RESOLAR
Solar Energy Deserves a Second Life

EXPOSOLAR COLOMBIA 2026
CHARLA TÉCNICA

Paneles solares: el residuo peligroso que el sector instaló sin saber cómo eliminar

Economía circular, responsabilidad y trazabilidad para el fin de vida fotovoltaico en Colombia

Diego Quintero Fajardo
CEO y Fundador · ReSolar LATAM S.A.S.

Viernes 30 oct · 15:30–16:30
Salón 2 · Corferias



UNA PREGUNTA PARA LA SALA

Colombia ya tiene entre 7 y 10 millones de paneles solares instalados

Uno al lado del otro cubrirían unas **3.000 canchas de fútbol**.

¿Cuántos tienen hoy un destino final definido, trazable y responsable?

Estimación propia sobre 4.581 MW (UPME, jul 2026): según potencia por módulo (450–630 W) y ≈4,7 m² de módulo por kW; cancha de 105 × 68 m · 2



Instalación solar residencial en Colombia

01

Diagnóstico

El residuo solar ya existe en Colombia: cuánto hay, de dónde viene y hacia dónde crece



Módulos dañados en patio de obra · Colombia

LO QUE YA ESTÁ EN LOS TECHOS Y PARQUES

Un inventario de 275.000 toneladas que hoy nadie contabiliza

7–10 M
paneles instalados en Colombia

≈275 kt
de materiales ya extraídos, procesados e instalados

60 t
de materiales por cada megavatio instalado

> Cada tonelada fue extraída, refinada y transportada una vez. **La pregunta es si la usaremos una segunda vez.**

Estimación propia sobre 4.581 MW (UPME, jul 2026) con el factor de IRENA (2026): ≈60 t de materiales por MWp · 4

EL MITO DEL 2050

El primer residuo solar nace en la obra, no al final de la vida útil

0,81%

de los módulos se rompieron en construcción en 8 parques de Enel en Chile: 37.675 de 4.625.045 (rango por parque: 0,08% a 2,05%)

≈83.000

módulos rotos si la misma tasa aplica al parque colombiano: ≈2.500 t de residuo generado antes de producir el primer kWh

Fuente: Enel Green Power Chile, aporte a consulta Ley REP, MMA (dic 2023). Extrapolación a Colombia: estimación propia · 5

LA CURVA GLOBAL · IRENA 2026

De 1 millón a más de 200 millones de toneladas



2025 · acumulado global (400.000 t solo ese año)

2035 · >3 Mt al año

2050 · >25 Mt al año; 21% de todos los RAEE

Fuente: IRENA (2026), End-of-life management for a circular economy: Solar PV panels, escenario 1,5 °C. Barras ilustrativas, no a escala · 6

LO QUE PROYECTA EL PROPIO GOBIERNO

Colombia generará hasta 80.000 toneladas de residuo solar al año

MinEnergía · UPME · década de 2040

20–80 kt

de residuo FV al año, según el Catálogo Tecnológico Colombiano (mar 2025). Es RAEE, pero aún sin metas ni reglas de reciclaje para recibirlo.

1,3 M

hogares en Colombia Solar (CONPES 4158): residuo disperso, sin plan de fin de vida

$8,35 B

billones de COP invertidos 2026–2030 en ese programa

Fuentes: MinEnergía, UPME, DEA y Emergente, Catálogo Tecnológico Colombiano (mar 2025); DNP, CONPES 4158 · 7

NO ESPEREMOS A LA OLA

La ventana para prepararnos es ahora

Hoy

Residuo temprano: rotura en obra, clima y garantías

Pequeño y disperso: el momento de crear las reglas

Década de 2030

Repotenciación: plantas que cambian módulos antes de su fin de vida

En el mundo, 23% de la instalación solar de los 2040 será reemplazo

Década de 2040

Fin de vida masivo: 20.000–80.000 t al año en Colombia

Más de 25 Mt al año en el mundo hacia 2050

> Reglas, acopio y trazabilidad toman años en construirse. **Si empezamos cuando llegue el volumen, llegaremos tarde.**

Fuentes: Enel Green Power Chile, consulta Ley REP (2023); Wood Mackenzie (sep 2026); MinEnergía y UPME, Catálogo Tecnológico Colombiano (2025); IRENA (2026) · 8

02

Disposición responsable

Qué contiene un panel, qué pasa cuando se gestiona mal y qué se gana cuando se gestiona bien



Imagen ilustrativa

¿POR QUÉ “PELIGROSO”?

Intacto es estable. Roto, envejecido o quemado, libera

Sustancia	Dónde está	Qué muestra la evidencia
Plomo (Pb)	Soldaduras de celdas y strings: ≈50 g/kW	Ensayos TCLP en paneles rotos o envejecidos superan el límite regulatorio
Cadmio (Cd)	Módulos de película delgada CdTe	En relleno ácido simulado: 3,24 veces el límite TCLP
Flúor	Backsheets fluorados: ≈70% del mercado 2024	Al quemarse generan fluoruro de hidrógeno (HF), altamente tóxico

Fuentes: IRENA 2026; Ramos-Ruiz et al., J. Hazard. Mater. (2017); estudios TCLP/SPLP en paneles policristalinos · 10



Imagen ilustrativa

LO QUE PASA CUANDO NADIE LO GESTIONA

El reciclaje informal se queda con el marco y abandona el resto

Se extrae lo fácil: los metales del marco y el cableado se retiran a mano; lo demás queda como desecho

Se quema el resto: la quema a cielo abierto de backsheets fluorados libera gases tóxicos

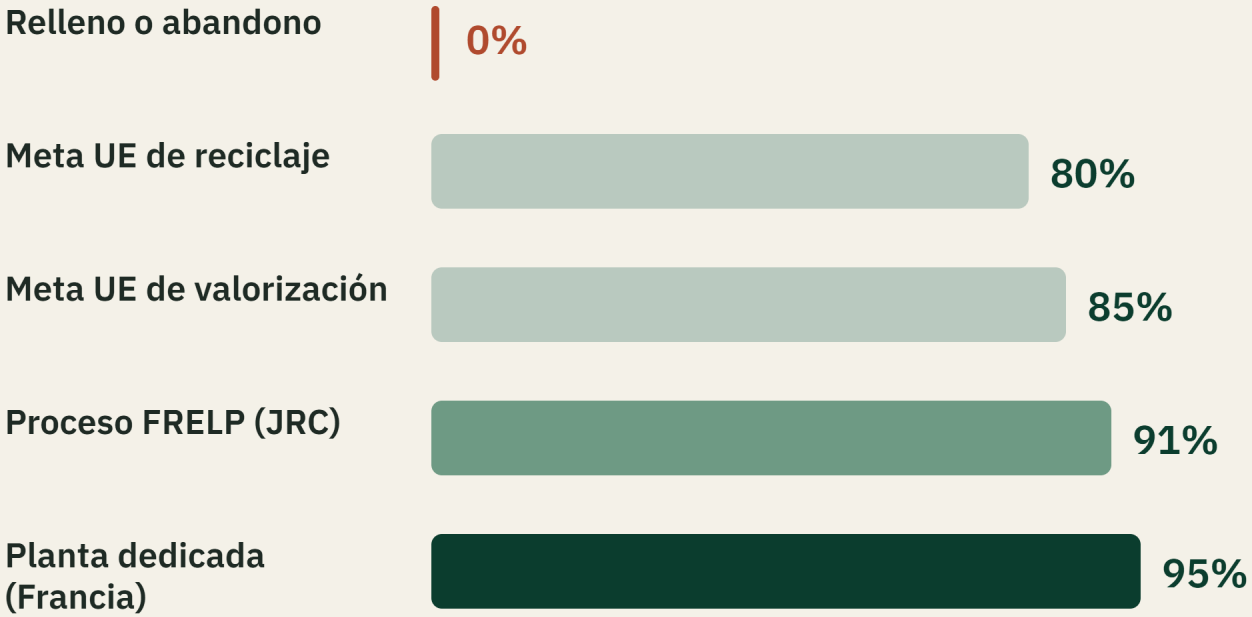
35× **Plomo en el suelo** cerca de botaderos de RAEE: hasta 14.000 mg/kg frente a 400 mg/kg seguros

Fuente: IRENA (2026), cap. 3.3, con base en Ssebugere et al. (2025) · 11

POR QUÉ IMPORTA DISPONER BIEN

Bien gestionado, casi todo el panel vuelve a la economía

Porcentaje del peso del panel que vuelve a ser materia prima



2,3 t CO_2e

evitadas por tonelada reciclada (rango en estudios: 1,0–2,3 t)

>6×

el umbral de plomo en lixiviado de módulos rotos en un relleno real

Fuentes: Directiva 2012/19/UE; Latunussa et al. (2016), FRELP/JRC; Veolia Rousset; ROSI, EPJ PV (2024); Nain y Kumar, vía Adv. Energy Sustain. Res. (2025) · 12

03

Lecciones de Europa y la región

Catorce años de responsabilidad extendida del productor: aciertos, límites y qué puede adoptar Colombia



Imagen ilustrativa

EUROPA: 14 AÑOS DE VENTAJA

Desde 2012 el panel solar es RAEE y lo paga quien lo vende

2007
Nace PV CYCLE, sistema voluntario

2012
FV entra a la Directiva RAEE 2012/19/UE

2014
Responsabilidad del productor obligatoria

2024
Dir. 2024/884: se ajusta quién paga lo histórico

Jul 2026
Francia sube 2,5× la ecocontribución por módulo

85%
meta de valorización

80%
meta de reutilización y reciclaje

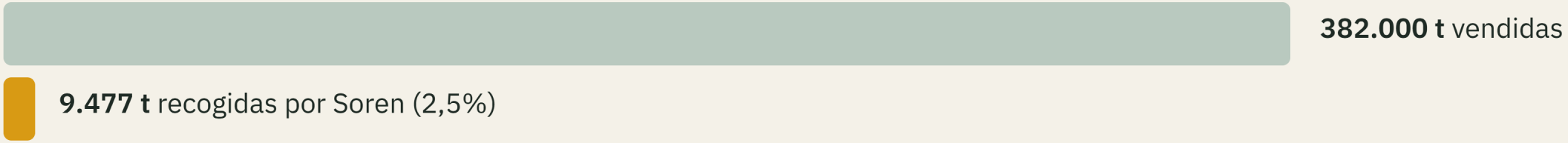
65%
meta de recogida sobre lo vendido

Fuentes: Directiva 2012/19/UE; Directiva (UE) 2024/884 (EUR-Lex); PV CYCLE; Soren, baremo 1 jul 2026 · 14

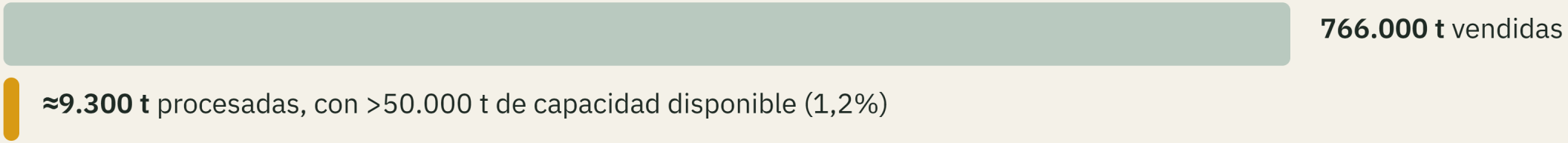
AUN ASÍ, EUROPA NO ALCANZA

En Francia, por cada 40 toneladas vendidas se recoge 1

Francia, 2024



Alemania, 2024



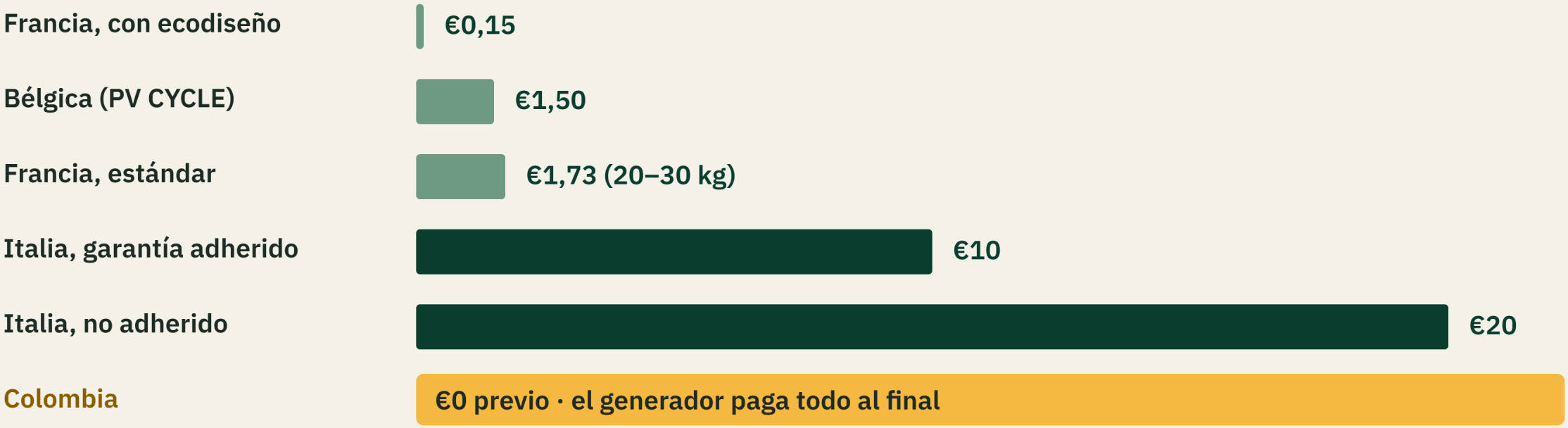
Y la fuga: entrevistas del sector estiman que algunos países exportan del 30% al 90% de sus módulos usados.

Fuentes: Soren (pv magazine France, jun 2025); Fraunhofer CSP para DERA (pv magazine, 1 oct 2026); J. Clean. Prod. (2024) vía pv magazine · 15

¿QUIÉN PAGA EL FIN DE VIDA?

En Europa se paga al comprar. En Colombia, al final y sin presupuesto

Cobro o garantía por módulo, en EUR · escala: barra completa = 20 EUR



Fuentes: Soren, baremo 1 jul 2026; PV CYCLE Bélgica (pv magazine, abr 2024); GSE vía Assolombarda (mar 2025). Costo real de tratamiento en Francia: >€5 por panel (Soren) · 16

SÍ SE PUEDE

Otros ya lo están haciendo, con resultados medibles

Unión Europea

58.474 t

recolectadas en 2023; más del 84% recicladas o preparadas para reutilización

Francia

95%

de recuperación en masa en la primera planta europea dedicada a paneles

Brasil

≈2.900 t

de paneles dañados por una tormenta, reciclados en poco más de un año

Chile

Mayo 2028

entran a regir metas propias de recolección y valorización para paneles FV

Fuentes: IRENA (2026) con base en Eurostat (2025); Veolia (Rousset); Exame (feb 2025); Diario Oficial de Chile (7 may 2026) · 17

LADO A LADO

Unión Europea vs. Colombia

Dimensión	Unión Europea	Colombia
Clasificación	RAEE (Directiva 2012/19/UE)	RAEE subcategoría “I” (Res. 851/2022)
Quién paga	Productor o importador, al vender	En la práctica, el generador, al final
Meta de recogida	65% de lo vendido	Sin meta para subcategoría “I”
Reciclaje	85% valorización · 80% reciclaje	Sin regla de reciclaje ni disposición
Infraestructura	Plantas dedicadas (95% recuperación en Veolia Rousset)	Gestores RAEE generales; capacidad FV emergente
Datos	Eurostat y registros nacionales	Sin estadística de residuo FV
Costo al tenedor	Entrega gratuita (prepagada)	Flete, tratamiento y certificado

Fuentes: EUR-Lex; Eurostat; Veolia; MinAmbiente, Res. 851 de 2022; ANLA, RAEE: preguntas frecuentes · 18

COLOMBIA: EL MARCO NORMATIVO

El panel ya es RAEE. Lo que falta son reglas para su reciclaje y disposición

Norma	Qué establece
Ley 1672 de 2013	Política pública de gestión integral de RAEE
Decreto 284 de 2018	Reglamenta la gestión integral de RAEE
Res. 851 de 2022	Clasifica los aparatos y sistemas de recolección (vigente desde 2023)
Res. 40159 de 2026	Art. 14: ordena regular el residuo del Programa Colombia Solar

La oportunidad: definir reglas de reciclaje, disposición y trazabilidad específicas para FV.

Fuentes: Ley 1672 de 2013; Decreto 284 de 2018; MinAmbiente, Res. 851 de 2022; MinEnergía, Res. 40159 de 2026 (D.O. 53.432) ·

RESOLUCIÓN 851 DE 2022 · MINAMBIENTE

El panel solar es RAEE de uso industrial o profesional: letra “l”

Qué exige al productor (art. 12)

1. Implementar un sistema de recolección y gestión de RAEE
2. Informar al comprador las condiciones de aceptación y retoma
3. Mantener canales de comunicación con sus usuarios
4. Cumplir las demás obligaciones de la Ley 1672 de 2013

Qué no define para el panel FV

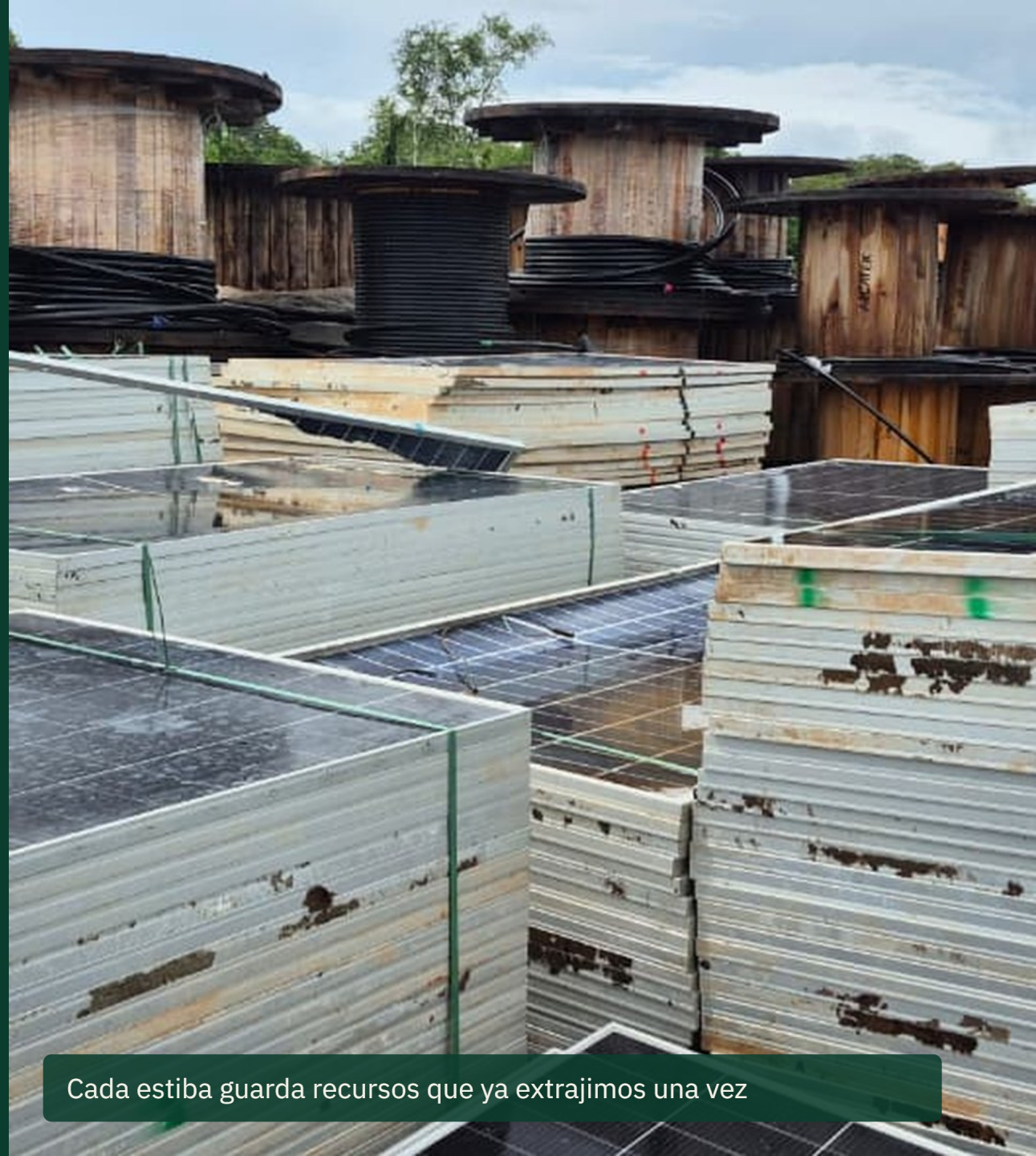
- Evaluación, aprobación o seguimiento del sistema por la ANLA
- Metas de recolección o de aprovechamiento
- Reglas técnicas de reciclaje o disposición final

Fuentes: MinAmbiente, Res. 851 de 2022, art. 4 (par. 1), art. 12 y Anexo 1; ANLA, RAEE: preguntas frecuentes · 20

04

Economía circular, trazabilidad y responsabilidad

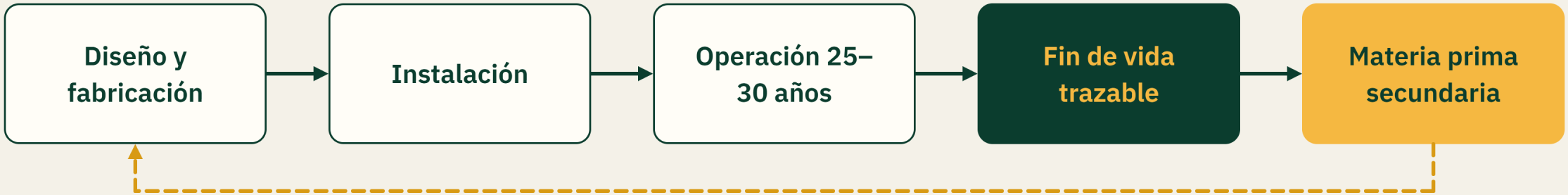
Del residuo al recurso: lo que se recupera, cómo se demuestra y quién lo hace posible



Cada estiba guarda recursos que ya extrajimos una vez

MARCO CONCEPTUAL

De la economía lineal a la circular en el sector solar



Reducir: ecodiseño, menos plomo y flúor

Reutilizar: prueba y certificación de segunda vida

Reciclar: separación, recuperación de materiales y minerales críticos

Contribuye a: ODS 7 Energía limpia · ODS 9 Industria · ODS 12 Producción responsable · ODS 13 Clima

Fuente: IRENA (2026), cap. 4 “A circular economy for end-of-life management of solar PV panels” · 22

EL YACIMIENTO MÁS CERCANO ESTÁ SOBRE NUESTROS TECHOS

Cada panel guarda recursos que el planeta ya entregó una vez

31 Mt

de materiales al año necesitará la fabricación de paneles en 2030

70%

de la demanda de algunos insumos de la propia industria solar podría salir de paneles recuperados

>16%

de los recursos minerales clave del mundo están en zonas con alto estrés hídrico

> Recuperar es extraer menos: **menos agua, menos territorio intervenido y menos dependencia externa.**

Fuente: IRENA (2026), End-of-life management for a circular economy: Solar PV panels, caps. 1 y 4 · 23

CERTIFICADO

Ejemplo

Cierre de vida de módulos fotovoltaicos

Origen

Proyecto y causa

Custodia

Gestor autorizado

Destino

Fracciones y peso



Ejemplo ilustrativo de certificado verificable

TRAZABILIDAD

Sin registro, no hay cierre

Un cierre de vida responsable se puede demostrar paso a paso:

1 **Origen:** proyecto, cantidad y causa del retiro

2 **Custodia:** transporte y recepción por un gestor autorizado

3 **Destino:** fracciones recuperadas y disposición final

4 **Evidencia:** certificado consultable por auditor, financiador o autoridad

Basado en IRENA (2026), cap. 5: plataformas digitales de datos, reporte y monitoreo

NADIE LO LOGRA SOLO

Cada actor cierra un tramo del ciclo

Fabricante e importador
Ecodiseño, información del módulo y financiación del fin de vida

EPC y dueño del activo
Inventario, entrega a gestor autorizado y evidencia del destino

Aseguradoras y financiadores
Exigir destino certificado en siniestros, garantías y créditos

Gestor autorizado
Tratamiento técnico, valorización y certificado trazable

Estado
Reglas de reciclaje y disposición, metas y estadística pública

Academia y gremios
Medición del residuo, investigación y formación técnica

> Si un eslabón falla, el panel se pierde. **Si todos actúan, vuelve a la economía.**

Fuentes: Ley 1672 de 2013 (responsabilidad compartida y diferenciada); IRENA (2026), cap. 5.2 “Key stakeholders and their roles” · 25

PROPUESTA PARA LA MESA TÉCNICA DEL ART. 14

Cinco decisiones para 2027

1. **Reglas de reciclaje y disposición** para el panel FV (RAEE subcategoría “I”)
2. **Ecocontribución o garantía por módulo** (modelo Francia o Italia),
3. **Plan de fin de vida obligatorio** en proyectos mayores a 1 MW, como en Japón
4. **Acopio regional** en el Caribe (Atlántico, Cesar) y para residuo disperso
5. **Certificado trazable de destino final** para cerrar la fuga de “usados”

Propuesta con base en IRENA (2026), Directiva RAEE de la UE, Soren, GSE y Japón (2026) · 26

EL LUNES DESPUÉS DE EXPOSOLAR

Qué puede hacer cada actor desde ya

EPC y dueños de activos

Inventario de módulos dañados en patios y cláusula de fin de vida en cada contrato nuevo

Aseguradoras y fabricantes

Destino final certificado como condición de cierre de siniestros y garantías

Gobierno y autoridades

Instalar la mesa técnica del art. 14 con operadores, gestores, gremios y academia

Academia y gremios

Medir el residuo que hoy nadie cuenta y formar a los técnicos que lo gestionarán

CONVERSEMOS

Prepararnos es una tarea colectiva. Empecemos hoy.

Diego Quintero Fajardo

diego.quintero@resolarlatam.com · +57 301 619 0714

RESOLAR
Solar Energy Deserves a Second Life

resolarlatam.com

RESOLAR
Solar Energy Deserves a Second Life

La energía limpia no termina en el kWh. Termina cuando el panel vuelve a ser materia prima.

Gracias · Preguntas

Fuentes

- IRENA (2026). End-of-life management for a circular economy: Solar PV panels
- UPME, tablero 6GW+; pv magazine Latam (may y jul 2026)
- MinEnergía, UPME, DEA, Catálogo Tecnológico Colombiano (2025)
- DNP, CONPES 4158; MinEnergía, Res. 40159 de 2026
- UPME/BID CO-T1501-P006, análisis regulatorio RAEE
- Ley 1672/2013; Res. 851/2022; ANLA, RAEE: preguntas frecuentes
- Enel Green Power Chile, consulta Ley REP, MMA (2023)
- Diario Oficial de Chile (7 may 2026); Canal Solar (2026)
- Wood Mackenzie (sep 2026). Renewing renewables
- Directivas 2012/19/UE y (UE) 2024/884 (EUR-Lex)
- Soren, baremo 1 jul 2026; pv magazine France (jun 2025)
- PV CYCLE, informes anuales 2024 y 2025
- GSE, instrucciones RAEE FV (vía Assolombarda, 2025)
- Fraunhofer CSP para DERA (pv magazine, oct 2026)
- J. Clean. Prod. (2024), exportación de residuo FV
- Latunussa et al. (2016), FRELP/JRC; ROSI, EPJ PV (2024)
- Veolia (planta de Rousset); Exame (feb 2025), caso Brasil
- Estimaciones propias con factores IRENA sobre 4.581 MW