

ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL (EsIA) Y PLAN DE
MANEJO AMBIENTAL (PMA)

**PROYECTO FOTOVOLTAICO
LA CEIBA**



OPERADOR DEL PROYECTO:



ELABORADO POR:



JULIO , 2026

Contenido

7. DEMANDA DE RECURSOS NATURALES. 118

7.1. Determinación de fuentes de información 118

Tabla 7-1. Demanda de Recursos Naturales, Etapa de Construcción 119

Tabla 7-2.- Requerimiento de agua en la fase de construcción 120

Tabla 7-3.- Materia prima estimada durante la fase de construcción 121

Tabla 7-4. Demanda de Recursos Naturales, Etapa de Operación y Mantenimiento ... 122

7. DEMANDA DE RECURSOS NATURALES.

El análisis de demanda de recursos naturales es un componente crucial del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que evalúa la cantidad y calidad de los recursos naturales necesarios para la construcción, operación y desmantelamiento del proyecto fotovoltaico. Este análisis permite gestionar de manera eficiente y sostenible los recursos, garantizando la viabilidad del proyecto y minimizando los impactos ambientales.

En este capítulo se describe el uso y demanda de los recursos naturales para la fase de construcción operación y mantenimiento de la actividad energética, proyecto “Planta Fovoltaica La Ceiba”. Se tratará la demanda de recursos naturales por separado, es decir tanto para la etapa de construcción como para la de operación y mantenimiento.

7.1. Determinación de fuentes de información

La estimación de la demanda de recursos naturales para las distintas fases del proyecto se desarrolló mediante la integración de parámetros propios del diseño con factores técnicos derivados de fuentes secundarias, debido a la limitada disponibilidad de información específica para ciertas variables operativas. En este sentido, los cálculos se basaron en características generales del proyecto, tales como la capacidad instalada, el número de módulos, el área de implantación, la duración de las fases constructiva y operativa, y criterios generales de funcionamiento, los cuales permitieron escalar factores de consumo provenientes de literatura técnica y proyectos de referencia.

Ante la limitada disponibilidad de información detallada del proyecto para cada una de sus fases, se adoptó un enfoque basado en el uso de factores de referencia provenientes de proyectos fotovoltaicos de características comparables. Como fuente principal, se utilizó el Reporte de Evaluación de Impacto Ambiental y Social de un proyecto solar de 200 MWac / 260 MWp desarrollado por AMPYR. Este documento fue seleccionado debido a que corresponde a un proyecto con condiciones similares en términos de capacidad instalada, tecnología empleada y actividades constructivas y operativas, lo que permite establecer una base de referencia coherente. Asimismo, el integra información derivada de proyectos ejecutados y estudios técnicos detallados, reflejando condiciones reales de operación. En este sentido, el uso de esta fuente permite obtener estimaciones representativas y técnicamente sustentadas.

De manera complementaria, la estimación del aprovechamiento del recurso solar se fundamentó en datos de irradiación global horizontal obtenidos del Atlas Solar del Ecuador, los cuales fueron integrados con parámetros técnicos del sistema fotovoltaico.

Es importante señalar que las estimaciones realizadas presentan un grado de incertidumbre inherente, asociado al uso de factores de referencia y a la falta de información detallada sobre variables operativas específicas. Entre las principales limitaciones se incluyen la ausencia de datos sobre la operación simultánea de equipos, la variabilidad en las condiciones de obra y las posibles diferencias en prácticas de gestión. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como

aproximaciones representativas del orden de magnitud de la demanda de recursos, susceptibles de variación en función de las condiciones reales de ejecución y operación del proyecto.

Tabla 7-1. Demanda de Recursos Naturales, Etapa de Construcción

Recurso	Actividad asociada	Consumo estimado	Fuente de información
Agua	Obras civiles (mezclas, control de polvo, compactación), consumo doméstico y potable del personal	8.596,125 m ³ (total fase construcción)	Reporte EIAS AMPYR (Tabla de requerimiento de agua en construcción)
Diésel	Operación de maquinaria pesada, transporte de materiales, montaje, generación eléctrica auxiliar	2.400 L/mes 43,2 m ³ (total en 18 meses)	Reporte EIAS AMPYR (Tabla 2-6, materia prima en construcción)
Áridos y pétreos	Obras civiles (hormigón, cimentaciones, nivelaciones)	No aplica (no extracción directa)	Abastecimiento externo de canteras autorizadas
Suelo	Movimiento de tierras, nivelación, rellenos internos	Reutilización interna (401,31 ha intervenidas)	Diseño del proyecto / planificación de obra

* Información suministrada por el operador del proyecto.

Nota: Datos obtenidos de Caterpillar Inc. (s.f.), Komatsu Ltd. (s.f.) y U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2020); complementados con información del proyecto y estimaciones del equipo consultor.

Agua.

El cálculo del consumo de agua para la fase de construcción del proyecto se realizó a partir de supuestos técnicos y el uso de factores de referencia, debido a la limitada disponibilidad de información específica relacionada con los requerimientos hídricos en obra. Si bien se cuenta con una estimación del número total de trabajadores para el conjunto de la fase constructiva, no se dispone de información desagregada sobre su distribución temporal, permanencia en obra ni patrones de consumo individual. Asimismo, no se cuenta con datos detallados sobre volúmenes de agua por actividad, duración efectiva de las tareas ni demandas específicas asociadas a los distintos procesos constructivos, sanitarios y logísticos. Estas limitaciones impiden efectuar una estimación directa y precisa del consumo de agua basada en parámetros propios del proyecto.

Ante esta situación, se adoptó un enfoque basado en información secundaria proveniente de proyectos de características similares. Como fuente principal, se utilizó el Reporte de Evaluación de Impacto Ambiental y Social de un proyecto solar de 200 MWac / 260 MWp desarrollado por AMPYR, específicamente la Tabla sobre el Requerimiento de agua durante la fase de construcción (Tabla 7-2). Este estudio fue seleccionado debido a su comparabilidad en términos de capacidad instalada, tipo de tecnología y naturaleza de las actividades constructivas involucradas.

Tabla 7-2.- Requerimiento de agua en la fase de construcción

TABLE 2-4 WATER REQUIREMENT DURING CONSTRUCTION PHASE (TENTATIVE)		
Activity	Approximate Quantity of Water (m ³)	Source
Construction activities	4,800 m ³ /year (1200 m ³ for each 50 MWac/260 MWp stage)	Groundwater with prior approval
Domestic water requirement	912.5 m ³ /year	
Potable water	18.25 m ³ /year	

Fuente: AMPYR Renewable Energy Resources Twelve Private Limited. (s.f.). Environmental and social impact assessment for a 200 MWac / 260 MWp solar power project in Mhasale Village, Dhule District, Maharashtra.

Los valores reportados en dicha fuente consideran el consumo de agua asociado a diversas actividades propias de la fase constructiva, incluyendo el uso en obras civiles (preparación de concreto, control de polvo, compactación de suelos), así como el consumo doméstico y potable requerido para el personal en obra. En este sentido, la información integra tanto los requerimientos operativos como los asociados al bienestar del personal, reflejando condiciones representativas de proyectos ejecutados.

A partir de esta referencia, se adoptó un factor de consumo de 5.730,75 m³/año para un proyecto de 200 MW de capacidad instalada. Este valor fue ajustado en función de las características del presente proyecto, obteniendo un consumo total estimado de 8.596,125 m³ de agua durante la fase de construcción. Esta estimación contempla la totalidad de los usos previstos, incluyendo actividades constructivas, consumo doméstico y provisión de agua potable.

Es importante señalar que la estimación presenta un grado de incertidumbre inherente, debido al uso de factores de referencia en lugar de información específica del proyecto. Entre las principales limitaciones se encuentran la falta de información detallada sobre la distribución real de la mano de obra en el tiempo, las condiciones operativas en campo, las variaciones en la intensidad de las actividades constructivas y las posibles diferencias en prácticas de gestión hídrica. Asimismo, la extrapolación de datos desde un proyecto de referencia implica asumir condiciones similares que podrían no reproducirse exactamente en el presente caso. En consecuencia, los valores obtenidos deben interpretarse como una aproximación del orden de magnitud del consumo esperado, susceptible de variación en función de la planificación final de obra, la eficiencia en el uso del recurso y las condiciones específicas de ejecución del proyecto.

Combustibles fósiles (Diésel).

El cálculo del consumo de diésel para la fase de construcción del proyecto se realizó a partir de supuestos técnicos, debido a la ausencia de información específica relacionada con el tiempo de operación de la maquinaria y equipos. Si bien el proyecto contempla un listado de los equipos a utilizar en las distintas etapas constructivas, no se dispone de variables clave como horas efectivas de trabajo, frecuencia de uso, simultaneidad de operación o rendimiento específico de cada

equipo, las cuales son necesarias para desarrollar una estimación directa y precisa del consumo de combustible.

Ante esta limitación, se adoptó un enfoque basado en el uso de factores de referencia provenientes de proyectos similares, con el fin de obtener una aproximación representativa del consumo esperado. En este contexto, se utilizó como fuente principal el Reporte de Evaluación de Impacto Ambiental y Social de un proyecto solar de 200 MWac / 260 MWp desarrollado por AMPYR, específicamente la Tabla 2-6 (“Materia prima estimada durante la fase de construcción”) del Anexo 4-2. Este estudio fue seleccionado debido a que corresponde a un proyecto con características técnicas comparables, tanto en capacidad instalada como en tipo de tecnología y actividades constructivas involucradas.

Tabla 7-3.- Materia prima estimada durante la fase de construcción

TABLE 2-6 RAW MATERIAL ESTIMATED DURING CONSTRUCTION PHASE		
Particular	Quantity (tonnes/month) for each 50 MWac stage	
	Peak	Average
Cement	700 T/month	300 T/month
Stone	14000 m ³	2000 m ³
Steel	300 T/month	63 T/month
Sand	1000 Cum	300 T/month
Bitumen	10,000 L	-
Fuel	1000 L month	500 L/month
Water	1000 KL/month	600 600 KL/month

Fuente: AMPYR Renewable Energy Resources Twelve Private Limited. (s.f.). Environmental and social impact assessment for a 200 MWac / 260 MWp solar power project in Mhasale Village, Dhule District, Maharashtra.

Asimismo, los valores reportados en dicho documento se basan en información consolidada a partir de proyectos ejecutados, lo que implica que reflejan condiciones reales de operación, incluyendo el uso efectivo de maquinaria pesada, logística de transporte y requerimientos energéticos asociados a la construcción. En este sentido, el uso de este tipo de referencia permite reducir la incertidumbre asociada a estimaciones teóricas, al apoyarse en datos empíricos representativos de proyectos similares.

En términos operativos, el diésel será utilizado principalmente como fuente de energía para el funcionamiento de maquinaria pesada y equipos auxiliares durante la fase de construcción. Esto incluye actividades de movimiento de tierras (excavadoras, bulldozers, motoniveladoras y compactadores), transporte de materiales (camiones volquete y vehículos de carga), montaje de estructuras (grúas y plataformas elevadoras), ejecución de obras civiles y eléctricas, así como el suministro de energía mediante generadores. Adicionalmente, se considera el consumo asociado a la logística de obra, incluyendo el desplazamiento de personal y equipos mediante vehículos livianos.

A partir de esta fuente, se adoptó un factor de consumo de 600 litros de diésel por mes por cada 50 MW de capacidad instalada. Este valor fue escalado a la capacidad total del proyecto (200 MW), equivalente a cuatro bloques de 50 MW, obteniendo un consumo mensual estimado de 2.400 litros de diésel. Posteriormente, este valor fue multiplicado por la duración de la fase constructiva, estimada en 18 meses, lo que resulta en un consumo total de 43,2 m³ de diésel durante dicha etapa.

Es importante señalar que la estimación realizada presenta un grado de incertidumbre inherente, debido al uso de factores de referencia en lugar de datos específicos del proyecto. Entre las principales limitaciones se encuentran la falta de información detallada sobre el número real de equipos operando simultáneamente, las horas efectivas de trabajo, las condiciones operativas en campo y las posibles variaciones en la logística de construcción. Asimismo, la aplicación de un factor promedio derivado de un proyecto de referencia implica asumir condiciones similares que podrían no reproducirse exactamente en el presente caso. En consecuencia, los valores obtenidos deben interpretarse como una aproximación del orden de magnitud del consumo esperado, susceptible de variación en función de la planificación final de obra, la eficiencia de los equipos y las condiciones específicas de ejecución del proyecto.

Áridos y pétreos

El Proyecto y sus actividades, no contemplan extraer o explotar recursos como áridos o pétreos, para ello se procederá a la compra de estos materiales en áreas autorizadas en áreas mineras cercanas.

Suelo

El proyecto contempla como área geográfica una superficie de 401,31 ha.; para la conformación del área del parque fotovoltaico se empleará el suelo excavado para relleno en otras áreas. No será necesario la adquisición de suelo de préstamo de otras áreas. Cabe recalcar que se almacenará el suelo orgánico para futura restauración de áreas degradadas.

Tabla 7-4. Demanda de Recursos Naturales, Etapa de Operación y Mantenimiento

Recurso	Actividad asociada	Consumo estimado	Fuente de información
Agua	Limpieza de módulos fotovoltaicos; uso doméstico y potable del personal	1.856,89 m ³ /año 43.636,915 m ³ (vida útil)	Reporte EIAS AMPYR (Proyecto 200 MWac / 260 MWp)
Radiación solar	Generación de energía eléctrica mediante módulos fotovoltaicos	2.050 kWh/m ² ·año (GHI)≈ 373 GWh/año (generación total)	Atlas Solar del Ecuador; supuestos técnicos (eficiencia 20 %, PR 0,82)

* Información suministrada por el operador del proyecto.

Nota: Datos obtenidos de Turney y Fthenakis (2011) y U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 2020); complementados con información del proyecto y estimaciones del equipo consultor.

Agua

La demanda del recurso hídrico durante la fase de operación del Parque Fotovoltaico La Ceiba se asocia principalmente a las actividades de mantenimiento de las instalaciones, siendo la limpieza periódica de los módulos fotovoltaicos el uso más representativo. Adicionalmente, se considera el consumo de agua para uso doméstico y potable del personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema.

En términos generales, la fase operativa de sistemas fotovoltaicos se caracteriza por requerimientos relativamente bajos de recursos en comparación con la fase de construcción. No obstante, el consumo de agua constituye el flujo más relevante dentro de esta etapa, debido a la necesidad de mantener la eficiencia de los módulos mediante su limpieza regular, especialmente en condiciones ambientales donde la acumulación de polvo o partículas puede afectar el rendimiento del sistema.

Igualmente, debido a la ausencia de datos específicos del proyecto respecto a frecuencias de limpieza, volúmenes de agua por intervención y dotación operativa de personal, la estimación del consumo hídrico se realizó a partir de factores de referencia provenientes de proyectos de características similares. En este contexto, se utilizó como fuente el Reporte de Evaluación de Impacto Ambiental y Social de un proyecto solar de 200 MWac / 260 MWp desarrollado por AMPYR, el cual proporciona valores representativos de consumo de agua en la fase operativa.

A partir de esta referencia, se adoptó un consumo anual de 1.856,89 m³/año, que integra tanto el uso para limpieza de paneles como el consumo doméstico y potable. Este valor fue proyectado a lo largo de la vida útil del sistema, obteniendo un consumo acumulado de 43.636,915 m³.

Es importante señalar que esta estimación presenta un grado de incertidumbre inherente, debido al uso de factores de referencia en lugar de información específica del proyecto. Entre las principales limitaciones se incluyen la falta de definición detallada de los protocolos de limpieza, la frecuencia real de mantenimiento, las condiciones climáticas locales que pueden influir en la demanda de limpieza, así como la cantidad efectiva de personal en operación. En consecuencia, los valores obtenidos deben interpretarse como una aproximación representativa del orden de magnitud del consumo hídrico durante la fase operativa, susceptible de variación en función de las condiciones reales de operación y las estrategias de gestión implementadas.

- *Origen del agua destinada a las actividades de limpieza de paneles y al consumo de los trabajadores.*

De acuerdo con la información proporcionada por el operador del proyecto, las actividades de limpieza de los módulos fotovoltaicos serán ejecutadas por una empresa particular especializada en operación y mantenimiento de plantas fotovoltaicas, la cual será contratada previo al inicio de la fase de operación del proyecto, sin que se pueda proporcionar mayor detalle del sistema de contratación utilizado.

En virtud de que, a la fecha de elaboración del presente Estudio de Impacto Ambiental, el proceso de contratación de dicha empresa aún no ha sido ejecutado, no es posible definir de manera específica la fuente de abastecimiento de agua que será utilizada durante las labores de limpieza. La selección de esta fuente dependerá de la propuesta técnica presentada por el contratista, considerando aspectos como disponibilidad del recurso, cercanía al proyecto, viabilidad operativa, calidad del agua y cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

El abastecimiento de agua para la limpieza de los módulos fotovoltaicos se realizará mediante tanqueros contratados a proveedores legalmente autorizados. Como requisito contractual obligatorio, la empresa encargada de la operación y mantenimiento deberá presentar al operador del proyecto una propuesta técnica que identifique la fuente de abastecimiento del recurso hídrico, acompañada de la documentación que acredite el origen legal del agua, las autorizaciones emitidas por la autoridad competente, los análisis de calidad que demuestren su idoneidad para la limpieza de los paneles y las medidas previstas para el uso eficiente del recurso hídrico, previo al inicio de las actividades de operación y mantenimiento.

Dicha propuesta deberá incluir, como mínimo:

- La identificación y ubicación de la fuente de abastecimiento.
- Los resultados de los análisis de calidad del agua que demuestren su idoneidad para la limpieza de módulos fotovoltaicos, considerando parámetros que puedan afectar la eficiencia y vida útil de los paneles.
- La acreditación del origen legal del recurso hídrico, mediante la Autorización de Aprovechamiento Productivo del Agua emitida por el Ministerio de Ambiente y Energía.
- Los procedimientos de uso eficiente del agua y las medidas ambientales destinadas a prevenir afectaciones al recurso hídrico durante la ejecución de las actividades de limpieza.

Esta modalidad garantiza que la decisión sobre la fuente de abastecimiento se adopte con base a criterios técnicos, ambientales y legales actualizados al momento de la operación del proyecto, permitiendo seleccionar la alternativa que represente el menor impacto ambiental y que cumpla con todos los requisitos establecidos por la autoridad competente. Asimismo, asegura que ninguna actividad de captación o utilización del recurso hídrico se realizará sin contar previamente con la documentación técnica y las autorizaciones correspondientes.

Por otro lado, durante la fase de operación, el agua destinada al consumo humano del personal será abastecida mediante la adquisición de agua potable tratada, suministrada por proveedores autorizados, en botellones, bidones u otros recipientes aptos para consumo humano. Esta modalidad garantiza la disponibilidad permanente de agua que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la normativa vigente, evitando la necesidad de implementar sistemas propios de captación, tratamiento o potabilización dentro del proyecto. El operador del proyecto verificará que el proveedor cuente con las autorizaciones correspondientes para la comercialización de agua destinada al consumo humano y mantendrá registros de adquisición como respaldo del origen legal del recurso.

Radiación solar

Durante esta fase, el único recurso natural y renovable que el Proyecto explotará es el recurso solar, necesario para el funcionamiento del parque y la generación de energía.

La radiación solar incidente sobre los módulos fotovoltaicos fue estimada a partir de valores de irradiación global horizontal (GHI) representativos del área del proyecto, adoptándose para un escenario P50 un valor promedio de 2.050 kWh/m²·año, en concordancia con fuentes como el Atlas Solar del Ecuador.

A partir de este valor, la energía solar incidente por módulo se calculó considerando el área efectiva de cada panel fotovoltaico (2,77 m²), obteniéndose una captación energética aproximada de 5.679 kWh/año por panel, la cual representa el potencial bruto de energía disponible.

Para estimar la energía eléctrica generada en condiciones P50 (como lo menciona el proyecto), se incorporó una eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos del 20 %, valor representativo de tecnologías comerciales actuales de silicio cristalino. En consecuencia, la producción eléctrica anual por panel se estima en:

- $5.679 \text{ kWh/año} \times 0,20 \approx 1.136 \text{ kWh/año por módulo}$

Adicionalmente, al considerar las pérdidas globales del sistema mediante un Performance Ratio (PR) de 0,82 —el cual integra efectos por temperatura, inversores, cableado, suciedad y otras ineficiencias operativas—, la generación neta por panel resulta:

- $1.136 \text{ kWh/año} \times 0,82 \approx 932 \text{ kWh/año por módulo}$

En función del total de 400.088 paneles proyectados, la generación anual estimada del parque fotovoltaico en escenario P50 es del orden de:

- $932 \text{ kWh/año} \times 400.088 \approx 372.883.000 \text{ kWh/año}$
- $\approx 373 \text{ GWh/año}$

Este valor corresponde a un escenario de generación más probable y técnicamente representativo y está en concordancia con la generación esperada para el proyecto que es $\sim 396,5 \text{ GWh/año}$.

Adicionalmente al recurso solar, el Proyecto no considera la extracción o explotación de ningún otro recurso natural existente en el sector de emplazamiento.

Generación de efluentes

La construcción, operación y mantenimiento del Parque Fotovoltaico La Ceiba generan efluentes líquidos asociados principalmente a aguas residuales domésticas del personal y, en menor medida, a actividades de limpieza de paneles durante la fase operativa. Dado que el proyecto no

contempla procesos industriales, no se prevé la generación de efluentes líquidos de carácter industrial o altamente contaminante, por lo que los efluentes generados corresponden a aguas residuales de tipo doméstico, susceptibles de ser gestionadas mediante sistemas convencionales de tratamiento.

Para la fase de construcción, la generación de aguas residuales domésticas fue estimada a partir del consumo de agua previamente determinado para esta etapa (8.596,125 m³ en total), aplicando un factor de retorno del 85 %, el cual representa la fracción del agua consumida que se convierte en efluente. Este rango se fundamenta en literatura técnica y guías de organismos internacionales, como la United States Environmental Protection Agency (EPA) y el Banco Mundial, que establecen que entre el 80 % y el 90 % del agua consumida en usos domésticos retorna como efluente. En este contexto, se adoptó un valor intermedio representativo del 85 %.

En este sentido, se obtiene un volumen total estimado de 7.306,71 m³ de aguas residuales durante toda la fase constructiva. Considerando una duración de 18 meses (aproximadamente 540 días), esto equivale a un caudal promedio de 13,53 m³/día.

Cabe señalar que, en términos operativos, el volumen real de efluentes generados podría ser menor debido al uso de baterías sanitarias portátiles de tipo industrial, las cuales optimizan el consumo de agua mediante sistemas de bajo volumen (aproximadamente 20 a 30 L/persona/día) y el uso de aditivos químicos para el control de olores y degradación de materia orgánica. Por tanto, el valor estimado corresponde a un escenario conservador basado en consumos teóricos.

Para la fase de operación, la generación de aguas residuales se estimó a partir del consumo total de agua proyectado para esta etapa (43.636,915 m³), igualmente aplicando un factor de retorno del 85 %. Como resultado, se obtiene un volumen total de 37.091,38 m³ de aguas residuales a lo largo de la vida útil del proyecto. Este valor, distribuido en el periodo operativo, representa caudales significativamente menores en términos diarios, debido a la reducción sustancial del personal y a la naturaleza no intensiva de las actividades.

En todos los casos, los efluentes generados corresponden principalmente a aguas de origen sanitario, con una baja carga contaminante en comparación con efluentes industriales. Para su manejo, se prevé la implementación de sistemas de tratamiento adecuados, como biodigestores permitiendo la remoción eficiente de materia orgánica, sólidos suspendidos y patógenos.

El efluente tratado podrá ser dispuesto de forma segura al ambiente o reutilizado en actividades secundarias, como el riego de áreas verdes, siempre que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente.

Bibliografía

Ampyr Renewable Energy Resources Twelve Private Limited. (s.f.). *Environmental and social impact assessment for a 200 MWac / 260 MWp solar power project in Mhasale Village, Dhule District, Maharashtra.*

Banco Mundial. (2017). *EHS guidelines: Environmental, health, and safety guidelines*. World Bank Group.

Frischknecht, R., Wyss, F., Büsser Knöpfel, S., Lützkendorf, T., & Balouktsi, M. (2020). *Cumulative energy demand in LCA: The energy harvested approach*. International Journal of Life Cycle Assessment.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. IPCC.

International Organization for Standardization (ISO). (2006). *ISO 14044: Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines*. ISO.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2002). *Onsite wastewater treatment systems manual*. U.S. EPA.

Vidal, R., Martínez, P., & Sánchez, J. (2017). *Life cycle assessment of photovoltaic systems: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.