



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

DISEÑO

Parte 1: Planificación de la selección del sitio

PCH/LT 002-1: 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.

Lineamientos técnicos para el
desarrollo de pequeñas centrales
hidroeléctricas
DISEÑO

**Parte 1: Planificación de la
selección del sitio**

PCH/LT 002-1: 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. Bassey 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.....	III
Introducción.....	IV
1 Alcance.....	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Términos y definiciones.....	1
4 Disposiciones generales.....	1
4.1 Principios de planificación.....	1
4.3 Métodos y etapas de planificación.....	2
5 Recopilación y análisis de datos básicos.....	4
5.1 Recopilación de datos.....	4
5.2 Análisis de los datos.....	5
6 Cálculo del potencial hidroeléctrico de la cuenca o subcuenca hidrográfica.....	6
7 Planificación preliminar del sitio.....	8
7.1 Contenido de la planificación y principales consideraciones.....	8
7.2 Tipos de estaciones de PCH y condiciones aplicables para su desarrollo.....	9
7.3 Aprovechamiento de varias condiciones geográficas especiales de los ríos.....	9
7.4 Estimación de la escala de desarrollo de una central hidroeléctrica.....	10
8 Estudios e investigaciones del sitio.....	11
8.1 Estudios hidrológicos.....	11
8.2 Encuestas en el sitio de planificación.....	12
8.3 Determinación preliminar de las cabezas hidráulicas disponibles para la central hidroeléctrica.....	12
8.4 Otras condiciones de construcción para la investigación.....	12
9 Preparación del plano de sitio de construcción.....	13
9.1 Selección de capacidad instalada.....	13
9.2 Selección de los tipos de turbinas.....	13
9.3 Número de unidades.....	13
9.4 Selección del tipo de presa.....	14
9.5 Selección de estructuras de aliviadero.....	14
9.6 Selección de estructuras de toma de agua.....	15
9.7 Selección de estructuras de derivación.....	15
9.8 Tipos de casas de máquinas.....	16
9.9 Ubicación de la subestación transformadora.....	16
9.10 Ubicación del canal de descarga.....	16
9.11 Disposición de las estructuras principales.....	16
10 Evaluación y predicción.....	17
10.1 Evaluación preliminar del impacto social y medioambiental.....	17
10.2 Evaluación de la demanda de energía.....	17
10.3 Estimación de costos y evaluación de beneficios.....	18
10.4 Evaluación del sitio y secuencia de desarrollo.....	18

11	Elaboración del informe de planificación de la selección del sitio.....	19
	Apéndice A (informativo) Cálculo del potencial teórico de energía hidráulica del río Fórmula de estimación de capacidad instalada en un sitio planificado.....	20
	Apéndice B (informativo) Diagrama esquemático de tipos de desarrollo y utilización de terreno especial para estaciones de SHP.....	23
	Apéndice C (informativo) Informe de planificación de la selección del sitio (Descripción).....	28

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 durante 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).

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, evaluaciones sociales y medioambientales, con el objetivo, en última instancia, de lograr 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/diseño de pequeñas Centrales hidroeléctricas

Parte 1: Planificación de la selección del sitio

1 Alcance

Esta parte de los lineamientos de diseño especifica los principios generales de la planificación de la selección de sitios para proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), así como las metodologías, los procedimientos y los requisitos de resultados de la selección del sitio de la pequeña central hidroeléctrica (PCH).

2 Referencias normativas

En el texto, se hace referencia a los siguientes documentos, de forma tal que una parte o la totalidad del contenido de dichos documentos constituye los requisitos de este documento. Para las referencias fechadas, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento de referencia (incluidas las modificaciones).

PCH/LT 001: *Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas - Términos y definiciones*

3 Términos y definiciones

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

4 Disposiciones generales

4.1 Principios de planificación

4.1.1 Para la selección del sitio, será necesario seguir los principios de la planificación localizada, sujeta a la planificación nacional integrada de los recursos hídricos y a la planificación integral de las cuencas hidrográficas con la prospección sistemática de sitios potenciales.

4.1.2 La selección del sitio deberá cumplir con los requisitos de las necesidades ambientales del río y sus alrededores y también contar con planes preliminares para mitigar los impactos negativos que puedan causar los proyectos de PCH al río y su entorno circundante.

4.1.3 La selección del sitio se determinará en función de los recursos hídricos y la topografía con el propósito de lograr un desarrollo y una utilización sostenibles y, además, seguir una consideración integral de todos los demás factores.

- a) Para la selección del sitio, será necesario considerar, de manera integral, la correlación del desarrollo de los recursos hidroeléctricos a lo largo de toda la longitud del río, con la debida atención a la interrelación del desarrollo en cascada aguas arriba y aguas abajo, de modo que el diseño de los sitios aguas arriba y aguas abajo esté adecuadamente coordinado. Para los requisitos multipropósito de suministro de agua, control de inundaciones, riego, ecología, turismo, navegación y desarrollo comunitario, los proyectos de PCH se planificarán de acuerdo con los propósitos de desarrollo primario y secundario.
- b) La selección del sitio deberá tener en cuenta la proyección de la demanda eléctrica a largo plazo en función del desarrollo social y económico de la zona. Cuando se prevea la venta indirecta de electricidad a otras regiones a través de la red eléctrica, se considerará el estado actual y el plan de desarrollo de la red, y se evaluará el potencial de crecimiento del mercado eléctrico externo. De acuerdo con las necesidades de desarrollo del mercado energético, la planificación debe llevarse a cabo en consecuencia para cumplir con los objetivos de desarrollo relevantes a corto, mediano y largo plazo.
- c) La selección del sitio deberá justificar la selección de las PCH en relación con otras tecnologías de electrificación rural posibles.
- d) Para la selección del sitio, deberán tenerse en cuenta los planes de desarrollo integrado locales, regionales e internacionales relevantes para el área en estudio.

4.1.4 La selección del sitio deberá coordinarse con otros planes de desarrollo relevantes del área en estudio, incluidos los indicadores de planificación, la terminología, las unidades de cantidades y valores, los planes de implementación, y deberá ser consistente y evitar conflictos.

4.2 Alcance de la planificación

4.2.1 El alcance de la planificación para la selección del desarrollo de la PCH se basará en el nivel (local/estatal/nacional) de la organización de planificación del país.

4.2.2 Si el plan de desarrollo de recursos de la PCH es parte de la planificación integral del área administrativa (local/estatal/provincias), el alcance de la planificación de selección se definirá de acuerdo con el plan administrativo divisional.

4.2.3 La planificación del desarrollo de las PCH se basará en la definición detallada y homogénea de la red fluvial y de captaciones en las cuencas hidrográficas.

4.2.4 Dentro de la zona exclusiva de desarrollo económico y las áreas de reserva natural, la planificación de la selección del sitio para el desarrollo de PCH deberá considerar las necesidades de propósitos múltiples.

4.3 Métodos y etapas de planificación

La planificación se determinará de acuerdo con el proceso real de planificación de selección del desarrollo de recursos de las PCH. Los métodos y pasos se muestran en la Figura 1. En la práctica, la recopilación de datos

debe realizarse en coordinación con algunos trabajos de investigación del sitio.

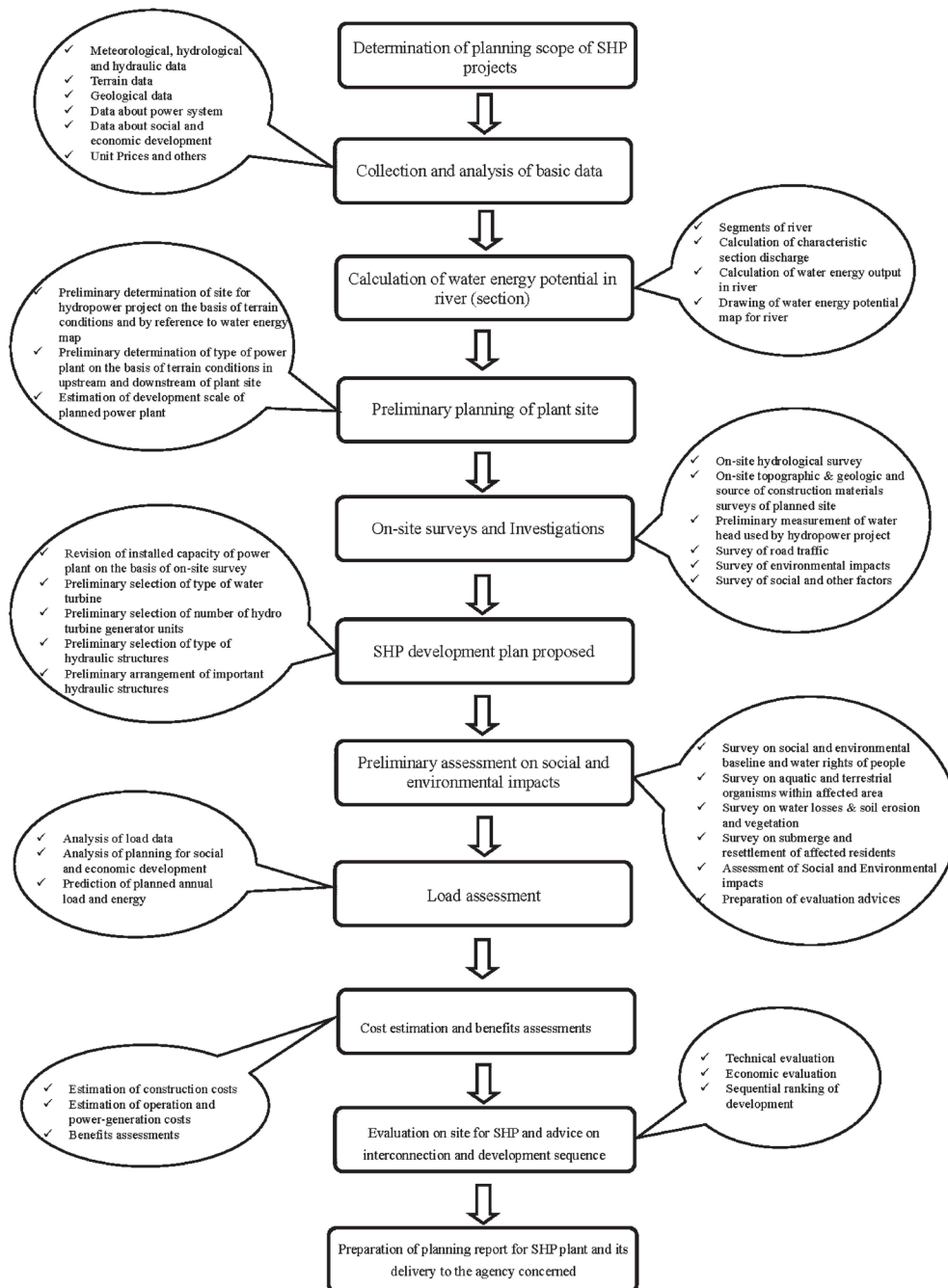


Figura 1. Diagrama de flujo de actividades para la planificación de la selección del sitio de las PCH

5 Recopilación y análisis de datos básicos

5.1 Recopilación de datos

5.1.1 Se recogerán y analizarán datos básicos adecuados. Se probará y confirmará la autenticidad, exactitud, actualidad y aplicabilidad de los datos recopilados. Se deberá considerar el uso de bases de datos digitales de recursos naturales y tecnología geomática (detección remota y Sistema de Información Geográfica [SIG]).

5.1.2 Se incluirán los siguientes datos básicos.

- a) Datos hidrometeorológicos, incluidas series de datos medidos, como precipitación, caudal de ríos, evaporación, nivel del agua, sedimentos y hielo. Para los lugares que carecen de datos medidos, se deben recopilar datos relevantes sobre cuencas fluviales adyacentes y mapas hidrológicos emitidos por la autoridad nacional o regional.
- b) Datos de geografía natural de la cuenca y características del río, incluido el mapa topográfico de la cuenca (escala no menor a 1: 50 000), hoja de ruta del área administrativa, secciones longitudinales y transversales del río. Los datos sobre modelos digitales de elevación/terreno están disponibles a 30 m, y también se puede utilizar una mejor resolución. Si es necesario utilizar los datos hidrometeorológicos de cuencas fluviales adyacentes, también se recopilarán los mapas topográficos de las cuencas fluviales adyacentes.
- c) Datos geológicos, incluidos mapas regionales de zonificación geológica, tectónica y sísmica, informes geológicos y registros de eventos geológicos importantes, como terremotos, en el área de planificación.
- d) Información sobre recursos, incluido el uso de la tierra, minerales, energía, silvicultura, turismo, plantas y animales raros.
- e) Datos del sistema de potencia, incluida la fuente de energía, la demanda de energía, el suministro de energía anual, la estructura de carga, la curva de carga, la estructura de la red eléctrica, los mercados de energía, las regulaciones y la planificación del desarrollo de energía en el área.
- f) Datos de instalaciones existentes, incluidos los documentos de diseño construidos de centrales hidroeléctricas existentes, el riego, el suministro de agua, rafting, navegación y otros proyectos dentro del tramo de planificación del río.
- g) Datos socioeconómicos, incluida la demografía, la producción industrial y agrícola, la red de carreteras, el producto nacional bruto, el ingreso per cápita y los planes nacionales de desarrollo económico de la zona.
- h) Otros datos, incluidos registros de desastres naturales, requisitos legales, arqueología, sitios históricos, áreas protegidas y patrimonio natural.

5.2 Análisis de los datos

5.2.1 El análisis de los datos hidrometeorológicos incluirá la siguiente información:

a) Análisis cualitativo

- 1) Las series de datos deberán ser precisas, fiables y, en la medida de lo posible, no deberán tener lagunas de datos.
- 2) Los datos deberán ser aplicables a las cuencas hidrográficas que son objeto de estudio.
- 3) La exactitud de los datos deberá cumplir con los requisitos del análisis. Los datos de precipitaciones/lluvias deben ser, en la medida de lo posible, sobre "precipitaciones diarias". Los datos medidos del caudal deberán ser tan precisos como el "caudal medio diario".
- 4) Se utilizarán métodos analíticos apropiados para el control de calidad.
- 5) Se debe determinar una serie confiable de descarga diaria a largo plazo específica para cada tramo de río en la red, basada en un modelo hidrológico distribuido que esté adecuadamente calibrado.

b) Análisis cuantitativo

- 1) Análisis de frecuencia: La serie de datos de flujo medido debe analizarse y calcularse de acuerdo con la fórmula de probabilidad de las estadísticas, y la curva de frecuencia debe dibujarse de acuerdo con los resultados analíticos.
- 2) Análisis de correlación: El análisis de correlación se realizará cuando los datos de flujo medidos no correspondan a la ubicación del sitio seleccionado para el desarrollo de la PCH.
- 3) Curva de duración del caudal Con base en los datos del cálculo de frecuencia, seleccione los flujos correspondientes a la frecuencia de flujo alto, flujo medio y flujo bajo. Luego, seleccione un año similar de la serie de flujo para la distribución anua, si está disponible, y distribuya el flujo diario promedio dentro de los próximos tres años, trazado como una "curva de duración promedio del caudal".

5.2.2 El análisis de datos de mapas topográficos incluirá lo siguiente.

- a) Análisis de alcance: El mapa topográfico deberá incluir la zona de drenaje de la cuenca hidrográfica analizada. Si se utilizan datos de precipitaciones o caudales de cuencas fluviales adyacentes, el mapa topográfico también deberá proporcionar el área de drenaje de la cuenca fluvial adyacente.
- b) Análisis de precisión: La escala del mapa topográfico utilizado para la selección del sitio no debe ser inferior a 1: 50 000. Si la escala del mapa topográfico recopilado es menor que los requisitos especificados, se tomarán medidas de cifrado para mejorar la precisión de los contornos. También se pueden utilizar datos geométricos globales de 30 m o de una resolución mejor.

5.2.3 El análisis de datos geológicos deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Incorporar las conclusiones de la evaluación de estabilidad estructural geológica regional, las principales fallas y los parámetros de movimiento del suelo determinados para el área del proyecto.
- b) Puede reflejar la topografía y la geomorfología regional, la litología estratigráfica, la estructura geológica, las condiciones hidrogeológicas y los fenómenos geológicos físicos.

5.2.4 El análisis de datos del sistema de potencia deberá incluir la siguiente información.

- a) Estado actual de la red eléctrica y análisis del plano de la red eléctrica: incluida la estructura de la red eléctrica, la distribución geográfica, los niveles de voltaje y la relación y el impacto en el desarrollo de PCH propuesto y planificado.
- b) Análisis de planificación y estado de la fuente y la demanda (carga) de energía: incluida la estructura de la fuente y la demanda (carga) de energía, la demanda (carga) de energía máxima anual, la demanda (carga) de energía mínima anual, la distribución de la demanda (carga) anual, el suministro de energía anual, la tasa de crecimiento de potencia, los mercados energéticos, las regulaciones y el impacto de la integración con otras energías renovables, como la eólica y la solar.

5.2.5 Otros análisis de datos deberán incluir una evaluación exhaustiva de la autenticidad, actualidad y pertinencia de los datos.

6 Cálculo del potencial hidroeléctrico de la cuenca o subcuenca hidrográfica

6.1 El potencial teórico de energía hidráulica del río (tramo) se expresará en términos de producción (potencia) anual promedio (kW) o energía anual promedio (kWh). La producción media anual y la energía media anual se convertirán mutuamente mediante la fórmula (A.1).

6.2 El potencial teórico de energía hidráulica del río (tramo) se calculará en segmentos. Se debería utilizar un punto de entrada de afluente más grande como punto de segmentación para el cálculo de la energía hidráulica del río. Tomando el punto de entrada del afluente como la interfaz, la sección adyacente aguas arriba es la sección inferior del tramo superior, y la sección adyacente aguas abajo del punto de entrada es la sección superior del tramo inferior. Se considerará como un segmento el tramo con un gran cambio de pendiente longitudinal del cauce. Se considerará como un segmento el tramo que presente condiciones de desarrollo particularmente ventajosas.

6.3 Se calculará el caudal promedio anual en cada segmento de análisis del río, con sus relaciones de área basadas en las series de datos hidrológicos recopilados del río y las áreas de captación de cada segmento de análisis del río. Si los datos de caudal de la cuenca del río son inadecuados o no están disponibles, la información debe obtenerse mediante los siguientes métodos.

- a) Si hay datos de precipitaciones en esta cuenca fluvial, el coeficiente de escorrentía apropiado debe convertirse a la escorrentía en el mismo período con referencia a la Fórmula (A.2) o cualquier otra fórmula o método adecuados.
- b) Si hay datos de flujo hidrológico en una cuenca fluvial adyacente, se analizará la correlación con la cuenca fluvial, y los datos relevantes después de la revisión podrán usarse para el cálculo de la energía hidráulica.
- c) Los parámetros de caudal hidrológico de la cuenca del río se pueden obtener utilizando los contornos hidrológicos o gráficos efectivos emitidos por el departamento hidrológico o por el departamento correspondiente.
- d) Método de medición in situ.

6.4 Se debe utilizar un mapa topográfico con una escala de 1:50 000 o más para verificar y calcular la diferencia de elevación entre las secciones superior e inferior del tramo mediante una interpretación adecuada. Se recomienda el uso del Modelo Digital de Elevación (DEM)/Modelo Digital del Terreno (DTM).

6.5 Con base en el caudal de los tramos superior e inferior del tramo del río y la diferencia de elevación entre los tramos superior e inferior, la producción anual promedio N_i , (kW) del tramo se calculará mediante la Fórmula (A.3). La energía media anual E_i , (kWh) se calcula mediante la fórmula (A.1).

6.6 Con la producción anual promedio de energía hidráulica acumulada en cada tramo, ΣN_i , y la energía eléctrica anual promedio acumulada en cada tramo, ΣE_i , se puede obtener el potencial teórico de energía hidráulica del río (tramo).

6.7 Según los resultados del cálculo anterior, se puede calcular el potencial teórico de energía hidráulica del río:

- a) La curva de relación entre la elevación del río Z (m) y la longitud del río L (km): $Z = f(L)$. Calcule los valores Z y L y dibuje la curva $Z = f(L)$ en las coordenadas rectangulares. La curva mostrará el gradiente de la superficie del agua del río (o vaguada) a lo largo de la longitud del río.
- b) La curva de relación entre el caudal del río Q (m^3/s) y la longitud del río L (km): $Q = f(L)$. Según el caudal Q calculado en 6.3, el valor L se verifica y calcula utilizando un mapa topográfico o DM/DEM/DTM. Dibuje la curva $Q = f(L)$ en coordenadas rectangulares. Esta curva refleja la variación del caudal del río a lo largo de su longitud.
- c) Curva de acumulación del potencial teórico de energía hidráulica del río $\Sigma N_i = f(L)$; el valor ΣN_i (kW) se puede obtener utilizando directamente el resultado del cálculo en 6.6, el valor L se verifica y se calcula utilizando el mapa/DEM/DTM topográfico. Dibuje la curva $\Sigma N_i = f(L)$ en coordenadas rectangulares. El valor de ordenadas de un determinado punto de la curva indica el potencial total de energía hidráulica desde el punto de partida aguas arriba (por ejemplo, desde el nacimiento del río) hasta la sección.

- d) Curva de potencial unitario del río: $N_d = f(L)$. Es decir, la distribución del valor energético N_d (kW/km) de la longitud unitaria del río del tramo a lo largo de la longitud del río L (km). Esta curva refleja la densidad de energía del tramo. N_d se calcula mediante la fórmula (A.4). El diagrama del potencial teórico de energía hidráulica se muestra en la Figura A.1.

7 Planificación preliminar del sitio

7.1 Contenido de la planificación y principales consideraciones

7.1.1 La planificación preliminar del plan de desarrollo de la PCH incluirá la selección del sitio, el tipo de desarrollo y la escala de construcción de la planta de la PCH.

7.1.2 La planificación preliminar del sitio de la central hidroeléctrica implicará las siguientes consideraciones:

- a) La topografía y geología deberán ser adecuadas para la planificación de las estructuras pertinentes de la central hidroeléctrica.
- b) El potencial hidroeléctrico debería estar relativamente concentrado, y la densidad de energía hidroeléctrica del tramo del río debería ser relativamente mayor.
- c) Evacuación/transmisión de energía: la central hidroeléctrica deberá estar cerca de las áreas de carga o de la red eléctrica.
- d) Se evaluarán y estarán disponibles los accesos y las diferentes opciones de transporte.
- e) Se procurará inundar mínimamente las tierras de cultivo, los pueblos o las ciudades, los bosques y otros recursos naturales y sociales.
- f) Se evitarán las zonas de recursos naturales, las áreas protegidas, los pastizales y los sitios de patrimonio cultural.
- g) La demanda del mercado eléctrico y los requisitos adicionales del sistema de potencia para la utilización de la energía de la PCH propuesta.
- h) La integración completa del abastecimiento de agua, el riego, el turismo y la navegación.
- i) La evitación de conflictos con los esquemas y los planes futuros existentes a nivel nacional y local relacionados con el agua y la gestión de los conflictos entre planes distintos, de acuerdo con los principios de planificación local/estatal/nacional.

7.2 Tipos de estaciones de PCH y condiciones aplicables para su desarrollo

7.2.1 Central hidroeléctrica de tipo presa

Las centrales hidroeléctricas de tipo presa se pueden clasificar en dos tipos: centrales hidroeléctricas de pasada o centrales hidroeléctricas de pie de presa.

- a) La central hidroeléctrica de corriente (a lo largo del canal fluvial) se aplica principalmente al tramo del río en áreas relativamente planas con una cabecera relativamente pequeña (menos de 15 m), donde el río es relativamente ancho; también se utiliza para canales de riego o abastecimiento de agua con cierta caída. Consulte la Figura B.1 y la Figura B.2 para ver diagramas esquemáticos.
- b) La central hidroeléctrica en el pie de una presa se aplica a una amplia gama de cabezas hidráulicas, que van desde unos pocos metros hasta más de 100 metros. Consulte la Figura B.3 para ver un diagrama esquemático.

7.2.2 Central hidroeléctrica con canal de derivación

La central hidroeléctrica con canal de derivación es adecuada para tramos de río donde el canal fluvial es relativamente estrecho, la pendiente del tramo del río es relativamente pronunciada y las condiciones geológicas de las laderas de las orillas del río son favorables. Las alturas aplicables varían desde unos pocos metros hasta unos cientos de metros. Consulte la Figura B.4 en el Apéndice B para ver un diagrama esquemático.

7.2.3 Central hidroeléctrica de flujo continuo basada en embalse (híbrida)

La comúnmente denominada central hidroeléctrica de flujo continuo con canal de derivación o presa de embalse es adecuada para tramos de río donde aguas arriba de la presa puede formar fácilmente capacidad de almacenamiento (diurna, estacional o anual), y aguas abajo de la presa tiene una caída relativamente concentrada. Consulte la Figura B.5 para ver un diagrama esquemático.

7.3 Aprovechamiento de varias condiciones geográficas especiales de los ríos

7.3.1 La cascada natural tiene una caída relativamente concentrada. La presa se puede construir en el lugar apropiado en la pendiente pronunciada de la cascada y, luego, el agua se desvía por el conducto hacia el turbogenerador en la casa de máquinas para generar electricidad. Consulte la Figura B.6 para ver un diagrama esquemático. Sin embargo, dichos planes se planificarán cuidadosamente en coordinación con el departamento de turismo correspondiente, incluida la programación del flujo de cascadas y la generación de energía.

7.3.2 Los rápidos o cascadas naturales se forman fácilmente en los cursos de los ríos en zonas montañosas. Para estos tramos de río, se pueden construir presas de baja altura dependiendo de la situación real y, mediante el uso racional del terreno, se puede desviar agua hacia la casa de máquinas a través de un canal de derivación para generar electricidad. Sin embargo, en el caso de dichas centrales hidroeléctricas, se prestará especial atención a las cuestiones de control de inundaciones. Consulte la Figura B.7 para ver un diagrama esquemático.

7.3.3 En las zonas montañosas, los canales fluviales son en su mayoría curvos, y la distancia de la curva es relativamente pequeña. Se puede construir una presa de baja altura aguas arriba de la curva, para conectar las curvas mediante el uso de un canal (o túnel) de derivación, cortar el canal fluvial curvo y obtener la caída de la curva del río, y la casa de máquinas se puede construir en una ubicación adecuada. en el canal (o túnel) de derivación. Consulte la Figura B.8 para ver un diagrama esquemático.

7.3.4 La cascada de un canal de riego se puede utilizar para construir una central hidroeléctrica en el canal. Para las centrales hidroeléctricas con canal de derivación, el agua de cola después de la generación de energía deberá regresar al canal de riego original. Consulte la Figura B.2 para ver un diagrama esquemático.

7.3.5 La energía cinética del agua que fluye en un río o canal se puede utilizar para producir energía eléctrica. Esto se conoce como generación de energía de "velocidad", ya que se realiza mediante energía cinética en lugar de energía potencial. Consulte la Figura B.9 para ver un diagrama esquemático.

7.4 Estimación de la escala de desarrollo de una central hidroeléctrica

7.4.1 El caudal medio anual en la planificación se puede encontrar utilizando la curva del diagrama de potencial teórico de energía hidráulica del río $Q = f(L)$.

7.4.2 La caída utilizable en la planificación se puede comprobar y calcular.

7.4.3 La producción media anual de la central hidroeléctrica en el momento de la planificación se puede calcular utilizando la fórmula (A.5). El caudal ecológico mínimo se mantendrá de acuerdo con la normativa del estado/país. Si no existe una regulación específica en el país, podrá calcularse como el 10 % del caudal medio anual.

7.4.4 La energía anual de una central hidroeléctrica puede determinarse preliminarmente mediante las horas de utilización anual.

- a) Seleccione las horas de utilización anual previstas para la central hidroeléctrica. Se seguirán los siguientes principios de selección.
- 1) Si la diferencia en las precipitaciones entre las estaciones húmeda y seca es obvia, se toma un valor pequeño. Si la diferencia de caudal entre las estaciones húmedas y secas no es obvia, se toma un valor medio a grande.
 - 2) Se toma un valor pequeño a medio para la central hidroeléctrica que opera en una red conectada a la red; para una central eléctrica aislada, se toma un valor grande.
 - 3) Se toma un valor medio a grande para una central hidroeléctrica sin función de regulación; Se toma un valor mediano para una central hidroeléctrica con función de regulación.

- 4) La capacidad instalada de la PCH se basará en estudios de optimización, teniendo en cuenta la duración del flujo y el mercado energético.
- b) Después de seleccionar el número deseado de horas de utilización anual, se estimará la capacidad instalada, de acuerdo con la Fórmula (A.6).

8 Estudios e investigaciones del sitio

8.1 Estudios hidrológicos

Los estudios hidrológicos incluirán estudios de consistencia de las precipitaciones, investigaciones de campo de escorrentías, investigaciones de inundaciones históricas e investigaciones de flujos secos históricos. Generalmente, el contenido de la encuesta es el siguiente.

- a) Encuesta de consistencia de las precipitaciones: Para áreas con datos históricos cortos, especialmente aquellos sitios que carecen de registros, la encuesta se puede llevar a cabo visitando el sitio y hablando con los residentes a lo largo del río para comprender cualitativamente el patrón de lluvia a lo largo de los años, la consistencia de la distribución dentro del año y la duración de las subidas y las bajantes del río.
- b) Medición de escorrentía: Se puede estudiar una medición aproximada del caudal del tramo del río mediante un caudalímetro portátil, o un método simple de medición del caudal por flotador, para compararlo con el registro histórico en el mismo período.
- c) Estudios históricos de inundaciones:
 - 1) Preparación para encuestas: Es necesario aprovechar al máximo los datos básicos recopilados en el trabajo anterior, como los tramos verticales y horizontales del río, incluidos los niveles más altos de inundación. Los datos históricos deben considerarse de antemano para comprender el número, la magnitud y los momentos en que ocurrieron las inundaciones históricas.
 - 2) Estudios de sitio: Se dará importancia a la selección de un tramo recto del río, centrándose en puentes, monumentos antiguos, curvas y meandros para comprobar las huellas de las inundaciones.
 - 3) Investigación y visita: Visite a los residentes mayores a lo largo del río para determinar el año y el mes de las inundaciones históricas, los rastros y las marcas altas de inundaciones que hayan quedado y el proceso de inundación.
 - 4) Medidas de campo: Se incluirá la elevación de la traza de inundación/marcas de inundación altas y el mapa seccional vertical y horizontal de la sección del río cercano.
- d) Investigación de la estación seca histórica: El proceso de encuesta es similar al estudio de las inundaciones.

8.2 Encuestas en el sitio de planificación

8.2.1 Estudios del sitio de la presa

La ubicación específica se verificará en el sitio de acuerdo con las estructuras de derivación o el sitio de la presa seleccionados en el mapa topográfico. De acuerdo con los principios básicos de selección de la presa, se evaluarán inicialmente las orillas izquierda y derecha y el terreno circundante de la presa, los estratos del subsuelo y la estructura rocosa de la presa para determinar su idoneidad como la mejor ubicación para la construcción de una presa/estructura de derivación.

8.2.2 Estudios del sitio de la central

Se verificará la ubicación de la casa de máquinas seleccionada en el mapa topográfico para asegurar que cumpla con los requisitos básicos en lo que respecta a las consideraciones topográficas y geológicas. Al mismo tiempo, se estudiará la relación posicional relativa entre la casa de máquinas y la presa para justificar si se cumple con el nivel de utilización del cabeza hidráulica previsto en el plan preliminar.

8.2.3 Estudios de líneas de conducción de agua

Se estudiarán las condiciones topográficas y geológicas a lo largo de la línea de conducción de agua. Se evaluarán específicamente las formas desfavorables del terreno, como los deslizamientos de tierra, los colapsos y los grandes tramos de acueductos.

8.2.4 Estudio del embalse

Se investigará la estructura geológica del lecho de la zona del embalse y se prestará atención a la existencia de canales enterrados, embalses fluviales, valles fósiles, cuevas kársticas, fracturas y fallas. Se deberá garantizar una evaluación básica de la estabilidad de la pendiente del borde del embalse.

8.3 Determinación preliminar de las cabezas hidráulicas disponibles para la central hidroeléctrica

8.3.1 La superficie aguas arriba de la presa y la superficie aguas abajo de la casa de máquinas se utilizarán como puntos de medición, y el desnivel natural en el sitio de planificación se medirá utilizando instrumentos de elevación, como un instrumento GPS portátil, un indicador de nivel o una estación total.

8.3.2 La caída natural más la altura de almacenamiento de la estructura de retención de agua planificada se puede adoptar como altura bruta de la central hidroeléctrica. El nivel de agua característico aguas arriba de la estructura de retención de agua se determinará después de la comparación y evaluación del esquema en la etapa de diseño.

8.4 Otras condiciones de construcción para la investigación

En la planificación de la selección del sitio también se deben investigar las siguientes condiciones de construcción:

- a) Evaluar las condiciones de transporte del tren planificado y la viabilidad de la construcción de nuevas carreteras u otras opciones, como teleféricos.
- b) Verificar que las especies animales y vegetales raras cercanas a la planificación sean consistentes con los datos.
- c) Visitar los sitios históricos y su distribución según los registros.
- d) Investigar la densidad y la distribución de la población, el uso y la propiedad del suelo cerca de la zona de planificación y dentro del área del embalse.
- e) Investigar si hay edificios importantes y otras instalaciones públicas en el área de planificación.
- f) Investigar otros planes relevantes para la cuenca.
- g) Investigar la disponibilidad de materiales de construcción.

9 Preparación del plano de sitio de construcción

9.1 Selección de capacidad instalada

La capacidad instalada de la PCH se seleccionará de acuerdo con el relevamiento de datos hidrológicos y la medición de la caída utilizable en el sitio.

9.2 Selección de los tipos de turbinas

El tipo de turbina apropiado se seleccionará inicialmente en la tabla de tipos de turbina o en el cuadro de rango de utilización en función de la cabeza hidráulica y la descarga de la central hidroeléctrica.

9.3 Número de unidades

De acuerdo con la capacidad instalada revisada de la central eléctrica, se selecciona el número de unidades que deberán cumplir los siguientes requisitos.

- a) Para facilitar el mantenimiento y la gestión se seleccionarán unidades de la misma capacidad.
- b) Teniendo en cuenta los requisitos de confiabilidad de la fuente de alimentación, se deben utilizar dos o más unidades.
- c) Cuando la distribución de la escorrentía está muy desequilibrada en las estaciones húmedas y secas, se deben seleccionar unidades de dos capacidades diferentes.
- d) Al seleccionar la capacidad de una sola unidad, se tendrá en cuenta la conveniencia de fabricación, el transporte y la idoneidad de utilización.

9.4 Selección del tipo de presa

El tipo de presa se seleccionará de acuerdo con la topografía, la geología, la hidrología y los materiales de construcción, así como con los resultados de planificación preliminar de los sitios seleccionados, incluidos principalmente los siguientes:

- a) Presa de gravedad: Si bien una presa de gravedad debe construirse sobre una base de roca, también se puede construir sobre una base blanda.
- b) Presa de arco: Este tipo de presa debería construirse en sitios de presas con gargantas fluviales estrechas, colinas simétricas y continuas en ambas orillas y buenas condiciones geológicas.
- c) Presa de relleno de tierra/roca: Este tipo de presa es adecuado para la construcción de presas locales donde hay abundantes materiales que son convenientes para la construcción y el transporte; tiene requisitos relativamente bajos para las condiciones geológicas de los cimientos.
- d) Presa de esclusa/barrera: Este tipo de presa es aplicable a proyectos hidroeléctricos de cabeza hidráulica baja agua en canales fluviales o áreas planas. Generalmente, se construye sobre cimientos de roca o suelo homogéneo, o sobre cimientos no rocosos, como grava arenosa y arcilla blanda. Sin embargo, se evitará la construcción parcialmente sobre cimientos de roca y parcialmente sobre cimientos sin roca.
- e) Presa/presa de persiana: Esto es aplicable a lugares donde la profundidad del agua es inferior a 5 m y el requisito de inundación del lecho del río es alto. Los requisitos de cimentación para una presa de compuertas son los mismos que los de una presa de esclusa.

9.5 Selección de estructuras de aliviadero

Se seleccionarán medidas de descarga de inundaciones y aliviaderos apropiados de acuerdo con el tipo de presa y la topografía circundante. Las formas principales son las siguientes.

- a) La descarga de inundación a través de la presa se puede clasificar en descarga de inundación de aliviadero superficial y descarga de inundación de esclusa media y baja.
- b) La descarga de inundaciones ribereñas se puede clasificar en aliviadero y túnel de aliviadero.
 - 1) Aliviadero: El aliviadero deberá estar asentado sobre una base estable, y el eje deberá ser recto. El flujo deberá mantener una distancia segura de otras estructuras y conectarse con el río aguas abajo. El aliviadero se clasifica como aliviadero de tolva o aliviadero lateral, según la relación entre su eje y el eje de la barrera o presa.
 - 2) Túnel de aliviadero: Se deberán realizar comparaciones económicas y técnicas para elegir entre un túnel a presión o sin presión. El túnel de derivación de la construcción podrá utilizarse como túnel de aliviadero.

Todos los aliviaderos deberán contar con espacios adecuados para estructuras disipadoras de energía, dependiendo del tipo de aliviadero y de las características topográficas y geológicas.

9.6 Selección de estructuras de toma de agua

Las estructuras de toma de agua dentro o fuera de la presa se seleccionarán según los diferentes tipos de centrales hidroeléctricas. La selección de la toma de agua deberá cumplir los siguientes requisitos.

- a) La toma de agua de la central hidroeléctrica ubicada en el pie de una presa podrá instalarse en el interior de la presa.
- b) El tipo de derivación del proyecto hidroeléctrico tendrá la toma de agua instalada fuera de la presa.
- c) La toma de agua exterior a la presa podrá ubicarse en un lado de la ribera del río.
- d) Para ríos cargados de sedimentos, se debe instalar una cuenca de sedimentación adyacente a la toma de agua. Cuando las condiciones del terreno restringen la instalación de la cuenca de sedimentación o la altura del agua de lavado de arena no es suficiente, esta se puede mover hacia abajo, a lo largo del canal de derivación, hasta la posición adecuada.

9.7 Selección de estructuras de derivación

El sistema conductor de agua de la central hidroeléctrica incluye el canal, el túnel, la cuenca de sedimentación, la cámara de carga, la tubería forzada, la cámara de compensación, el paso de peces y el canal de descarga. La selección de cada parte deberá respetar las siguientes condiciones:

- a) Canal: Se debe elegir la ruta del canal a lo largo de la curva de nivel. Se prefiere la ruta más corta y factible.
- b) Túnel: El túnel puede clasificarse como túnel de presión o túnel de flujo libre. Para reducir la longitud del canal, el túnel se podrá excavar, si las condiciones geológicas de la montaña cumplen los requisitos. El túnel se mantendrá alejado de estructuras geológicas, como fallas, fracturas y cuevas kársticas.
- c) Cuenca de sedimentación: Según el contenido de los sedimentos, el tamaño de las partículas de sedimentos y la cabeza hidráulica de la central hidroeléctrica, se juzgará la necesidad de instalar una cuenca de sedimentación. La cuenca de sedimentación deberá estar ubicada sobre una base estable y tener capacidad para descargar los sedimentos convenientemente.
- d) Cámara de carga: La cámara de carga estará ubicada al final del sistema de derivación de agua sin presión y antes de que la tubería forzada dirija el agua hacia la turbina. La cámara de carga de presión deberá estar alejada de deslizamientos de tierra, desarrollo de fracturas cuesta abajo o pendientes pronunciadas. La cámara de carga estará ubicada sobre una base sólida, de baja permeabilidad y en combinación con la tubería forzada y la casa de máquinas.

- e) Tubería forzada: La forma, los parámetros y los métodos de soporte de la tubería forzada serán determinados por el diseño posterior.
- f) Cámara de sobrepresión: En el sistema de derivación de presión de una central hidroeléctrica, si existe la posibilidad de un golpe de ariete directo según el resultado del cálculo de la firma de regulación de la turbina, se debe instalar una cámara de compensación en una posición adecuada de la tubería de presión, antes de la turbina. Si las condiciones geográficas lo permiten, la cámara de compensación se instalará cerca de la central hidroeléctrica. Se instalará sobre una base sólida con baja permeabilidad al agua.
- g) Pasaje de peces: En la estructura de derivación se puede proporcionar un paso adecuado para peces.

9.8 Tipos de casas de máquinas

El tipo de casa de máquinas se seleccionará mediante comparación económica y técnica, de acuerdo con las condiciones topográficas y geológicas, el nivel del agua aguas arriba y aguas abajo y otros factores. Los tipos de casas de máquinas incluyen superficie, subterránea, semisubterránea, de desbordamiento y dentro de la presa.

9.9 Ubicación de la subestación transformadora

La subestación transformadora deberá estar lo más cerca posible de la casa de máquinas, en combinación con las características topográficas. Se evitarán los lugares bajos y propensos a hundimientos.

9.10 Ubicación del canal de descarga

El canal de descarga deberá ubicarse teniendo en cuenta la descarga suave del flujo y deberá evitar la influencia del flujo de agua en la salida de las estructuras del aliviadero.

9.11 Disposición de las estructuras principales

Bajo la premisa de satisfacer las condiciones geológicas y de construcción, los principios de diseño incluyen principalmente los siguientes elementos:

- a) Las condiciones topográficas se aprovecharán al máximo para optimizar la cantidad de trabajo de construcción.
- b) La casa de máquinas deberá estar lo más cerca posible de la presa.
- c) La subestación transformadora deberá estar lo más cerca posible de la casa de máquinas.
- d) Se deberá tener en cuenta la conveniencia del transporte de equipos, especialmente la posibilidad de transportar los equipos más grandes y pesados.

- e) Se prestará la debida atención a la prevención de inundaciones.
- f) Se evitará el patrimonio cultural.
- g) Se tendrá en cuenta la facilidad de construcción.
- h) Se tendrá en cuenta la apariencia armónica y elegante de la disposición general de las estructuras principales.
- i) Se debe incluir la facilitación de visitas educativas y turísticas cuando sea parte de la regulación local.

10 Evaluación y predicción

10.1 Evaluación preliminar del impacto social y medioambiental

10.1.1 Se investigará el estado actual del entorno natural y social dentro y alrededor del sitio de la central hidroeléctrica, la zona del embalse y las zonas posiblemente afectadas por la construcción; esto se utilizará como línea base para evaluar los impactos sociales y ambientales del proyecto.

10.1.2 El impacto sobre los organismos acuáticos y terrestres dentro de las áreas de construcción y aguas abajo se evaluará de acuerdo con el tipo de desarrollo, escala y modo de operación de la central hidroeléctrica.

10.1.3 Se evaluará el alcance del impacto permanente en la vegetación que rodea el proyecto después de que se tomen las medidas de restauración, con base en el área requerida para la central hidroeléctrica, incluida la fase de construcción.

10.1.4 Se estimará el grado de inundación de bosques, cultivos, tierras de cultivo y bosques en la zona del embalse.

10.1.5 Se estimará el número de reubicaciones de viviendas y la población para el reasentamiento.

10.1.6 Con base en los resultados de la encuesta, se emitirán dictámenes de evaluación preliminar (audiencia pública) sobre el impacto ambiental del proyecto, de acuerdo con los criterios de evaluación ambiental del país.

10.2 Evaluación de la demanda de energía

10.2.1 De acuerdo con el estado actual de la demanda de energía y el plan de desarrollo socioeconómico, se deberá realizar el pronóstico de carga a corto, mediano y largo plazo para el área de suministro directo de energía, incluidos el perfil de carga, los tipos de cargas, como variaciones domésticas, comerciales, industriales, institucionales, estacionales y anuales.

10.2.2 La tendencia de desarrollo del mercado eléctrico se predecirá de acuerdo con el estado actual de la carga y el plan nacional de desarrollo económico.

10.3 Estimación de costos y evaluación de beneficios

10.3.1 Los métodos de estimación de costos incluyen el método de estimación *sub-hem* y el método de cálculo integral de costos, los cuales deberán cumplir con los siguientes requisitos.

- a) Método de estimación *sub-hem*: Primero, se estiman las cantidades del proyecto de los diferentes componentes de la central hidroeléctrica de acuerdo con el esquema propuesto; luego, se realiza el análisis de precios unitarios, de acuerdo con el índice de precios local, después de lo cual se estima el costo del proyecto de acuerdo con las cantidades del proyecto y el precio unitario. El costo de los equipos electromecánicos podrá estimarse por conjuntos. Una vez resumidos los costos del subproyecto, se obtendrá el costo total de la construcción de la central hidroeléctrica.
- b) Método de cálculo de costos integral: El costo total de construcción de la central hidroeléctrica es el producto del precio unitario integral (costo por kilovatio) del mismo tipo de central hidroeléctrica local y la capacidad instalada de la central hidroeléctrica.
- c) Para la estimación de costos, se pueden utilizar estudios de costos paramétricos y empíricos.

10.3.2 Calcule el costo total estático del proyecto. Analizar y calcular índices económicos de la central hidroeléctrica, como costo por kilovatio y costo por kilovatio-hora.

10.3.3 El costo anual de generación de energía y operación de la central hidroeléctrica se puede calcular de acuerdo con el índice estadístico del país, es decir, la relación entre el costo de generación y operación de energía de la central hidroeléctrica y el costo de construcción.

10.3.4 Los beneficios de los planes de la planta de PCH se evaluarán en función de la utilización de electricidad, el desarrollo del área y los beneficios socioeconómicos.

10.4 Evaluación del sitio y secuencia de desarrollo

10.4.1 La evaluación técnica de la planificación se realizará desde los aspectos de utilización de la energía hidroeléctrica, dificultad de construcción y utilización integral.

10.4.2 Se realizará una evaluación económica preliminar de la planificación con base en el costo estimado preliminar mediante el método estático o dinámico.

10.4.3 Se realizará una evaluación del beneficio social en función del aporte que la central hidroeléctrica pueda brindar a la sociedad luego de su finalización.

10.4.4 Se harán sugerencias sobre la secuencia de desarrollo de acuerdo con las condiciones de recursos y las condiciones de desarrollo de la planificación y los siguientes factores:

- a) Satisfacer las necesidades eléctricas actuales de la región, así como las necesidades de desarrollo socioeconómico y de carga.
- b) Cumplir con los requisitos energéticos locales del sistema de potencia.
- c) Alinearse con la capacidad de inversión y el nivel de tecnología de la construcción.
- d) Coordinar con el plan general de ordenación y desarrollo de la cuenca hidrográfica.

11 Elaboración del informe de planificación de la selección del sitio

El informe de planificación de selección del sitio deberá contener lo siguiente:

- a) Los resultados de la planificación de la selección del sitio para el desarrollo de PCH, incluidas las condiciones naturales de la cuenca del río, el estado de los recursos hidroeléctricos en la cuenca del río, los resultados de la selección del sitio, la evaluación integral del sitio y la secuencia de desarrollo.
- b) La autenticidad, actualidad y aplicabilidad de los datos hidrológicos y otros materiales.
- c) La recopilación, el análisis, la interpolación y la citación de datos.
- d) Los principios de planificación, los métodos de planificación y las etapas técnicas.
- e) Se explicarán las condiciones de construcción de cada planificación, incluidos los sedimentos del río, la condición geológica de ingeniería, la conservación del agua y la energía hidroeléctrica, la extensión de la inundación del embalse, el plan de construcción y el diseño de ingeniería, la evaluación del impacto social y ambiental, la evaluación de la carga, la estimación de costos y beneficios, la evaluación económica. y la evaluación técnica.
- f) Junto con los resultados resumidos de la planificación, se realizará una evaluación integral de los proyectos de PCH.
- g) El informe de planificación de selección de acuerdo con el esquema del Anexo C, con los cuadros pertinentes adjuntos.

**Apéndice A
(informativo)**

**Cálculo del potencial teórico de energía hidráulica del río
Fórmula de estimación de capacidad instalada en un sitio planificado**

A.1 Fórmula de conversión de producción media anual de energía hidráulica y de potencia media anual de energía hidráulica

$$N = \frac{E}{8\ 760} \text{ (n.º de horas en un año)} \dots\dots\dots (A.1)$$

Donde

N es la potencia de salida (capacidad), en kW;

E es la energía hidráulica (electricidad), en kWh.

A.2 Fórmula de conversión para lluvia y profundidad de escorrentía (aplicable para microcuencas), también conocido como método racional

$$x = \alpha \cdot y \dots\dots\dots (A.2)$$

donde

x es la precipitación, en mm;

y es la profundidad de escorrentía, en mm;

α es el coeficiente de escorrentía.

A.3 Fórmula de cálculo del potencial hídrico teórico de alcance

$$N_i = 9.81 \frac{Q_1 + Q_2}{2} H_i \dots\dots\dots (A.3)$$

Donde

N_i es la potencia de salida (capacidad) del tramo i , en kW;

Q_1 es el caudal medio anual en el tramo superior del tramo i , en m^3/s ;

Q_2 es el caudal medio anual en el tramo inferior del tramo i , en m^3/s ;

H_i es la diferencia entre las cotas de los tramos superior e inferior del tramo i , en m.

A.4 Fórmula para la densidad de energía hidráulica por unidad de longitud del tramo del río

$$N_d = \frac{N_i}{L_i} \dots\dots\dots (A.4)$$

donde

N_d es la densidad de energía hidráulica en unidad de longitud de alcance l , en kW/km;

N_i es la producción de agua (potencia) de alcance l , en kW;

L_i es la longitud del tramo i , en km.

A.5 Fórmula para la producción anual media del sitio de planificación de PCH

$$N_j = 9.81 QH\eta_1 \eta_2 \dots\dots\dots (A.5)$$

donde

N_j es la producción (potencia) media anual de la central hidroeléctrica prevista, en kW;

Q es el caudal medio anual de planificación ella, en m^3/s ;

H es la cabeza hidráulica utilizable en el momento de la planificación, en m;

η_1 es el coeficiente de toma de agua en la planificación (se toma 0,9, mientras que el 10 % restante del caudal medio anual se considera como caudal ecológico normal);

η_2 es el coeficiente de eficiencia global de las unidades (se toma de 0,75 a 0,85).

A.6 Fórmula de estimación de la capacidad instalada de una estación de PCH

$$P = 8\,760 \frac{N_j}{hnl} \dots\dots\dots (A.6)$$

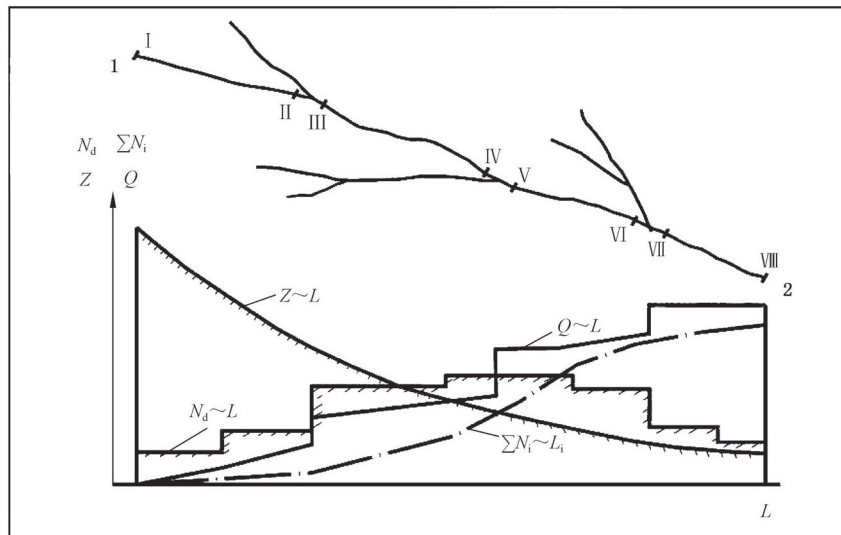
donde

P es la capacidad instalada de la central hidroeléctrica proyectada, en kW;

N_j es la producción media anual de potencia planificada (potencia), en kW;

h_{nl} son las horas de funcionamiento anuales de la central hidroeléctrica planificada, en h.

A.7 Diagrama de potencial teórico de la energía hidráulica de los ríos



Clave

- 1. Fuente del río
- 2. Desembocadura
- Tramo I al VIII del río

Figura A.1. Diagrama del potencial teórico de la energía hidráulica del río

**Apéndice B
(informativo)**

**Diagrama esquemático de tipos de desarrollo y utilización de terreno especial
para estaciones de SHP**

B.1 Diagrama esquemático de los tipos de desarrollo de las estaciones de PCH

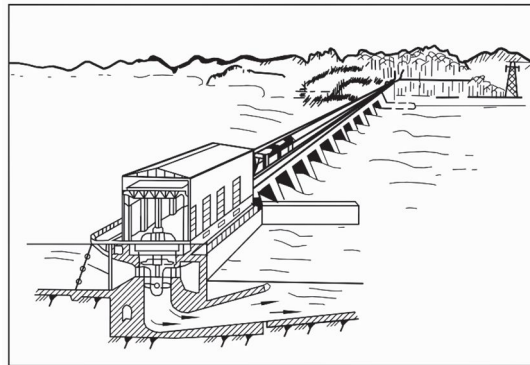


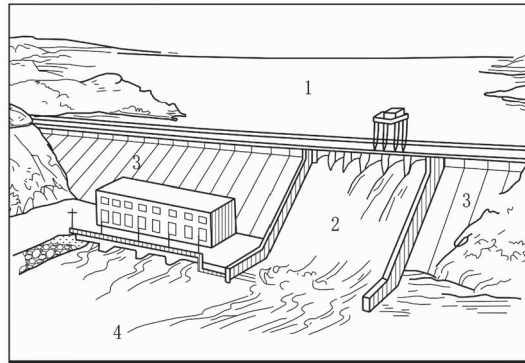
Figura B.1. Central hidroeléctrica interna



Clave

1. Canales de irrigación
2. Válvula graduada
3. Casa de máquinas

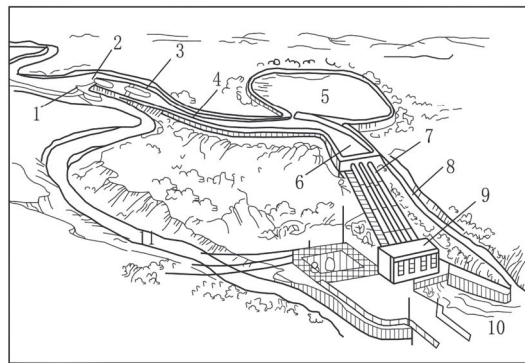
Figura B.2. Caída del canal de la central hidroeléctrica



Clave

- 1. Embalse
- 2. Presa de desbordamiento
- 3. Presa sin desbordamiento
- 4. Cauce

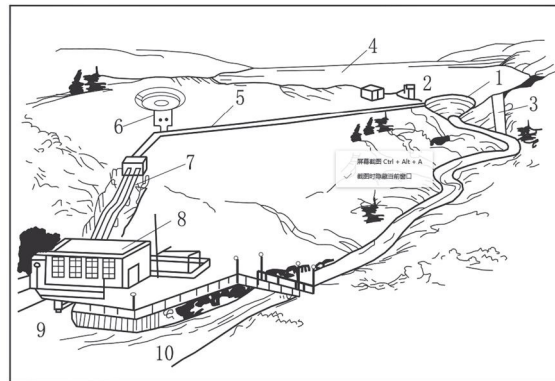
Figura B.3. Central hidroeléctrica de pie de presa



Clave

- 1. Presa de desbordamiento
- 2. Entrada de agua
- 3. Depósito de lavado de arena
- 4. Canal de derivación
- 5. Embalse regulador
- 6. Cámara de carga de presión
- 7. Tubería forzada
- 8. Canal de riego
- 9. Casa de máquinas
- 10. Canal de descarga
- 11. Cauce

Figura B.4. Central hidroeléctrica de tipo derivación

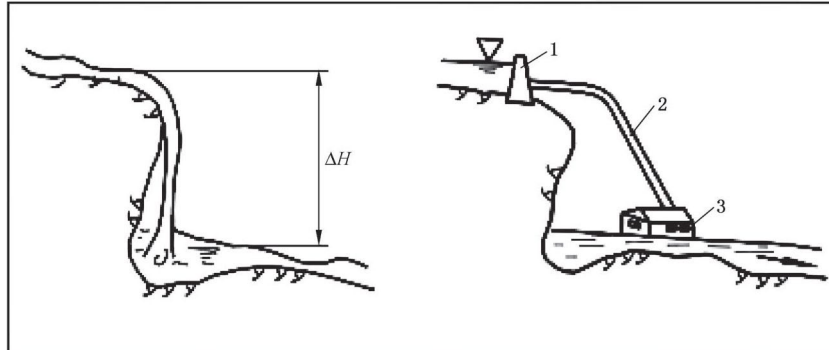


Clave

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Presa | 6. Chimenea de equilibrio |
| 2. Entrada de agua | 7. Tubería forzada |
| 3. Aliviadero | 8. Casa de máquinas |
| 4. Embalse | 9. Canal de descarga |
| 5. Túnel de presión | 10. Cauce |

Figura B.5. Central hidroeléctrica de flujo continuo basada en embalse (híbrida)

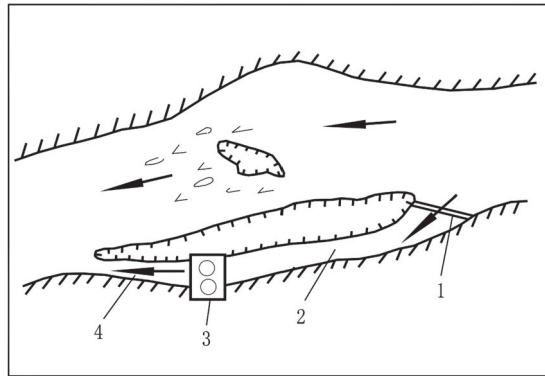
B.2. Diagrama esquemático del aprovechamiento de varias condiciones geográficas especiales en el canal fluvial



Clave

- | |
|---------------------|
| 1. Presa |
| 2. Tubería forzada |
| 3. Casa de máquinas |

Figura B.6. Utilización de cascadas naturales



Clave

- 1. Entrada de agua
- 2. Canal de derivación
- 3. Casa de máquinas
- 4. Canal de derivación

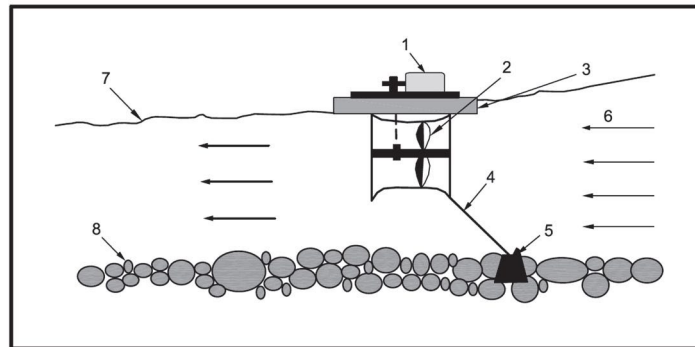
Figura B.7. Utilización de rápidos de torrentes o cascadas naturales



Clave

- 1. Presa de arco de albañilería
- 2. Embalse
- 3. Túnel
- 4. Tubería forzada
- 5. Casa de máquinas
- 6. Río
- 7. Poblado

Figura B.8. Utilización del recodo del río



Clave

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. Generador | 5. Base o anclaje |
| 2. Ábame de turbina | 6. Flujo de agua |
| 3. Plataforma flotante | 7. Superficie del agua |
| 4. Cable de anclaje | 8. Cauce |

Figura B.9. Utilización de la energía cinética del agua que fluye en un río o canal

**Apéndice C
(informativo)
Informe de planificación de la selección del sitio
(Descripción)**

C.1 Esquema

—Índice

—Fotografías relacionadas del sitio, figuras y mapas

—Capítulo I: Descripción general

- 1) Ubicación geográfica, área administrativa y sistema hidráulico del río (tramo) en el que se ubica la PCH planificada.
- 2) Las condiciones naturales de las áreas adyacentes de la cuenca del río, incluidas las tendencias geográficas, la topografía, la hidrometeorología, la vegetación forestal, la geología regional y los recursos minerales.
- 3) Las condiciones socioeconómicas dentro de la cuenca del río, incluida la distribución de la población, la situación económica, la estructura industrial, los cereales y cultivos, el estilo de vida, las creencias religiosas y la gestión administrativa.
- 4) El estado de los recursos hidroeléctricos dentro de la cuenca fluvial planificada, incluidos los recursos hidroeléctricos totales, la distribución de los recursos, las características de los recursos y la capacidad explotable.
- 5) Resumen de los resultados de la planificación, incluida la capacidad total de desarrollo de recursos, el número de centrales hidroeléctricas, la distribución del sitio y los indicadores técnicos y económicos.
- 6) Figuras y tablas:
 - Diagrama esquemático de la ubicación de la central hidroeléctrica planificada (ver Figura C.1).
 - Diagrama esquemático de la ubicación y sección longitudinal de la central hidroeléctrica planificada (ver Figura C.2).
 - Cuadro resumen de las características de ingeniería de la central hidroeléctrica planificada (ver Tabla C.1).

—Capítulo II: Descripción de datos

- 1) Recopilación y compilación de datos; incluido el tipo de datos, la fuente de los datos, los métodos de recopilación, la presentación, etc.
- 2) Evaluación básica de datos; incluida la integridad, actualidad, autenticidad y aplicabilidad de los datos.
- 3) Análisis técnico de datos; incluido el suplemento de la serie de datos, el análisis de consistencia, la evaluación de resultados y el valor de aplicación.

—Capítulo III: Principios y métodos de planificación

- 1) Descripción de los principios de planificación, incluidos los objetivos de planificación, el control ambiental y las bases de planificación.
- 2) Descripción de los métodos de planificación, incluidos los procedimientos de planificación, los principales métodos técnicos y el control de calidad de los resultados.

—Capítulo IV: Descripción del sitio de planificación

- 1) Principios de selección del sitio, incluidos los principios de utilización de recursos, las condiciones de construcción, las prioridades tecnológicas y las prioridades económicas.
- 2) Descripción de los resultados de la selección del sitio, incluidos el modo de desarrollo, las condiciones de construcción, los migrantes del área de inmersión, impactos sociales y ambientales, indicadores técnicos y económicos y costos estimados.

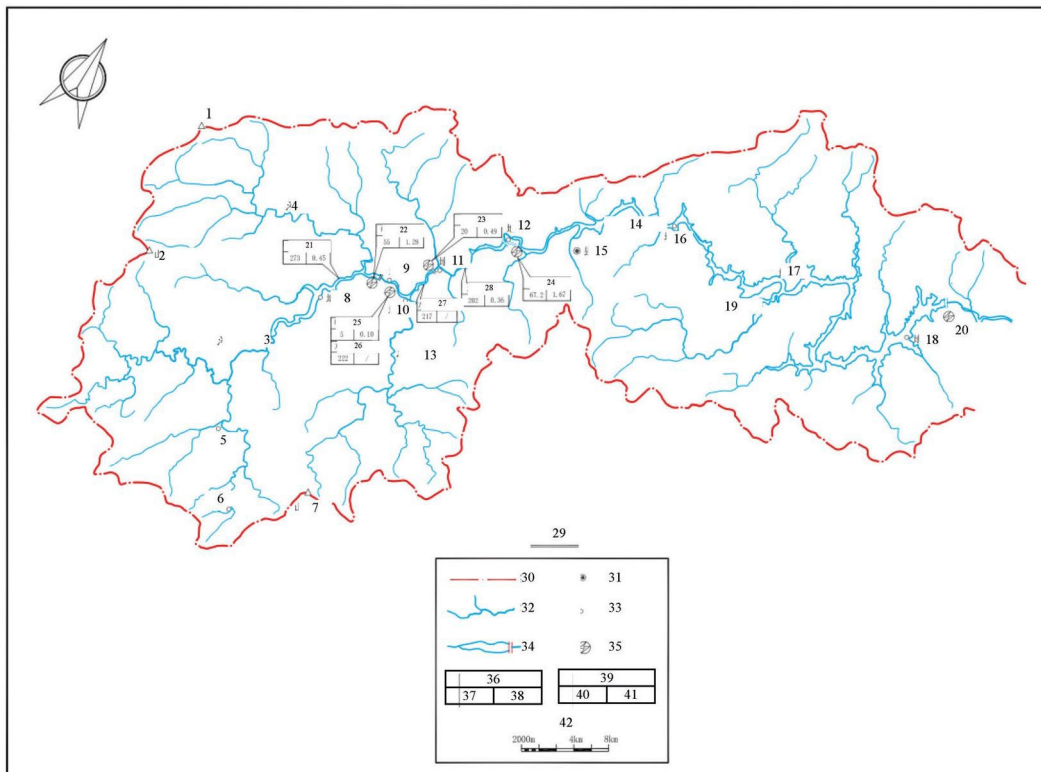
—Capítulo V: Evaluación comprensiva

- 1) Evaluación de los recursos hidroeléctricos, incluidos el potencial total, la distribución espacial y temporal, la densidad energética y las condiciones de desarrollo.
- 2) Evaluación de la central hidroeléctrica planificada, incluidos el nivel de utilización de recursos, la racionalidad del diseño, el valor de desarrollo y la mitigación y control del impacto ambiental.

—Capítulo VI: Sugerencias sobre el desarrollo

- 1) Diseño del trabajo preliminar, incluida la revisión de recursos, la observación hidrológica y el plan de estudio de factibilidad.
- 2) Propuestas de desarrollo de recursos, incluidas la secuencia de desarrollo, las condiciones de desarrollo y las precauciones.

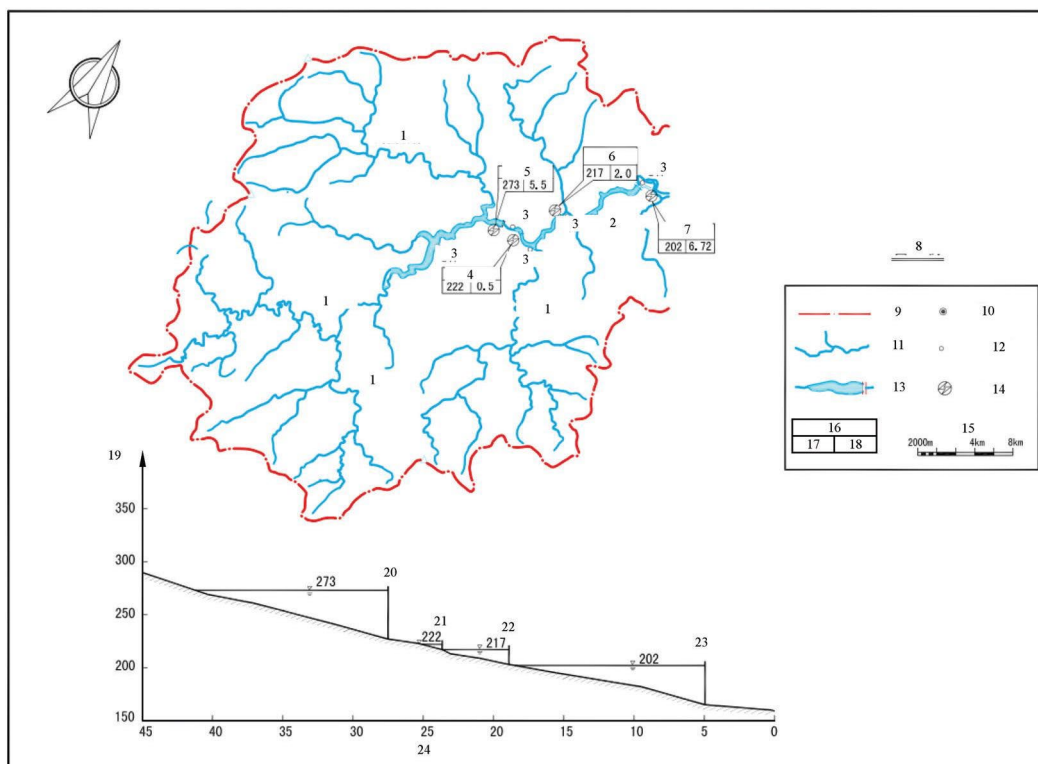
C.2. Figuras y tablas



Clave

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Nombre del pico de la montaña 3 | 22. Nombre de la central eléctrica 1 |
| 2. Nombre del pico de la montaña 2 | 23. Nombre de la central eléctrica |
| 3. Nombre del río 1 | 24. Nombre de la central eléctrica 4 |
| 4. Nombre del río 2 | 25. Nombre de la central eléctrica 2 |
| 5. Nombre del lugar 2 | 26. Nombre del embalse 2 |
| 6. Nombre del lugar 1 | 27. Nombre del embalse 3 |
| 7. Nombre del pico de la montaña 1 | 28. Nombre del embalse 4 |
| 8. Nombre del lugar 3 | 29. Leyenda |
| 9. Nombre del lugar 4 | 30. Cuenca de drenaje |
| 10. Nombre del lugar 5 | 31. Condado |
| 11. Nombre del lugar 6 | 32. Río |
| 12. Nombre del lugar 7 | 33. Ciudad |
| 13. Nombre del río 3 | 34. Embalse |
| 14. Nombre del río 4 | 35. Central hidroeléctrica |
| 15. Nombre del condado | 36. Nombre del embalse |
| 16. Nombre del lugar 8 | 37. Nivel normal de la pileta |
| 17. Nombre del lugar 9 | 38. Almacenamiento normal en embalse (m ³) |
| 18. Nombre del lugar 10 | 39. Central hidroeléctrica convencional |
| 19. Nombre del embalse 5 | 40. Capacidad instalada (MW) |
| 20. Nombre de la central eléctrica 5 | 41. Producción de energía anual (kWh) |
| 21. Nombre del embalse 1 | 42. Escala |

Figura C.1. Diagrama esquemático de la ubicación de la central hidroeléctrica planificada



Clave

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Nombre del río | 13. Embalse |
| 2. Nombre de la cuenca | 14. Central hidroeléctrica |
| 3. Nombre del lugar | 15. Escala de trazado |
| 4. Central hidroeléctrica | 16. Central hidroeléctrica convencional |
| 5. Central hidroeléctrica 1 | 17. Nivel normal de la pileta (m) |
| 6. Central hidroeléctrica 3 | 18. Capacidad instalada (kW) |
| 7. Central hidroeléctrica 4 | 19. Elevación (m) |
| 8. Leyenda | 20. Central eléctrica 1 |
| 9. Cuenca de drenaje | 21. Central eléctrica 2 |
| 10. Condado | 22. Central eléctrica 3 |
| 11. Río | 23. Central eléctrica 4 |
| 12. Ciudad | 24. Distancia a la ría** (km) |

Figura C.2. Diagrama esquemático de la ubicación y sección longitudinal de la central eléctrica planificada

Tabla C.1. Principales indicadores técnicos y económicos de las centrales hidroeléctricas planificadas en el río xx

Elementos	Unidad	Nombre de la central hidroeléctrica			
		XXX	XXX	XXX	XXX
Sitio del proyecto					
Distancia a afluentes	km				
Área de captación en presa/sitio de derivación	km ²				
Flujo medio anual	m ³ /s				
Esorrentía media anual	m ³				

Tabla C.1 (continuación)

Elementos	Unidad	Nombre de la central hidroeléctrica			
		XXX	XXX	XXX	XXX
Descarga media anual de sedimentos	kg				
Nivel de agua normal	m				
Nivel de agua muerta	m				
Capacidad total del embalse	m ³				
Capacidad del embalse por debajo del nivel normal del agua	m ³				
Capacidad del embalse inactivo	m ³				
Capacidad de embalse regulada	m ³				
Desempeño de la regulación					
Caída utilizable	m				
Capacidad instalada	kW				
Generación de energía media anual	kWh				
Horas de utilización anual	h				
Flujo de generación de energía	m ³ /s				
Demanda ecológica de agua	m ³ /s				
Sumersión del embalse	Tierras de cultivo	km ²			
	Población	persona			
Modo de desarrollo					
Tipo de presa (compuerta)					
Altura máxima de la presa (compuerta)	m				
Longitud del túnel/canal de carrera principal	m				
Litología del sitio de la presa					
Intensidad del terremoto	grado				
Objetos ambientalmente sensibles					
Costo total estimado	divisa unidad				
Costo estimado por kilovatio	unidad monetaria/kW				
Costo estimado por kilovatio-hora	unidad monetaria/kWh				
Período de construcción	año				