparato eléctrico que debe conectarse a tierra en el cajón deben estar conectados a tierra de manera confiable. El contacto entre el cajón y el gabinete, y la conexión a tierra del gabinete y el marco se deben establecer correctamente.
- g) La instalación del gabinete tipo carro de mano deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Compruebe si los dispositivos de bloqueo utilizados para evitar un funcionamiento eléctrico inadecuado están completos y si pueden funcionar de forma libre y fiable.
  - 2) El movimiento de empuje y halado del carro tipo trole debe ser libre y fácil, y no debe haber bloqueos ni choques. Los carros tipos troles del mismo tipo deberán ser intercambiables entre sí.
  - 3) Cuando se haya empujado el carro hasta la posición de trabajo, el espacio entre la parte superior de los contactos móviles y la parte inferior de los contactos fijos deberá cumplir con los requisitos del producto.
  - 4) Los carros deberán estar en buen contacto con los componentes enchufables del circuito secundario entre los gabinetes.
  - 5) Las placas de aislamiento de seguridad deberán poder abrirse libremente y moverse de acuerdo con el movimiento del carro.
  - 6) La posición de los cables de control en el gabinete no deberá obstruir el movimiento del carro y deberá ser firme.
  - 7) Los contactos de tierra entre el carro y el gabinete deberán hacer buen contacto. Al empujar el carro dentro del gabinete, los contactos de tierra deben hacer contacto antes que los contactos principales. Al sacar el carro del gabinete, los contactos de tierra se romperán más tarde que los contactos principales.
  - 8) Las medidas a prueba de golpes para componentes secundarios, como instrumentos y relés, deberán ser confiables. Los circuitos de control y señal deberán ser correctos.
- h) La capa de revestimiento del cuadro o celda deberá estar completa y sin daños. Los soportes utilizados para la fijación de equipos eléctricos estarán pintados. Las superficies de los paneles del cuadro y de las celdas de un mismo local se pintarán del mismo color.
- i) Para equipos eléctricos cuyos paneles contengan equipos equipados con dispositivos u otros equipos eléctricos que deban estar conectados a tierra, la carcasa exterior deberá estar conectada a tierra de manera confiable.
- j) Los cables que conducen al tablero de distribución o cubículo y el núcleo del cable deberán cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Los cables y conductores no deberán tener uniones intermedias. Si es necesario, las juntas deberán estar bien realizadas y firmes, no soportar esfuerzos mecánicos y garantizar el nivel de aislamiento original; Los cables blindados deberán proporcionar las conexiones eléctricas blindadas originales.

- 2) Los cables que conducen al cuadro y a las celdas estarán dispuestos regularmente y claramente numerados. Se evitará el cruce de cables y se fijarán firmemente los cables. La regleta de terminales que conecta con los cables no deberá sufrir esfuerzos mecánicos.
  - 3) Cuando un cable armado llegue al cuadro de distribución o al cubículo, se deberá cortar la tira de acero. Se sujetarán los extremos del corte y se conectará a tierra la fleje de acero.
  - 4) Los cables blindados estarán debidamente conectados a tierra.
  - 5) Los hilos centrales de los cables en paneles y gabinetes deben estar dispuestos firmemente y de manera ordenada. Se deben dejar márgenes adecuados. Los cables centrales de repuesto deben conducir a la parte superior de los paneles y gabinetes, o a los extremos de las ranuras para cables, y deben estar marcados con sus funciones de reserva, y los conductores de los cables centrales no deben quedar expuestos.
  - 6) No se utilizará el mismo cable en circuitos fuertes y débiles, y los núcleos se dispondrán en haces.
  - 7) El cableado y la fijación del cable deben garantizar que el núcleo y el aislamiento del cable no sufran daños.
- k) Los cuadros de distribución o cubículos utilizados en los trópicos deberán tener propiedades a prueba de humedad y a prueba de moho, y deberán ser resistentes al calor.
- l) El cuadro, el cubículo y las tuberías de cables deberán estar bien tapados después de la instalación. En zonas de congelación se tomarán medidas para evitar que el agua se congele en las tuberías.

### 5.3 Transformadores

5.3.1 La instalación del transformador se realizará de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.

5.3.2 Los transformadores no deberán sufrir impactos ni vibraciones graves durante la carga, la descarga y el transporte.

5.3.3 La construcción y la calidad de la ingeniería arquitectónica deberán cumplir con los requisitos de diseño antes de que se instalen los transformadores.

5.3.4 El transformador es arrastrado por fuerza mecánica. El punto de tracción deberá estar debajo del centro de gravedad del equipo y cumplir con los requisitos del fabricante, y la inclinación de manejo no deberá exceder los 15°. Se utilizarán puntos de soporte de fuerza dedicados de los transformadores y reactores durante la carga, la descarga y el posicionamiento. Se tomarán las medidas antideslizantes y antideslizantes correspondientes y la velocidad de tracción no deberá exceder los 2 m/min.

5.3.5 Cuando el transformador tipo campana sea izado en su totalidad, el cable de acero deberá amarrarse a la orejeta de elevación exclusivamente para el izado integral.

5.3.6 El cuerpo del transformador deberá cumplir con los siguientes requisitos al momento de su colocación:

- a) Para un transformador equipado con relés de gas, su cubierta superior debe tener una pendiente ascendente de 1 a 1,5 % en la dirección del flujo de aire del relé, a menos que el fabricante no requiera esa pendiente de instalación. Cuando el transformador está conectado a la barra colectora cerrada, la línea central del casquillo debe estar alineada con la línea central de la barra colectora cerrada.
- b) La vía de la base del transformador deberá ser horizontal y el ancho de vía estará en línea con la banda de rodadura de las ruedas. Para el transformador equipado con ruedas locas, las ruedas locas deberán girar con flexibilidad. Cuando el equipo esté instalado en su posición, las ruedas locas se fijarán mediante un dispositivo de freno desmontable.
- c) Cuando el transformador esté ubicado directamente sobre la cimentación, se deberán cumplir los requisitos de diseño y fabricación.

5.3.7 La instalación de los accesorios del transformador deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cambiador de regulación de voltaje en carga:
  - 1) El mecanismo operativo, los motores, los engranajes y las palancas del mecanismo de transmisión deberán estar firmemente fijados, las posiciones de conexión deberán ser correctas, y el funcionamiento deberá ser flexible y sin obstrucciones. La lubricación del mecanismo de transmisión deberá cumplir con las condiciones climáticas locales y los requisitos de los documentos técnicos del producto.
  - 2) Los contactos y las líneas de conexión del interruptor selector deben estar intactos y confiables, y la resistencia limitadora de corriente debe estar en buenas condiciones.
  - 3) La secuencia de funcionamiento del dispositivo de conmutación deberá cumplir con los requisitos técnicos del producto; cuando el dispositivo de conmutación esté en la posición límite, su enclavamiento mecánico y su enclavamiento eléctrico con el interruptor de límite deberán funcionar correctamente, y el indicador de posición deberá funcionar de manera confiable y correcta.
  - 4) El tanque de aceite del interruptor selector debe estar limpio y se debe probar el tanque de aceite para garantizar que esté bien sellado. La resistencia del aislamiento del aceite inyectado en el tanque de aceite deberá cumplir con los requisitos técnicos del producto.

b) Dispositivo de enfriamiento:

- 1) Antes de la instalación, se debe realizar una prueba de sellado utilizando presión de aire o presión de aceite, de acuerdo con los valores de presión especificados en los documentos técnicos del producto. Para el enfriador y el enfriador de aire con circulación forzada de aceite, la prueba deberá mantenerse durante 30 minutos sin que se produzcan fugas. Para el enfriador de agua con circulación forzada de aceite, la prueba se mantendrá durante una hora sin que se produzcan fugas. Las fugas de agua y de los sistemas de aceite se comprobarán por separado.
- 2) El dispositivo de enfriamiento se lavará con aceite aislante homologado antes de instalarlo, y se debe drenar el aceite residual.
- 3) El motor del ventilador y las aspas deben estar instalados firmemente, la rotación debe ser flexible; se debe producir en la dirección correcta y debe estar libre de bloqueos. Durante la operación de ensayo, no deberá haber vibraciones, sobrecalentamiento, distorsión de las palas ni fricción en el tubo de viento. La dirección de giro debe ser correcta. El cableado de alimentación del motor deberá tener un aislamiento resistente al aceite.
- 4) La válvula en la tubería deberá funcionar de manera flexible, y las posiciones de apertura y cierre deberán ser correctas. La junta de brida de la válvula deberá estar bien sellada.
- 5) Se eliminará el óxido del oleoducto externo y se limpiará el oleoducto antes de instalarlo. Se aplicará pintura amarilla al oleoducto después de instalar el dispositivo de refrigeración por agua. Se aplicará pintura negra a la tubería de agua, y se indicará también la dirección del flujo.
- 6) La bomba de aceite deberá estar bien sellada sin fugas de aceite ni entrada de aire; el sentido de rotación deberá ser el correcto; no debe haber ruidos anormales, vibraciones o sobrecalentamiento.
- 7) El anunciador de flujo de líquido y el relé de presión en las tuberías de aceite y agua deberán estar bien sellados y ser confiables.
- 8) Cuando el dispositivo de refrigeración por agua esté fuera de servicio, deberá drenarse el agua.
- 9) El dispositivo de enfriamiento deberá llenarse con aceite inmediatamente después de que se instale.

c) Tanque de almacenamiento de aceite:

- 1) El tanque de almacenamiento de aceite deberá inspeccionarse e instalarse de acuerdo con los documentos técnicos del producto.
- 2) El medidor de nivel de aceite funciona de manera flexible y precisa, y la indicación es consistente con el nivel de aceite real en el tanque de almacenamiento de aceite. La posición del punto de contacto de señal del medidor de nivel de aceite es correcta, y el aislamiento está intacto.



- 3) La dirección de instalación del tanque de almacenamiento de aceite es la correcta, y se volvió a verificar la ubicación.
- d) Carcasa:
- 1) No deberá haber grietas ni daños en la apariencia de la carcasa cuando se utilice la cubierta de porcelana, y las partes adhesivas de la carcasa de porcelana y la brida metálica deberán sellarse firmemente y recubrirse con pegamento impermeable de alto rendimiento. Cuando se utilice una cubierta de caucho de silicona para la carcasa, no deberá haber grietas, daños o deformaciones en la apariencia, y la superficie de la junta de la brida metálica de la carcasa deberá ser lisa y no tener daños ni agujeros de arena fundida.
  - 2) El montaje y la elevación de la carcasa deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos.
  - 3) La junta en la estructura superior de la carcasa deberá estar instalada correctamente y bien sellada, y la conexión superior no deberá aflojarse cuando se conecte el cable.
  - 4) La superficie del anillo compensador de presión deberá ser lisa y no tener rayones, y el anillo deberá estar instalado firmemente y en la dirección correcta. Debe haber orificios de drenaje en el punto más bajo de la parte del anillo compensador de presión donde es propenso a la acumulación de agua.
- e) Relé de gas:
- 1) El relé de gas deberá inspeccionarse como homologado antes de instalarlo, el valor de ajuste de acción deberá cumplir con los requisitos, y se deberán eliminar las medidas de fijación para el transporte.
  - 2) El relé debe instalarse horizontalmente con una conexión confiable y un buen sellado, y el letrero sobre la cubierta superior debe apuntar al tanque de almacenamiento de aceite.
  - 3) La caja colectora de gas debe llenarse con aceite aislante y cerrarse herméticamente.
  - 4) El relé debe ser resistente a la humedad y al agua y debe estar equipado con una cubierta impermeable.
  - 5) Los cables deben estar equipados con un codo de goteo en el punto de conexión del relé, y el orificio de entrada debe estar firmemente bloqueado.
  - 6) El deflector de la ventana de observación deberá estar en la posición de apertura.
- f) La válvula de alivio de presión se instalará en la dirección correcta y se sellará herméticamente. La acción del contacto eléctrico deberá ser precisa. El rendimiento del aislamiento y el valor de la presión de acción deben cumplir los requisitos de la documentación técnica del producto.

- g) El sellado del tubo de conexión entre el absorbente de humedad y el tanque de almacenamiento de aceite debe ser hermético, el absorbente de humedad debe estar seco, y el nivel del sello de aceite debe estar por encima de la línea de la superficie del aceite.
- h) Dispositivo de medición de temperatura:
  - 1) El termómetro se debe calibrar antes de instalarlo, y la acción del contacto de la señal debe ser precisa y comunicarse adecuadamente.
  - 2) El termómetro se debe ajustar según los requisitos del fabricante.
  - 3) El pedestal del termómetro en la cubierta superior deberá sellarse herméticamente sin fugas de aceite, y el pedestal del termómetro deberá llenarse con aceite aislante; el pedestal del termómetro no utilizado también deberá sellarse.
  - 4) La delgada manguera metálica del termómetro de señal de expansión no debe aplanarse ni torcerse bruscamente, y su radio de curvatura no debe ser inferior a 50 mm.

5.3.8 El relleno de tierra-roca deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El aceite aislante debe estar homologado y se debe inspeccionar antes de llenar el transformador.
- b) Se deben realizar pruebas de mezcla de aceites antes de mezclar diferentes grados de aceite aislante o antes de mezclar aceites nuevos de la misma marca con aceites usados. No es adecuado utilizar aceite mezclado para transformadores recién instalados.
- c) En días de lluvia o niebla, no se debe realizar el llenado de aceite al vacío para los transformadores. El llenado de aceite y el tratamiento al vacío deberán cumplir los requisitos técnicos del producto y se deben ajustar a los siguientes requisitos:
  - 1) La deformación del tanque de aceite se deberá controlar durante la aspiración, y el valor máximo no deberá exceder el doble del espesor máximo de la pared.
  - 2) El vacío se deberá mantener durante todo el proceso. La temperatura del aceite lleno deberá ser mayor que la temperatura del cuerpo del tanque. La velocidad de llenado de aceite no debe exceder los 100 L/min.
  - 3) Cuando se esté realizando el vacío en el transformador, los accesorios que no puedan soportar la fuerza mecánica en condiciones de vacío deben ser aislados del tanque de aceite; las partes que se puedan someter al vacío se deben vaciar simultáneamente. Además, se deben tomar medidas para prevenir apagados repentinos o llenados inversos del aceite de la bomba de vacío causados por una operación inadecuada.

- 4) El aceite debe ingresar al transformador desde la válvula de aceite en la parte inferior durante el llenado de aceite. Para transformadores con circulación forzada de aceite dirigida, el llenado de aceite se deberá realizar de acuerdo con los requisitos de los documentos técnicos.
- 5) El cuerpo del transformador y sus devanados laterales, el filtro de aceite y la tubería deben estar conectados a tierra de manera confiable durante la inyección de aceite.

#### 5.4 Selección de equipos eléctricos de alta tensión

5.4.1 La instalación de equipos eléctricos de alta tensión deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La instalación de equipos eléctricos de alta tensión se deberá realizar de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.
- b) Los requisitos técnicos de las pruebas de puesta en servicio para la instalación de equipos eléctricos de alta tensión deberán ser consistentes con la normativa.

5.4.2 La instalación de los interruptores SF<sub>6</sub> deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La base o soporte de un interruptor SF<sub>6</sub> deberá cumplir con los requisitos de la documentación técnica del producto y los siguientes requisitos:
  - 1) La resistencia del hormigón deberá cumplir con los requisitos de instalación del equipo.
  - 2) La distancia al centro de la base y la desviación de altura no deberán ser superiores a 10 mm.
  - 3) La desviación de la línea central de los orificios reservados o piezas empotradas no deberá ser superior a 10 mm, y el extremo superior de la pieza empotrada deberá ser de 1 mm a 10 mm más alto que la superficie del hormigón.
  - 4) La desviación de la línea central de los pernos empotrados no deberá ser superior a 2 mm.
- b) Los disyuntores SF<sub>6</sub> deberán instalarse bajo la dirección del personal técnico del fabricante, de acuerdo con los requisitos de los documentos técnicos del producto, y deberán cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Las condiciones meteorológicas para el entorno de instalación deben cumplir con los requisitos del producto y se deben tomar medidas a prueba de humedad y polvo. La instalación se debe realizar en condiciones climáticas sin viento, arena, lluvia y nieve. Cuando se revise e instale la cámara de extinción de arco, la humedad relativa del aire debe ser inferior al 80 %.
  - 2) El equipo de elevación, los puntos de elevación y los procedimientos de elevación deben cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto. La instalación se debe realizar de acuerdo con la numeración de componentes proporcionada por el fabricante y en el orden prescrito. Está prohibido el montaje no secuencial.
  - 3) El disyuntor deberá fijarse de manera firme y confiable, de acuerdo con los requisitos de los documentos técnicos del producto, y el par de apriete de los pernos deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto. El número de juntas para el soporte, el chasis y la base no debe ser superior a 3, el espesor total no debe exceder los 10 mm, el tamaño de cada junta debe ser coherente con la base y todas las juntas deben estar firmemente conectadas.
  - 4) Las caras de las bridas del casquillo de porcelana de los puntales en la misma fase deben estar en el mismo plano horizontal, la desviación de la distancia entre las líneas centrales de los puntales no debe ser mayor que 5 mm y la desviación de la distancia central entre fases no debe superar los 5 mm.
  - 5) Todas las piezas deberán instalarse en la posición correcta, y sus grados horizontales y verticales deberán cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto.
  - 6) La superficie de la ranura del sello deberá estar intacta, limpia y sin marcas de rayones. Los anillos de sellado deberán ser productos nuevos. El compuesto para detener fugas aplicado no deberá entrar en contacto con gas hexafluoruro de azufre. Se debe reemplazar el adsorbente y se debe recubrir el pegamento impermeable, de acuerdo con los documentos técnicos del producto.
  - 7) Los pernos de la parte de sellado se sujetarán con una llave dinamométrica, y el valor del par se debe ajustar a los requisitos técnicos del producto.
- c) El disyuntor SF<sub>6</sub> deberá cumplir con los siguientes requisitos después de su instalación:
- 1) La acción conjunta del interruptor SF<sub>6</sub> y el mecanismo de operación se debe realizar de acuerdo con los requisitos de los documentos técnicos del producto y debe cumplir los siguientes requisitos:
    - El gas hexafluoruro de azufre con una presión nominal deberá llenar el interruptor antes de que comience la operación conjunta. La primera operación conjunta debe realizarse bajo la dirección del personal técnico del fabricante.

- El indicador de posición funciona de manera correcta y confiable, y sus posiciones de encendido y apagado se deben ajustar al estado real de apagado o encendido del interruptor.
  - Los indicadores equipados con dispositivos de apagado y encendido lentos deberán realizar las operaciones de apagado y encendido lentos antes de realizar las operaciones de apagado y encendido rápidos.
- 2) La inspección de las partes portadoras de corriente del equipo y la conexión del cable de bajada deberán cumplir los siguientes requisitos:
- La conexión flexible de las partes portadoras de corriente del equipo no debe estar rota, cóncava ni corroída en la superficie.
  - La superficie de contacto de los terminales del equipo deberá ser lisa, estar limpia y no tener una película de óxido. La parte plateada no se puede frotar.
  - Las superficies de conexión de los terminales del equipo deben estar recubiertas con una capa delgada de compuesto para juntas eléctricas.
  - Los pernos de conexión deben estar completos y apretados, y el par de apriete debe estar conforme a las normas.
  - Las conexiones de los cables de bajada no deben causar una tensión inaceptable a los terminales de conexión del equipo.
- 3) El anillo del piezómetro no debe tener rayones ni rebabas y su instalación deberá ser firme, plana y no tener deformaciones; El anillo del piezómetro debe perforarse con orificios de drenaje en la posición más baja.
- 4) Las conexiones de los cables de puesta a tierra del equipo deberán cumplir con los requisitos de diseño y los documentos técnicos del producto, deberán estar libres de corrosión y daños y deberán estar conectadas de manera confiable.
- d) Los parámetros de rendimiento del interruptor SF<sub>6</sub> después de su instalación y ajuste deben cumplir con los requisitos de diseño y los requisitos de los documentos técnicos del producto.

5.4.3 La instalación del equipo de conmutación aislado con gas (GIS) deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La resistencia del hormigón de los cimientos del equipo GIS deberá cumplir con los requisitos de instalación del equipo, y las partes empotradas deberán estar bien conectadas a tierra y cumplir con los requisitos de diseño. La desviación permitida de la base del equipo GIS y las partes integradas deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 47, además de los requisitos de los documentos técnicos del producto.

- b) Los elementos GIS se deben instalar bajo la guía del personal técnico del fabricante, de acuerdo con los requisitos de los documentos técnicos del producto, y deben cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Las condiciones meteorológicas para la instalación de GIS deben cumplir con los requisitos del producto, y se deben tomar medidas a prueba de humedad y polvo.
  - 2) El equipo de elevación, los puntos de elevación y los procedimientos de elevación deben cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto. La instalación se debe realizar de acuerdo con la numeración de componentes proporcionada por el fabricante y en el orden prescrito. No se permite el montaje no secuencial.
  - 3) El nitrógeno precargado en la caja se debe agotar y luego se debe llenar con aire seco. Cuando el contenido de oxígeno en el aire de la caja sea superior al 18 %, se permitirá que el personal de instalación ingrese a la caja para su inspección e instalación.
  - 4) El centro de contacto del conector debe estar alineado con el zócalo y desbloqueado. La profundidad de inserción deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto. La resistencia de contacto deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto y no debe exceder 1,1 veces los valores especificados en los documentos técnicos del producto.
  - 5) Todas las piezas deberán instalarse en la posición correcta, y sus grados horizontales y verticales deberán cumplir los requisitos de los documentos técnicos del producto.
  - 6) La superficie de la ranura del sello deberá estar intacta y limpia. Los anillos de sellado deberán ser productos nuevos. El compuesto para detener fugas aplicado no deberá entrar en contacto con el gas hexafluoruro de azufre. Se sustituirá el adsorbente y se realizará el tratamiento de desempolvado e impermeabilización del sellado de acuerdo con la documentación técnica del producto.
  - 7) La instalación de juntas de dilatación y casquillos deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos.
  - 8) La parte interior de la tubería de gas debe estar limpia y la tecnología de procesamiento in situ, el radio de curvatura y la disposición de los soportes de la tubería de gas deben cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto. Las uniones de conexión entre tuberías de gas deberán ubicarse en un lugar que sea conveniente para la observación y el mantenimiento.
  - 9) Las conexiones de los cables de puesta a tierra del equipo deberán cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto, deberán libres de corrosión y daños y deberán estar conectados de manera confiable.

Tabla 47. Desviación permitida de la base del equipo GIS y las partes empotradas

Elemento	Desviación de elevación de cimentación permitida (mm)			Desviación permitida de la parte empotrada (mm)			Eje (mm)		
	Cimentación Elevación	En fase	Interfase	Piezas integradas adyacentes	Todas las piezas adyacentes	Por encima de la superficie de los cimientos	Línea central	Con otros equipos x, y	Eje y
Tres fases que comparten una base	≤2	—	—	—	—	—	—	—	—
Una base para cada fase	—	≤2	≤2	—	—	—	—	—	—
Fundación para cualquier otro dispositivo	≤5	—	—	—	—	—	—	—	—
en el mismo grupo	—	—	—	—	—	—	≤1	—	—
Alzado superficial de las piezas empotradas.	—	—	—	≤2	—	≤1~10	—	—	—
Pernos empotrados	—	—	—	—	—	—	≤2	—	—
Instalación interior									
Cada fase del disyuntor	—	—	—	—	—	—	—	≤5	—
Cimentación de equipos interiores y exteriores bajo tensión inferior a 220 kV.	≤5	—	—	—	—	—	—	—	—
Cimentación de equipos interiores y exteriores	—	—	—	—	—	—	—	—	≤5

5.4.4. La instalación del disyuntor de vacío y del gabinete de distribución de alta tensión deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La instalación y ajuste del disyuntor de vacío deberá cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto y los siguientes requisitos:
  - 1) La instalación deberá ser vertical y fija, debiendo estar al mismo nivel el pasamuros de porcelana de soporte interfase.
  - 2) Las palancas de conexión de las bielas del varillaje trifásico deben estar al mismo nivel y tener ángulos consistentes.

- 3) La sincronización trifásica, los valores de resistencia de contacto de los circuitos conductores, el tiempo de encendido, las velocidades de encendido, el tiempo de apagado, la velocidad de apagado y otros parámetros de rendimiento deben cumplir con los requisitos de los documentos técnicos del producto.
- b) El disyuntor SF<sub>6</sub> instalado en el gabinete de distribución de alta tensión se debe instalar y ajustar de acuerdo con los requisitos del apartado 5.4.2.

#### 5.5 Barra colectora cerrada y conducto de barras

5.5.1 La instalación de la barra colectora cerrada y del conducto de barras se realizará de acuerdo con las disposiciones de esta sección. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y fabricante del equipo.

5.5.2 La instalación de la barra colectora cerrada y del conducto de barras deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El cuerpo de la barra, los accesorios y los componentes de fijación se procesarán o configurarán de acuerdo con los requisitos de construcción y los planos de instalación antes de instalar la barra colectora cerrada y el conducto de barras.
- b) Todas las secciones de la barra colectora cerrada y del conducto de barras suministrados en un juego completo deberán estar claramente marcadas, con accesorios completos y sin deformaciones de la carcasa exterior ni daños internos.
- c) El soporte deberá instalarse firmemente, la barra deberá colocarse estrictamente de acuerdo con el diagrama de sección de instalación, la secuencia de fases, la numeración, la dirección y la señalización. El juego longitudinal deberá estar distribuido uniformemente. No debe generarse tensión mecánica en la barra ni en la caja después de instalar la barra.
- d) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) La barra rígida se conecta mediante soldadura, pernos pasantes, madera contrachapada o pernos de sujeción. La barra tubular y la barra colectora se deben conectar por medio de una abrazadera especial, y no se pueden utilizar juntas de tubería atornilladas internas ni soldaduras de estaño para la conexión.
  - 2) La instalación de las caras de unión con pernos entre una barra y otra barra, y entre la barra y el aparato eléctrico conectando el terminal, deberá cumplir con los siguientes requisitos:
    - La superficie de contacto de la barra se mantendrá limpia después de ser procesada y se revestirá con el compuesto para juntas eléctricas.
    - Cuando la barra se coloque horizontalmente, los pernos pasantes deberán instalarse de abajo hacia arriba. En los demás casos, las tuercas se colocarán del lado de mantenimiento. Deben quedar de 2 a 3 hileras de la rosca del perno expuestas fuera de la tuerca.



- Ambos lados de la barra que se conectan con los pernos pasantes deberán estar equipados con arandelas planas. Se reservará un espacio libre de más de 3 mm entre arandelas de perno adyacentes. Se instalará una arandela elástica o una tuerca de bloqueo en el lado de la tuerca.
  - La tensión sobre los pernos debe ser uniforme, por lo que no se debe aplicar tensión adicional en los terminales de conexión del aparato eléctrico.
  - La superficie de contacto de la barra debe estar firmemente conectada, y los pernos de conexión se deben apretar con una llave dinamométrica.
- 3) Cuando la barra está conectada al terminal de tornillo, el diámetro de la barra no deberá ser 1 mm mayor que el del terminal de tornillo. La película de óxido de las roscas se limpiará con un cepillo, la superficie de contacto de las tuercas deberá ser lisa, se agregará una arandela plana revestida de estaño de cobre entre las tuercas y la barra, y se proporcionará una tuerca de seguridad sin almohadilla de resorte.
- 4) Cuando la barra esté fijada al poste aislador, se deberán cumplir los siguientes requisitos:
- La fijación entre la abrazadera de soporte de la barra y el aislador del poste deberá ser suave y firme, y no se aplicará tensión adicional a la barra.
  - La abrazadera de soporte u otros accesorios de soporte de la barra de CA no deberán formar un circuito magnético cerrado.
  - Cuando la barra se coloca horizontalmente, la placa de presión superior del soporte de la abrazadera de la barra colectora debe tener un espacio de 1 a 1,5 mm de separación con respecto a la barra. Cuando la barra colectora se coloca verticalmente, la placa de presión superior deberá tener un espacio de 1,5 mm a 2 mm con respecto a la barra.
  - Se deberá establecer un punto muerto fijo para cada sección de la barra sobre el aislador del poste, el cual deberá establecerse en el punto medio de toda su longitud o en dos juntas de expansión de la barra.
  - Cuando la barra tubular se instale en el soporte deslizante, deberá haber un espacio de 1 mm a 2 mm entre el asiento del eje y la barra tubular.
  - No deberá haber bordes ni rebabas en el dispositivo de fijación de la barra.
- 5) Las juntas de dilatación de la barra no deberán presentar grietas, hebras rotas ni arrugas; la sección total de estas no deberá ser inferior a 1,2 veces la sección de la barra.
- e) Los aisladores y los casquillos de pared deberán cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Los aisladores y los casquillos de pared se deben inspeccionar antes de su instalación. Las bridas de porcelana deben estar completas y no tener grietas, el relleno de los puntos pegados debe ser completo, y la unión debe ser firme.

- 2) Los aisladores y casquillos de pared se deben probar según lo homologado antes de instalarlos.
- 3) Las superficies superiores del aislador de poste o del casquillo de pared instalado en el mismo plano o en el plano vertical deben ubicarse en el mismo plano. La posición de la línea central deberá cumplir con los requisitos de diseño. Las líneas centrales de instalación de los aisladores de poste en la sección recta de la barra deberán estar en la misma línea recta.
- 4) Cuando se instalan aisladores de poste y casquillos de pared, la base o brida no debe quedar incrustada en la capa de concreto o yeso.
- 5) Se deben rellenar juntas de protección, como caucho o papel de asbesto, con un espesor no inferior a 1,5 mm, entre las superficies de contacto de los aisladores de poste de bajo voltaje sin tapas de base/superior y los accesorios metálicos.
- 6) La instalación de los casquillos de pared deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - El diámetro del orificio para instalar el casquillo de pared debe ser 5 mm mayor que el de la parte de inserción del casquillo, y el espesor máximo de la losa de instalación de concreto no debe exceder los 50 mm.
  - El casquillo de pared con corriente nominal de 1500 A o superior se fija directamente a la placa de acero; No se deberán formar circuitos magnéticos cerrados alrededor del casquillo.
  - Cuando el casquillo de pared se instale verticalmente, la brida deberá quedar hacia arriba; cuando el casquillo de pared se instale horizontalmente, la brida deberá quedar hacia el exterior.
  - Las espigas metálicas (excepto los sujetadores) en el extremo del casquillo de pared de la barra con una corriente de 600 A o más deben estar fabricadas con materiales no magnéticos. Estarán conectados metálicamente a la barra, y el contacto deberá ser estable. El espesor de la férula metálica no deberá ser inferior a 3 mm. Cuando la barra incluya dos o más partes, la barra en sí deberá ser fija.
  - Los terminales de puesta a tierra de la carcasa y los terminales de extracción de voltaje no utilizados deberán estar conectados a tierra de manera confiable.
- f) Los componentes metálicos descargados, como la base del aislador del poste, la brida de la carcasa y la red protectora (cubierta), deben conectarse a tierra. Los cables de conexión a tierra deben estar ordenados y en la misma dirección.
- g) La barra cerrada no deberá levantarse ni atarse con cables desnudos para evitar daños mecánicos. Durante la instalación y ajuste, es importante mantener la carcasa limpia, tanto por dentro como por fuera. Se debe evitar que entren polvo y otros residuos en las conexiones. Se limpiará el interior de la carcasa y los aisladores y no deberán quedar restos en la carcasa. El montaje y la conexión del equipo conectado a la barra colectora cerrada se realizará después de completar el ajuste de la barra colectora cerrada. Las partes metálicas de la carcasa de la barra cerrada y la estructura de soporte deben estar conectadas a tierra de manera confiable.

5.6 Tendido de cables

5.6.1 El tendido de cables se realizará de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.

5.6.2 La voladura de banco deberá cumplir los siguientes requisitos:

a) Disposiciones básicas

- 1) El procesamiento y la instalación de tuberías y soportes para cables, la colocación de cables y la creación de terminales y uniones de cables deben cumplir con los requisitos de los planos de construcción e instalación.
- 2) Antes de colocar los cables se debe comprobar si el tipo de cable, el voltaje y las especificaciones se ajustan al diseño. La apariencia del cable deberá ser no destructiva y estar bien aislada. Los cables enterrados se probarán según lo homologado.
- 3) La longitud de cada cable se calculará de acuerdo con el diseño y la ruta real, y cada cable se dispondrá razonablemente para reducir el número de conexiones de cable antes de colocarlo.
- 4) La longitud de reserva debe reservarse para cada cable al final del terminal y cerca de la unión.
- 5) Los cables se extraerán del extremo superior del disco y no se arrastrarán por fricción sobre los soportes ni sobre el suelo cuando se tiendan los cables. No deberá haber daños mecánicos a los cables, como aplastamiento de la armadura, torsión del cable y fractura de la funda.
- 6) La resistencia máxima a la tracción debe cumplir los requisitos de la Tabla 48 cuando los cables se tiendan por medios mecánicos.

Tabla 48. Resistencia máxima a la tracción de los cables

Unidad: N/mm<sup>2</sup>

Método de tracción	Cabezal de tracción		Conjunto de malla de alambre		
	Núcleo de cobre	Núcleo de aluminio	Manga de plomo	Manga de aluminio	Funda de plástico
Fuerza de tracción permitida	70	40	10	40	7

- 7) La velocidad del cableado mecánico no debe exceder los 15 m/min y debe reducirse cuando el voltaje sea de 110 kV o superior o en condiciones de ruta complejas.
  - 8) La presión lateral en el punto de giro no deberá exceder los 3 kN/m cuando la tensión del cable sea igual o superior a 110 kV.
- b) La distancia entre los puntos de apoyo del cable deberá cumplir con los requisitos de diseño. Cuando no esté especificado en el diseño, los valores no excederán los enumerados en la Tabla 49.

Tabla 49 Distancia entre los puntos de apoyo del cable

Unidad: mm

Tipo de cable		Método de cableado	
		Nivel	Vertical
Cable de energía	Plástico entero	400	1000
	Cables de media y baja tensión (excepto cables totalmente de plástico)	800	1500
	Cables de alta tensión con tensión de 35 kV y más	1500	2000
Cable de control		800	1000

NOTA Cuando los cables de alimentación totalmente de plástico se pueden fijar horizontalmente a lo largo del soporte, se permite que la distancia entre los puntos de soporte sea de 800 mm. Después de cortar los cables, se deben proporcionar extremos sellados confiables a prueba de humedad, y la temperatura de tendido debe ser superior a 0 °C.

- c) El radio mínimo de curvatura del cable deberá cumplir los requisitos de la Tabla 50.

Tabla 50 Radio mínimo de curvatura del cable

Tipo de cable		Multinúcleo	Núcleo simple	
Cable de control	No blindado y blindado Cables flexibles	6D	—	
	Blindado y con blindaje de cobre	12D		
	Otros	10D		
cable de energía con aislamiento de caucho	Sin plomo y con armadura de acero	10D		
	Funda de plomo desnuda	15D		
	Funda de armadura de acero	20D		
Cable aislado de plástico	Sin blindaje	15D	20D	
	Blindado	12D	15D	
Cable aislado con papel de aceite	Manga de aluminio		30 {l>D<l}	
	Manga de plomo	Blindado	15D	20D
		No blindado	20D	—
Cable autónomo lleno de aceite (plomo)		—	20D	

NOTA: D se refiere al diámetro exterior del cable.

- d) La conexión del cable de alimentación deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Los cables tendidos en paralelo deben estar escalonados.
  - 2) Los conectores para cables expuestos se fijarán mediante la placa de soporte.
  - 3) La caja del conector del cable enterrado se debe proteger con una caja de protección (excepto una caja de contactos de resina epoxi), a fin de evitar daños mecánicos. La caja de protección en la capa de suelo congelado debe llenarse con asfalto.
- e) Los cables se deben tender de forma ordenada, no se deben cruzar, se deben fijar, y los carteles de señalización se deben instalar a tiempo. Los carteles de señalización se instalarán en los terminales y conectores de los cables, en la posición de flexión, en la capa intermedia, en ambos extremos de los túneles y huecos, y en los pozos. Las barras de acero deberán cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Los números de circuito deberán estar marcados en la señal. Cuando no se proporcione número de serie, se especificarán el tipo de cable, la especificación y los lugares de origen y de destino;
  - 2) El cartel deberá ser resistente a la corrosión, tener especificaciones uniformes, tener una escritura clara, no caerse fácilmente y estar montado firmemente.
- f) La sujeción de los cables deberá cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Los cables que se tenderán verticalmente o con una pendiente superior a 45°, se fijarán en los soportes que están dispuestos en la bandeja portacables cada 2 m.
  - 2) Los cables tendidos horizontalmente se fijan en ambos extremos del cable, la posición de flexión y ambos extremos de las uniones del cable; se fijan cada 5 a 10 m cuando se requiere espacio entre cables.
- g) Cuando el cable entre en la zanja, el pozo, el edificio, el panel (gabinete) y la tubería, se deberá cerrar la entrada y la salida, y se sellará la entrada de la tubería.
- h) La disposición de los cables en las subestaciones y en las casas de máquinas principales y auxiliares deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- 1) Los cables de alimentación y los cables de control no deberán colocarse sobre el mismo soporte de capa.
  - 2) Los cables de alimentación de alto y bajo voltaje y los cables de control de potencia fuertes y débiles deberán colocarse en secuencia y por capas, que se colocarán de alto a bajo voltaje y de abajo hacia arriba.
  - 3) Los cables de control no deben tener más de 1 capa en el soporte común ni más de 3 capas en la bandeja de cables.

- 4) Los cables de alimentación de CA de tres núcleos no deben tener más de 1 capa en el soporte común ni más de 3 capas en la bandeja de cables.
  - 5) Los materiales diversos deberán limpiarse rápidamente, y la placa de cubierta se cubrirá después de tender los cables. Si es necesario, se sellará el espacio de la placa de cubierta.
- i) Se tomarán las siguientes medidas para evitar incendios y llamas:
- 1) Las aberturas para cables que pasen por el hueco, la pared o el piso, o que entren al cuadro o gabinete eléctrico deberán taparse de manera que queden cerradas mediante tapones antiincendios.
  - 2) En zanjas de cables importantes, los cables se segmentarán o se instalarán paredes resistentes al fuego hechas de refractarios blandos según sea necesario.
  - 3) Los cables con circuitos importantes se pueden tender individualmente en zanjas especiales o en cajas cerradas ignífugas, o se les puede aplicar un revestimiento ignífugo o vendas ignífugas.
  - 4) Se aplicarán revestimientos o cintas retardantes de fuego en ambos lados de las uniones de los cables de alimentación y en secciones de 2 a 3 m de los cables adyacentes.
  - 5) Los revestimientos ignífugos se aplicarán cinco veces según las instrucciones del fabricante y una vez cada 8 horas. El espesor de los revestimientos ignífugos no deberá ser inferior a 1,2 mm. Durante la construcción de los materiales de obstrucción, los cables se envolverán con materiales de obstrucción orgánicos para facilitar el reemplazo del cable y la disipación de calor, y luego se rellenarán materiales de obstrucción inorgánicos alrededor de los cables. El espesor de los materiales de obstrucción no deberá ser inferior a 100 mm. Para orificios para cables más grandes, la parte media de los orificios se puede tapar con el uso de almohadillas de protección contra incendios cuando se cumplan los requisitos de construcción anteriores.
  - 6) El material retardante de llama deberá cumplir con el requisito de autoextinción efectiva. Los productos refractarios deberán cumplir el requisito de que el límite refractario no sea inferior a 1 hora cuando estén en uso y la temperatura del refractario no sea inferior a 1000 °C.
- j) Las aberturas para cables deberán estar bien tapadas. No deberá haber grietas evidentes ni poros visibles. Las aberturas grandes se equiparán con un revestimiento refractario y luego se tapan.

## 5.7 Motores del sistema auxiliar

5.7.1 La instalación del motor del sistema auxiliar se realizará de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.

5.7.2 La posición, dimensión y calidad de la base del motor, el orificio del perno de anclaje, la ranura, la abertura, las piezas integradas y el tubo del cable deben cumplir con los documentos técnicos del producto y los requisitos de diseño.

5.7.3 La inspección del motor deberá cumplir con los siguientes requisitos cuando el motor esté instalado:

- a) El rotor del disco deberá ser flexible y no tener ruidos de choque.
- b) El estado de la grasa es normal y no presenta decoloración, deterioro ni endurecimiento. Su rendimiento deberá cumplir con las condiciones de trabajo del motor.
- c) Para motores cuya brecha de aire pueda medirse, se debe cumplir el requisito de irregularidad de la brecha de aire, como se especifica en las condiciones técnicas del producto. La relación de la diferencia entre la brecha de aire en cada punto y la brecha de aire promedio con respecto a la brecha de aire promedio debe ser  $\pm 5 \%$ , si el valor no se especifica.
- d) La línea de entrada/salida del motor deberá tener orejetas bien presionadas que tengan el espacio adecuado y números claramente marcados que cumplan con los requisitos de las normas del producto.
- e) Se debe comprobar el dispositivo de elevación de las escobillas del electromotor de bobinado. El dispositivo de elevación deberá tener señales de "inicio" y "marcha". Las acciones se realizarán primero en la secuencia de los anillos colectores de cortocircuito y luego de la escobilla elevadora.

5.7.4 La inspección de extracción del núcleo se realizará cuando el motor se encuentre en las siguientes circunstancias:

- a) La fecha de producción excede el período de garantía del fabricante.
- b) La fecha de producción es hace más de 1 año, cuando el fabricante no tiene período de garantía.
- c) La calidad no es escéptica según la inspección de apariencia o la prueba eléctrica.
- d) El motor de tipo abierto no está homologado según la prueba del terminal.
- e) Durante la puesta en servicio se producen condiciones anormales.

5.7.5 La instalación del motor de varias velocidades deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El modo de cableado y la polaridad del motor deben ser correctos.
- b) El dispositivo interruptor de enclavamiento deberá ser confiable.
- c) El procedimiento de funcionamiento del motor deberá ajustarse a las especificaciones técnicas del producto.

5.7.6 Para motores con requisitos de dirección fijos, la secuencia de fases del motor y la fuente de energía se debe inspeccionar y ser consistente antes del ensayo.

#### 5.8 Sistema de vigilancia por computadora

5.8.1 El sistema de seguimiento informático se instalará de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.

5.8.2 La instalación de instrumentación de automatización local deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La posición de instalación del instrumento deberá cumplir los requisitos de los documentos de diseño. Si no se especifica en los documentos de diseño, la posición de instalación deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) La posición de instalación deberá estar bien iluminada y ser conveniente para la operación y el mantenimiento.
  - 2) La altura desde el centro de instrumentos hasta el terreno de operaciones debe ser de 1,2 a 1,5 m.
  - 3) El instrumento de visualización se instalará en una posición conveniente para la observación e indicación.
  - 4) Los instrumentos no se instalarán en lugares donde haya vibraciones o humedad, o donde puedan sufrir daños mecánicos, fuertes interferencias electromagnéticas, altas temperaturas, cambios drásticos de temperatura y gases corrosivos.
  - 5) Los elementos de detección se instalarán en una posición que pueda reflejar fielmente las variables de entrada.
- b) Los instrumentos no se golpearán ni sacudirán durante la instalación. La instalación del instrumento debe ser firme y plana, la conexión con el equipo, las tuberías o los componentes y las partes fijas debe estar uniformemente tensionada y no debe soportar fuerzas externas anormales.
- c) Los instrumentos que se instalarán directamente en la tubería deben instalarse después de limpiar la tubería; Si se instala simultáneamente con la tubería, el instrumento deberá retirarse antes de limpiar la tubería. Se realizará una prueba de presión después de que el instrumento esté instalado directamente en el equipo o en la tubería.
- d) Durante el proceso de construcción, la tapa y la entrada de la caja de conexiones de instrumentos deben cerrarse a tiempo. La entrada del cable no debe quedar hacia arriba. Una vez finalizada la construcción, se tomarán medidas de sellado.



- e) Se deben tomar medidas para evitar que los equipos de corriente débil y los componentes electrónicos se dañen cuando se mide la resistencia de aislamiento del instrumento y el equipo de suministro de energía del instrumento.
- f) Los instrumentos de la barra de campo se deben conectar en paralelo entre sí. El número de instrumentos en cada barra y la distancia máxima entre las barras deberán cumplir con los requisitos de los documentos de diseño.
- g) La instalación de los paneles de instrumentos, gabinetes y cajas deberá cumplir con los requisitos.

5.8.3 La instalación de la pantalla de la unidad de control local (LCU), el bastidor del equipo de red, el bastidor del servidor, la consola de la sala de control central y la pantalla analógica deberán cumplir con los requisitos.

## 5.9 Sistema de videovigilancia

5.9.1 La instalación del sistema de videovigilancia se realizará de acuerdo con lo dispuesto en este apartado. Además, se deberán cumplir los requisitos técnicos de instalación del diseñador y del fabricante del equipo.

5.9.2 La cámara se instalará cerca del área de monitoreo donde no pueda dañarse fácilmente, sea fácil de mantener y pueda evitar fuertes interferencias electromagnéticas. La ubicación de instalación de la cámara no deberá afectar el funcionamiento del equipo de campo ni las actividades normales del personal, y deberá garantizar que el campo de visión de la cámara satisfaga las necesidades de monitoreo.

5.9.3 La altura de instalación de la cámara desde el suelo no debe ser inferior a 2,5 m en interiores y 3,5 m en exteriores. Si las cámaras exteriores se instalan con postes verticales, la resistencia y estabilidad de las varillas verticales deberán cumplir con los requisitos de uso de la cámara.

5.9.4 La lente de la cámara debe instalarse para alinearse con el objeto monitoreado a lo largo de la dirección de la fuente de luz. Se debe evitar la instalación de retroiluminación; cuando sea necesaria la instalación de retroiluminación, se recomienda reducir el contraste de iluminación del área de monitoreo o seleccionar cámaras con accesorios de compensación de retroiluminación, como rejillas de cortina.

5.9.5 Cuando se requiera cierta iluminación para monitorear escenas múltiples o cambiar escenas, se deben instalar accesorios de iluminación auxiliar en la parte superior de la cubierta protectora de la cámara equipada con una plataforma eléctrica o en otros dispositivos que giren en la misma dirección que la plataforma eléctrica.

5.9.6 La instalación de la consola y el rack en el centro de monitoreo de control principal deberá cumplir con la normativa. Se debe evitar que la luz directa del exterior incida sobre la pantalla del monitor de supervisión.

5.10 Puesta a tierra de protección contra rayos

5.10.1 La construcción del dispositivo de puesta a tierra de protección contra rayos se debe realizar de acuerdo con los documentos de diseño aprobados.

5.10.2 La instalación de los dispositivos de puesta a tierra deberá realizarse de acuerdo con la construcción de ingeniería arquitectónica. Las partes ocultas deberán ser inspeccionadas, verificadas y aceptadas antes de ser cubiertas, y se creará un registro relevante.

5.10.3 Las siguientes partes metálicas de los dispositivos eléctricos deberán estar conectadas a tierra:

- a) Base metálica, marco, carcasa y dispositivo de transmisión del equipo eléctrico.
- b) Asiento y carcasa metálicos para aparatos eléctricos portátiles o móviles.
- c) Cuerpo de subestación tipo caja.
- d) Segundo devanado lateral del inductor mutuo.
- e) Estructura metálica y base de los paneles (armarios, cajas) y las mesas de operación para la distribución, protección y control de energía.
- f) Blindaje metálico, caja de conexiones, cabezal terminal, tubo protector metálico de los cables de alimentación y capa de blindaje de los cables secundarios.
- g) Bandeja de cables, soporte y torre de perforación.
- h) Estructura y soporte de la subestación.
- i) Estructuras de líneas eléctricas aéreas equipadas con cables de tierra aéreos o equipos eléctricos.
- j) Barreras metálicas para dispositivos de distribución.
- k) Caja metálica para equipos de calefacción eléctrica.
- l) Base metálica y carcasa del motor rotativo.
- m) Base metálica y alojamiento para polipasto eléctrico, grúa pórtico, carril de grúa pórtico y equipamiento eléctrico.

5.10.4 Los cables de conexión a tierra no deben utilizarse para otros fines.

5.10.5 Además de los electrodos de puesta a tierra naturales, las centrales eléctricas y subestaciones (patios de distribución) también deberán disponer de mantas de puesta a tierra con electrodos de puesta a tierra artificiales horizontales como parte principal. Se debe instalar el pozo de medición que separa los electrodos de puesta a tierra naturales de los electrodos de puesta a tierra artificiales.

5.10.6 La extracción de materiales de escollera deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Además de los dispositivos de puesta a tierra temporales, se aplicará galvanizado en caliente a todo el acero utilizado en los dispositivos de puesta a tierra. Para dispositivos colocados horizontalmente, se utilizará acero redondo y acero plano galvanizado en caliente; para dispositivos colocados verticalmente, se utilizará acero en ángulo galvanizado en caliente, tubos de acero o acero redondo.
- b) Cuando se utilicen tiras planas de cobre, cordones de cobre, barras de cobre, acero recubierto de cobre (alambre redondo, cordones), acero revestido de zinc y otros materiales para los dispositivos de conexión a tierra, la selección debe cumplir con los requisitos de diseño.
- c) No se deben utilizar conductores de aluminio como electrodo o cable de conexión a tierra.

5.10.7 Para el electrodo de puesta a tierra artificial de los dispositivos de puesta a tierra, la sección del conductor deberá cumplir con los requisitos de estabilidad térmica, reparto de voltaje, resistencia mecánica y resistencia a la corrosión; la sección del electrodo de conexión a tierra horizontal no debe ser inferior al 75 % de la sección del cable de conexión a tierra conectado al dispositivo de conexión a tierra; las especificaciones mínimas para el electrodo de puesta a tierra de acero y el cable de puesta a tierra no deben ser inferiores a las especificaciones enumeradas en la Tabla 51 y la Tabla 52. El área de la sección transversal de la línea de salida del electrodo de puesta a tierra para las estructuras de la línea aérea no debe ser inferior a 50 mm<sup>2</sup>.

Tabla 51 Especificaciones mínimas para el electrodo de puesta a tierra de acero y el cable de tierra

Tipo, especificaciones y unidad		De superficie	Subterráneo
Diámetro de acero redondo (mm)		8	8/10
Acero plano	Sección (mm <sup>2</sup> )	48	48
	Espesor de	4	4
Espesor del acero angular (mm)		2,5	4
Espesor de la tubería de acero (mm)		2,5	3.5/2.5
<p><b>NOTA 1</b> Para el diámetro del acero redondo subterráneo, los datos moleculares y los datos del denominador corresponden respectivamente a las líneas aéreas y a la red de puesta a tierra de la central eléctrica y la subestación.</p> <p><b>NOTA 2</b> Para el espesor de la pared de la tubería de acero subterránea, los datos moleculares y los datos del denominador corresponden a las tuberías enterradas en el suelo y en el piso de concreto interior, respectivamente.</p>			

Tabla 52. Especificaciones mínimas para los electrodos de puesta a tierra de cobre y acero recubierto de cobre

Tipo, especificaciones y unidad	De superficie	Subterráneo
Diámetro de la barra de cobre (mm)	8	Electrodo de tierra horizontal 8
		Electrodo de tierra vertical 15
Sección de barra de cobre (mm <sup>2</sup> )/espesor (mm)	50/2	50/2
Espesor del tubo de cobre (mm)	2	3
Sección de cable trenzado de cobre (mm <sup>2</sup> )	50	50
Diámetro del acero redondo recubierto de cobre (mm)	8	10
Diámetro de los cordones de acero recubiertos de cobre (mm)	8	10
Sección de acero plano recubierta de cobre (mm <sup>2</sup> )/espesor (mm)	48/4	48/4
<p><b>NOTA 1</b> Los hilos de cobre desnudos no son adecuados para el electrodo de puesta a tierra de un dispositivo de puesta a tierra pequeño. Cuando se utilizan hilos de cobre como electrodo de puesta a tierra de la rejilla de puesta a tierra, el área de la sección debe cumplir con los requisitos de diseño.</p> <p><b>NOTA 2</b> El diámetro de un hilo de alambre de cobre no deberá ser inferior a 1,7 mm;</p> <p><b>NOTA 3</b> Las especificaciones del acero recubierto de cobre indican el tamaño del acero y que el espesor de la capa de cobre no debe ser inferior a 0,25 mm.</p>		

5.10.8 El área transversal mínima del cable de tierra expuesto que está conectado con el electrodo de tierra o el cable protector (PE) en la tierra del equipo eléctrico de bajo voltaje debe cumplir con la Tabla 53.

Tabla 53. Área de sección transversal mínima del cable de tierra de cobre expuesto en el equipo eléctrico de tierra de bajo voltaje

Nombre	Área de sección mínima (mm <sup>2</sup> )
Conductor desnudo expuesto	4
Conductor aislado	1.5
Núcleo de tierra del cable, o núcleo de tierra de cables multipolares envueltos en la misma envoltura protectora que la línea de fase.	1

5.10.9 Está estrictamente prohibido utilizar como cables de conexión a tierra mangueras metálicas, revestimiento metálico de la capa aislante de la tubería o malla metálica, revestimiento de plomo del conductor de la red de iluminación de bajo voltaje y revestimiento metálico del cable.

5.10.10 La profundidad de inserción y el espaciamiento de la malla de conexión a tierra deben cumplir con los requisitos de diseño. La profundidad de enterramiento de la superficie superior del electrodo de puesta a tierra no debe ser inferior a 0,8 m. La separación entre los electrodos de puesta a tierra horizontales no debe ser inferior a 5 m y la separación del electrodo de puesta a tierra vertical no debe ser inferior al doble de su longitud.

5.10.11 La puesta a tierra de los dispositivos eléctricos se debe conectar con la barra de conexión de tierra o con la malla de conexión a tierra por separado. Está estrictamente prohibido conectar dos o más dispositivos eléctricos que deban conectarse a tierra en serie con un cable de conexión a tierra.

5.10.12 Alrededor de la sala de comunicaciones deberán colocarse barras anulares de puesta a tierra, la sección transversal de las barras de cobre no deberá ser inferior a 90 mm<sup>2</sup> y la sección transversal del acero plano galvanizado no deberá ser inferior a 120 mm<sup>2</sup>. Alrededor de la sala de comunicaciones se colocarán dispositivos anulares cerrados de puesta a tierra.

5.10.13 Los metales sin carga expuestos en la sala de control principal y en la sala de control central deben estar en conexión equipotencial con el edificio. El área de sección transversal mínima de los tableros de terminales de tierra equipotencial y de los conductores interconectados deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 54 y Tabla 55, respectivamente.

Tabla 54. Área de sección transversal mínima de todo tipo de terminales de puesta a tierra equipotencial

Nombre	Material	Área seccional mínima (mm <sup>2</sup> )
Tablero principal de terminales de tierra equipotencial	Cinturón de cobre	150
Cuadro de bornes de conexión a tierra equipotencial de suelo	Cinturón de cobre	100
Cuadro de bornes de conexión a tierra equipotencial parcial en sala de equipos	Cinturón de cobre	50

Tabla 55. Sección mínima de todo tipo de conductores de conexión equipotencial

Nombre	Material	Área seccional mínima (mm <sup>2</sup> )
Líneas principales de puesta a tierra verticales	Conductor de cobre multifilar o correa de cobre	50
Conductor de unión entre el tablero de terminales del piso y el tablero de terminales parcial en la sala de equipos	Conductor de cobre multifilar o correa de cobre	25
Conductor de unión entre tableros de terminales parciales en la sala de equipos	Conductor de cobre multifilar	16
Conductor de unión entre el equipo y la red de conexión equipotencial en la sala de equipos	Conductor de cobre multifilar	6
Rejillas para sala de equipos	Lámina de cobre o conductor de cobre multifilar	25

5.10.14 La red de puesta a tierra común se utilizará para la puesta a tierra del sistema de control de supervisión computarizado de la central hidroeléctrica. La conexión a tierra de la carcasa del equipo, la fuente de alimentación de CA, el circuito lógico, el circuito de señal y el blindaje del cable del equipo deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) La carcasa del equipo o las partes metálicas expuestas que transportan corriente  $\pi\omega\eta$ -e deben estar conectadas a tierra.
- b) La fuente de alimentación aislada de CA y CC se conectará a tierra cuando el voltaje supere los 150 V.
- c) Debe haber un punto de conexión a tierra en todos los circuitos de CC de la computadora (incluida la fuente de alimentación de corriente directa, el circuito lógico y el circuito de señal) que no estén aislados.
- d) La diferencia de potencial de tierra entre dos puntos de tierra cualesquiera no deberá ser mayor que el ruido permitido del equipo en cualquier momento cuando haya dos o más puntos de tierra en el circuito de tierra común de todos los circuitos de CC de cálculo no aislados.
- e) Cuando todos los dispositivos de interfaz externos en cualquier gabinete (o un conjunto de dispositivos) están aislados, la carcasa del gabinete, la fuente de alimentación de CA, el circuito de CC de la computadora y la capa de blindaje del cable se deben conectar a tierra en un punto del gabinete. El circuito lógico de la computadora deberá tener solo un punto en el gabinete conectado con el punto de conexión a tierra común del gabinete.
- f) No deberá haber dos rejillas de puesta a tierra separadas en ningún dispositivo o equipo adyacente.
- g) Se considerarán los puntos de puesta a tierra de los sensores correspondientes u otros dispositivos de conexión para la puesta a tierra de la señal y la capa de blindaje del cable para evitar la puesta a tierra de dos puntos. Se seleccionará preferentemente para la puesta a tierra un punto del equipo de monitorización y recepción por ordenador.

5.10.15 La línea de suministro de energía y el protector contra sobretensiones se instalarán en el extremo frontal de la línea de suministro de energía del equipo protegido, y los terminales del protector contra sobretensiones se conectarán con los terminales del mismo nombre en la caja de distribución. El extremo de conexión a tierra del protector contra sobretensiones está conectado con el tablero terminal de conexión a tierra PE de la caja de distribución. El tablero de terminales de puesta a tierra de la caja de distribución se conectará con el tablero de terminales de puesta a tierra equipotencial en el área de protección contra rayos. Los cables de conexión de todos los protectores contra sobretensiones de nivel I deben estar ordenados y su longitud no debe exceder los 0,5 m.

5.10.16 Los protectores contra sobretensiones con terminales de conexión se deben engarzar cuando se conectan con los cables, y el protector contra sobretensiones con postes de unión se debe conectar a los postes de unión mediante terminales de cable.

5.10.17 El área de sección transversal mínima de los cables de conexión de los protectores contra sobretensiones debe cumplir los requisitos de la Tabla 56.

Tabla 56 Sección mínima de las líneas de conexión del protector contra sobretensiones

Grado de protección	Tipo de protector contra sobretensiones	Sección del cable (mm <sup>2</sup> )	
		Conductor de cobre para conexión de fase de protector contra sobretensiones.	Conductor de cobre para conexión a tierra del protector contra sobretensiones
Grado I	Tipo de interruptor o tipo limitador de voltaje	16	25
Grado H.	Tipo de limitación de voltaje	10	16
Grado II	Tipo de limitación de voltaje	6	10
Grado N	Tipo de limitación de voltaje	4	6

NOTA Para el protector contra sobretensiones de tipo combinado, se puede seleccionar el área de la sección transversal del cable para el nivel de protección correspondiente.

6 Instalación del sistema automático de previsión e información hidrológica

6.1 El equipo principal del sistema automático de pronóstico e información hidrológicos deberá cumplir con las normas técnicas y los requisitos de calidad de los productos de las industrias pertinentes y tener una licencia de producción para los productos industriales.

6.2 Se deberán cumplir los siguientes requisitos antes de instalar el equipo:

- a) La inspección preliminar de la cantidad y calidad del equipo se realizará de acuerdo con el diseño y la lista de compra.
- b) Se comprobarán las marcas de calidad necesarias para el equipo clave.
- c) Las instalaciones civiles para la instalación de equipos deberán pasar la inspección preliminar o la aceptación de las obras individuales según el diseño.
- d) Las estaciones de telemetría y estaciones centrales relacionadas se pondrán en funcionamiento previamente para el sistema que utiliza la red pública de comunicación.
- e) Los procesos de carga y descarga de la batería se completarán de acuerdo con los procedimientos prescritos y se proporcionará suficiente electricidad de acuerdo con la normativa.
- f) La instalación y la puesta en servicio deberán ser realizadas por técnicos capacitados.

6.3 La instalación del encofrado deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se deben preparar diferentes secuencias y planes de instalación de equipos antes de la instalación del equipo. El sistema debe instalarse en el orden de estación central, estación repetidora y estación de telemetría.

- b) Los equipos se instalarán estrictamente de acuerdo con las especificaciones del producto y los documentos técnicos de diseño. Los terminales de telemetría, sensores y otros equipos también se configurarán de acuerdo con los requisitos de diseño.
- c) Para los procesos de instalación que requieren tratamiento in situ, como soldadura y fijación mecánica, se seguirán estrictamente las normas y requisitos de proceso pertinentes y se realizarán las inspecciones o pruebas necesarias.
- d) Los métodos de tendido e instalación de las líneas de conexión se seleccionarán teniendo en cuenta la prevención de daños mecánicos, agua y humedad, interferencias electromagnéticas, mordeduras de animales y robos. Se deben tomar medidas de protección, como fundas. Cuando la conexión de equipos implique la interconexión interior y exterior, se deberá evitar la introducción de agua de lluvia en el local.

6.4 Una vez finalizados los trabajos de instalación y fijación, se deberán realizar las siguientes inspecciones y ajustes clave:

- a) Compruebe si la línea de conexión entre los equipos es sólida y confiable. Verifique si el equipo que necesita conexión a tierra cumple con los requisitos de instalación.
- b) Compruebe si el voltaje de la batería y la corriente de carga cumplen los requisitos.
- c) Compruebe si el voltaje del circuito abierto y la corriente de cortocircuito de los paneles solares cumplen con los requisitos.
- d) En el rango del sensor de diseño, simule la situación real y verifique y depure si todo tipo de equipos funcionan como se espera, incluidas las funciones normales de comunicación, la visualización, las teclas y el almacenamiento.

6.5 Una vez completada la instalación, la información de configuración básica para la instalación y puesta en servicio del equipo se registrará y clasificará por completo.

6.6 La integración y las pruebas del sistema deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Una vez instaladas la estación central, la estación de telemetría y otros equipos, la conexión y coordinación generales se completarán mediante la integración del sistema. De acuerdo con el diseño del sistema y los requisitos de software, configurar y establecer los parámetros para las pruebas conjuntas de las funciones del sistema e inspeccionar las funciones e indicadores del sistema para lograr los resultados deseados. La integración y prueba del sistema incluirán los siguientes aspectos:



- 1) Simule los parámetros de operación reales en el rango de diseño del sensor.
  - 2) Condiciones de transmisión de activación, incluida la activación por tiempo y la activación de parámetros.
  - 3) Carga de datos y proceso de respuesta.
  - 4) Inspección del proceso de recepción de datos, incluida la precisión de los parámetros, la velocidad y el tiempo de transmisión y el tiempo de finalización de la recopilación de todos los datos de las estaciones de telemetría.
  - 5) La instrucción de control central se emite para verificar si la estación de telemetría actúa de acuerdo con requisitos predeterminados, incluida la calibración del reloj y la configuración del terminal de telemetría.
  - 6) Otras funciones de la estación de telemetría, como descarga de datos in situ, entrada manual y configuración.
  - 7) Otras funciones de la estación central, como visualización gráfica, almacenamiento, consulta, impresión.
- b) Una vez instalado todo el sistema, se deberá verificar la exactitud de los datos recopilados y la tasa de permeabilidad del sistema de acuerdo con los requisitos de diseño.
- c) Los problemas y los resultados del procesamiento durante la instalación se registrarán en detalle para referencia futura.
- 7 Instalación de equipos de control de la seguridad
- 7.1 La compra de instrumentos de monitoreo de seguridad deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- a) Bajo la condición previa de que el tipo, las especificaciones, el rango y la precisión puedan cumplir con los requisitos de diseño, y considerando de manera integral las propiedades del producto, como el rendimiento, la calidad y la durabilidad, seleccione no menos de 3 fabricantes para elaborar un plan de compra de instrumentos que deberá presentarse para su aprobación.
  - b) La compra de instrumentos deberá ajustarse al plan de compras aprobado. Si hubiera algún cambio, se aprobará nuevamente el nuevo plan.
- 7.2 La aceptación de los instrumentos de control de seguridad deberá cumplir los siguientes requisitos:
- a) Antes de que los instrumentos salgan de fábrica, se comprobará todo el equipo del instrumento y el fabricante proporcionará certificaciones de calidad. Si es necesario, se deberá acudir a fábrica para participar en la verificación y aceptación del equipo instrumental principal.

- b) Cuando los instrumentos hayan sido transportados al sitio, verifique y acepte todos los instrumentos proporcionados por el fabricante. Las pruebas, correcciones y calibraciones se realizarán de acuerdo con los requisitos pertinentes. Sólo cuando los instrumentos hayan sido aceptados como homologados podrán ser utilizados.
- c) Para los instrumentos homologados, los registros de identificación se establecerán a tiempo.

7.3 La instalación e incorporación de los instrumentos de control de seguridad cumplirán los siguientes requisitos:

- a) Los trabajos preparatorios antes de la instalación y empotramiento deberán cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) La construcción de los orificios preformados, ranuras, conductos y todo tipo de piezas empotradas deberá terminarse de acuerdo con los requisitos de los planos de diseño de observación. La medición y replanteo se realizará correctamente en los puntos empotrados.
  - 2) El tipo de cable deberá cumplir con los requisitos de diseño y las conexiones de los cables deberán cumplir con los requisitos de las normas.
- b) La instalación de barras de acero deberá cumplir los siguientes requisitos:
  - 1) El número de diseño, el número de fabricación y los valores medidos en estado libre se deben volver a verificar antes de la instalación e instalación.
  - 2) Cada tipo de instrumento se instalará e incorporará de acuerdo con sus propios requisitos y procedimientos para garantizar que las posiciones sean correctas.
  - 3) El cable saliente se enrollará para dejar una cierta longitud alrededor del punto de inserción del instrumento para evitar que la dirección y posición del instrumento cambien cuando el cable se arrastre durante la construcción.
  - 4) Cuando el instrumento esté incrustado en un lecho de roca, las ranuras se lavarán y limpiarán y el mortero de relleno se mezclará con cemento de microexpansión.
  - 5) El hormigón de relleno alrededor del instrumento se vibrará y compactará manualmente por capas. El hormigón deberá estar a más de 1,5 m de distancia del instrumento al momento de su colocación, y la distancia entre el vibrador, y el instrumento deberá ser mayor que el radio de vibración y no deberá ser inferior a 1,0 m.
  - 6) Los instrumentos se marcarán oportunamente después de la incorporación.
  - 7) Las condiciones de trabajo del instrumento deberán ser supervisadas durante la incorporación. Si se encuentran condiciones anormales, tome medidas correctivas o reemplace el instrumento a tiempo.

- 8) Los datos de registro e investigación para las instalaciones de monitoreo se recopilarán para adquirir el valor inicial (de referencia) de manera oportuna.
- 9) Se realizarán planos de obra y se prepararán informes de finalización de manera oportuna.

7.4 El control de la seguridad durante el período de construcción deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El contratista designará observadores especiales para que se encarguen del seguimiento de la seguridad durante el período de construcción.
- b) Los instrumentos de observación deberán ser observados periódicamente y mantenidos por observadores profesionales de acuerdo con las especificaciones de observación aprobadas. Si se observan datos anormales, aumente la frecuencia de observación e infórmelo al departamento correspondiente.
- c) Los registros de observación originales deberán realizarse correctamente. Los registros se compilarán y analizarán oportunamente, y los informes de observación se realizarán periódicamente. Se evaluará la seguridad de la presa durante el período de construcción para proporcionar una base para la toma de decisiones para la construcción.
- d) Se deberá presentar un informe especial sobre el monitoreo de seguridad del proyecto cuando el proyecto esté terminado para su aceptación, con el fin de evaluar si el sistema de monitoreo de seguridad cumple con los requisitos para la aceptación de finalización del proyecto.