



# Trabajo de Planificación Ambiental de Proyectos

Evaluación Ambiental de Proyectos

Group Number: C2566-OG0262-3476

## **Nombre Completo**

Isabela Arenas Escudero  
Juan Pablo Tobón García  
Juan Manuel Young Hoyos

Tutor: Jose Alfredo Vasquez Paniagua



Medellín, 28 de octubre de 2025

# Índice

<b>1</b>	<b>Título del proyecto</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Resumen del proyecto</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>FASE 1: Preparación — Evaluación Ambiental del Proyecto</b>	<b>2</b>
3.1	Identificación de impactos (Tabla A)	3
<b>4</b>	<b>FASE 1: Preparación — Uso de recursos naturales</b>	<b>3</b>
4.1	Permisos, concesiones y autorizaciones (Tabla B)	4
<b>5</b>	<b>FASE 2: Formulación y evaluación ambiental del proyecto</b>	<b>4</b>
5.1	Estudio sectorial y de mercado	4
5.2	Estudio técnico y de localización	4
5.3	Estudio administrativo	5
5.4	Estudio legal	5
5.5	Estudio económico: costos ambientales	5
5.6	Estudio financiero: supuestos y flujo	5
<b>6</b>	<b>FASE 3: Operación — Obligaciones de la licencia y permisos</b>	<b>6</b>
6.1	Obligaciones generales	6
6.2	Suelo y manejo de escorrentía	6
6.3	Agua (captación/vertimientos)	6
6.4	Aire y ruido	6
6.5	Flora y fauna	6
6.6	Patrimonio arqueológico	6
6.7	Residuos, RAEE y RESPEL	7
6.8	Relacionamiento social y riesgos	7
6.9	Ordenamiento y 1 %	7
<b>7</b>	<b>FASE 4: Abandono del proyecto — Obligaciones post-cierre</b>	<b>7</b>
7.1	Plan de abandono y desmontaje	7
7.2	Residuos del cierre	7
7.3	Suelos y revegetalización	7
7.4	Agua (cierre de instrumentos)	7
7.5	Flora, fauna y arqueología	7
7.6	Social, riesgos y garantías	7
7.7	Ordenamiento y acto final	8
<b>8</b>	<b>Referencias</b>	<b>9</b>

## 1 | Título del proyecto

**Parque Solar Castilla (FV ~21 MWp) — Planificación Ambiental en Preparación, Operación y Abandono**

## 2 | Resumen del proyecto

El **Parque Solar Castilla** es una instalación fotovoltaica ubicada en el departamento del Meta, concebida para abastecer principalmente el *Complejo Castilla* mediante un esquema de autogeneración con contrato interno (PPA) entre el ancla de demanda y el operador. La capacidad instalada es del orden de **21 MWp**, con producción anual estimada acorde a la irradiancia del piedemonte llanero. El proyecto prioriza tiempos de construcción cortos y una reducción sustantiva de la huella de carbono frente a fuentes fósiles.

**Alcance técnico:** módulos FV mono-PERC/bifaciales, estructuras fijas o seguidor (según optimización de LCOE), inversores *string* o *central*, subestación elevadora y SCADA para operación segura. Obras complementarias: cerramiento, vías internas, drenajes y gestión de escorrentía. En operación se privilegia *uso eficiente del agua* o limpieza en seco; meta operativa de **cero vertimiento**.

**Gestión ambiental:** el predio se selecciona evitando rondas hídricas, humedales y parches boscosos; se implementan medidas de *control de erosión y sedimentos*, *rescate y reubicación de fauna*, *compensación forestal* cuando aplique, protocolo de *hallazgo arqueológico*, y *gestión integral de residuos* (ordinarios, RAEE y RESPEL). El **Plan de Manejo Ambiental (PMA)** consolida programas de suelo, agua, aire/ruido, flora, fauna, social y arqueología, con indicadores e *Informes de Cumplimiento Ambiental* (ICA) a la autoridad.

**Competencia y permisos:** el instrumento rector es la **Licencia Ambiental** (*licencia global*) que integra permisos asociados (aprovechamiento forestal, fauna, ocupación de cauce; concesión/vertimientos si aplica; emisiones sólo si hay fuentes fijas; plan arqueológico ante ICANH; residuos RESPEL/RAEE). La autoridad competente será la **ANLA** por alcance/typología; si fuese de competencia regional en Meta, la autoridad sería **CORMACARENA**.

**Cierre y abandono:** contempla retiro de módulos y estructuras, gestión de RAEE/RESPEL con trazabilidad, reconfiguración y revegetalización de suelos, cumplimiento final de compensaciones y actos de terminación/cancelación de instrumentos (concesiones, vertimientos), hasta el *paz y salvo* ambiental.

**Marco normativo base (síntesis):** *Ley 99 de 1993* (SINA; participación; inversión del 1%), *Decreto 2041 de 2014* (licenciamiento; incluye abandono), *Decreto 1076 de 2015* (uso de recursos naturales; vertimientos; cauces; flora y fauna), *Decreto 1541 de 1978* (concesiones de aguas), *Decreto 3930 de 2010* y *Resolución 631 de 2015* (vertimientos), *Decreto 1791 de 1996* (forestal), *Decreto 1608 de 1978* (fauna), *Resolución 627 de 2006* (ruido), *Decreto 948 de 1995* (aire), *Ley 1185 de 2008/ICANH* (patrimonio), *Decreto 4741 de 2005* (RESPEL), *Ley 1715 de 2014* (FNCE).

## 3 | FASE 1: Preparación — Evaluación Ambiental del Proyecto

### 3.1 | Identificación de impactos (Tabla A)

**Cuadro 3.1:** Tabla A. Identificación de impactos ambientales por componente

Componente	Descripción de impactos ambientales	Calif.
Biótico	Reducción puntual de cobertura vegetal por implantación de estructuras y vías internas.	—
	Desplazamiento temporal de fauna terrestre durante construcción; rescate y reubicación.	—
	Creación de microhábitats de sombra que favorecen especies pequeñas en operación.	+
Atmosférico	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> por sustitución de generación fósil.	+
	Disminución de gases de combustión locales en operación (sin chimeneas/fuentes fijas).	+
	Emisión de polvo y ruido temporal por obra y tránsito de maquinaria.	—
Hidrosférico	Bajo consumo de agua frente a otras tecnologías; uso eficiente para lavado de paneles.	+
	Riesgo de arrastre de sedimentos por movimientos de tierra (fase de obra).	—
	Mejora indirecta de calidad del agua a escala regional por menor huella global de emisiones.	+
Socioeconómico	Generación de empleo directo e inclusión de mano de obra local.	+
	Programas con instituciones educativas (sensibilización/energía limpia).	+
	Incremento temporal de tránsito/ruido en comunidades aledañas durante obra.	—
Cultural	Sin afectación prevista a vestigios; protocolo de hallazgo fortuito.	+
	Promoción de cultura ambiental y tecnológica en la zona.	+
	Posible alteración menor por presencia de maquinaria durante obra.	—
Paisaje	Estructuras visibles que modifican la escena rural.	—
	Percepción social positiva asociada a energías limpias.	+
	Integración con uso agropecuario al no generar emisiones ni olores.	+
Geosférico	Movimiento de tierras y compactación en frentes de obra.	—
	Protección frente a erosión por cobertura parcial y control de escorrentías.	+
	Alteración local por fundaciones y redes soterradas.	—

#### Sustento normativo

Decreto 2041/2014 (licencias, PMA), Decreto 1076/2015 (gestión de recursos; ocupación de cauce), Resolución 631/2015 (vertimientos), Resolución 627/2006 (ruido), Decreto 1791/1996 (forestal), Decreto 1608/1978 (fauna), Ley 1185/2008 (patrimonio).

## 4 | FASE 1: Preparación — Uso de recursos naturales



## 4.1 | Permisos, concesiones y autorizaciones (Tabla B)

**Cuadro 4.1:** Tabla B. Uso de recursos naturales, instrumentos y restricciones

Componente	Instrumento	Restricción / Condición
Hidrosférico (captación)	Concesión de aguas (COR-MACARENA/ANLA)	Procede sólo si se capta para limpieza; respetar caudal ecológico, medición, PUEAA y % de ahorro/eficiencia.
Hidrosférico (vertimientos)	Permiso de vertimientos	Sólo si hay descarga; cumplir Res. 631/2015; preferencia por <i>cero vertimiento</i> y reutilización.
Cauces	Permiso de ocupación de cauce	Para pasos, cunetas o cruces; sin alterar régimen hídrico; restitución morfológica y revegetalización.
Atmosférico	Permiso de emisiones	Aplica únicamente si hay fuentes fijas (p.ej., grupo electrógeno permanente); límites del D. 948/1995.
Flora	Aprovechamiento forestal	Censo, acta y <i>compensación</i> con mantenimiento y supervivencia verificada.
Fauna	Plan de Manejo de Fauna	Rescate y reubicación previos; prohibición de caza/tenencia; reportes a la autoridad.
Patrimonio	PMA arqueológico / hallazgo fortuito (ICANH)	Parar obra, aislar, avisar; reanudar con concepto del ICANH; capacitación a contratistas.
Residuos	PGIRS y, si aplica, RESPEL/RAEE	Segregación, almacenamiento impermeabilizado, transporte y gestor autorizado con manifiestos.

### Sustento normativo

D. 1541/1978 (concesiones); D. 3930/2010 y Res. 631/2015 (vertimientos); D. 1076/2015 (ocupación de cauce); D. 948/1995 (aire); D. 1791/1996 (forestal); D. 1608/1978 (fauna); Ley 1185/2008 (patrimonio); D. 4741/2005 (RESPEL).

## 5 | FASE 2: Formulación y evaluación ambiental del proyecto

### 5.1 | Estudio sectorial y de mercado

- **Producto y cliente.** Autogeneración FV a gran escala para el complejo Castilla mediante *PPA* interno; reducción de compras a red y de exposición a precios.
- **Demanda/competencia.** Alta irradiancia regional (*IDEAM/UPME*); tendencia nacional de FNCE (Ley 1715/2014); LCOE competitivo; construcción rápida.
- **Riesgos sectoriales.** Variabilidad de irradiancia, degradación de módulos (~0.5 % anual), restricciones operativas (curtailment), cambios regulatorios y de conexión.
- **Inteligencia de entorno.** Revisión de POT, disponibilidad de predios, vías de acceso, ofertas de conexión, inventarios de biodiversidad, fuentes hídricas y comunidades.

**Normativa guía.** Ley 1715/2014, Ley 142/1994 (servicios), circulares CREG aplicables; Decreto 2041/2014 (licenciamiento).

### 5.2 | Estudio técnico y de localización

- **Criterios de emplazamiento.** Irradiancia, pendiente baja, suelos estables, evitar rondas/fragmentos, cercanía a barras de conexión, servidumbres claras.
- **Diseño.** Módulos mono-PERC/bifaciales; estructuras (fijas/seguidor); inversores; trafo elevador; SCADA; drenajes y control de escorrentías; cortafuegos.
- **Construcción.** Desbroce selectivo, control de polvo y sedimentos, acopios impermeabilizados, PGIRS/RESPEL, protocolo arqueológico, señalización HSE.
- **Operación.** Limpieza en seco o con uso eficiente de agua; *cero vertimiento*; mantenimiento preventivo; control de vegetación.

**Norma base.** D. 1076/2015; Res. 631/2015 (si hay vertimientos); D. 1791/1996 (forestal); D. 1608/1978 (fauna); Ley 1185/2008 (ICANH).

### 5.3 | Estudio administrativo

- **Gobernanza.** Titular; operador con rol HSE; interventoría ambiental; gestores autorizados; articulación con Alcaldía, comunidad, ANLA/CORMACARENA e ICANH.
- **Participación.** Socialización temprana; *PQRS*; empleo y compras locales; educación ambiental.
- **Cronograma de referencia.** Prefactibilidad (6-9 m), factibilidad/licencia (6-12+ m), construcción (6-12 m), operación (15-30 a), abandono (3-12 m).

**Norma guía.** Ley 99/1993; D. 2041/2014; D. 1072/2015 (SG-SST).

### 5.4 | Estudio legal

- **Instrumento principal.** Licencia Ambiental (licencia global) integrando permisos/autoridades asociadas (forestal, fauna, cauce, concesión/vertimientos si aplica, aire si hay fuentes fijas, arqueología, residuos).
- **Competencia.** ANLA (por alcance/typología); si fuese regional en Meta: CORMACARENA.
- **Obligaciones típicas.** PMA, monitoreos/ICA, compensaciones, plan de abandono, pólizas y garantías.

**Norma base.** D. 2041/2014; D. 1076/2015; D. 1541/1978; D. 3930/2010; Res. 631/2015; D. 1791/1996; D. 1608/1978; Res. 627/2006; D. 948/1995; Ley 1185/2008; D. 4741/2005.

### 5.5 | Estudio económico: costos ambientales

- **Planeación y licencias:** EIA/EMAS, trámites, estudios (suelo, biodiversidad, arqueología), capacitaciones HSE.
- **Implementación:** control de polvo/ruido, manejo de sedimentos, revegetalización, drenajes, equipos de monitoreo.
- **Operación:** monitoreo continuo (agua/ruido/aire), O&M ambiental, personal, reportes e ICA.
- **Compensaciones:** forestal y programas comunitarios/educación.
- **Abandono:** desmantelamiento, RAEE/RESPEL, restauración y evaluación final.

### 5.6 | Estudio financiero: supuestos y flujo

#### Parámetros clave

Parámetro	Valor	Justificación
Inversión total	\$ 20,000,000	CAPEX estimado del parque y conexión interna
Vida útil	15 años	Horizonte contractual y vida útil de equipos principales
Ingreso año 1	\$ 3,000,000	Producción esperada × tarifa PPA
Crecimiento ingresos	2 % anual	Indexación/IPC
OPEX año 1	\$ 500,000	O&M, personal, seguros, monitoreo
Crecimiento OPEX	3 % anual	Inflación y mantenimiento
Degradación módulos	-0,5 % anual	Pérdida de performance
Plan de abandono	\$ 1,000,000	Desmantelamiento y restauración

**Flujo de caja simplificado (años 0-15)**

Año	Concepto	Entradas	Salidas	Flujo	Acumulado
0	Inversión inicial y estudio	0	\$ 20,000,000	-\$ 20,000,000	-\$ 20,000,000
1	EIA e inicio operación	\$ 3,000,000	\$ 700,000	\$ 2,300,000	-\$ 17,700,000
2	Operación	\$ 3,060,000	\$ 515,000	\$ 2,545,000	-\$ 15,155,000
3	Operación	\$ 3,121,200	\$ 530,450	\$ 2,590,750	-\$ 12,564,250
4	Operación	\$ 3,183,624	\$ 546,364	\$ 2,637,261	-\$ 9,926,990
5	Operación	\$ 3,247,296	\$ 562,754	\$ 2,684,542	-\$ 7,242,447
6	Operación	\$ 3,312,242	\$ 579,637	\$ 2,732,605	-\$ 4,509,842
7	Operación	\$ 3,378,487	\$ 597,026	\$ 2,781,461	-\$ 1,728,381
8	Operación	\$ 3,446,057	\$ 614,937	\$ 2,831,120	\$ 1,102,739
9	Operación	\$ 3,514,978	\$ 633,385	\$ 2,881,593	\$ 3,984,332
10	Operación	\$ 3,585,278	\$ 652,387	\$ 2,932,891	\$ 6,917,223
11	Operación	\$ 3,656,983	\$ 671,958	\$ 2,985,025	\$ 9,902,248
12	Operación	\$ 3,730,123	\$ 692,117	\$ 3,038,006	\$ 12,940,254
13	Operación	\$ 3,804,725	\$ 712,880	\$ 3,091,845	\$ 16,032,099
14	Operación	\$ 3,880,820	\$ 734,267	\$ 3,146,553	\$ 19,178,652
15	Operación + Abandono	\$ 3,958,436	\$ 1,756,295	\$ 2,202,141	\$ 21,380,794

*Nota:* La inversión de impacto ambiental sobre la inversión total es del orden del 5-10 %.

**6 | FASE 3: Operación — Obligaciones de la licencia y permisos****6.1 | Obligaciones generales**

Ejecutar el **PMA** aprobado y actualizarlo si hay cambios sustanciales; garantizar pólizas y trazabilidad documental; presentar **Informes de Cumplimiento Ambiental** (ICA) en la periodicidad ordenada.

**Norma:** D. 2041/2014; Ley 99/1993.

**6.2 | Suelo y manejo de escorrentía**

Delimitar áreas, estabilizar taludes, zanjas y disipadores de energía; control de erosión y sedimentos; revegetalización con nativas.

**Norma:** D. 1076/2015.

**6.3 | Agua (captación/vertimientos)**

Concesión y medición si se capta; permiso y cumplimiento Res. 631/2015 si se descarga; **meta: cero vertimiento** con recirculación/reuso.

**Norma:** D. 1541/1978; D. 3930/2010; Res. 631/2015; D. 1076/2015.

**6.4 | Aire y ruido**

Permiso de emisiones sólo si existen fuentes fijas; control de polvo en vías; cumplimiento de la Res. 627/2006 para ruido ambiental.

**Norma:** D. 948/1995; Res. 627/2006.

**6.5 | Flora y fauna**

Aprovechamiento forestal y su *compensación* con mantenimiento; Plan de Manejo de Fauna (rescate, reubicación, cierres ecológicos temporales).

**Norma:** D. 1791/1996; D. 1608/1978; D. 1076/2015.

**6.6 | Patrimonio arqueológico**

Plan de manejo arqueológico (ICANH) y protocolo de hallazgo fortuito: parar, aislar, avisar; reanudación con concepto del ICANH.

**Norma:** Ley 1185/2008; ICANH.

## 6.7 | Residuos, RAEE y RESPEL

PGIRS; registro RESPEL si aplica; RAEE con gestores autorizados y manifiestos de disposición; áreas de almacenamiento impermeabilizadas.

**Norma:** D. 1076/2015; D. 4741/2005.

## 6.8 | Relacionamiento social y riesgos

Ejecución del plan de participación y *PQRS*; plan de contingencias (incendio, clima, seguridad eléctrica); SG-SST.

**Norma:** Ley 99/1993; Ley 1523/2012; D. 1072/2015.

## 6.9 | Ordenamiento y 1 %

Compatibilidad de usos conforme POT y licencias urbanísticas; inversión del 1 % sólo si hubo captación de agua de fuente natural.

**Norma:** Ley 388/1997; Ley 99/1993 art. 43.

# 7 | FASE 4: Abandono del proyecto — Obligaciones post-cierre

## 7.1 | Plan de abandono y desmontaje

Retiro de módulos, estructuras, cableado y equipos; retiro de fundaciones según orden constructivo; entrega de *as-built* y memoria de cierre.

**Norma:** D. 2041/2014; D. 1076/2015.

## 7.2 | Residuos del cierre

Gestión de RAEE con productor/gestor autorizado; RESPEL con registro vigente hasta agotar inventarios; RCD a sitio autorizado; manifiestos y certificaciones de disposición.

**Norma:** D. 4741/2005; D. 1076/2015.

## 7.3 | Suelos y revegetalización

Descompactación, reconfiguración y control de erosión; revegetalización con especies nativas; monitoreo post-cierre hasta cumplimiento de metas.

**Norma:** D. 1076/2015.

## 7.4 | Agua (cierre de instrumentos)

Acto de terminación/cancelación de concesión (si existía); cierre del permiso de vertimientos con muestreo final y desmantelamiento de sistemas; control de escorrentía durante desmontaje.

**Norma:** D. 1541/1978; D. 3930/2010; Res. 631/2015.

## 7.5 | Flora, fauna y arqueología

Cumplir mantenimientos de la compensación forestal hasta certificación de éxito ( $\geq 80\%$  usual); informe final de fauna; protocolo de hallazgo activo hasta terminar obras.

**Norma:** D. 1791/1996; D. 1608/1978; Ley 1185/2008.

## 7.6 | Social, riesgos y garantías

Socialización de cierre y *PQRS* activo; plan de contingencias durante desmontaje; SG-SST hasta el último frente. Pólizas vigentes hasta verificación y *paz y salvo*.

**Norma:** Ley 99/1993; Ley 1523/2012; D. 1072/2015.



## 7.7 | Ordenamiento y acto final

Regularización/cancelación de servidumbres (si aplica), cierre de trámites urbanísticos, y acto de terminación por la autoridad (*paz y salvo* ambiental).

**Norma:** D. 2041/2014; Ley 388/1997; Código Civil.

## 8 | Referencias