

ENERGÍA HIDROELÉCTRICA



ASPECTOS GENERALES



El agua, una de las fuentes energéticas más antiguas conocidas por el hombre, no solo es esencial para la vida y la producción de alimentos, sino también para la generación de energía renovable o generación hidroeléctrica. Según el informe de 2022 de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), las centrales hidroeléctricas representan alrededor del 38% de la capacidad total de energía renovable a nivel mundial, alcanzando una capacidad total de 1.392 GW.

A pesar de ser una de las formas más antiguas de energía renovable, la continua innovación ha mejorado la eficiencia de las centrales hidroeléctricas a lo largo de los años. Gracias a la tecnología actual, cerca del 90% de la energía del agua puede convertirse en electricidad, un porcentaje significativamente mayor que el logrado con las fuentes de energía convencionales.



Los bajos impactos ambientales y la alta eficiencia son dos factores clave que contribuyen al excelente desempeño de las centrales hidroeléctricas, lo que lleva a que las cinco principales instalaciones de energía renovable en el mundo, en términos de energía producida, estén impulsadas por la fuerza del agua.

La energía hidroeléctrica se posiciona como una opción energética versátil y sostenible, ofreciendo una combinación única de estabilidad, flexibilidad y beneficios ambientales. Con un enfoque renovado en la transición hacia una economía más verde, la hidroelectricidad se erige como un pilar fundamental en la búsqueda de un futuro energético más sostenible y resiliente.

Fuente: Canva

¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA?

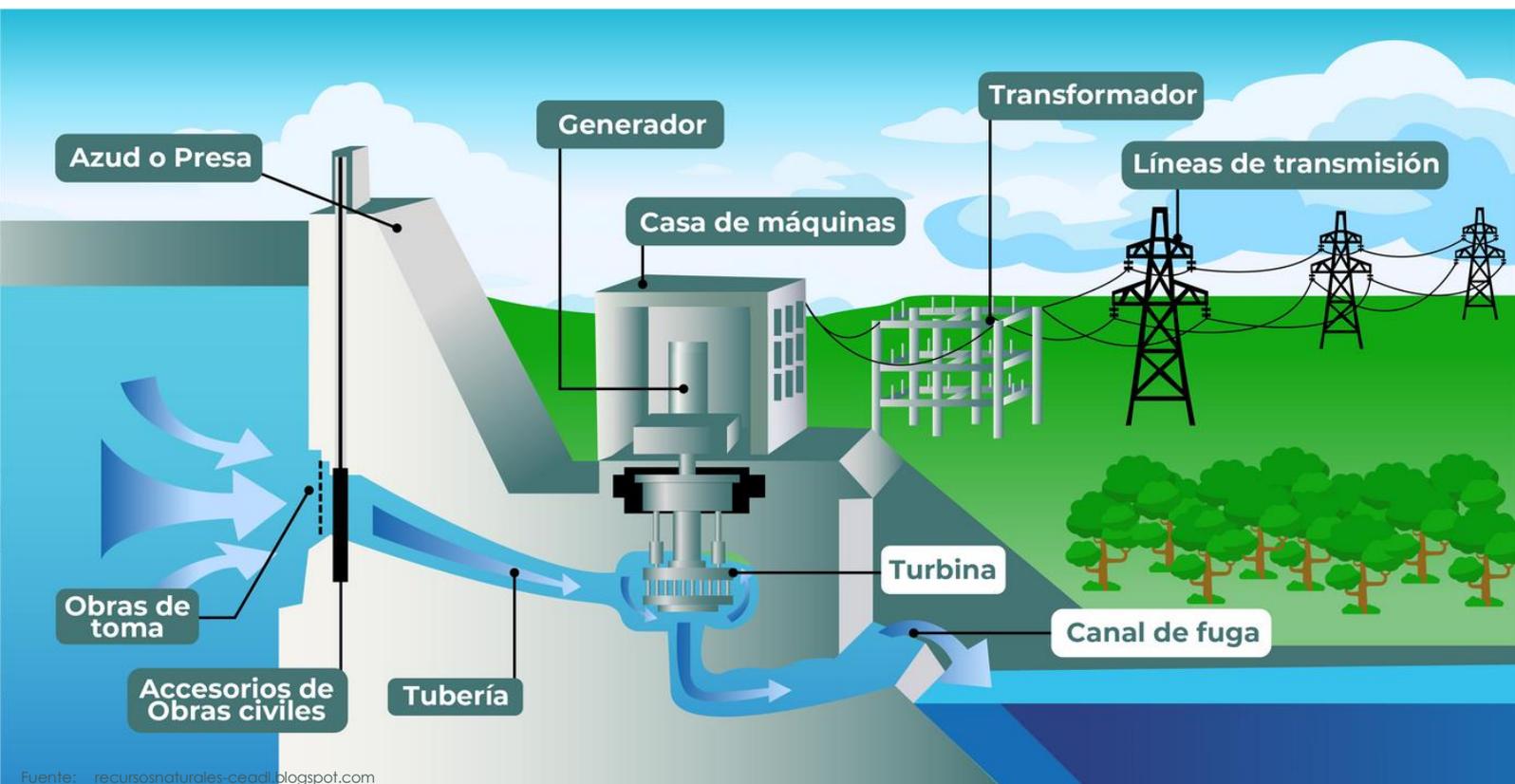
La energía hidroeléctrica depende de dos aliados simples pero fundamentales:

- El agua
- La gravedad

La central hidroeléctrica funciona como una gran fábrica que utiliza la fuerza del agua para generar electricidad.

Primero, el agua proviene de un río o de un embalse, que es un gran lago artificial contenido por una represa. Para aprovechar el movimiento del agua, se construyen tuberías forzadas que la dirigen desde lo alto hacia unas grandes turbinas de metal. Estas turbinas, similares a ruedas gigantes, giran cuando el agua las golpea con fuerza. Al girar, activan un generador eléctrico en la casa de máquinas, el cual produce electricidad.

La electricidad generada por la central hidroeléctrica se utiliza en los hogares para encender luces, hacer funcionar la televisión y cargar dispositivos. Este proceso es beneficioso para el medio ambiente, ya que proporciona energía limpia y renovable sin quemar combustibles fósiles.





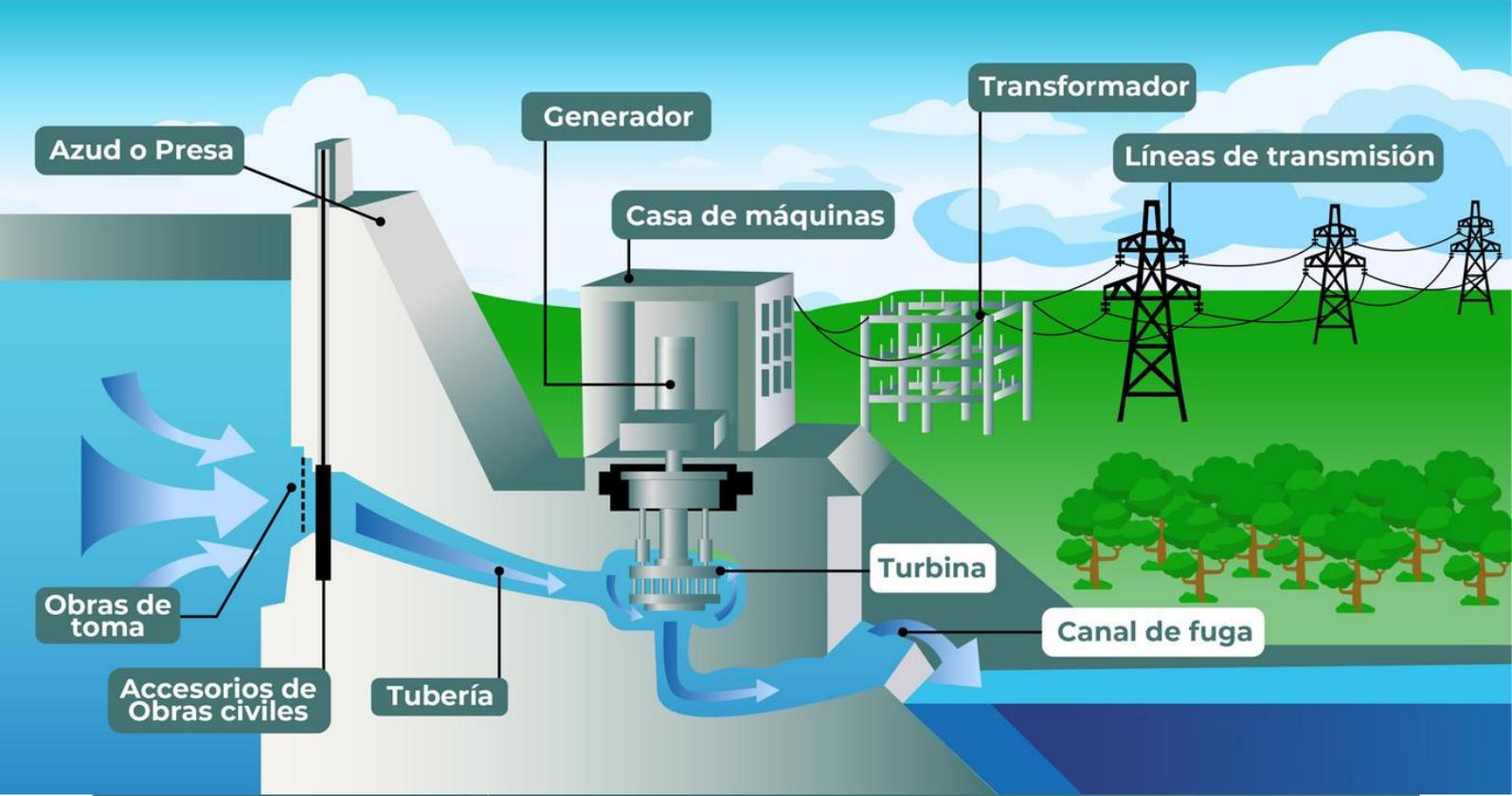
COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para las, micro y minicentrales hidroeléctricas en general la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) hace algunas recomendaciones acerca de los elementos que debe poseer y la forma de determinar los costos (Indacochea, 1981).

La Tabla a continuación se muestra los componentes necesarios de una hidroeléctrica, su descripción y materiales sugeridos para la construcción.

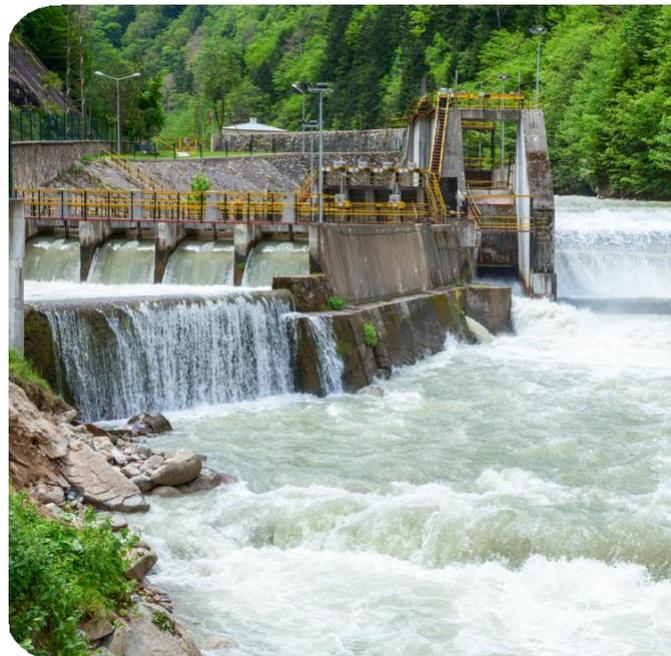
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
AZUD O PRESA	Generalmente se emplea para elevación de nivel, construcción sencilla en concreto, tierra, roca, madera, plásticos o combinaciones.
OBRAS DE TOMA	Estructura para facilitar la entrada de agua al sistema de conducción. Puede ser sumergida o no. Materiales: Concreto, mampostería, piedra lanzada.
SISTEMA DE CONDUCCIÓN	Para el transporte de agua desde la toma hasta la cámara de carga, puede ser por medio de canales o túneles. Es posible utilizar canales de regadío con y sin revestimiento.
CÁMARA DE CARGA	Estructura que facilita el ingreso del agua a la tubería de presión. Puede ser de concreto, asbesto-cemento o ferro cemento entre otros.
DESARENADOR	Sistema para evitar el ingreso de partículas sólidas a la tubería de presión. Puede instalarse como parte de la obra de toma o la cámara de carga (según caudal, terreno, materiales de canal).
ACCESORIOS DE OBRAS CIVILES	Rejillas (control de sólidos), compuertas, vertederos, etc.
TUBERÍA	Conducto por donde fluye el agua a presión desde la cámara de carga a la turbina.
CASA DE MÁQUINAS	Estructura que aloja los grupos generadores, así como a los demás equipos electromecánicos.

Fuente: Elaboración Propia



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
CANAL DE FUGA	Estructura de conducción que restituye el agua de casa de máquinas a la fuente de donde fue tomada.
TURBINA	Motor hidráulico que convierte la energía del agua (Salto o caída y caudal) en energía mecánica.
REGULADOR DE VELOCIDAD	Servomecanismo que mantiene constante la velocidad de giro de la turbina y consecuentemente constante la frecuencia de la energía eléctrica generada.
GENERADOR	Estructura que facilita el ingreso del agua a la tubería de presión. Puede ser de concreto, asbesto-cemento o ferro cemento entre otros.
DESARENADOR	Máquina eléctrica que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
REGULADOR DE TENSIÓN	Sistema electrónico que mantiene la tensión generada a un nivel constante.
TRANSFORMADOR	Equipo eléctrico para variar la tensión (voltaje) permitiendo el transporte de energía a distancias económicas.
ACCESORIOS DE EQUIPO ELECTROMECAÁNICO	Válvula principal (compuerta o esférica) Transmisión Turbina-Generador, por acoplamiento directo o por sistemas de transmisión (fajas en V, cadenas, engranajes). Instrumentación hidráulica (manómetro).

Fuente: Elaboración Propia



VENTAJAS DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA



Impacto Ambiental Mínimo:
La hidroenergía es eficiente y ecológica, a diferencia de los combustibles fósiles que emiten gases de efecto invernadero.



Contribución a Largo Plazo:
Las presas garantizan una inversión duradera en energía, proporcionando estabilidad y seguridad en el suministro eléctrico.



Almacenamiento de Energía:
Los embalses almacenan energía y la liberan para equilibrar la oferta y demanda de electricidad, proporcionando estabilidad operativa.

Las presas hidroeléctricas no solo generan energía, sino que también impulsan el turismo y actividades recreativas al crear lagos. Ofrecen estabilidad y flexibilidad operativa, permitiendo ajustar el flujo de agua según la demanda energética. Además, los embalses pueden servir para irrigación, promoviendo la sostenibilidad agrícola en zonas cercanas. La hidroelectricidad es una fuente confiable y renovable, que reduce la dependencia de combustibles fósiles y contribuye a mitigar el cambio climático.



DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA



Impacto Ambiental y Social: La construcción de embalses causa pérdidas de hábitats y desplaza comunidades, provocando conflictos y pérdidas económicas.

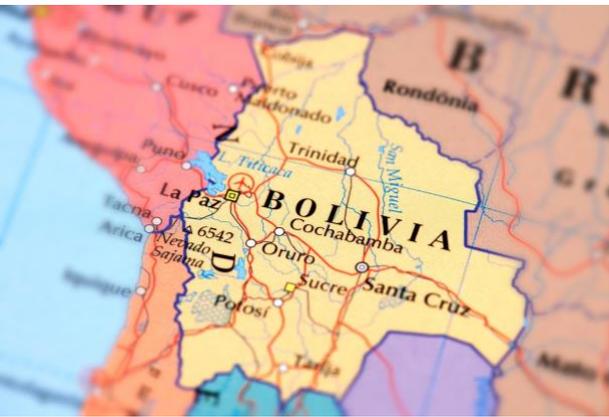


Conflictos Internacionales por el Control del Agua: La construcción de presas puede provocar conflictos internacionales por el control del agua al afectar el suministro aguas abajo y generar tensiones diplomáticas.



Impactos en la Biodiversidad Acuática: La alteración de ríos y hábitats acuáticos afecta la biodiversidad y ciclos vitales de especies.

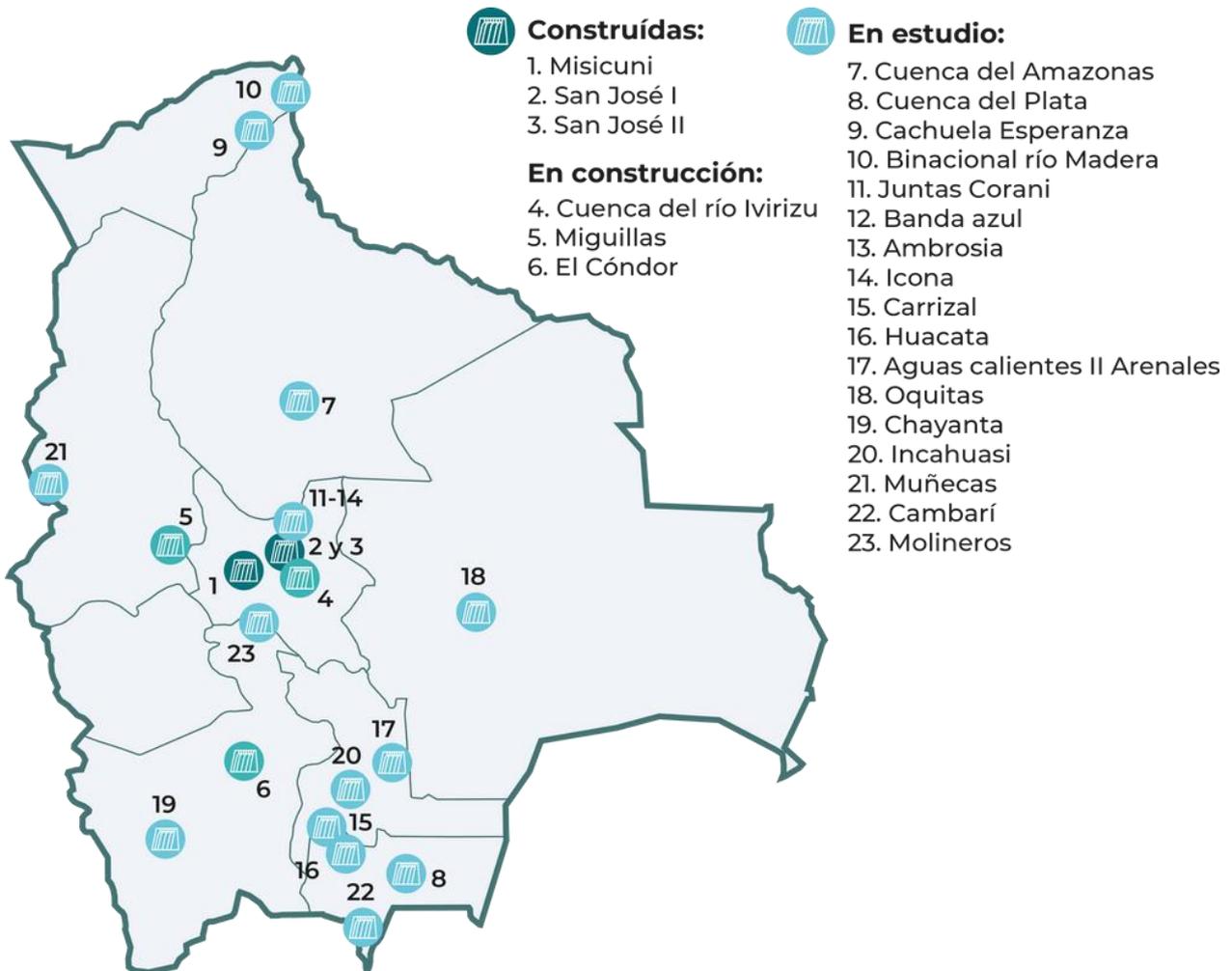
La construcción de presas y plantas hidroeléctricas implica altos costos iniciales y un retorno de inversión a largo plazo debido a sus elevados estándares de seguridad. Además, pueden surgir riesgos geológicos y sísmicos, alteraciones en el flujo de agua y niveles freáticos, afectando ecosistemas y agricultura. La dependencia de los recursos hídricos también las hace vulnerables a sequías y al cambio climático, lo que impacta su capacidad de producción y estabilidad del suministro eléctrico. (Mongabay, 2021)



GENERADORAS HIDROELÉCTRICAS EN BOLIVIA

La hidroelectricidad en Bolivia ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, con un enfoque renovado en la expansión de la capacidad de generación y el desarrollo de nuevos proyectos. Este crecimiento ha sido impulsado por una serie de factores, incluida la necesidad de diversificar la matriz energética del país, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aprovechar el abundante potencial hidroeléctrico del territorio boliviano.

Entre los años 2006 y 2026, la potencia instalada hidroeléctrica conectada al Sistema Integrado Nacional (SIN) se mantuvo estancada, puesto que apenas alcanzó los 493 MW. Sin embargo, a partir del 2017 recién empezó un incremento del sector hidroeléctrico con la entrada en funcionamiento de Misicuni, San José I, el aumento de la capacidad de Corani y San José II. En los últimos 3 años la potencia instalada hidroeléctrica se incrementó en un 52% (Fundación Solón, 2019).



NUEVAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN OPERACIÓN



Misicuni entró en operación en septiembre del 2017, su potencia instalada es de 120 MW, sin embargo, el 2019 el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC) estima que su generación eléctrica es de sólo 114 GWh lo que significa que opera al 10% de su capacidad instalada.

San José fase I y fase II añadieron al SIN una potencia instalada de 124 MW. Por su parte, San José I que entró en funcionamiento a principios del 2018 estaría funcionando al 73% de su capacidad, mientras San José II que recién empezó a operar a mediados del 2019 tendría por el momento un factor de planta del 38%.

El otro incremento de potencia instalada hidroeléctrica en los últimos años se dio a través de la ampliación de la hidroeléctrica de Corani con 15,7 MW adicionales de potencia instalada y una inversión de 8,9 millones de dólares.

Los proyectos hidroeléctricos descritos a continuación tienen el potencial de transformar el panorama energético de Bolivia y contribuir significativamente al desarrollo económico y social. Sin embargo, sus implementaciones plantearon desafíos ambientales, sociales y económicos que requerían una gestión integral y sostenible para garantizar su éxito a largo plazo.

Proyecto Chepete-El Bala: El proyecto Chepete-El Bala, propuesto hace más de 50 años, enfrentó desafíos por su inviabilidad económica y alto costo ambiental. Aunque se considera uno de los proyectos hidroeléctricos más ambiciosos de Bolivia, ha sido rechazado repetidamente, incluso por comunidades indígenas durante los gobiernos de Hugo Bánzer y Morales. Estas comunidades temen que más de 5000 pobladores sean afectados por las inundaciones causadas por las represas, lo que provocaría el desplazamiento de cientos de comuneros. Aunque Chepete-El Bala podría generar hasta 3.700 megavatios, es crucial abordar sus desafíos ambientales, sociales y económicos de manera integral para asegurar su viabilidad a largo plazo.





GENERADORAS HIDROELÉCTRICAS EN BOLIVIA

Proyecto Rositas: El proyecto Rositas en Santa Cruz buscaba aprovechar el potencial hidroeléctrico del río Grande y el río Rositas en 150,000 hectáreas, generando entre 400 y 600 megavatios (MW). Siendo parte de un complejo de siete hidroeléctricas que aportarían en conjunto 3000 MW al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Sin embargo, enfrentaba cuestionamientos. Según el Informe de diseño final de 2017 por la empresa Española "Eptisa", habría provocado una inundación de 449 km², tres veces la zona urbana de La Paz. Fue suspendido en 2018 por el rechazo de agricultores y ganaderos guaraníes, y cuestionamientos sobre su viabilidad económica y ambiental.



CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN JOSE II - COCHABAMBA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FERNÁNDEZ, Miguel 2009 Desafíos para las Energías Renovables en el Área Rural de Bolivia. Boletín Ecodes N° 79. Fundación Ecología y Desarrollo. España.
- FERNÁNDEZ, Miguel; RODRÍGUEZ, Gustavo et ál. 2010 Diagnóstico del Sector Energético Boliviano y Lineamientos de Políticas. WWF
- Universidad Mayor De San Andrés (UMSA) Programa Ciencia Y Tecnología De La Energía (2023, 22 de Diciembre). Energía Solar en el Altiplano Boliviano https://ciencia_y_tecnologia.fcpn.edu.bo/2023/12/22/energia-solar-en-el-altiplano-boliviano/
- ENDE Corporación (ENDE) (2015, 14 de Julio). Inauguración: Planta Solar Fotovoltaica De Cobija El Presidente Evo Morales Inaugura Planta Solar Fotovoltaica En La Localidad Villa Busch. <https://www.ende.bo/noticia/noticia/7>
- Instituto Nacional de Estadística (INE ESMAP). (2009, 4 de Noviembre). Anuario Estadístico del Sector Eléctrico 2008 <https://www.ine.gob.bo/index.php/publicaciones/anuario-estadistico-2008/>
- Chen, X., Zhang, Y., & Wang, Z. (2021). Control and operation optimization of hydroelectric power plants: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110858.
- González, M., Díaz, M., & Cánovas, A. (2019). Influence of Small Hydropower Plants on River Ecology and Opportunities for Ecological Restoration: A Review. *Water*, 11(1), 126.
- Jones, A. (2018). Small-Scale Hydroelectric Power Stations: A Review of Positive and Negative Effects on the Environment. *Journal of Environmental Science and Engineering A*, 7(1), 1-10.
- Smith, J. (2020). Comparative Analysis of Small and Large Hydropower Plants: Case Study in South America. *International Journal of Renewable Energy Research*, 10(3), 1265-1278.
- Wang, Q., & Li, Y. (2017). Research on the Economic Evaluation of Small Hydropower Station Construction Projects Based on the Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *International Conference on Energy, Environment, and Sustainable Development (ICEESD 2017)*. Atlantis Press.
- Fundación Solón. (2020, 24 de enero). Hidroeléctricas: entre la necesidad y la pesadilla. Recuperado de <https://fundacionsolon.org/2020/01/24/hidroelectricas-entre-la-necesidad-y-la-pesadilla/#:~:text=Actualmente%20existen%20tres%20proyectos%20hidroel%C3%A9ctricos,de%201.008%20millones%20de%20d%C3%B3lares.>
- Mongabay. (2021, 6 de septiembre). Bolivia: Pueblos indígenas rechazan hidroeléctricas Chepete-El Bala. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2021/09/Bolivia-pueblos-indigenas-hidroelectricas-chepete-el-bala/>
- Mongabay. (2020, 8 de enero). Hidroeléctrica Rositas: indígenas y ambientalistas temen reactivación de polémico proyecto. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2020/01/hidroeléctrica-rositas-indigenas-y-ambientalistas-temen-reactivacion-de-polemico-proyecto/>