



CONSULTORÍA ADIM-2030

Informe de Diagnóstico

Entregable 3 — ADIM-2030

...

Agenda de Descarbonización de las Industrias Manufactureras al 2030 (ADIM-2030)

Encargada por PNUD Perú en coordinación con la
Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DGAAMI)
Ministerio de la Producción (PRODUCE)

Consultor responsable: Ricardo Pareja Soto

10 de agosto de 2026

Resumen ejecutivo

Este Informe de Diagnóstico establece la base técnica de la Agenda de Descarbonización de las Industrias Manufactureras al 2030 (ADIM-2030). Responde a cinco preguntas: dónde están las emisiones del sector, qué está comprometido para reducirlas, qué lo traba, qué dijeron los actores y cómo priorizar.

Dónde están las emisiones. La industria manufacturera emitió **17.094,1 kt CO₂eq en 2021**, repartidas en tres frentes: la mitad es combustión (categoría 1.A.2 del inventario), el 43 % son procesos industriales (IPPU) y el 6 % son aguas residuales. Dentro de los procesos, el **cemento concentra el 70,4 % y los refrigerantes (HFC) el 15,8 %**: dos focos que suman el 86 %. La concentración es extrema a nivel de planta —una sola, UNACEM Atocongo, es el 32,9 % de todo el IPPU—, lo que respalda cuantitativamente el énfasis cementero de la Agenda. El Balance Nacional de Energía muestra, además, que un cuarto de la energía industrial es electricidad (que no emite en la planta) y que los combustibles de carbono alto se concentran justo en cemento y ladrilleras.

Qué está comprometido. El listado NDC vigente (D.S. 019-2025-MINAM) pone bajo PRODUCE **ocho medidas: tres de procesos** (cemento, refrigerantes y ácido nítrico) **y cinco medidas vinculadas al consumo de energía: dos para ladrilleras, dos para cemento —coprocesamiento y eficiencia energética— y una medida transversal de eficiencia energética para la manufactura**. Con el desglose de estas cinco aparece un resultado nuevo: **las ladrilleras son el segundo bloque de mitigación del sector** (0,69 MtCO₂eq al 2030), muy por encima de su peso en el inventario. Fuera del listado NDC, hay compromisos de industria (la Hoja de Ruta Net Zero del cemento) y un instrumento voluntario operativo —los **25 Acuerdos de Producción más Limpia (AP+L)**— cuyo acuerdo del cemento aterriza, a nivel de planta y con plazo de un año, las tres medidas NDC del sector. Ese acuerdo es el molde natural del mecanismo de contribuciones voluntarias que formulará el Entregable 5.

Qué traba la reducción. Buena parte de las barreras decisivas son regulatorias y de mercado, no tecnológicas: el marco de residuos para el coprocesamiento del cemento, las normas técnicas de cementos adicionados, las normas para refrigerantes alternativos. La evaluación económica de las cinco medidas modeladas muestra rentabilidad privada favorable, pero eso **no elimina las barreras de acceso a crédito, capital inicial y percepción de riesgo** que el propio diagnóstico documenta como decisivas, sobre todo en las empresas de menor tamaño y en los rubros informales. En el plano institucional, el cruce realizado muestra que la cobertura actual de los AP+L, la red de Centros de Innovación Productiva (CITE) y los servicios asociados a la Política Nacional de Desarrollo Industrial no coincide plenamente con los subsectores de mayor intensidad de emisiones. Esto representa una oportunidad para que la ADIM-2030 fortalezca su articulación y amplíe progresivamente la cobertura hacia esos subsectores, aprovechando instrumentos y capacidades institucionales ya existentes.

Qué dijeron los actores. Los **ocho talleres del ciclo de diagnóstico (101 participantes)** —seis en Lima y dos regionales en Trujillo y Arequipa— aportaron y enriquecieron el diagnóstico participativo, sumando el ángulo de demanda y compras públicas que las fichas tocaban menos y énfasis regionales como el estrés hídrico, la biomasa y los biocombustibles y la necesidad de factores de emisión locales. Los

resultados cuantitativos de las encuestas se consolidan en el Entregable 4, para analizarlos sobre el universo completo una vez procesados.

Cómo priorizar. Combinando peso en emisiones y estado de la medida: cemento en máxima prioridad; refrigerantes en alta (por medida NDC y trayectoria de crecimiento); aguas residuales en media-alta (peso alto sin medida propia); **cal en media: es el subsector con más condiciones habilitantes trabadas —3 de 7 en rojo— porque comparte con el cemento el CO₂ inherente a la calcinación de la caliza, pero no tiene medida NDC propia ni hoja de ruta sectorial y opera en un sector atomizado y en buena parte informal** (ver 4.3); y el resto proporcional a su peso. La propuesta busca articular dos marcos complementarios: la PN ENCC 2050, que establece la reducción de emisiones industriales, y la PNDI 2030, que vincula productividad, modernización tecnológica y economía circular.

Glosario de siglas y términos técnicos

Este glosario reúne las siglas y los términos técnicos que aparecen en el informe. Se ordena en tres bloques: instrumentos y normas, categorías del inventario y las medidas, y términos técnicos de proceso.

Instrumentos, instituciones y normas

Sigla o término	Qué significa
ADIM-2030	Agenda de Descarbonización de la Industria Manufacturera al 2030. El instrumento que esta consultoría formula.
AP+L	Acuerdo de Producción más Limpia. Instrumento voluntario que PRODUCE suscribe con una empresa o grupo de empresas, con metas y acciones que van más allá de lo que exige la ley. No sustituye las obligaciones ambientales. Base legal: D.S. 017-2015-PRODUCE, art. 10, y Directiva General N.º 000002-2026-PRODUCE-DM , aprobada por Resolución Ministerial N.º 000132-2026-PRODUCE , que es el marco vigente para su formulación, suscripción, seguimiento y reconocimiento.
BNE	Balance Nacional de Energía. Publicación anual del MINEM que registra los flujos físicos de energía del país, incluido el consumo del sector industrial por tipo de energético.
BTR1	Primer Reporte Bienal de Transparencia del Perú (2024), presentado ante la CMNUCC. Reporta, entre otras cosas, qué medidas NDC están efectivamente en implementación.
CITE	Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica. Los 48 centros (25 públicos) de la red del ITP que prestan asistencia técnica, ensayos de laboratorio y capacitación a las empresas.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
DGAAMI	Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria del PRODUCE. Es la autoridad ambiental de las actividades de industria manufacturera y comercio interno y la contraparte técnica de esta consultoría.
HREC	Hoja de Ruta de Economía Circular de la Industria Manufacturera y Comercio Interno al 2030, aprobada por D.S. 018-2025-PRODUCE.
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. La fuente oficial de las emisiones del país, elaborada por el MINAM.
ITP	Instituto Tecnológico de la Producción. Organismo adscrito a PRODUCE que opera la red CITE.
MINAM / MINEM	Ministerio del Ambiente / Ministerio de Energía y Minas.
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional (<i>Nationally Determined Contribution</i>). El compromiso de mitigación que cada país presenta bajo el Acuerdo de París. El listado peruano vigente lo aprueba el D.S. 019-2025-MINAM.
OGEIEE	Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos de PRODUCE. Hace el seguimiento de los indicadores de la Hoja de Ruta de Economía Circular.
PNDI	Política Nacional de Desarrollo Industrial al 2030, aprobada por D.S. 016-2022-PRODUCE.
PN ENCC 2050	Política Nacional ante el Cambio Climático al 2050. Su Objetivo Prioritario 6 cubre las emisiones de procesos industriales y refrigerantes.
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
PRODUCE	Ministerio de la Producción del Perú.

Sigla o término	Qué significa
PTS	Programación Tentativa Sectorial de Mitigación de PRODUCE/DGAAMI: el documento que desarrolla las medidas de mitigación del sector con su potencial, cobeneficios, condiciones habilitantes y evaluación económica.
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero. La base de datos que sustenta el INGEI.
REP	Responsabilidad Extendida del Productor: el principio por el cual el fabricante se hace cargo del residuo que genera su producto al final de su vida útil.
VMA	Valores Máximos Admisibles: los límites que debe cumplir una descarga industrial de aguas residuales no domésticas para poder verterse al sistema de alcantarillado sanitario. Aprobados por D.S. 021-2009-VIVIENDA; Reglamento vigente, D.S. 010-2019-VIVIENDA.

Categorías del inventario y códigos de las medidas

Sigla o término	Qué significa
IPPU / PIUP	Procesos Industriales y Uso de Productos (<i>Industrial Processes and Product Use</i>). La categoría del inventario donde caen las emisiones que produce la química del proceso —no la quema de combustible—: la calcinación de la caliza en el cemento, los HFC de la refrigeración, el N ₂ O del ácido nítrico. “IPPU” y “PIUP” son la misma categoría (sigla en inglés y en español); en este informe se usan indistintamente.
1.A.2	Código del inventario para la combustión estacionaria en industrias manufactureras : las emisiones de quemar combustible en hornos y calderas. Pertenece al sector Energía, no a IPPU.
5.D.2	Código del inventario para las aguas residuales industriales . Pertenece al sector Desechos.
PIUP1, PIUP2, PIUP3	Las tres medidas NDC de procesos industriales que están bajo PRODUCE: sustitución de clínker (cemento), reemplazo de refrigerantes y reducción de N ₂ O en ácido nítrico.
ECE	Energía – Combustión Estacionaria. El prefijo de los códigos de las medidas NDC que reducen emisiones de quema de combustible . Las cinco que están bajo PRODUCE son ECE14 a ECE18 (ladrilleras artesanales, ladrilleras industriales, coprocesamiento, eficiencia energética en cemento y eficiencia energética por intervenciones integrales).
MRV	Medición, Reporte y Verificación. El sistema que permite comprobar que una reducción de emisiones ocurrió de verdad. Sin MRV, una meta no es verificable.
kt / Mt CO ₂ eq	Kilotoneladas y megatoneladas de dióxido de carbono equivalente : la unidad común que permite sumar gases distintos convirtiéndolos a su efecto equivalente en CO ₂ . 1 Mt = 1.000 kt.
TJ	Terajoule: unidad de energía. Es la unidad en que el Balance Nacional de Energía expresa el consumo.
PCG	Potencial de Calentamiento Global: cuánto calienta un gas comparado con el CO ₂ , a igualdad de masa. Un refrigerante con PCG 2.000 calienta dos mil veces más que la misma masa de CO ₂ . Es la razón por la que sustituir refrigerantes rinde tanto.

Términos técnicos de proceso

Sigla o término	Qué significa
Clínker	El componente activo del cemento, que se obtiene cociendo caliza y arcilla a unos 1.450 °C. Es la etapa que concentra casi todas las emisiones de CO ₂ del cemento.

Sigla o término	Qué significa
Factor clinker	La proporción de clinker en el cemento final; el resto son adiciones y yeso. A menor factor clinker, menos emisiones por tonelada de cemento.
SCM	Materiales cementicios suplementarios (<i>Supplementary Cementitious Materials</i>): las adiciones que reemplazan clinker en el cemento —puzolana, caliza, escoria de alto horno, cenizas volantes—. Su disponibilidad es lo que limita cuánto se puede bajar el factor clinker.
Coprocesamiento	Uso de residuos y biomasa como combustible en el horno de cemento, en reemplazo del carbón o el petcoke.
CDR	Combustible Derivado de Residuos : el combustible preparado a partir de residuos que se usa en el coprocesamiento.
CCUS	Captura, Uso y Almacenamiento de Carbono (<i>Carbon Capture, Utilisation and Storage</i>): capturar el CO ₂ a la salida del horno para almacenarlo o utilizarlo, en vez de emitirlo. Es la única palanca que ataca las emisiones de proceso sin cambiar el producto.
TRL	Nivel de Madurez Tecnológica (<i>Technology Readiness Level</i>): una escala de 1 a 9 que indica cuán probada está una tecnología. TRL 9 significa que ya opera a escala comercial; TRL 1, que apenas se ha formulado el principio científico.
EAF	Horno de Arco Eléctrico (<i>Electric Arc Furnace</i>): la ruta de producción de acero a partir de chatarra, que funde con electricidad en vez de reducir mineral de hierro con carbón. Emite mucho menos que la ruta tradicional.
Cullet	El vidrio reciclado que se incorpora a la mezcla de un horno de vidrio. Cada punto de cullet que sustituye materia prima virgen ahorra energía y emisiones.
HFC / HCFC	Hidrofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos : los gases refrigerantes usados en refrigeración y aire acondicionado. Los HFC no dañan la capa de ozono pero tienen un potencial de calentamiento muy alto.
NACAG	<i>Nitric Acid Climate Action Group</i> : iniciativa internacional que brinda asistencia técnica y financiera para instalar catalizadores que abaten el N ₂ O en las plantas de ácido nítrico. Es la vía de entrada disponible para la medida PIUP3.
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
LMP	Límites Máximos Permisibles : los límites de emisión o vertimiento que fija la norma ambiental. Para las plantas de fabricación de cemento y/o cal los aprueba el D.S. 001-2020-MINAM , que alcanza expresamente a las plantas que realizan coprocesamiento de residuos (ver 5.4).
PPA	Contrato de compra de energía a largo plazo (<i>Power Purchase Agreement</i>), el instrumento con que una industria se abastece de electricidad renovable.
I-REC	Certificado internacional que acredita que una cantidad de electricidad consumida fue generada con fuentes renovables.
CIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme : el código con que se identifica la actividad económica de una empresa. El Estado peruano adoptó oficialmente su cuarta revisión (CIU Revisión 4) mediante la Resolución Jefatural N.º 024-2010-INEI .
Alcance 1 / Alcance 2	Las emisiones que una empresa produce directamente en sus instalaciones (alcance 1, por ejemplo quemar combustible en su horno) frente a las que produce el sistema eléctrico para generar la electricidad que ella consume (alcance 2). Distinguirlos evita contar dos veces.

Criterio: se glosan las siglas y los términos que el informe usa efectivamente. Los términos de trabajo interno que se habían filtrado a la versión 1 (formatos de archivo y rutas de datos) no se glosan: se retiraron del texto, porque un documento de política no debe exponerlos al lector.

1. Introducción y alcance

La **ADIM-2030** es una agenda pública, voluntaria y promocional para orientar la descarbonización de la industria manufacturera peruana al 2030, con énfasis en la industria cementera. No es una norma obligatoria ni un instrumento sancionatorio: ordena prioridades, metas, líneas de acción e instrumentos de apoyo para que empresas y gremios avancen en reducción de emisiones.

La Agenda **se formula alineada a las políticas nacionales y sectoriales de desarrollo industrial y de descarbonización, con enfoque de productividad y competitividad**. Se apoya en tres marcos vigentes: la **Política Nacional ante el Cambio Climático al 2050**, cuyo Objetivo Prioritario 6 cubre las emisiones de procesos industriales; la **Política Nacional de Desarrollo Industrial al 2030** (D.S. 016-2022-PRODUCE), cuyo Objetivo Prioritario 1 es incrementar la productividad de las empresas del sector manufactura; y la **Hoja de Ruta de Economía Circular de las Industrias Manufactureras y Comercio Interno al 2030** (D.S. 018-2025-PRODUCE), donde la Agenda puede aterrizar sin necesidad de una norma nueva. De ese encaje se desprende el enfoque del documento: la reducción de emisiones se plantea como una **vía de modernización tecnológica, eficiencia en el uso de recursos y competitividad**, no como un sobre costo ambiental. El capítulo 3 desarrolla los tres marcos y la forma en que la ADIM-2030 se articula con ellos.

Este Informe de Diagnóstico (Entregable 3) constituye la base técnica sobre la que se formularán los entregables siguientes. Cubre, en orden: el **análisis de emisiones** del sector manufacturero (capítulo 2), el **marco regulatorio y de política** (capítulo 3), las **oportunidades y barreras tecnológicas** (capítulo 4), la **revisión de las medidas sectoriales existentes** (capítulo 5) y la **sistematización de los talleres de diagnóstico** (capítulo 6), seguidos de las conclusiones (capítulo 7).

La unidad de análisis es la **industria manufacturera**, cuyas emisiones caen en tres categorías del inventario nacional: procesos industriales (IPPU), combustión (Energía, 1.A.2) y aguas residuales industriales (Desechos, 5.D.2). El diagnóstico se ordena por la **taxonomía IPCC** (que tiene cifras duras y trazables al inventario) y mapea contra ella las ramas sectoriales de los talleres.

2. Diagnóstico de emisiones del sector manufacturero

2.1 Encuadre: las tres fuentes de emisión de la industria manufacturera

Las emisiones de la industria manufacturera peruana no caben en una sola categoría del inventario nacional. Se reparten en tres frentes, que sumados definen el **total industria 2021 = 17.094,1 kt CO₂eq**:

Frente	Categoría inventario	2021 (kt CO ₂ eq)	% del total industria
Combustión estacionaria	1.A.2 (Energía)	8.670,1	50,7 %
Procesos industriales	IPPU / PIUP (2.A-2.F)	7.373,7	43,1 %
Aguas residuales industriales	5.D.2 (Desechos)	1.050,3	6,1 %
Total industria		17.094,1	100 %

Tres precisiones de lectura, necesarias para no sobreinterpretar:

- **La combustión (1A2) es la mitad del problema, pero el inventario no la desagrega por subsector ni planta.** Las emisiones de quemar combustible en hornos y calderas industriales están en el sector Energía como un agregado; el INGEI no dice cuánto corresponde a cemento, a ladrillo o a textil. Por eso el diagnóstico por subsector que sigue se construye sobre IPPU (proceso) y 5D2 (efluentes), que sí tienen desagregación, y señala la palanca de combustión donde aplica. El **Balance Nacional de Energía** permite abrir esa caja negra por el lado del energético, aunque no por el del subsector (ver abajo).
- **IPPU es donde están las emisiones de proceso atribuibles a cada subsector** (la calcinación del clínker, la reducción del óxido en el acero, los HFC de la refrigeración). Es el núcleo de este diagnóstico.
- **Las aguas residuales (5D2) son el tercer emisor de la industria** —más que cal y vidrio juntos— pero pertenecen al sector Desechos del inventario, no a IPPU. Se diagnostican aquí porque las emite la misma industria manufacturera, con la salvedad de categoría explícita.

Qué quema la industria: el Balance Nacional de Energía 2021

El INGEI dice *cuánto* emite la combustión industrial, pero no *de qué*. El **Balance Nacional de Energía 2021** (MINEM, Dirección General de Eficiencia Energética) sí lo dice. En 2021 el sector industrial consumió **164.472 TJ**, repartidos así:

Fuente	% del consumo industrial	¿Emite en el alcance 1 de la industria?
Gas natural (gas distribuido)	32,8 %	Sí — combustión directa
Electricidad	27,2 %	No — es alcance 2 (emite el sistema eléctrico)
Carbón mineral	13,2 %	Sí — el más intensivo en carbono
GLP	9,4 %	Sí
Diésel B5	6,8 %	Sí

Fuente	% del consumo industrial	¿Emite en el alcance 1 de la industria?
Leña	4,9 %	Biomasa
Bagazo	2,7 %	Biomasa
Fuel oil	1,5 %	Sí
Coque	0,9 %	Sí
Carbón vegetal	0,6 %	Biomasa
Energía solar	0,0 %	No
Total	100 % (164.472 TJ)	

Fuente: BNE 2021, Ilustración 66 y Tabla 91. El sector consumió directamente un 20,8 % de fuentes primarias; las secundarias han sido predominantes (72 % a 79,2 %) entre 2006 y 2021.

Tres lecturas que el inventario solo no permite:

1. **Un cuarto de la energía industrial no emite en la industria.** La electricidad (27,2 %) es alcance 2: sus emisiones las carga el sistema eléctrico, no la planta. Descontarla deja que **cerca de tres cuartas partes del consumo industrial sí es combustión directa**, que es exactamente lo que aparece en 1.A.2.
2. **El carbón sigue ahí, y es la palanca más obvia.** Carbón mineral (13,2 %), coque (0,9 %) y carbón vegetal (0,6 %) suman **14,7 %** del consumo. Son los combustibles de mayor factor de emisión y están concentrados justamente en los dos subsectores con medida NDC de combustión: **cemento** (coprocesamiento, ECE16) y **ladrilleras** (ECE14, ECE15). Esto le da sustento cuantitativo a por qué la sustitución de combustible es la medida con más potencial después del factor clínker.
3. **La transición al gas ya está ocurriendo sola.** El BNE constata que el gas natural es “*el energético de mayor crecimiento, con una clara sustitución en el uso del petróleo industrial*”. Es una tendencia de mercado, no de política climática: baja emisiones de paso, pero se agota —el gas sigue siendo fósil— y no toca las emisiones de proceso, que son el 43,1 % del total industria.

Lo que el BNE no resuelve. El BNE desagrega el consumo **por energético, no por subsector**: dice qué quema la industria, no quién lo quema. El hueco de fondo —cuánto de los 8.670,1 kt de 1.A.2 corresponde a cemento, a ladrillo o a textil— **sigue abierto** y no hay fuente pública que lo cierre. Sigue siendo válido, por tanto, construir el diagnóstico por subsector sobre IPPU y 5D2.

Vía para cerrarlo: coordinar con la DGEE del MINEM. El Balance lo elabora la **Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE) del Ministerio de Energía y Minas**. La Agenda tiene ahí una acción de articulación intersectorial concreta y de bajo costo: **proponer a la DGEE que las próximas ediciones del BNE abran el consumo de la industria manufacturera por rama de actividad**, y no solo por energético. Con esa desagregación se podría repartir la combustión industrial (1.A.2) entre cemento, ladrillo, textil y el resto, y medir el efecto real de las medidas de eficiencia energética y sustitución de combustible que la propia NDC asigna al sector. Es una coordinación entre carteras —PRODUCE con MINEM—, no una tarea que la industria

pueda resolver por su cuenta, y se recoge como línea de acción en la formulación de la Agenda.

2.2 Emisiones de proceso (IPPU) por subsector, 2021

El sector IPPU/PIUP emitió **7.373,73 kt CO₂eq** en 2021 (3,78 % del total nacional de 194.895,53 kt). Su composición por subsector:

Subcat. IPCC	Subsector	Grupo	GEI	2021 (kt CO ₂ eq)	% IPPU
2.A.1	Producción de cemento	Proceso	CO ₂	5.191,49	70,41 %
2.F.1	Refrigeración y AA (HFC)	Consumo de GEI	HFC	1.163,35	15,78 %
2.A.2	Producción de cal	Proceso	CO ₂	535,79	7,27 %
2.C	Metales (hierro/acero y zinc)	Proceso	CO ₂	260,42	3,53 %
2.A.4.a	Cerámicas (incl. ladrillo)	Proceso	CO ₂	116,74	1,58 %
2.A.3	Vidrio	Proceso	CO ₂	32,75	0,44 %
2.B	Química (ácido nítrico)	Proceso	N ₂ O	28,90	0,39 %
2.A.4.b	Ceniza de sosa (otros usos)	Proceso	CO ₂	25,56	0,35 %
Total IPPU				7.373,73	100 %

Lectura central: la industria concentra sus emisiones de proceso en dos puntos. **El cemento es el 70,41 % del IPPU** —sostiene cuantitativamente el énfasis contractual de la consultoría— y **los HFC de refrigeración son el segundo ítem con 15,78 %**. Entre los dos suman el 86 % del IPPU; el resto de subsectores, sumados, no llega al 14 %.

Nota de consistencia (no afirmar precisión al 100 %): la suma de subcategorías (7.354,99) no iguala el total IPPU (7.373,73); la diferencia (~18,7 kt) corresponde a carburo de calcio y otros usos de carbonatos menores no reportados por separado en el INGEI.

2.3 Inventario por planta: quién emite

A diferencia del INGEI (que llega al subsector), este diagnóstico calculó el inventario **planta por planta** a partir de la producción física y los factores de emisión IPCC, y lo reconcilió contra el RAGEI: la suma de cada subsector cuadra con el total oficial. Esto permite nombrar a los emisores.

Cemento (5.191,49 kt — 6 plantas). La emisión se calcula con **clínker** (base IPCC: la emisión de proceso viene de calcinar el clínker, no del cemento final).

Planta	Región	t clínker	kt CO ₂ eq	% IPPU
UNACEM – Atocongo	Lima	4.708.427	2.425,27	32,9 %
Yura S.A.	Arequipa	1.691.561	890,54	12,1 %
UNACEM – Condorcocha	Junín	1.506.052	798,18	10,8 %
Cemento Pacasmayo – Piura	Piura	893.332	472,30	6,4 %

Planta	Región	t clínker	kt CO ₂ eq	% IPPU
Cemento Pacasmayo – Pacasmayo	La Libertad	879.079	463,78	6,3 %
Cementos Selva	San Martín	264.167	141,42	1,9 %

UNACEM Atocongo, una sola planta, es el 32,9 % de todo el IPPU nacional. El énfasis en cemento no es solo sectorial: es, en buena medida, un puñado de plantas.

Metales (260,42 kt) — el zinc emite más que el acero. El INGEI agrupaba ambos en la cifra 2.C; el inventario por planta los separa: - **Zinc: 157,77 kt** — Nexa Cajamarquilla (146,47) + Doe Run La Oroya (11,30). Dos empresas. - **Acero: 102,65 kt** — Aceros Arequipa/Pisco (73,98) + SiderPerú (27,98) + MEPSA (0,69). Tres empresas.

Esto tiene consecuencia de diseño: el cronograma manda **acero al Taller 2 y zinc al Taller 3**, así que el 3,53 % del 2.C no se imputa entero a ninguno de los dos.

Salvedad de competencia sectorial: el zinc no es competencia de PRODUCE. Las dos empresas de zinc —**Nexa Cajamarquilla y Doe Run La Oroya**, 157,77 kt en conjunto— pertenecen al **sector minero-metalúrgico, cuya autoridad es el Ministerio de Energía y Minas**, no PRODUCE. Sus emisiones se mantienen en este diagnóstico por trazabilidad con el inventario nacional, que las clasifica en la subcategoría 2.C (metales) dentro de IPPU: retirarlas dejaría las cifras del capítulo sin correspondencia con el INGEI. Pero **quedan fuera del ámbito de intervención de la ADIM-2030**: las medidas, metas e instrumentos que formule la Agenda no las alcanzan, y cualquier acción sobre ellas requiere coordinación con el MINEM. La misma salvedad debe leerse en todo lugar de este informe donde el zinc aparezca dentro del agregado de metales.

HFC (1.163,35 kt) — por sustancia. El 100 % corresponde a refrigeración y aire acondicionado (2.F.1); no hay producción nacional, toda la emisión viene del uso de gas importado. Domina HFC-134a (387,04), HFC-125 (374,82) y HFC-143a (370,19).

Cal (535,79), vidrio (32,75), química/ácido nítrico (28,90): también calculados por planta (Calcesur, Owens Illinois, Industrias Cachimayo/Enaex, entre otros); detalle en el inventario.

2.4 La tendencia: cemento cíclico, HFC explosivo

Año	Cemento 2.A.1 (kt)	HFC 2.F.1 (kt)
2000	1.780,21	18,94
2010	3.335,68	134,16
2015	4.352,81	377,39
2019	4.762,48	908,26
2020	2.751,75	1.090,37
2021	5.191,49	1.163,35

Dos dinámicas opuestas. El **cemento sigue el ciclo productivo** (cae en 2020 por la pandemia, rebota en 2021). El **HFC crece de forma sostenida e independiente del ciclo: +6.043,9 % desde 2000**, la curva más

empinada del inventario. Es el argumento que sostiene la incorporación de los refrigerantes a la agenda: no es grande hoy por accidente, es la trayectoria.

2.5 Aguas residuales industriales (5.D.2), 2021

1.050,3 kt CO₂eq (CH₄), sobre todo de pulpa y papel y de alimentos y bebidas. Es el tercer emisor de la industria, por encima de cal + vidrio + cerámica + química + sosa sumados. Categoría Desechos, no IPPU; se diagnostica por pertenecer a la misma industria manufacturera (ver salvedad en 2.1).

2.6 Notas de consistencia entre fuentes

- **INGEI vs INEI (agregado nacional):** el INGEI reporta 194.895,53 kt para 2021; el Anuario INEI 2025 cita “187 mil Gg”, una diferencia de ~4 % atribuible a redondeo/edición. No está resuelta; se reporta como nota, sin elegir una cifra única. Para el diagnóstico se usa el INGEI por su desagregación por subcategoría.
 - **Clínker vs cemento:** el inventario se calcula con clínker (base IPCC). La producción de cemento del Anuario PRODUCE queda como contraste de intensidad por tonelada (nivel de adición), no como base de emisiones.
 - **2.C agrupado en el INGEI:** la separación zinc/acero es cálculo propio por planta, no dato del INGEI.
-

3. Marco regulatorio y de política

3.1 El paraguas de política: PN ENCC 2050 y las NDC

(La ADIM-2030 se enmarca en dos paraguas, no en uno: el climático, que se desarrolla en esta sección, y el de política industrial —la PNDI 2030—, que se desarrolla en 3.5.)

La descarbonización de la industria manufacturera peruana se enmarca en la **Política Nacional ante el Cambio Climático al 2050 (PN ENCC 2050)**, cuyo **Objetivo Prioritario 6** es “reducir las emisiones de GEI en los procesos industriales y en el uso de sustancias químicas refrigerantes” (BTR1 2024). Ese OP6 es lo que conecta, bajo un mismo techo de política y bajo la autoridad de PRODUCE, los dos focos del diagnóstico: las emisiones de proceso (cemento, cal, metales...) y los refrigerantes (HFC).

El instrumento operativo son las **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC)**. Su listado vigente fue actualizado por el **Decreto Supremo N.º 019-2025-MINAM** (de fecha 18 de septiembre de 2025, publicado en El Peruano el 19 de septiembre de 2025), que aprueba el listado oficial de medidas de adaptación y mitigación que conforman las NDC. **Este D.S. reemplaza al catálogo de 2019** y es la fuente a citar; el catálogo anterior está desactualizado en varias cifras.

Verificación hecha (las 8 medidas de PRODUCE del D.S. 019-2025-MINAM = **3 del PIUP** [PIUP1-3] + **5 de Energía/ECE** [ECE14-18]): la medida de **Refrigerantes (PIUP2)** pasó a **1,65 MtCO₂eq** (el catálogo 2019 daba 0,89) y **Intervenciones integrales (ECE18)** a **0,018**; las otras seis coinciden con lo que ya teníamos. Citar siempre la cifra del D.S. 019-2025, no la del catálogo 2019.

3.2 Marco específico de los HFC: el Protocolo de Montreal

Los refrigerantes tienen, además del paraguas NDC, un régimen regulatorio propio que el resto de subsectores no tiene:

- **Enmienda de Kigali** al Protocolo de Montreal, ratificada por el Perú mediante **D.S. 017-2019-RE**. Compromete el cronograma de reducción del consumo de HFC: congelamiento en 2024, -10 % en 2029, -30 % en 2035, -50 % en 2040 y -80 % en 2045 (ficha técnica PRODUCE, dic-2022).
- **D.S. 019-2021-PRODUCE**: régimen de licencias y cuotas de importación de HFC.
- **RD 858-2025-PRODUCE-DGAAMI**: fija las cuotas anuales por importador para 2026 (línea base por sustancia y reparto por empresa), ya cargada y verificada en la base de datos.

PRODUCE/DGAAMI es el punto focal del Protocolo de Montreal en el Perú, lo que refuerza la coherencia institucional de incorporar los HFC a la agenda.

Salvedad a registrar: la medida NDC de reemplazo de refrigerantes **no figura** entre las medidas en implementación del BTR1 2024 (no aparece en la Tabla 2.9 de PIUP). Existe como ficha técnica de PRODUCE (dic-2022) y como compromiso de política, pero su estado de

implementación formal en el reporte de transparencia es distinto al de la medida de cemento. Conviene no presentarla como medida “en ejecución” sin esa matización.

3.3 Medidas NDC por subsector: listado oficial vs. en implementación

Hay que distinguir dos cosas que no son lo mismo: el **listado oficial de medidas NDC** (D.S. 019-2025-MINAM, el universo de compromisos vigentes) y las **medidas en implementación** que reporta el BTR1 2024 (Tabla 2.9, lo que ya está en ejecución con MRV). El hallazgo regulatorio del diagnóstico es:

El BTR1 en implementación solo muestra una medida del PIUP (PIUP1, cemento); el D.S. 019-2025-MINAM amplía el listado oficial a PIUP2 (refrigerantes) y PIUP3 (ácido nítrico). Es decir: el cemento es el único con medida *en ejecución reportada*, pero el listado oficial vigente compromete al menos tres subsectores del PIUP. No confundir “no está en implementación en el BTR1” con “no tiene medida NDC”.

Subsector	Medida NDC (D.S. 019-2025)	¿En implementación en BTR1?	Detalle (fuente)
Cemento	PIUP1 — sustitución de clínker	Sí (Tabla 2.9)	Factor clínker 81 %→71 % en 6 plantas, 0,95 MtCO₂eq al 2030 , autoridad PRODUCE. Soporte: D.S. 001-2022-PRODUCE; MRV desde 2022. Más Hoja de Ruta Net Zero 2050 (ASOCER-FICEM, compromiso de industria)
HFC	PIUP2 — reemplazo de refrigerantes	No (no figura en Tabla 2.9)	1,65 MtCO₂eq al 2030 (D.S. 019-2025; corrige el ~0,89 antiguo). Régimen propio: Kigali, D.S. 019-2021-PRODUCE, RD 858-2025
Química (ácido nítrico)	PIUP3 — reducción de N ₂ O en fabricación de ácido nítrico	No (no figura en Tabla 2.9)	0,029 MtCO₂eq (D.S. 019-2025). Vías de implementación abiertas: iniciativa internacional NACAG (asistencia para catalizadores de N ₂ O) y compromiso de empresa (Enaex/Industrias Cachimayo: nitrato carbono-neutral, suministro eólico Punta Lomitas)
Aguas residuales (5D2)	Sin medida NDC propia	No (Tabla 2.10 Desechos solo cubre residuos sólidos)	Análogo en implementación: ECE23 (metano de PTAR → energía, MVCS, 0,03 MtCO ₂ eq; piloto PTAR San Jerónimo, Cusco, -7.800 tCO ₂ eq/año). Falta extenderlo del saneamiento doméstico a la industria
Cal, metales, vidrio, cerámica, sosa	Sin medida NDC propia del PIUP	—	Aplican medidas de eficiencia energética/combustión del sector Energía (autoridad

Subsector	Medida NDC (D.S. 019-2025)	¿En implementación en BTR1?	Detalle (fuente)
			MINEM), transversales a la combustión industrial, no del PIUP

Salvedad de verificación: el D.S. 019-2025-MINAM queda verificado en gob.pe (aprueba el listado NDC; el anexo confirma PIUP1, PIUP2 = 1,650 y ECE18 = 0,018). PIUP3 (ácido nítrico, 0,029 MtCO₂eq) también está en el listado del D.S. La vista consolidada medida NDC → sectores se construye en el capítulo 5, que ya incorpora el desglose y los potenciales de las 5 medidas ECE a partir de la **Programación Tentativa Sectorial de Mitigación** de PRODUCE (ver 5.3). El PIUP queda cerrado en 3 medidas (PIUP1-3).

3.4 Instrumentos sectoriales complementarios: economía circular y AP+L

Junto al paraguas climático (PN ENCC 2050, NDC) opera un segundo eje de política, de **economía circular y Producción más Limpia**, cuya autoridad es directamente PRODUCE. No es un marco paralelo: es donde la descarbonización industrial se vuelve exigible a nivel de empresa. Dos instrumentos lo articulan.

3.4.1 La Hoja de Ruta de Economía Circular al 2030 (D.S. 018-2025-PRODUCE)

El **Decreto Supremo N.º 018-2025-PRODUCE** (El Peruano, 23 de agosto de 2025) aprueba la **Hoja de Ruta de Economía Circular de las Industrias Manufactureras y Comercio Interno al 2030** (en adelante HREC). Sustituye a la hoja de ruta de 2020 (D.S. 003-2020-PRODUCE) y cumple un hito de la Medida de Política 9.2 del Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2024-2030.

Lo relevante para esta Agenda:

- **Visión al 2030:** las empresas de industria manufacturera y comercio interno alcanzan altos niveles de eficiencia en el uso de recursos, consolidando negocios competitivos mediante prácticas y modelos de economía circular.
- **Encaje institucional:** la HREC se alinea con la Hoja de Ruta Nacional de Economía Circular al 2030 (D.S. 003-2025-MINAM), cuyo Objetivo Estratégico 1 (“Gobernanza y políticas circulares”) mide justamente el número de hojas de ruta sectoriales aprobadas.
- **Gobernanza (art. 3):** la **DGAAMI** articula la implementación, y la **Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos (OGEIEE)** de PRODUCE hace el seguimiento y evaluación de los indicadores. Es el mismo órgano que conduce esta Agenda, lo que evita crear una gobernanza nueva.
- **Actualización (art. 2):** PRODUCE puede incorporar nuevas acciones, indicadores o metas por Resolución Ministerial, con opinión previa favorable del MINAM. **Es una vía viva:** la ADIM-2030 puede aterrizar en la HREC sin necesidad de un decreto nuevo.
- **Acción Estratégica 3.7:** “Promover la suscripción de Acuerdos de Producción más Limpia con énfasis en prácticas de economía circular en el marco de la normativa del sector industrial y comercio interno”. Esta acción es la bisagra con el instrumento que sigue.

3.4.2 Los Acuerdos de Producción más Limpia (AP+L)

Qué son. El Reglamento de Gestión Ambiental para la Industrias Manufactureras y Comercio Interno (D.S. 017-2015-PRODUCE, art. 10.2-10.5) define los AP+L como **instrumentos de promoción de carácter voluntario** mediante los cuales PRODUCE suscribe, con un titular o grupo de titulares, metas y acciones específicas que **trascienden el cumplimiento de la legislación vigente**. Dos precisiones que el propio instrumento hace explícitas y que conviene no perder: **no sustituyen las obligaciones ambientales** y no generan efecto respecto de terceros.

Marco vigente. La **Resolución Ministerial N.º 000132-2026-PRODUCE** (15 de mayo de 2026) aprueba la **Directiva General N.º 000002-2026-PRODUCE-DM**, que regula expresión de interés, evaluación, formulación, suscripción, ejecución, seguimiento y evaluación de los AP+L, así como el reconocimiento del cumplimiento de sus metas. Deja sin efecto la RM 00146-2022-PRODUCE (Directiva 002-2022). Los **AP+L suscritos antes siguen rigiéndose por la norma vigente al momento de su suscripción** (art. 3.2), de modo que los 25 acuerdos actualmente firmados conviven con la directiva nueva sin quedar en el aire.

Los 25 acuerdos firmados. PRODUCE remitió los 25 AP+L suscritos. Clasificados por la actividad principal de la empresa titular (*elaboración propia; los acuerdos no traen una tipología sectorial oficial*):

Rubro	N.º	Titulares
Plásticos y polímeros	6	Globalplast, Koplast, Industria Nacional del Poliestireno, Tecnofilm, Plásticos Perú Alfa (con Inversiones Perú Alfa y Manufacturas CIMA), Dominus
Alimentos y bebidas	6	Leche Gloria, Molitalia, Mondelez Perú, Danper Trujillo, Embotelladora Graco, Ximesa
Química y afines	4	Químtia, Reactivos Nacionales, Farmex, Corp. Enerjet (con Synergia)
Cemento y materiales de construcción	3	Cementos Pacasmayo, UNACEM Perú y Yura (con ASOCEM) — acuerdo conjunto; Caliza Cemento Inca; Concysa Industrial
Parques e inmobiliaria industrial	3	Indupark, Inmobiliaria Salónica, Promotora Inmobiliaria Industrial de Piura
Papel y cartón	1	Cartones Villa Marina
Metalmecánica	2	Corporación Aceros Arequipa, Hidrostral

Lectura para la Agenda. La cobertura de los AP+L **no se solapa con el mapa de emisiones** del capítulo 2: el grueso de los acuerdos está en plásticos, alimentos y química —sectores de peso bajo en el inventario— mientras que los subsectores intensivos en emisiones de proceso (cal, vidrio, cerámica, siderurgia) están ausentes o apenas representados. Es a la vez una brecha y una oportunidad: el instrumento existe, funciona y tiene demanda, pero hoy no está dirigido a donde están las emisiones.

El AP+L del cemento como caso ancla. El acuerdo suscrito entre PRODUCE, **Cementos Pacasmayo, UNACEM Perú, Yura y ASOCEM** (CIU 2394) es el que más se acerca a lo que la ADIM-2030 necesita, y merece leerse con detalle porque **aterrizza, a nivel de planta y con plazo de un año, exactamente las tres medidas NDC del sector**:

Meta (Pacasmayo)	Indicador	Correspondencia NDC
Producir cementos adicionados con contenido de clínker de 66,7 %	% de reducción del factor clínker en cementos adicionados	PIUP1 (sustitución de clínker)
Realizar 1 prueba piloto de coprocesamiento en la planta de Piura	N.º de pruebas piloto realizadas	ECE16 (combustibles derivados de residuos)
Reducir 45 MJ/t de clínker en la eficiencia térmica del horno 3	MJ/t de clínker reducidos	ECE17 (eficiencia energética en cemento)

Cada meta trae acción, indicador, **evidencia de cumplimiento** exigible (reportes de producción, comprobantes de compra, registros de consumo energético) y plazo. PRODUCE se compromete a emitir una **Resolución de Cumplimiento** cuando se logra la totalidad de las metas (cláusula 5.1.c), y ASOCEM a reportar semestralmente a la DGAAMI.

Por qué importa para el Entregable 5. El mecanismo de contribuciones empresariales voluntarias que pide el TDR **no parte de cero**: el AP+L ya tiene lo esencial —adhesión voluntaria, metas medibles con indicador y evidencia, plazo, seguimiento por la DGAAMI y reconocimiento público del cumplimiento— y ya está enganchado a la economía circular por la AE 3.7 de la HREC. El diseño del E5 debería construirse sobre este instrumento, no al lado de él. Lo que le falta al AP+L para servir como mecanismo de la Agenda es explícito: **no contabiliza reducción de emisiones en tCO₂eq** (sus indicadores son de acción y de proceso, no de resultado climático) y **no está dirigido a los subsectores que concentran las emisiones**.

*Nota de consistencia: el 66,7 % de clínker del AP+L de Pacasmayo no es comparable de forma directa con el 81 %→71 % de la medida PIUP1 (BTR1, Tabla 2.9). El AP+L se refiere al contenido de clínker en los **cementos adicionados** de una empresa; la NDC, al **factor clínker promedio** de las 6 plantas participantes. Son universos distintos, no cifras en conflicto.*

3.5 El otro paraguas: la Política Nacional de Desarrollo Industrial al 2030

La ADIM-2030 no cuelga solo del techo climático. Cuelga también del techo de **política industrial**, y esa doble pertenencia no es un detalle formal: cambia el argumento con el que se defiende ante una empresa.

La **Política Nacional de Desarrollo Industrial (PNDI)** fue aprobada por el **Decreto Supremo N.º 016-2022-PRODUCE** (El Peruano, 8 de noviembre de 2022). Organiza la acción del sector en cuatro objetivos prioritarios:

	Objetivo prioritario
OP1	Incrementar la productividad de las empresas del sector manufactura
OP2	Incrementar la complejidad de los productos manufacturados en las empresas
OP3	Incrementar la infraestructura productiva industrial adecuada y servicios especializados para las empresas manufactureras
OP4	Mejorar la calidad del entorno institucional y regulatorio para el desarrollo de actividades manufactureras

El **OP1** es el que interesa aquí. Su indicador es el **ratio de valor agregado bruto de las empresas del sector manufacturero por trabajador** —es decir, productividad pura— y dos de sus lineamientos incorporan explícitamente la economía circular:

- **Lineamiento 1.5:** “Mejorar los instrumentos financieros y no financieros que incentiven la adquisición de **bienes de capital** de las empresas del sector manufactura, **con énfasis en el enfoque de economía circular**”.
- **Lineamiento 1.6:** “Incrementar los servicios para la **absorción y adaptación tecnológica** en materia de innovación, Industria 4.0, digitalización y **economía circular** en las empresas del sector manufacturero”.

Un tercer lineamiento, el **3.4** (“Optimizar la oferta de servicios de la Red-CITE”), es el que conecta la política con el brazo ejecutor del ITP (ver 4.4).

Por qué esto importa para la Agenda. El OP6 de la PN ENCC 2050 dice *reducir emisiones*; el OP1 de la PNDI dice *aumentar la productividad*. La ADIM-2030 se apoya en los dos, y el segundo es el que la hace defendible frente a una empresa que no responde a un argumento climático. No es retórica: los datos de la propia Programación Tentativa Sectorial de PRODUCE muestran que las medidas de mitigación del sector tienen **rentabilidad privada alta** (TIR de 39 % a 280 %; ver 4.2). Descarbonizar la manufactura peruana, con la cartera de medidas que hoy existe, **es una agenda de productividad antes que un costo ambiental**. La PNDI es el instrumento que permite decirlo con respaldo de política.

Hueco de política que conviene registrar. El Lineamiento 1.5 —el de los instrumentos financieros con enfoque de economía circular, justo el que financiaría los bienes de capital que las medidas de mitigación requieren— aparece en la propia PNDI con la anotación “**Sin servicios asociados**”. Es decir: la política lo declara pero no lo aterriza en ningún servicio concreto. Esto coincide con lo que el diagnóstico encuentra por el lado de las barreras (cap. 4): el financiamiento aparece en rojo o naranja en casi todos los subsectores. No es una omisión del diagnóstico; es un vacío de la política, y la ADIM-2030 tiene ahí una entrada natural.

4. Oportunidades y barreras tecnológicas

4.1 Marco de lectura: la jerarquía de mitigación industrial

Las oportunidades de reducción se ordenan según la **jerarquía de mitigación industrial** (IEA, 2022), de menor a mayor costo y complejidad:

1. **Eficiencia energética y de materiales** — optimización de procesos, recuperación de calor, sistemas de gestión de energía.
2. **Sustitución de combustibles y electrificación** — co-procesamiento, biomasa, electricidad renovable.
3. **Sustitución de materias primas y cambios de formulación** — bajar el factor clínker, adiciones, reformulación.
4. **Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS)** — última palanca, para el CO₂ de proceso que no se evita de otro modo.

Una distinción transversal organiza las barreras de todo el capítulo: las **barreras no estructurales** (regulatorias, de mercado, de información) se levantan con política y gestión, sin tecnología nueva; las **barreras estructurales** (físico-químicas, de capital, de disponibilidad de insumos) requieren inversión o desarrollo tecnológico. Separarlas evita pedir CCUS donde basta un cambio normativo.

4.2 Caso ancla: cemento

El cemento (70,4 % del IPPU) es el caso ancla porque concentra las emisiones, es donde la consultoría tiene mayor desarrollo técnico, y porque sus palancas ilustran toda la jerarquía. Cada sector se compara después contra este patrón.

Oportunidades por palanca:

Palanca	Medida	Meta
Sustitución de material	Bajar factor clínker con adiciones/SCM	76 %→70 % (2030)→63 % (2050); PIUP1 , 0,95 MtCO ₂ eq
Sustitución de combustible	Co-procesamiento (CDR fósil + biomasa) vs carbón/petcoke	0 %→12 % (2030)→45 % (2050)
Eficiencia energética	Precalcinador 6 etapas, enfriadores, ISO 50001	3.398→3.260 MJ/t clínker
Energía limpia	Electricidad renovable (alcance 2)	red 175→0 gCO ₂ /kWh al 2050
CCUS	Captura del CO ₂ de proceso	despliegue comercial 2040-2050

Barreras estructurales (las que no se quitan con un decreto): - El **~60 % del CO₂ del cemento es de proceso** (descarbonatación de la caliza): inherente a la química del clínker; solo se reduce bajando el factor clínker o capturando el CO₂. - **CCUS no es viable hoy en Perú**: cuesta más de 110 USD por tonelada de clínker y no existe infraestructura de transporte ni de almacenamiento del CO₂ capturado. La

tecnología en sí está probada a escala comercial (nivel 9 de madurez tecnológica, TRL, que es el máximo de la escala): lo que falta no es tecnología, es costo e infraestructura. - **Disponibilidad limitada de adiciones (SCM)**: menos cenizas y escorias por la salida del carbón y la baja siderurgia local — limita cuánto se puede bajar el factor clínker. - Capex elevado de modernización de hornos; riesgo de fuga de carbono frente al cemento importado.

Barreras no estructurales (se levantan con política): - **Co-procesamiento**: la tecnología está probada; la barrera es regulatoria (Ley REP, licenciamiento de residuos), no técnica. - Eficiencia térmica y optimización operativa (ajuste de quemadores, ISO 50001). - Aumentar adiciones dentro del tope normativo y promover los cementos adicionados ya normados (Tipo IP). - **Compras públicas verdes** que prioricen cemento bajo en carbono: instrumento de demanda, sin tecnología nueva.

Condiciones habilitantes (semáforo completo — 7: 1(verde) / 4(naranja) / 2(rojo)): - (verde) Hoja de ruta sectorial con metas cuantificadas (ASOCEN/FICEM + 3 productoras, NZ 2050). - (naranja) Normas técnicas de cementos con más adiciones (falta subir el tope y migrar a normas por desempeño; compras públicas aún no priorizan). - (naranja) Reconocimiento de biomasa carbono-neutral y metano evitado (falta metodología oficial). - (naranja) Electricidad renovable de largo plazo (marco en desarrollo). - (naranja) MRV sectorial reconocido (IPCC-2006). - (rojo) **Marco de residuos para el co-procesamiento**: uno de los dos cuellos de botella más duros — co-procesamiento en 0 %, marco legal desactualizado, REP reglamentada solo para neumáticos. - (rojo) **CCUS: marco, costo y financiamiento**: el otro cuello de botella — sin marco regulatorio ni esquema de financiamiento para la captura, con costos aún prohibitivos (ver barreras estructurales).

Costo: las palancas de corto plazo —factor clínker y co-procesamiento— son las de menor costo y mayor retorno (bajan el costo variable: menos clínker que cocer, combustible más barato). Las de largo plazo son caras: CCUS >110 USD/t, hidrógeno verde 4-8 USD/kg hoy.

La **Programación Tentativa Sectorial de Mitigación** de PRODUCE (remitida en julio de 2026) permite ahora poner cifras a esa intuición. Su evaluación económica privada, por medida:

Medida	Inversión (\$/)	TIR privada	VAN privado (\$/)
Reducción del factor clínker	2.732.976	60 %	10.336.917
Coprocesamiento	12.020.000	74 %	67.508.173
Eficiencia energética en cemento	6.582.688	39 %	7.338.506
Reemplazo tecnológico en ladrilleras industriales	99.943.290	60 %	111.654.599
Mejora tecnológica en ladrilleras artesanales	4.042.369	280 %	21.221.568

Lo que dicen —y lo que no dicen— estos números. Las cinco medidas modeladas en la PTS tienen TIR privada positiva y alta (39 % a 280 %): en el papel, son rentables para la empresa que las adopta. Eso matiza la idea de que la descarbonización industrial es, ante todo, un sobre costo: para estas cinco medidas, no lo es a lo largo de su vida útil. Pero conviene no forzar la lectura. Primero, **la muestra es parcial**: son cinco medidas de cemento y ladrilleras; la de refrigerantes ni siquiera trae evaluación económica en la PTS, y el resto de subsectores no está modelado. Segundo, **una TIR alta no elimina las barreras financieras** que este mismo

capítulo documenta: el capital inicial, el acceso a crédito y la percepción de riesgo siguen siendo decisivos, sobre todo para empresas pequeñas y para los rubros informales, donde una inversión rentable en el largo plazo es igual de inalcanzable si no hay cómo financiar el desembolso inicial. El caso de las **ladrilleras artesanales** lo muestra: TIR de 280 % con la inversión más baja de todas, y aun así el rubro que menos avanza, por informalidad, dispersión, capacidades y —también— falta de acceso al financiamiento. La lectura correcta no es que “el dinero no importa”, sino que **la rentabilidad por sí sola no basta**: junto a los instrumentos financieros hacen falta los habilitantes regulatorios y de capacidades, y la Agenda debe trabajar en ambos frentes a la vez.

*Hueco que persiste: estas cifras son de rentabilidad privada, no de **costo por tonelada de CO₂ evitada**. Siguen sin permitir construir una curva de costos marginales (MACC) que ordene las medidas por costo/tonelada; ese dato habría que estimarlo aparte. Y solo cubren cinco medidas: la de refrigerantes no trae evaluación económica en la PTS, y los demás subsectores no están modelados.*

4.3 Resto de subsectores: comparación con el ancla

Cada subsector se evaluó con la misma estructura (oportunidades por palanca, barreras estructurales/no estructurales, habilitantes con semáforo, costo). Síntesis:

Subsector	Palanca principal de reducción	Barrera estructural clave	Habilitantes ((verde)/(naranja)/(rojo))
HFC	Sustitución de gas por alternativas de menor PCG	Falta de NTP para gases inflamables/tóxicos; parque instalado con gases controlados	6 (2/3/1) — (verde) marco legal y MRV; (rojo) financiamiento de la transición
Aguas residuales (5D2)	Captura de metano de efluentes → energía (análogo ECE23)	Sin medida NDC propia; falta extender el modelo PTAR del saneamiento a la industria	5 (2/2/1)
Cal	Eficiencia de horno; sustitución de combustible	CO ₂ de proceso inherente (como cemento); sector atomizado, muchas caleras informales	7 (1/3/3) — el más trabado : 3 habilitantes en rojo
Metales (acero+zinc)	Acero ya es EAF (chatarra); eficiencia y energía limpia	Zinc: emisión de proceso de la metalurgia; acero ya tiene baja huella relativa (EAF)	6 (2/3/1)
Cerámica/ladrillo	Eficiencia de horno; combustible; formalización	Sector muy atomizado e informal (ladrilleras artesanales)	5 (1/3/1)
Vidrio	Aumentar cullet (vidrio reciclado); eficiencia de horno	Disponibilidad de cullet de calidad; horno de fusión intensivo en energía	4 (2/2/0) — sin rojos
Química (ácido nítrico)	Catalizadores de abatimiento de N ₂ O (terciario)	Una sola planta (Industrias Cachimayo/Enaex); tecnología disponible vía	4 (2/1/1) — PIUP3 (D.S. 019-2025)

Subsector	Palanca principal de reducción	Barrera estructural clave	Habilitantes ((verde))/(naranja)/(rojo))
		NACAG	
Ceniza de sosa	Eficiencia; uso menor	Emisión menor (0,1 % IPPU); poco margen	2 (1/1/0)
Menores (SF₆, lubricantes, parafina, carburo, textiles, cuero, refinerías, metalmecánica)	Eficiencia energética y eficiencia de recursos materiales: optimización térmica y eléctrica, sustitución de insumos y materias primas de menor huella, y rediseño de producto y de proceso para reducir material por unidad producida	Sin línea base de emisiones propia para varios rubros: no se puede fijar meta ni medir avance sobre lo que no está inventariado	Formalización, normas técnicas, asistencia técnica (genéricos; ver nota abajo)

Lecturas transversales: - **La cal es el subsector más trabado** en condiciones habilitantes (3 de 7 en rojo), pese a ser menor que el cemento — comparte el problema del CO₂ de proceso pero sin hoja de ruta sectorial ni actores organizados. - **El acero ya parte de una huella baja** (es eléctrico, EAF a partir de chatarra); dentro del agregado de metales la emisión se concentra en el **zinc**, que corresponde al sector minero-metalúrgico y queda fuera del ámbito de intervención de la Agenda (ver 2.3). - **Cemento y cal comparten la barrera estructural del CO₂ de proceso** (descarbonatación de la caliza, inherente a la química): solo se reduce bajando el factor clínker/cal o capturando el CO₂. **La química (ácido nítrico) comparte el carácter de emisión de proceso, pero no el gas ni la palanca:** emite N₂O de proceso, abatible con catalizadores de abatimiento (tecnología disponible vía NACAG), no con sustitución de material ni CCUS. Frente a todos ellos, el resto de sectores reduce sobre todo por combustión/eficiencia.

4.4 El brazo ejecutor que ya existe: el ITP y la red CITE

Buena parte de las barreras que este capítulo levanta —capacidades técnicas, asistencia especializada, diagnóstico energético, adopción de tecnología— puede atenderse con capacidades institucionales que PRODUCE ya tiene: el **Instituto Tecnológico de la Producción (ITP)** y su **red CITE** (Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica), que la propia PNDI 2030 reconoce en su Lineamiento 3.4 (“Optimizar la oferta de servicios de la Red-CITE”, ver 3.5).

Qué es. Según el ITP, la red la conforman **48 CITE, 25 de ellos públicos**, y presta servicios a MIPYME en todo el país. Su catálogo oficial de servicios es:

Servicio	En qué consiste
Asistencia técnica	Transferencia de conocimiento especializado para resolver problemas de procesos y de gestión de operaciones
Diseño y desarrollo de productos	Productos, empaques y envases nuevos o mejorados, a nivel de prototipo
Soporte productivo	Acceso a infraestructura y equipamiento tecnológico del CITE para producir a pequeña escala
Ensayo de laboratorio	Evaluación de parámetros de producción y de la peligrosidad de residuos o

Servicio	En qué consiste
	emisiones (físicos, químicos, microbiológicos)
Capacitación	Formación de capacidades productivas y de gestión empresarial

El servicio de **ensayo de laboratorio** es el único del catálogo que menciona explícitamente emisiones y residuos: es la puerta de entrada natural para servicios de medición de huella de carbono y de diagnóstico energético, que hoy no figuran como línea propia.

Dónde está hoy el foco de la red. Los **5 sectores estratégicos** que atiende la red CITE son: **agroindustrial, pesquero-acuícola, forestal-madera, textil-confecciones y cuero-calzado**. De ellos, solo textil y cuero aparecen en el mapa de subsectores de este diagnóstico, y ambos son emisores menores; los subsectores intensivos en emisiones de proceso —cemento, cal, vidrio, cerámica, siderurgia, química y refrigeración— no cuentan hoy con un CITE dedicado. Es una oportunidad de ampliación, no una carencia.

Un patrón consistente entre los tres instrumentos. El mismo cruce entre cobertura y mapa de emisiones se observa en los otros dos instrumentos de PRODUCE:

Instrumento	A quién llega hoy	Coincidencia con los subsectores de mayor intensidad de emisiones
AP+L (25 suscritos)	Plásticos, alimentos, química	Parcial — el acuerdo de cemento es el caso alineado
Red CITE (48 centros)	Agro, pesca, forestal, textil, cuero	Baja
PNDI, Lineamiento 1.5 (financiamiento con enfoque circular)	—	El lineamiento figura “sin servicios asociados”

El cruce muestra que la cobertura actual de estos tres instrumentos no coincide plenamente con los subsectores de mayor intensidad de emisiones. Esto representa una oportunidad para que la ADIM-2030 fortalezca su articulación y amplíe progresivamente la cobertura hacia esos subsectores, aprovechando instrumentos y capacidades institucionales ya existentes. Algunas vías posibles, a explorar con PRODUCE: ampliar la red CITE hacia los subsectores de proceso (por ejemplo, con una línea de eficiencia energética industrial o un CITE de materiales de construcción), orientar progresivamente los AP+L hacia ellos y dotar de servicios concretos al Lineamiento 1.5.

Nota sobre el grupo de subsectores menores

Este grupo se trata distinto que los demás, y conviene decir por qué. **No tiene línea base de emisiones propia:** el inventario no lo desagrega, y sin línea base no hay meta posible ni forma de medir avance. Por eso **no se le asigna semáforo de habilitantes:** fabricar un semáforo sin base sería inventar precisión donde no la hay.

Lo que sí se puede afirmar, y es suficiente para la Agenda:

- **La palanca es común a todo el grupo:** eficiencia energética (térmica y eléctrica) y eficiencia de recursos materiales (sustitución de insumos, rediseño de producto y proceso). Es exactamente el

contenido de la medida **ECE18** (eficiencia energética por intervenciones integrales, ver 5.3), que es la única del listado NDC que los alcanza — y cuyo potencial declarado es de apenas 0,02 MtCO₂eq al 2030.

- **Los habilitantes son genéricos, no diferenciados:** formalización, normas técnicas y asistencia técnica. Son los mismos que necesita cualquier MIPYME industrial, y son justamente los servicios que presta la red CITE (ver 4.4) — que sí cubre textil y cuero, dos de los rubros de este grupo.
- **Hay estadística disponible aunque no haya inventario:** la **Encuesta Nacional de Empresas** (INEI/PRODUCE) y el **Balance Nacional de Energía** (MINEM, ver 2.1) permiten caracterizar consumo energético y estructura productiva de estos rubros, aunque ninguna de las dos entregue emisiones. Es la vía razonable para construirles una línea base si la Agenda decide fijarles metas.

4.5 Hueco a cerrar en este capítulo

- **Sin MACC:** sigue faltando una curva de costos marginales que ordene las medidas por costo por tonelada de CO₂ evitada. La evaluación económica de la PTS (ver 4.2) aporta rentabilidad privada, no costo de abatimiento.
-

5. Revisión de las medidas sectoriales existentes

5.1 Tres planos que no son lo mismo

La revisión de medidas exige separar tres planos que suelen confundirse. Una medida puede estar en uno, en varios o en ninguno:

1. **Listado oficial NDC del PIUP** (D.S. 019-2025-MINAM): el universo de compromisos de mitigación vigentes del componente Procesos Industriales, aprobado por decreto.
2. **Medidas en implementación** (BTR1 2024, Tabla 2.9): el subconjunto que ya está en ejecución con MRV reportado ante la CMNUCC.
3. **Compromisos de industria y de empresa**: hojas de ruta sectoriales (ASOCEM-FICEM Net Zero 2050) y acciones declaradas por empresas individuales. No son NDC, pero son medidas reales que el diagnóstico debe registrar.

El error a evitar es leer “no está en implementación en el BTR1” como “no existe la medida”. El cemento es el único del PIUP **en implementación reportada**; pero el **listado oficial** compromete a más subsectores, y hay un cuerpo amplio de **compromisos de industria** que no son NDC pero descarbonizan.

5.2 Vista consolidada: medidas NDC del PIUP → sector

Código	Medida NDC (D.S. 019-2025)	Sector	Potencial 2030	¿En implementación (BTR1)?	Palanca
PIUP1	Sustitución de clínker (cementos adicionados)	Cemento	0,95 MtCO ₂ eq	Sí (Tabla 2.9)	Sustitución de material
PIUP2	Reemplazo de refrigerantes por alternativas de menor PCG	HFC / RAC	1,65 MtCO ₂ eq	No	Sustitución tecnológica
PIUP3	Reducción de N ₂ O en fabricación de ácido nítrico	Química	0,029 MtCO ₂ eq	No	Abatimiento catalítico

Lectura: el listado oficial del PIUP cubre tres sectores (cemento, refrigerantes, ácido nítrico). El potencial está dominado por los refrigerantes (PIUP2, 1,65 Mt) y el cemento (PIUP1, 0,95 Mt); el ácido nítrico es menor en magnitud (0,029 Mt) pero técnicamente directo (una sola planta, tecnología disponible).

Composición del D.S. 019-2025 (verificado en gob.pe): el decreto lista **8 medidas de PRODUCE**, de las cuales **3 son del PIUP** (PIUP1, PIUP2, PIUP3) y **5 son del sector Energía** (ECE14, ECE15, ECE16, ECE17, ECE18 — combustión estacionaria, autoridad compartida con MINEM). Las 3 medidas PIUP son las que figuran en esta tabla; las 5 ECE se tratan como medidas de Energía aplicables a la combustión industrial, no como medidas del PIUP. Su desglose y potenciales se detallan en 5.3.

5.3 Las 5 medidas ECE: la otra mitad de la cartera de PRODUCE

Las 8 medidas que el D.S. 019-2025 pone bajo PRODUCE no son solo las 3 del PIUP. Las otras **5 son del sector Energía (ECE)** y cubren la **combustión industrial**, que es donde está el resto del problema: cocer clínker, cocer ladrillos, generar calor de proceso.

El detalle y los potenciales provienen de la **Programación Tentativa Sectorial de Mitigación (PTS)** de PRODUCE/DGAAMI, remitida por PRODUCE en julio de 2026, que desarrolla las 7 medidas del sector con su línea base, potencial, cobeneficios, condiciones habilitantes y evaluación económica.

Código	Medida (nombre PRODUCE)	Subsector	Potencial 2030	Acumulado a 2030
ECE14	Mejora tecnológica en ladrilleras artesanales (ventiladores, hornos de tiro invertido)	Ladrilleras artesanales	0,21 MtCO ₂ eq	1,02 MtCO ₂ eq
ECE15	Reemplazo tecnológico en ladrilleras industriales (hornos eficientes + cambio de combustible)	Ladrilleras industriales	0,48 MtCO ₂ eq	3,02 MtCO ₂ eq
ECE16	Coprocesamiento (combustibles derivados de residuos en reemplazo de carbón/petcoke)	Cemento	0,17 MtCO ₂ eq	1,03 MtCO ₂ eq
ECE17	Eficiencia energética en la industria del cemento	Cemento	0,12 MtCO ₂ eq	0,65 MtCO ₂ eq
ECE18	Eficiencia energética por intervenciones integrales	Industria manufacturera (transversal)	0,02 MtCO ₂ eq	0,10 MtCO ₂ eq
Total ECE			1,00 MtCO₂eq	5,82 MtCO₂eq

Tres lecturas que cambian el orden de prioridades:

1. **Las ladrilleras son el segundo bloque de mitigación del sector, y nadie las está mirando.** ECE14 + ECE15 suman **0,69 MtCO₂eq al 2030**, más que el coprocesamiento y la eficiencia del cemento juntos (0,29), y comparable a la propia medida estrella del clínker (PIUP1, 0,95). En el inventario de emisiones (cap. 2) las ladrilleras pesan poco; en potencial de mitigación pesan mucho. La razón es que su línea base es tecnológicamente muy mala, y por eso la mejora marginal es grande y barata.
2. **El cemento concentra 3 de las 8 medidas** (PIUP1 clínker, ECE16 coprocesamiento, ECE17 eficiencia térmica), que suman **1,24 MtCO₂eq al 2030**. Confirma el estatus de caso ancla, ahora con respaldo del listado oficial y no solo del peso en emisiones.
3. **La medida transversal es marginal:** ECE18 (eficiencia energética en toda la manufactura) aporta 0,02 MtCO₂eq. Es la única que toca a los subsectores sin medida propia (cal, vidrio, cerámica, metales, textil), y su potencial declarado es dos órdenes de magnitud menor que el del cemento. **Ahí hay un hueco de política, no un hecho de la naturaleza:** la ADIM-2030 puede proponer medidas para esos subsectores; hoy simplemente no las hay.

Salvedad de cifras (importante). La PTS es de **2018** y es anterior a la codificación NDC: el propio documento deja el campo “CÓDIGO DE LA MEDIDA DE MITIGACIÓN” como “(pendiente por parte de MINAM)”. La correspondencia con los códigos ECE14-18 se establece por nombre

y descripción de la medida, no por un código impreso en la PTS. Dos anclas la confirman: el **factor clínker** coincide exactamente (PTS: 0,95 MtCO₂eq en 2030 = D.S. 019-2025) y la **eficiencia energética transversal** también (PTS: 0,02 ≈ ECE18 = 0,018). En cambio, el **reemplazo de refrigerantes sí cambió**: la PTS 2018 le asigna 0,89 MtCO₂eq y el D.S. 019-2025 lo actualiza a **1,65 MtCO₂eq**. **Prevalece siempre el D.S. 019-2025**; las cifras de la PTS se usan solo donde el decreto no desglosa.

5.4 Medidas que aplican a la industria pero no son NDC del PIUP

Buena parte de la descarbonización industrial pasa por medidas que **no** están en el listado PIUP:

Medidas del sector Energía (autoridad MINEM) — aplican a la combustión industrial (1.A.2) pero su autoridad no es PRODUCE: - Las medidas ECE (combustión estacionaria) del BTR1 Tabla 2.7: renovables, eficiencia energética. Transversales a todos los subsectores que queman combustible. - **ECE23** (metano de PTAR → energía, MVCS): el análogo directo para las aguas residuales industriales (5D2), hoy aplicado solo a saneamiento doméstico.

Compromisos de industria (hoja de ruta sectorial) — voluntarios, no NDC: - **Cemento — Hoja de Ruta Net Zero 2050** (ASOCEM-FICEM; UNACEM, Pacasmayo, Yura): co-procesamiento (≈13 % de la reducción), eficiencia térmica (2 %), electricidad renovable (5 %), hidrógeno verde (1 %). Anidada con PIUP1, que aporta el 15 % vía factor clínker.

Acuerdos de Producción más Limpia (AP+L) — voluntarios, suscritos con PRODUCE, con metas exigibles (ver 3.4.2): - **25 acuerdos firmados**, concentrados en plásticos, alimentos y química; los subsectores intensivos en emisiones de proceso están casi ausentes. - El **AP+L del cemento** (Pacasmayo, UNACEM, Yura, ASOCEM) es el único que aterriza medidas NDC a nivel de planta: factor clínker (PIUP1), piloto de coprocesamiento (ECE16) y eficiencia térmica del horno (ECE17), con indicador, evidencia y plazo de un año. - Su límite como instrumento de mitigación: **los indicadores son de acción, no de resultado climático** — ninguna meta se expresa en tCO₂eq evitadas.

Compromisos de empresa — acciones declaradas individuales: - **Acero (Aceros Arequipa)**: maximizar chatarra de calidad; cambio GLP→gas natural en hornos auxiliares (nuevo horno de cal, -28.000 tCO₂/año). - **Vidrio (Owens-Illinois)**: oxicomustión + recuperación de calor (-15 % CO₂/t por horno, ya instalado). - **Ácido nítrico (Enaex/Industrias Cachimayo)**: nitrato de amonio carbono-neutral, suministro eólico certificado (Punta Lomitas) — puerta de entrada de la medida PIUP3.

Obligaciones regulatorias — no son mitigación voluntaria pero condicionan: - **Emisiones atmosféricas de cemento y cal**: el D.S. 001-2020-MINAM aprueba los **Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas de las plantas industriales de fabricación de cemento y/o cal**, y alcanza expresamente a las plantas que realizan **coprocesamiento de residuos** (quedan fuera los hornos artesanales de cal). Sustituye, para estas plantas, los límites de horno del D.S. 003-2002-PRODUCE. Importa para esta Agenda por dos razones. Primero, porque **da marco ambiental a la medida de coprocesamiento (ECE16)**: subir la tasa de sustitución térmica ocurre dentro de un límite de emisión ya regulado y fiscalizable, lo que responde a la objeción de que quemar residuos en el horno empeore la calidad del

aire local. Segundo, porque es **el único límite de emisión atmosférica específico para las plantas industriales de cal**, el subsector más trabado en condiciones habilitantes (ver 4.3), que no tiene medida NDC propia. Como los VMA, apunta a contaminantes locales y no a los GEI: cumplir el LMP no reduce por sí mismo el CO₂ de proceso. - **Aguas residuales**: el régimen de **Valores Máximos Admisibles (VMA)** para las descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado —aprobado por el **D.S. 021-2009-VIVIENDA** y regido por su Reglamento vigente, el **D.S. 010-2019-VIVIENDA**— obliga a tratar el efluente antes de verterlo. Pero apunta a la calidad del agua, no a los GEI: se puede cumplir el VMA con una tecnología que no captura el metano. El paso de mitigación es elegir tecnología de tratamiento que sí lo capture.

5.5 Peso proporcional por sector (para no tratar igual a vidrio que a cemento)

Cruzando las medidas con el peso en emisiones (capítulo 2), el diagnóstico permite asignar prioridad proporcional:

Sector	% industria (emisiones)	Plano de medida	Prioridad de agenda
Cemento	30,4 %	NDC (PIUP1) en implementación + HR industria	Máxima — peso y medida activa
HFC	6,8 %	NDC (PIUP2) listado, no en implementación	Alta — peso y medida oficial pendiente de activar
Aguas residuales	6,1 %	Sin NDC; análogo ECE23	Media-alta — peso alto, medida por construir
Cal	3,1 %	Sin NDC propia; sector trabado	Media — peso medio, habilitantes en rojo
Metales	1,5 %	Compromiso de empresa	Media-baja — acero ya bajo; el zinc, que concentra la emisión del grupo, es competencia del MINEM (ver 2.3)
Química (ácido nítrico)	0,2 %	NDC (PIUP3) listado	Baja en peso, alta en viabilidad (1 planta)
Cerámica, vidrio, sosa, menores	<1 % c/u	Compromiso de empresa / sin medida	Baja — proporcional al peso

Criterio: la prioridad de agenda combina **peso en emisiones y estado de la medida**. El cemento es máxima por ambos; los HFC son altos pese a su 6,8 % porque tienen medida NDC oficial y trayectoria de crecimiento (cap. 2.4); el ácido nítrico es bajo en peso pero la medida es directa.

5.6 Hueco a cerrar

- **Sin MACC:** no hay curva de costos marginales que ordene las medidas por costo/tonelada (hueco heredado del cap. 4). La PTS aporta inversión, costos de O&M, TIR y VAN privado por medida (ver 4.2), lo que permite una lectura de rentabilidad, pero **no equivale a un costo por tonelada de CO₂ evitada**.

Cerrado en esta versión: los **potenciales de las 5 medidas ECE** (ECE14-18), que en la v1 figuraban como pendientes de PRODUCE, quedan incorporados en 5.3 a partir de la Programación Tentativa Sectorial de Mitigación.

6. Sistematización de los talleres de diagnóstico

Nota de autoría: el reporte de sistematización y su matriz de aportes son de autoría de Alexis Echevarría (equipo consultor). Este capítulo los integra al diagnóstico citándolos, sin reescribirlos, y los cruza con el inventario y las medidas de los capítulos 2-4.

6.1 Alcance: el primer ciclo de seis talleres

Entre el **16 y el 19 de junio de 2026** se realizaron en Lima los **seis primeros talleres** de diagnóstico, con **74 participantes**. Cada taller duró cuatro horas y siguió una estructura homogénea de cinco momentos (contextualización, clarificación de objetivos, presentación de contenidos, desarrollo participativo, cierre con acuerdos), con el sector cementero como **caso ancla** contra el cual cada sector se comparó.

Este es el primer ciclo. Los dos talleres regionales (Trujillo, 13-jul; Arequipa, 14-jul) se realizaron con posterioridad y su sistematización se incorpora en la sección 6.6 de esta versión. Lo que sigue en las secciones 6.2 a 6.5 cubre el diagnóstico participativo de los seis talleres de Lima; la sección 6.6 completa el ciclo con los dos talleres regionales.

Perfil de los 74 participantes (no fue público general, sino actores con conocimiento técnico y capacidad de incidencia): - **Sector público:** INACAL, ITP/CITE, ProInnovate, direcciones de PRODUCE, OSINERGMIN, OEFA, ANA, MINAM, Ministerio de Vivienda y Construcción. - **Gremios:** ASOCEM, SNI. - **Empresas y academia** de cemento, cal, metalurgia, fertilizantes, cuero/curtido, textil, ladrillos, refrigerantes y construcción.

6.2 Aportes por subsector (Anexo 3 del reporte)

La matriz de sistematización organiza, por sector, las medidas propuestas y sus condiciones habilitantes clave. Síntesis de lo levantado en los talleres:

Sector	Medidas propuestas (talleres)	Condición habilitante clave (talleres)
Cemento	Co-procesamiento; masificación de cementos/concretos “verdes” en obra pública y privada; actualizar expedientes técnicos	Involucrar a MTC y Vivienda en metas de infraestructura; marco que facilite co-procesamiento; rol del Colegio de Ingenieros; exigir construcción formal
Cal	Caliza micronizada como sustituto parcial; priorizar hornos de menor intensidad	Normas técnicas específicas del sector cal; acceso a hojas de ruta internacionales; aclarar “zonas grises” regulatorias
Metalurgia	Eficiencia energética; sustituir diésel; procesos de menor carbono y electromovilidad; economía circular de residuos	Sistema de gestión de energía + normativa; normas de NDC/huella; información sectorial; condiciones financieras para proyectos sin payback evidente
Fertilizantes	Cambio de diésel a gas natural; reemplazo de	Simplificar trámites de cambio de matriz

Sector	Medidas propuestas (talleres)	Condición habilitante clave (talleres)
	urea por opciones más ecológicas; eficiencia en refrigerantes de la cadena	energética; políticas para reducir refrigerantes de alto PCG; registro de equipos de refrigeración industrial
Cuero/curtido	Mejora del tratamiento de aguas residuales; sustituir insumos químicos	Apoyo de inversión; normas técnicas sobre manejo de químicos/residuos; asistencia técnica para tratamiento de agua
Textil	Medición de huella (presión de grandes compradores); investigación aplicada; briquetas como sustituto del carbón; gestión de residuos peligrosos	Normativa ambiental específica; crédito/reconocimiento por reducción verificable; fortalecer comités textiles; difundir resultados económicos
Refrigerantes y AA	Sustituir refrigerantes de alto PCG por naturales; eficiencia energética; reúso de calor (bombas de calor)	Estándares y guías técnicas; registro y trazabilidad de consumo; infraestructura de reciclaje; articulación con NDC/Montreal
Construcción/ladrillos	Biomasa carbono-neutral; evaluar cambio a gas	Marcos de construcción sostenible; rol articulador de Vivienda; agilizar autorización de reúso de aguas tratadas

6.3 Habilitadores transversales (recurrentes en los 6 talleres)

Más allá de cada sector, el reporte identifica seis ejes de condiciones habilitantes que se repitieron transversalmente:

1. **Marco normativo y gobernanza:** normas sectorialmente pertinentes; articulación multisectorial (PRODUCE, MINAM, OEFA, ANA, Aduanas, Vivienda); supervisión y fiscalización efectivas.
2. **Financiamiento e incentivos:** fondos públicos, crédito verde, beneficios tributarios, taxonomía verde, papel de ProInnovate y la banca.
3. **Información, medición y transparencia:** datos de huella de carbono, inventarios GEI, consumo de refrigerantes, portales públicos; énfasis en Huella de Carbono Perú.
4. **Capacidades técnicas y asistencia especializada:** medición de huella, evaluación económica, gestión de químicos, eficiencia energética; rol de ITP/CITE y academia.
5. **Coordinación interinstitucional:** involucrar a funcionarios con capacidad de decisión; articular con gremios y comités sectoriales.
6. **Demanda y cultura sectorial:** promoción de cemento/concreto verde, construcción formal, sensibilización y generación de demanda para soluciones bajas en carbono.

6.4 Cruce con el diagnóstico técnico (capítulos 2-4)

La sistematización **confirma y enriquece** el diagnóstico cuantitativo, con un par de divergencias de taxonomía que conviene anotar:

- **Coincidencias fuertes:** el co-procesamiento del cemento como barrera regulatoria (no técnica), el problema de NTP para refrigerantes alternativos, la falta de información sectorial y la

necesidad de financiamiento aparecen tanto en las fichas (cap. 4) como en los talleres. El diagnóstico técnico y el participativo apuntan a lo mismo.

- **Aporte nuevo de los talleres:** el peso de la **demanda y las compras públicas** (cemento verde en obra pública, presión de compradores en textil) — un ángulo de mercado que las fichas técnicas tocaban menos.
- **Divergencia de taxonomía (a resolver en el ensamblaje):** los talleres se organizaron por **8 ramas de gremio/industria** (cemento, cal, metalurgia, fertilizantes, cuero, textil, refrigerantes, construcción), mientras el diagnóstico de emisiones usa la **taxonomía IPCC** (capítulo 2). El mapeo entre ambas está en el índice anotado (T1): cuero y textil caen en “Menores” del inventario. El caso de **fertilizantes** ilustra que una rama de taller puede mapear a varias categorías de emisión y ningún aporte se pierde: en IPPU la conexión directa es el **ácido nítrico (2.B, N₂O)**, pero los aportes del taller sobre **cambio de diésel a gas natural** se mapean a **combustión (1.A.2, Energía)** y los de **refrigerantes de la cadena a HFC (2.F.1)**. Hay que mantener la trazabilidad entre lo que dijo cada taller y todas las subcategorías de emisión que toca, no solo la del nombre de la rama.

6.5 Recomendaciones del ciclo (del reporte)

- **Coordinar las futuras convocatorias con la SNI** (comités temáticos y Gerencia de Sostenibilidad) para asegurar la participación de empresas y gremios clave.
- **Definir el público objetivo de las encuestas complementarias** a actores no asistentes, vía SNI.
- **Acordar fechas, objetivos y alcance de los talleres regionales** (Trujillo, Arequipa), articulados con el enfoque territorial.

6.6 Sistematización de los talleres regionales (Trujillo y Arequipa)

Los dos talleres regionales que cerraban el ciclo de diagnóstico se realizaron en **Trujillo (13 de julio de 2026, 13 participantes)** y **Arequipa (14 de julio de 2026, 14 participantes)**. Con ellos, el ciclo de diagnóstico participativo suma **ocho talleres y 101 participantes** (74 del primer ciclo de Lima más 27 regionales), según la matriz de sistematización del equipo consultor.

Nota de encuadre. Los aportes que siguen reproducen lo que **señalaron los participantes** en los dos talleres regionales; las referencias normativas, las cifras y las afirmaciones institucionales (por ejemplo, los decretos citados o el esquema de fiscalización mencionado) se consignan tal como fueron expresadas y **no constituyen una validación técnica de la consultoría**. La matriz reporta 14 participantes en Arequipa y contiene la anotación «no registrados ADEPIA»; no se dispone de información adicional para interpretarla.

Trujillo (13-jul) — lo que plantearon los participantes:

Sector	Planteamientos de los participantes (taller)
Bebidas	Emitir certificaciones adicionales a los IGA para las empresas que cumplan sus monitoreos y reportes; señalaron que no se conocen estudios sobre escenarios de disposición hídrica y pidieron difundir los estudios del SENAMHI sobre el estado de las cuencas; acceso a tecnologías de tratamiento de aguas residuales

Sector	Planteamientos de los participantes (taller)
	frente al estrés hídrico
Alimentos	Investigación aplicada sobre proveedores sostenibles en la región; información diferenciada por modelo de negocio, territorio y capacidades; capacitación en medición de huella; observaron que, en materia de LMP, falta evidencia que motive los instrumentos y normas de medición; empaques sostenibles, certificación y etiquetado ambiental, y fondos concursables para proyectos piloto. Sobre la normativa de calderas citaron el D.S. 030-2021-MINAM (anexo 3), que aprueba los Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas de las actividades de generación termoeléctrica, señalando que implicaría una doble fiscalización de OEFA (manufactura y energía), y pidieron revisar y armonizar la normativa para no desincentivar la descarbonización
Azúcar	Crear mercados de huella de carbono; generar evidencia para políticas públicas y financiar investigación por sector (Estado-empresa); capacitación técnica y normativa con apoyo de universidades; legislación sectorial según eficiencias de economía circular y regulación de LMP para cogeneración; incentivos tributarios; e implementar mesas técnicas sectoriales antes de prepublicar las normas , articulando azúcar y cemento para el uso y la valorización de biomasa
Cemento	Contar con estadísticas y datos por sector para decidir; difundir cementos con bajo contenido de clínker y priorizar cementos adicionados en los términos de referencia de las obras , con capacitación a nivel de universidades; incentivar el uso de cementos adicionados y facilitar el cambio de tipo de cemento y los trámites de los proyectos con mejora ambiental
Derivados de la caña / general	Señalaron la ausencia de marco para el aprovechamiento de biocombustibles (etanol, biodiésel) y la presión de las certificadoras por la «cosecha verde» en la caña sin considerar el clima ni el terreno
Explosivos	Una lista de empresas o entidades donde adquirir créditos de carbono; guías e instructivos para el cálculo de huella del sector; reconocimientos e incentivos a las empresas que reduzcan o neutralicen emisiones
Metal	Participó del taller; la matriz no consigna planteamientos diferenciados bajo esa etiqueta

Como lectura transversal de Trujillo, los participantes señalaron la falta de estudios con CAPEX/OPEX, escenarios, barreras tecnológicas y capacidades instaladas.

Arequipa (14-jul) — lo que plantearon los participantes:

Sector	Planteamientos de los participantes (taller)
Agroindustria	Papers e información sobre biomasa y refrigeración; factores de conversión de huella adaptados a la realidad peruana y factores de emisión específicos; eficiencia energética (pérdidas en líneas y tuberías)
Alimentos	Papers y datos de factores de emisión, incluidos los de emisiones gaseosas (LMP); capacitación en medición de emisiones, formación de especialistas en gestión del carbono y asistencia técnica; un mecanismo para poner en consulta los pre-proyectos de normas sobre biomasa (calderas con biomasa); y crear un factor de emisión local para no depender de los factores internacionales ni de certificadoras (mencionaron VERRA), observando que hoy solo conviene registrar lo que se emite y se pierden los sumideros

Sector	Planteamientos de los participantes (taller)
Concreto / construcción	Más beneficios económicos a las empresas responsables con el ambiente y su difusión (mencionaron que un banco ofrece mejores tasas a quienes miden su huella); asesoría técnica con sectoristas sobre tecnologías y normativas ambientales
Cemento	Participó del taller; sus planteamientos coinciden con los recogidos en Trujillo (difusión de cementos adicionados)
Gases y líquidos comprimidos	En el eje de energía, contratación de energía renovable, eficiencia energética eléctrica en planta y optimización de los equipos de alto consumo
Textil (alpaquero / camélidos)	Un directorio de recicladoras autorizadas para residuos orgánicos y reciclables; facilidades para los instrumentos de gestión ambiental y para modificar proyectos que busquen reducir la huella; beneficios tributarios (mencionaron el modelo de la Ley N.º 30309); mejorar los factores de emisión de la HCP y ampliar su base de datos (mencionaron Open LCA) y un método simple de compensaciones; e incluir los bofedales y pastizales andinos como sumideros de carbono

Como lectura transversal de Arequipa, los participantes pidieron revisar decretos —mencionaron el **D.S. 020-2025-PRODUCE**, aprobado por el **Ministerio de la Producción** y publicado el 4 de octubre de 2025, cuyo objeto es **establecer plazos y condiciones para la adecuación ambiental de las actividades de la industria manufacturera y de comercio interno**: permite, por única vez y de manera excepcional, que los titulares que **iniciaron operaciones antes del 27 de junio de 2019 sin contar con instrumento de gestión ambiental aprobado** —el supuesto del D.S. 006-2019-PRODUCE— se adecuen mediante **Declaración de Adecuación Ambiental (DAA) o Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)**, según corresponda, con un plazo máximo de adecuación de cinco años, hasta el 5 de octubre de 2030— para que se hagan consultas previas de aplicabilidad según el territorio, la tecnología y las capacidades instaladas, y sobre el uso de la biomasa por zonas; y mencionaron una planta de tratamiento de aguas residuales activa en un parque industrial de Cerro Colorado.

Lectura de conjunto. Los talleres regionales refuerzan los ejes transversales del primer ciclo —información y factores de emisión, financiamiento e incentivos, capacidades, y marco normativo— y añaden énfasis propios del territorio: el **estrés hídrico** y el tratamiento de aguas residuales (bebidas, en Trujillo), la **biomasa y los biocombustibles** y la tensión con las certificadoras de «cosecha verde» (caña en Trujillo, calderas en Arequipa) y el enfoque de **camélidos y sumideros andinos** (textil alpaquero, en Arequipa). Un reclamo común y explícito fue disponer de **factores de emisión locales** para no depender de factores internacionales ni de certificadoras.

6.7 Frontera de este capítulo: qué se sistematiza aquí y qué va al Entregable 4

Este capítulo sistematiza el **ciclo completo de ocho talleres de diagnóstico** —los seis de Lima (16-19 de junio de 2026) y los dos regionales de Trujillo y Arequipa (13-14 de julio de 2026)—, que es lo que corresponde al alcance del Informe de Diagnóstico. Queda un bloque de insumos que **no** se presenta aquí, y no por omisión sino por diseño del cronograma acordado con PNUD y DGAAMI:

- **Los resultados cuantitativos procesados de las encuestas** de entrada y salida de los talleres, y de la encuesta complementaria dirigida a los actores que no participaron del ciclo.

Ese bloque **se presentará en la versión actualizada del Entregable 4**, de modo que el análisis de las encuestas se haga sobre el universo completo de respuestas —una vez procesadas y agregadas— y no sobre un subconjunto parcial. Presentar cifras de encuesta a medio procesar daría una imagen parcial de la participación; su consolidación en el Entregable 4 asegura que el análisis cuantitativo se haga sobre el total.

7. Conclusiones del diagnóstico

Dónde están las emisiones. El total de la industria manufacturera fue de **17.094,1 kt CO₂eq en 2021**: mitad combustión (1A2, no desagregable por subsector), 43 % procesos (IPPU) y 6 % efluentes (5D2). Dentro del IPPU, **el cemento concentra el 70,4 % y los HFC de refrigeración el 15,8 %**: dos focos que suman el 86 %. El inventario por planta muestra una concentración aún mayor —**UNACEM Atocongo, una planta, es el 32,9 % de todo el IPPU**—, lo que respalda cuantitativamente el énfasis cementero de la agenda.

Qué está comprometido. El listado NDC vigente (D.S. 019-2025-MINAM) incluye **8 medidas de PRODUCE: 3 del PIUP** (PIUP1 cemento, PIUP2 refrigerantes, PIUP3 ácido nítrico) **y 5 de Energía** (ECE14-18). De ellas, solo el cemento (PIUP1) figura como medida en implementación en el BTR1 2024. Fuera del listado NDC, hay un cuerpo de compromisos de industria (Hoja de Ruta Net Zero del cemento) y de empresa (Aceros Arequipa, Owens-Illinois, Enaex) que también descarbonizan.

Qué traba la reducción. Las barreras decisivas son, en buena parte, **no estructurales** (regulatorias, de mercado): el marco de residuos para el co-procesamiento del cemento (en rojo), las normas técnicas de cementos adicionados, las NTP para refrigerantes alternativos. Donde la barrera es estructural —el CO₂ de proceso del cemento y la cal, el N₂O del ácido nítrico— la palanca difiere por la química de cada emisión. La **cal** es el subsector con condiciones habilitantes más trabadas pese a su peso medio.

Qué dijeron los actores. Los ocho talleres (101 participantes) enriquecieron el diagnóstico participativo y aportaron el ángulo de **demanda y compras públicas** (cemento verde en obra pública, presión de compradores en textil) que las fichas técnicas tocaban menos. Los habilitadores transversales recurrentes —marco regulatorio, financiamiento verde, información/MRV, capacidades, coordinación interinstitucional y cultura de demanda— alimentan directamente los capítulos de habilitadores de la Agenda.

Prioridad proporcional. Combinando peso en emisiones y estado de la medida: cemento (máxima), HFC (alta, por medida NDC y trayectoria de crecimiento), aguas residuales (media-alta, peso alto sin medida propia), cal (media, trabada), y el resto proporcional a su peso. El criterio evita tratar igual a vidrio que a cemento.

Qué quema la industria. El Balance Nacional de Energía 2021 abre por el lado del energético la mitad del problema que el inventario deja como agregado. De los **164.472 TJ** que consumió el sector industrial, el **27,2 % es electricidad** —que no emite en el alcance 1 de la planta, sino en el sistema eléctrico— y los **combustibles sólidos de carbono alto suman 14,7 %**, concentrados justamente en cemento y ladrilleras. La transición al gas natural ya ocurre por mercado, no por política: baja emisiones de paso, pero se agota y no toca las emisiones de proceso. El BNE no resuelve, sin embargo, el hueco de fondo: **sigue sin poder repartirse la combustión industrial entre subsectores**.

Las ladrilleras son el segundo bloque de mitigación del sector. Con el desglose de las cinco medidas de energía, las dos de ladrilleras (ECE14 y ECE15) suman **0,69 MtCO₂eq al 2030**, más que el

coprocesamiento y la eficiencia del cemento juntos (0,29) y comparable a la medida de factor clínker (0,95). Pesan poco en el inventario y mucho en el potencial, porque su línea base tecnológica es baja y la mejora marginal es amplia y de costo moderado. Es un subsector que merece más atención de la que su peso en emisiones sugeriría a primera vista.

La rentabilidad por sí sola no basta. La evaluación económica de la Programación Tentativa Sectorial muestra que **las cinco medidas que modela** —factor clínker, coprocesamiento y eficiencia del cemento, más las dos de ladrilleras— tienen rentabilidad privada alta: TIR de 39 % a 280 %. Es un matiz importante frente a la idea de que descarbonizar es siempre un sobre costo. Pero no debe sobreinterpretarse: la muestra es parcial (la de refrigerantes no trae evaluación y el resto de subsectores no está modelado), y una TIR alta **no elimina las barreras de capital inicial, acceso a crédito y riesgo** que el propio diagnóstico documenta como decisivas, sobre todo en las empresas pequeñas e informales. La conclusión no es que el financiamiento sobre, sino que **hace falta trabajar a la vez el frente financiero y el habilitante** —marco de residuos, normas técnicas, capacidades—: ninguno de los dos, por sí solo, destraba la inversión.

Una oportunidad de articulación institucional. El cruce realizado muestra que la cobertura actual de los tres instrumentos con que el sector puede apoyar la descarbonización no coincide plenamente con los subsectores de mayor intensidad de emisiones. Los **25 Acuerdos de Producción más Limpia** se concentran en plásticos, alimentos y química, con el acuerdo del cemento como caso alineado. Los **48 CITE** de la red del ITP atienden cinco sectores estratégicos (agroindustrial, pesquero-acuícola, forestal-madera, textil-confecciones y cuero-calzado), entre los que no figuran los subsectores intensivos en emisiones de proceso. Y el **Lineamiento 1.5 de la PNDI** —el vinculado al financiamiento de bienes de capital con enfoque de economía circular— aparece en la propia política como “*sin servicios asociados*”. Esto representa una oportunidad para que la ADIM-2030 fortalezca su articulación y amplíe progresivamente la cobertura hacia esos subsectores, aprovechando instrumentos y capacidades institucionales ya existentes.

El AP+L del cemento es el molde del mecanismo voluntario del Entregable 5. El acuerdo suscrito con Pacasmayo, UNACEM, Yura y ASOCEM aterriza, a nivel de planta y con plazo de un año, las tres medidas NDC del sector: factor clínker de 66,7 % (PIUP1), una prueba piloto de coprocesamiento (ECE16) y una reducción de 45 MJ por tonelada de clínker en eficiencia térmica (ECE17). Cada meta trae indicador, evidencia exigible y plazo, y PRODUCE emite una Resolución de Cumplimiento cuando se logran todas. El mecanismo de contribuciones voluntarias que pide el TDR **no parte de cero**: parte de aquí. Lo que le falta al instrumento es explícito y es corregible: **sus indicadores son de acción, no de resultado climático** —ninguna meta se expresa en toneladas de CO₂ evitadas— y no está dirigido a los subsectores que concentran las emisiones.

Dos marcos complementarios. La propuesta busca articular dos marcos de política que se refuerzan: la **Política Nacional ante el Cambio Climático al 2050**, que establece la reducción de emisiones industriales (Objetivo Prioritario 6), y la **Política Nacional de Desarrollo Industrial al 2030**, que vincula productividad, modernización tecnológica y economía circular (Objetivo Prioritario 1 y sus lineamientos 1.5 y 1.6). Leer la descarbonización también desde el ángulo de la productividad —que los datos de rentabilidad de la

PTS respaldan para las medidas modeladas— amplía los argumentos con que la Agenda puede dialogar con las empresas del sector.

Versión 2, 15 de julio de 2026. Documento completo: resumen ejecutivo, glosario y capítulos 1-7. Incorpora las ocho observaciones remitidas por PRODUCE el 7 de julio de 2026 y la sistematización de los talleres regionales de Trujillo y Arequipa.