XX CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de inventarios de Ciclo de Vida para el sector hidroeléctrico en Perú: Consideraciones metodológicas e impactos ambientales

Daniel Verán-Leigh, Ph.D. Ian Vázquez-Rowe

Daniel Verán Leigh

Pontificia Universidad Católica del Perú

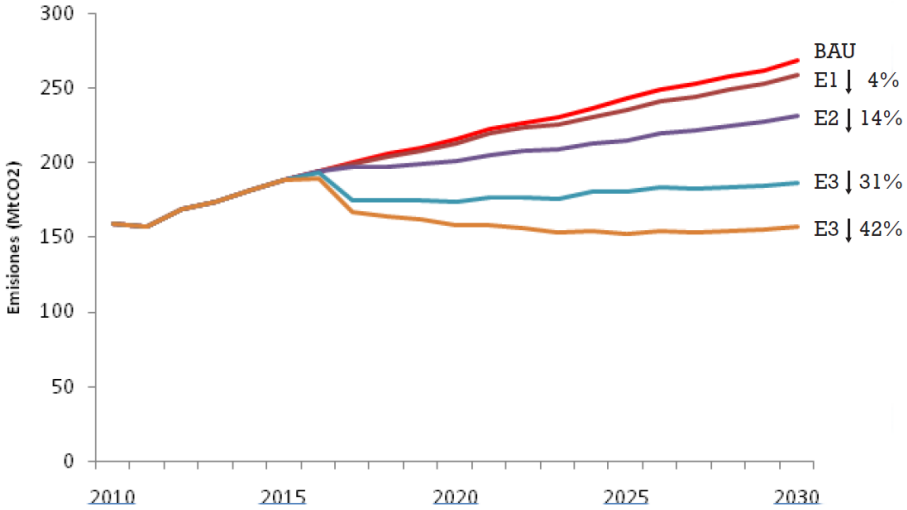
Eje temático de ……Agua…….

Lima, 27… de Abril del 2018

Introducción

Contexto actual del Perú frente al cambio climático en el sector energético

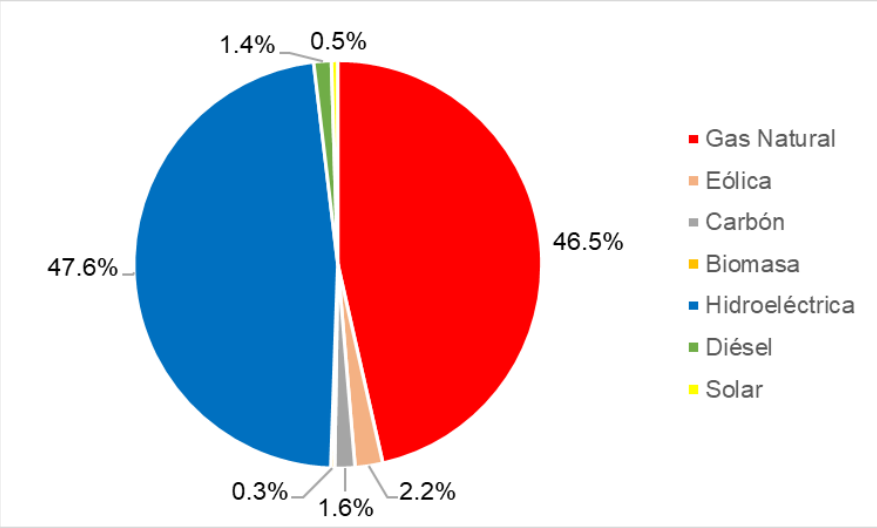
Escenarios de mitigación del Perú a 2030 (COP 21)



RS N° 129-2015-PCM

PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

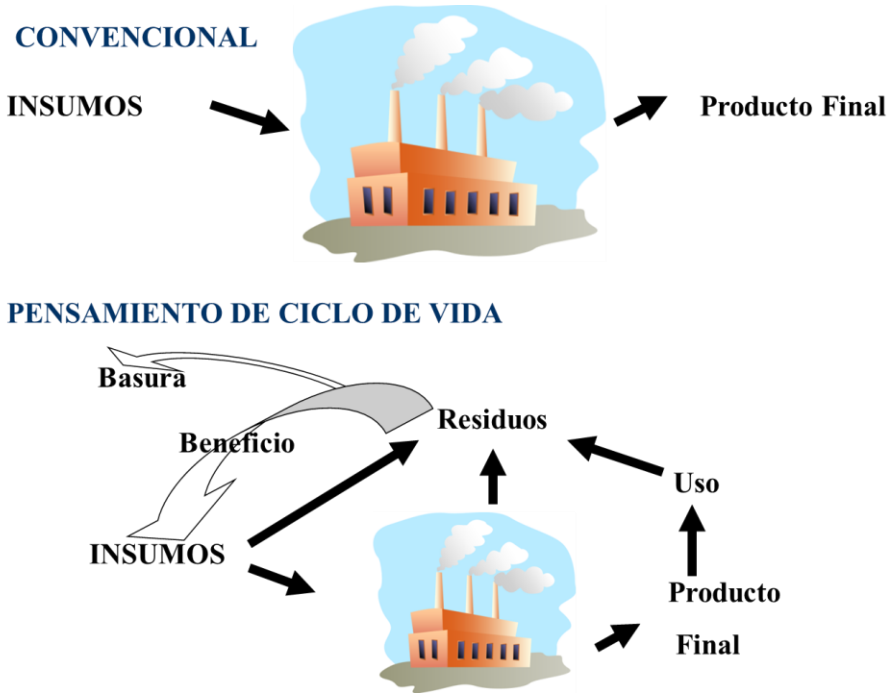
Matriz energética peruana año 2016

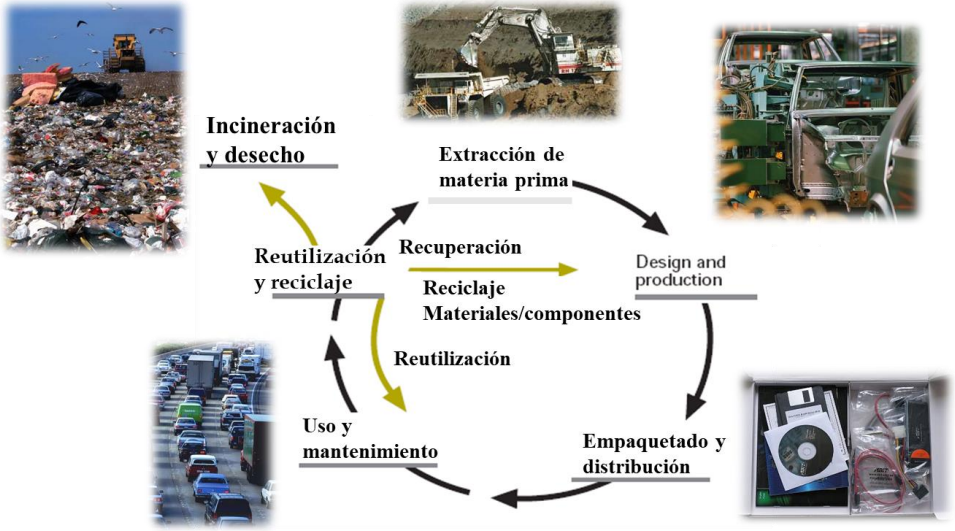


COES SINAC
COMITE DE OPERACION ECONOMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

Introducción

Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de mitigación frente al cambio climático





Objetivos

Objetivo principal:

El presente estudio se enfoca en la elaboración y validación de Inventarios de Ciclo de Vida para centrales hidroeléctricas en el Perú.

Objetivos específicos:

- Estructurar el Inventario de Ciclo de Vida de una central hidroeléctrica en la cordillera peruana.
- Evaluar los impactos ambientales de una central hidroeléctrica.

Unidad Funcional:

- Los resultados se expresaron en función de **1 kWh de energía eléctrica** transmitida al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

Sub estación Chilca: Central Hidroeléctrica El Platanal

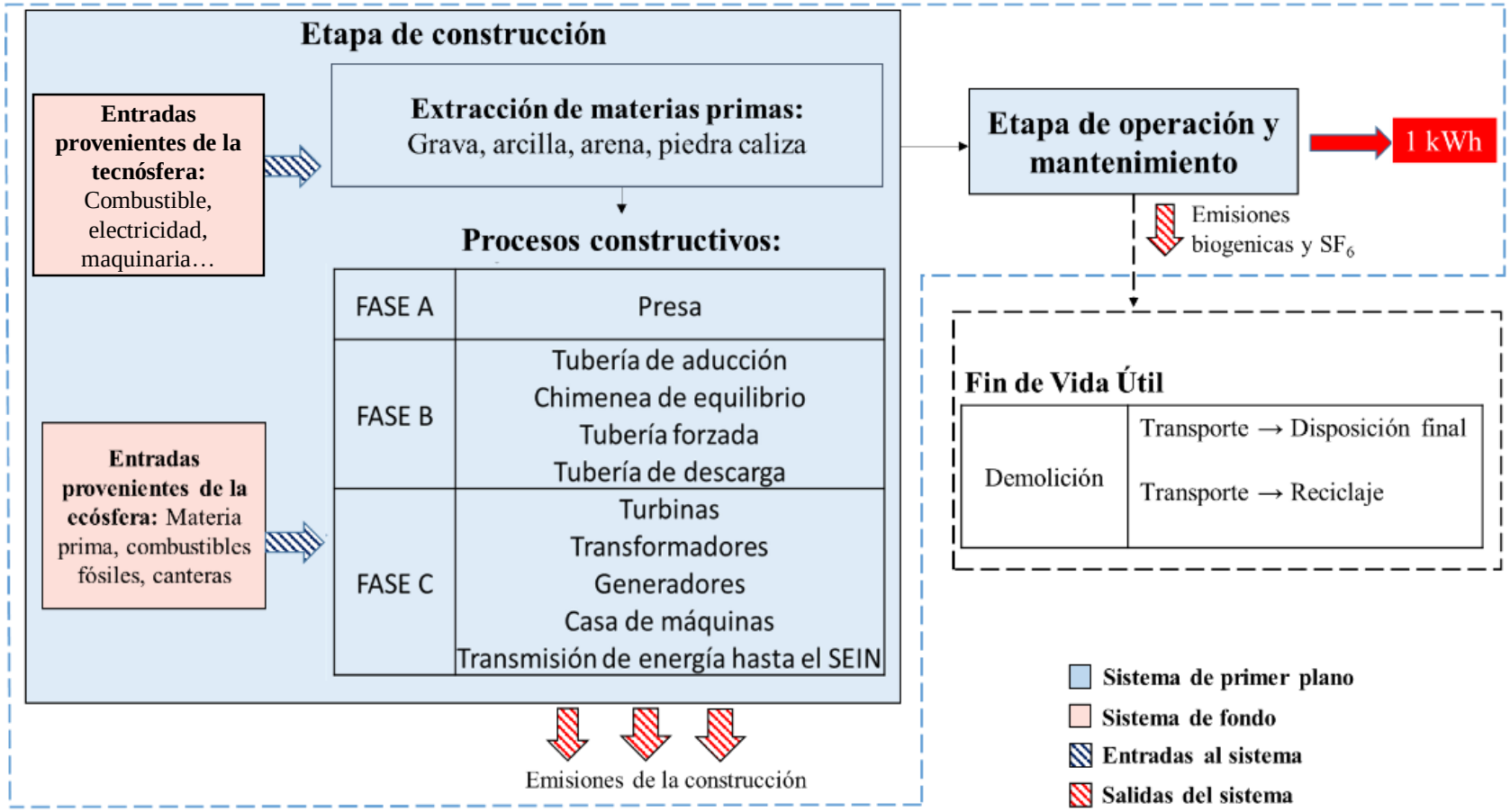
Metodología

Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de mitigación frente al cambio climático

Herramienta estandarizada internacionalmente que se usa para la evaluación de aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con productos, bienes o servicios (ISO 14040, 2006).

Cuatro etapas principales:

Límites del sistema



Metodología

Centrales hidroeléctricas evaluadas

C.H. Cheves

- **Potencia Instalada :** 178 MW
- **Ubicación:** Provincia de Huaura y Oyón, Lima.
- **Energía promedio anual:**426 GWh
- **Inicio de Operaciones:** Setiembre 2015

C.H. El Platanal

- **Potencia Instalada :** 220 MW
- **Ubicación:** Provincia de Cañete, Lima.
- **Energía promedio anual:** 908 GWh
- **Inicio de operaciones:** Abril 2010

Mini central hidroeléctrica Marañón

- **Potencia Instalada :** 18.4 MW
- **Ubicación:** Provincia de Huamalíes, Huánuco.
- **Energía promedio anual:** 147.3 GWh
- **Inicio de Operaciones:** 2017

Metodología

Recolección de datos

Información primaria

Casa de Máquinas

Reservorio de compensación.

Presa

Visita de Obra

Cuestionario Provisional

Visita centrales hidroeléctricas

Información secundaria

Información Secundaria

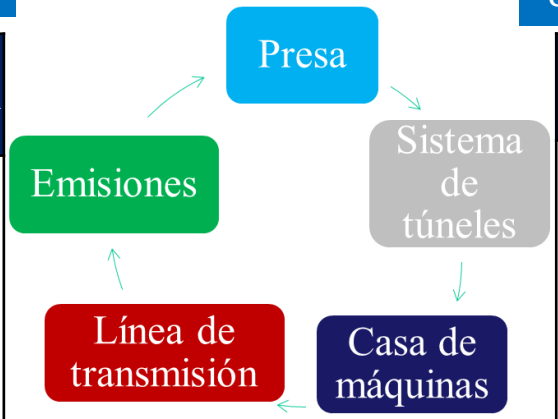
- Libros, revistas, aplicaciones de geolocalización, artículos científicos.
- Base de datos Ecoinvent® versión 3.3.
- Método de cuantificación de emisiones propuesto por Hertwich (2013).

Inventario de Ciclo de Vida

ICV para cada una de las centrales en base a una unidad funcional de 1 kWh generado

ICV para centrales hidroeléctricas con una potencia instalada de 100-250 MW

Materiales/Combustibles	Unidad	Cantidad
Concreto	cm^3	3.34
Diésel en maquinaria	mg	13.87
Transporte	kg*km	0.73
Explosivos	mg	7.92
Acero de refuerzo	mg	140.6
Línea de transmisión	ml	0.38
Generador (aluminio)	mg	8.30
Transformador	mg	20.15
Turbina Pelton (hierro)	mg	0.26
CO_2 biogénico	mg	44.80
CH_4 biogénico	µg	37.98
N_2O biogénico	µg	51.62
SF_6 emisiones	µg	1.61



ICV para mini centrales hidroeléctricas con una potencia instalada de 10-20 MW

Materiales/Combustibles	Unidad	Cantidad
Concreto	cm^3	0.2
Diésel en maquinaria	mg	32.1
Transporte	kg*km	1.7
Explosivos	mg	2.1
Acero de refuerzo	mg	179.2
Generador (aluminio)	mg	32.4
Transformador	mg	57.8
Turbina Francis (hierro)	mg	19.1
CO_2 biogénico	mg	139.1
CH_4 biogénico	µg	80
N_2O biogénico	µg	90
SF_6 emisiones	µg	0.34

Cálculos y/o experimentación

Emisiones biogénicas

① **Recolección de datos**

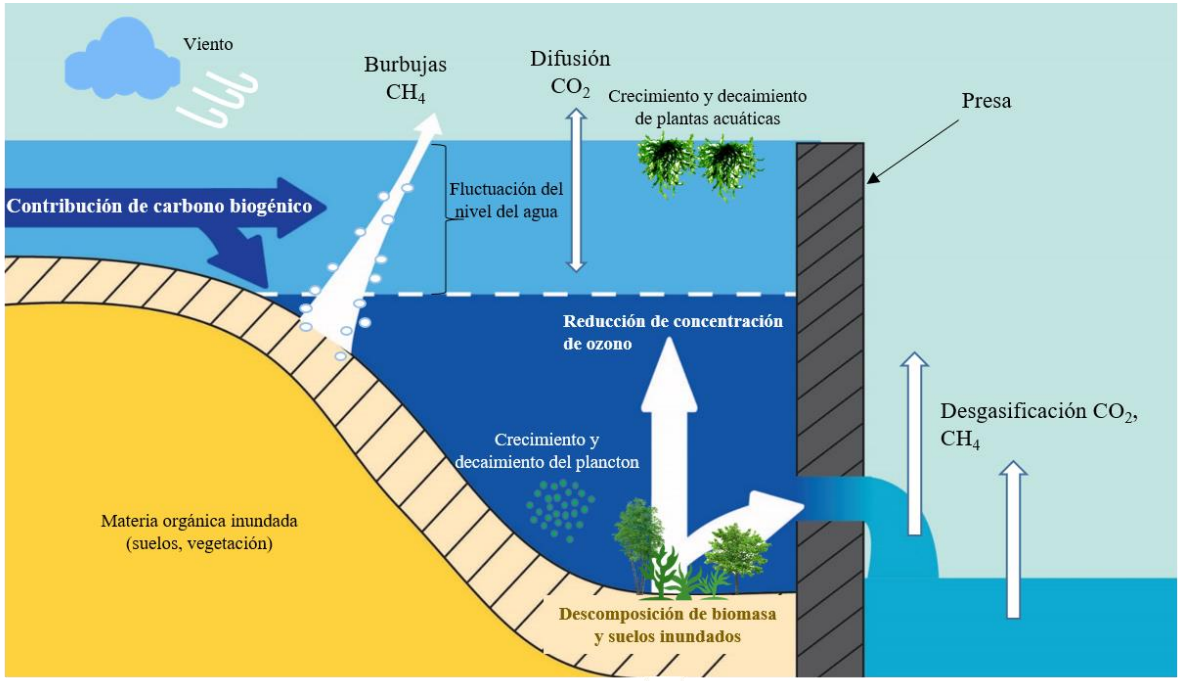
- Región geográfica: (e.g., Costa, Andes peruanos, Cuenca amazónica…).
- Características geográficas: (e.g, altitud, clima, ríos).
- Periodo de tiempo: (e.g., año).

② **Localización y cuantificación de la producción de la producción de NPP por reservorio**

Central Hidroeléctrica		NPP (g C/m²año)
H1	Toma de agua	255.71
H1	Presa	265.4
H1	Reservorio	135.4
H2	Presa	315.1
H2	Reservorio	226.5
H3	Presa	537.2

NPP=Producción Primaria Neta

③ **Aplicación del método Hertwich (2013)**



$$\ln E = const + B_and\ use * (uso\ de\ la\ tierra) + B_Age * Age + B_NPP * \ln (NPP)$$

Métodos de evaluación

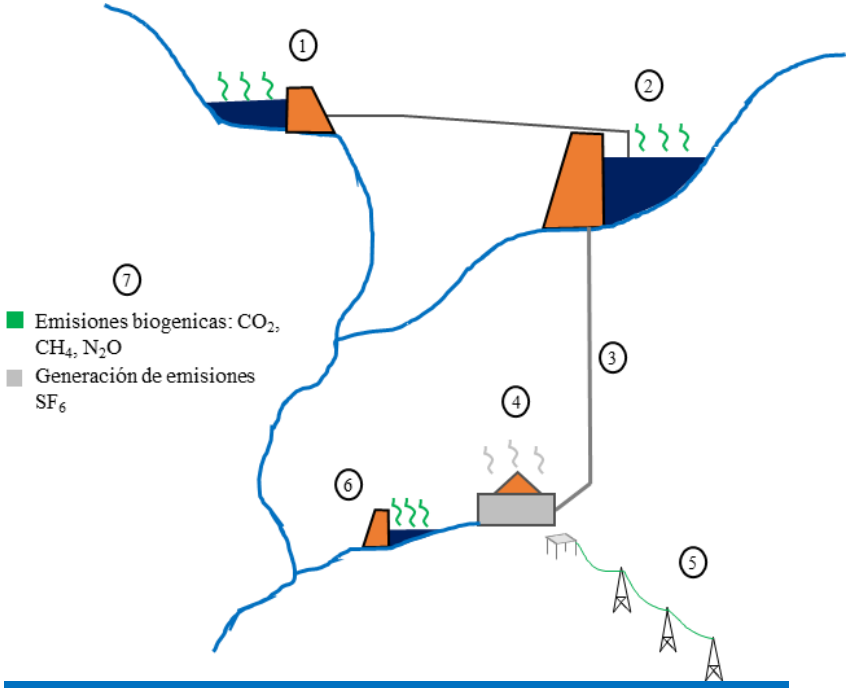
IPCC 2013:
Categoría de Cambio climático

Método EICV	Categoría de Impacto	Unidad
ReCiPe midpoint (excluyendo eco-toxicidad marina)	Cambio climático	kg CO_2 eq
	Agotamiento de ozono	kg CFC-11 eq
	Acidificación terrestre	kg SO_2 eq
	Eutrofización de aguas continentales	kg P eq
	Eutrofización marina	kg N eq
	Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq
	Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC
	Formación de partículas	kg PM_{10} eq
	Eco-toxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq
	Eco-toxicidad de aguas continentales	kg 1,4-DB eq
	Eco-toxicidad marina	kg 1,4-DB eq
	Radiación ionizante	kg U235 eq
	Ocupación de suelo agrícola	m^2a
	Ocupación de suelo urbano	m^2a
	Transformación de suelo natural	m^2
	Agotamiento de agua	m^3
	Agotamiento de metals	kg Fe eq
	Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq
ReCiPe endpoint	Salud Humana	Pt (DALY)
	Ecosistemas	Pt (species.yr)
	Recursos	Pt ($)
	Valor final agregado	**Pt**

Factores de caracterización	
Emisión	kg CO_2 eq/kg
CO_2	1
CH_4	27.75
N_2O	263

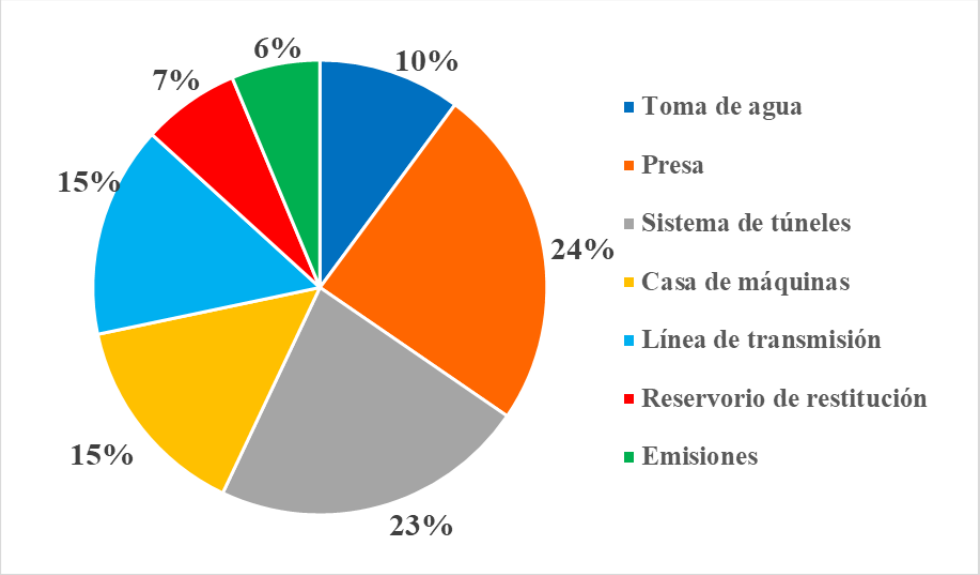
Análisis y resultados

Resultados IPCC: Generación eléctrica en centrales hidroeléctricas de 100-250 MW año 2016 para 1 kWh generado



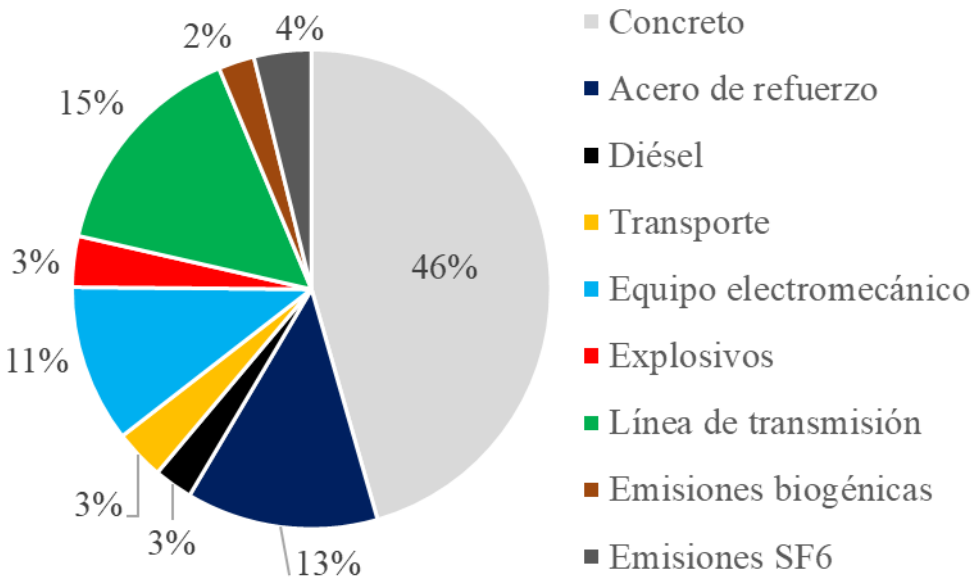
2.05-2.50 g CO_2 eq/kWh generado en el año 2016 para centrales con potencia instalada de 100-250 MW

Emisiones por elemento estructural para 1 kWh generado en el año 2016



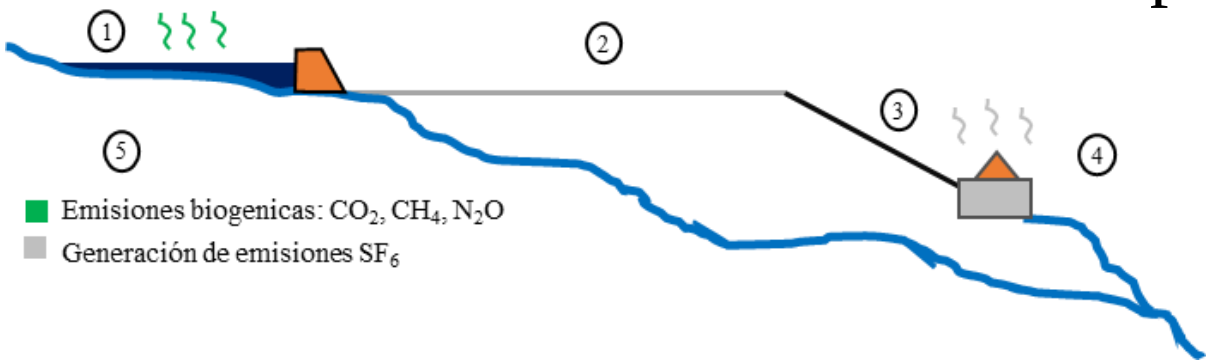
Resultados IPCC: Generación eléctrica en centrales hidroeléctricas de 100-250 MW año 2016 para 1 kWh generado

Emisiones por material/combustible para 1 kWh generado en el año 2016

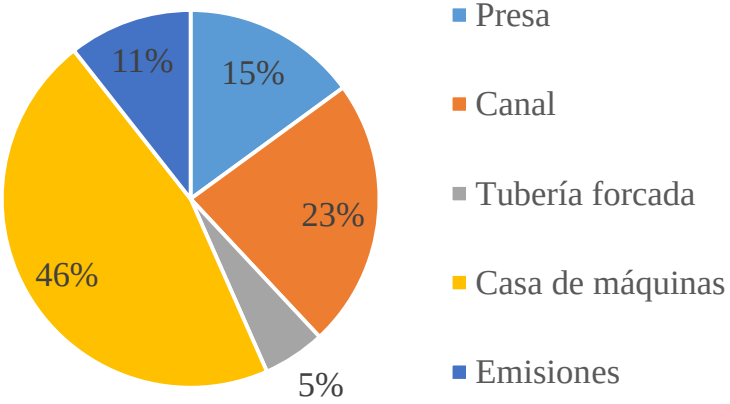


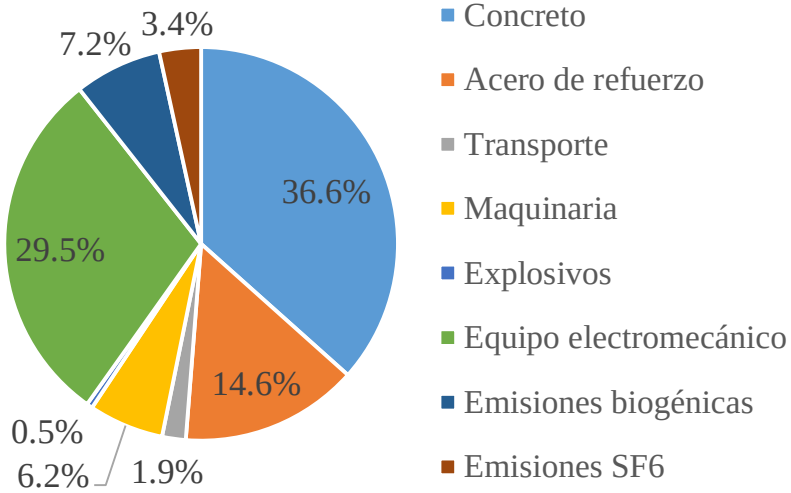
Análisis y resultados

Resultados IPCC: Generación eléctrica en minicentrales hidroeléctricas de 10-20 MW año 2017 para 1 kWh generado



2.33 g CO_2 eq/kWh generado en el año 2017 para mini centrales con potencia instalada de 10-20MW

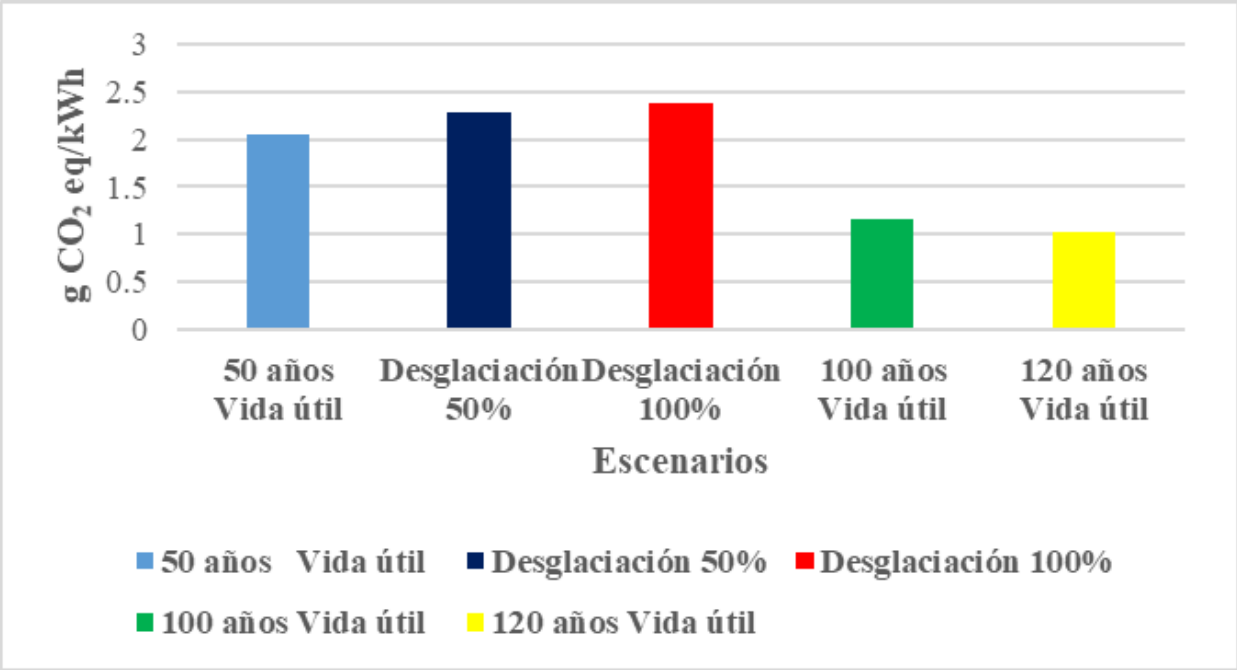




Análisis y resultados

Análisis de Sensibilidad

Análisis de Sensibilidad para centrales con potencia instalada de 100-250 MW



Análisis de Sensibilidad	
A1	Modificación en la generación anual de las CCHH, producto de la desglaciación en un 50% (A1) y 100% (A2) de la superficie de los glaciares naturales que abastecen a los reservorios regulatorios.
A2	
B1	Modificación del tiempo de vida útil de las CCHH ampliándolo en 100 años (B1) y 120 años (B2) de vida útil del proyecto
B2	

Recomendaciones

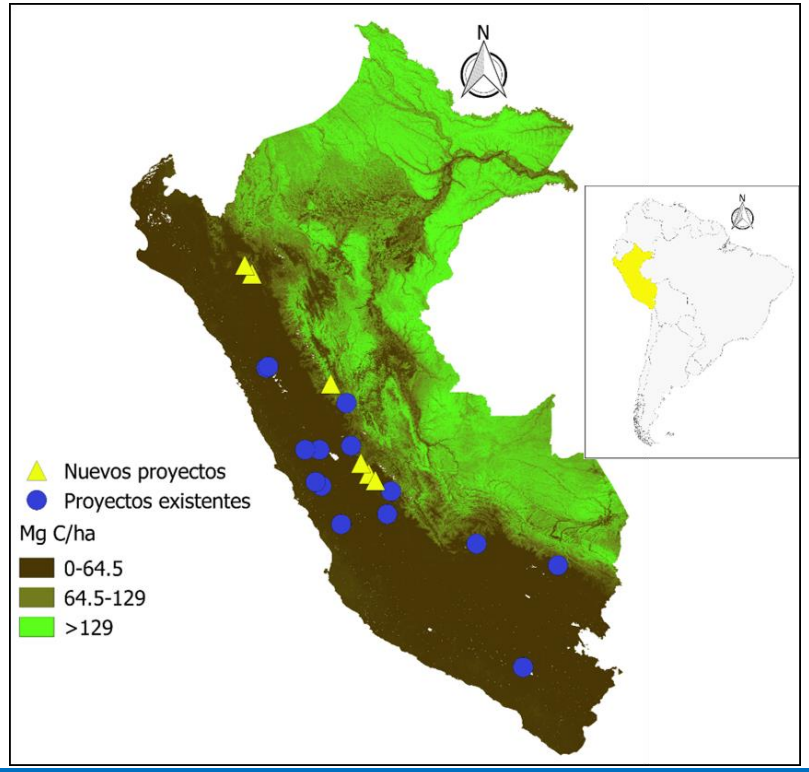
Recomendaciones

Promover la introducción de cementos adicionados (puzolana o escoria).

Aportar en el desarrollo y promoción de fuentes energéticas renovables.

Usar la información para complementar Estudios de Impacto Ambiental (EIA)

Realizar regulaciones al momento de desarrollar nuevos proyectos energéticos en la selva peruana.



Mapa del Perú con la distribución de Mg C/ha y localización de los proyectos energéticos existentes y futuros para el año 2023.

Conclusiones

Análisis de Ciclo de Vida

- Implementación del ACV para mejorar el desarrollo de los proyectos con el fin de reducir el impacto ambiental.

Impacto ambiental

- El concreto es el material que más emisiones genera.
- Las emisiones biogénicas (CH_4, N_2O y CO_2) no influyen de forma significativa en el impacto de cambio climático (3%).
- Se generan emisiones de GEIs en un rango significativamente menor que otras centrales analizadas en la literatura científica.

Planificación y elaboración de nuevas políticas

- Contribución al desarrollo de futuros proyectos energéticos de CCHH y en la toma de decisiones de nuevas políticas
- Mejorar las relaciones con las comunidades influenciadas por el proyecto a partir de generar conciencia acerca del uso de fuentes energéticas renovables.

Referencias bibliográficas

- **Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)** (2017). Centrales de Generación en Construcción..

- **Hertwich, E.G.** (2013). Addressing biogenic greenhouse gas emissions from hydropower in LCA. Environmental Science & Technology, 47(17), 9604-9611.

- **Ministerio del Ambiente** (MINAM) (2015). Contribución prevista y determinada a nivel nacional (NDC) de la República del Perú

- **International Organization for Standarization** (ISO) 14040:2006, Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.

- **COES-SINAC** (2016). Informe de la operación anual del SEIN. Comité de operación económica del sistema interconectado nacional.

Agradecimientos

Agradecer al financiamiento del proyecto por la Iniciativa Internacional para la protección del Clima (IKI) del ministerio Federal de Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania y coordinado por ONU Medio Ambiente.

El grupo de investigación de la Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial (PELCAN) agradece al gobierno alemán, por la contribución económica para poder llevar a cabo de esta investigación.

El grupo de investigación agradece al Ministerio del Medio Ambiente (MINAM) y a las empresas que participaron en el desarrollo del proyecto.

XX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de inventarios de Ciclo de Vida para el sector hidroeléctrico en Perú: Consideraciones metodológicas e impactos ambientales

¡Muchas gracias!

Daniel Verán-Leigh, Ph.D. Ian Vázquez-Rowe

Global Action for Sustainable Consumption and Production

Fomentado por el:

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del Parlamento de la República Federal de Alemania

ONU medio ambiente

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RED PERUANA CICLO DE VIDA

PUCP

PERÚ Ministerio del Ambiente

Daniel Verán Leigh

Pontificia Universidad Católica del Perú

Eje temático de ……Agua…….

Lima, … de Abril del 2018