

ES: Gremios como intermediarios de confianza en la adopción de ISO 50001: evidencia de la industria ecuatoriana

EN: Trade Associations as Trust Intermediaries in ISO 50001 Adoption: Evidence from Ecuadorian Industry

Richard Xavier Cuzco Sisa, Juan José del Valle Gasanz
y Sebastián Fernando Vásquez Retamales

J3M Global S.A., Quito, Ecuador

Resumen

En Ecuador, la obligatoriedad legal de certificar ISO 50001 para grandes consumidores, vigente desde 2021, no produjo cumplimiento por sí sola: a enero de 2026 solo el 20% del universo obligado contaba con certificación. Este artículo evalúa un modelo alternativo: la Alianza Cameral Ecuador-Alemania, programa de cooperación binacional que canalizó servicios de eficiencia energética a través de cuatro gremios industriales ecuatorianos (AIMA, AITE, CIPEM y Fedimetal) bajo un esquema de pago con descuento gestionado por el gremio. Mediante una metodología mixta —auditorías normalizadas bajo ISO 50006, un censo con 73% de cobertura del universo de beneficiarias y entrevistas semiestructuradas— se evalúa el mecanismo de confianza institucional que explica la adopción y el desempeño energético de once plantas industriales. El 100% de las encuestadas atribuye a la intermediación gremial un rol determinante en su decisión de participar, con reducciones de consumo entre 1.3% y 36.4% según la madurez tecnológica previa de cada planta. El programa alcanzó al 26% de los grandes consumidores afiliados a los gremios participantes. El artículo concluye que la intermediación gremial resuelve el problema de confianza en la adopción, aunque la ampliación de escala permanece pendiente. Dirigido a formuladores de política energética y gremios industriales de la región.

Abstract

In Ecuador, the legal requirement for large energy consumers to certify ISO 50001, in force since 2021, did not by itself produce compliance: as of January 2026 only 20% of the mandated universe held certification. This article evaluates an alternative model: the Ecuador-Germany Chamber Alliance, a binational cooperation program that channeled energy efficiency services through four Ecuadorian industrial associations (AIMA, AITE, CIPEM, and Fedimetal) under a discounted payment scheme managed by the trade association. Using a mixed-methods design —technical audits normalized under ISO 50006, a census covering 73% of the universe of beneficiary companies, and semi-structured interviews— the study evaluates the institutional trust mechanism explaining

adoption and the energy performance outcomes across eleven industrial plants. All surveyed companies attribute a decisive role to trade-association intermediation in their decision to participate, with energy consumption reductions ranging from 1.3% to 36.4% depending on each plant's prior technological maturity. The program reached 26% of the large consumers affiliated with the participating associations. The article concludes that trade-association intermediation resolves the trust barrier to adoption, although scaling up remains unresolved. Intended for regional energy policymakers and industrial associations.

Palabras clave: eficiencia energética industrial; confianza institucional; gremios empresariales; ISO 50001; gestión de la energía; Ecuador; cooperación binacional

Keywords: industrial energy efficiency; institutional trust; trade associations; ISO 50001; energy management; Ecuador; binational cooperation

1. Introducción

Entre 2011 y 2014 el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables del Ecuador promovió un programa de acompañamiento gratuito financiado por Aportes del Fondo del Medio Ambiente Mundial y dirigido a empresas industriales. La intervención implementó de forma gratuita Sistemas de Gestión de Energía basados en la Norma ISO 50001:2011 para las empresas beneficiarias, y no logró sostenerse en el tiempo. Sin corresponsabilidad económica de la empresa receptora, el sistema de gestión no alcanzó apropiación organizacional real — un patrón consistente con la literatura sobre extensionismo técnico sin involucramiento local, donde la ausencia de costo elimina también la señal de compromiso que sostiene el cambio cultural una vez que el técnico externo se retira.

En 2021, el Artículo 18 del Reglamento a la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (Decreto Ejecutivo No. 229) estableció que los grandes consumidores de energía en los sectores comercial, industrial y público, plantas industriales con un consumo superior a los 500 MWh/mes debían implementar y certificar un Sistema de Gestión de la Energía bajo la Norma ISO 50001, con plazo de cumplimiento fijado para el 30 de enero de 2025.

Según el Ministerio de Ambiente y Energía, a enero de 2026 —un año después del plazo legal— se habían identificado 235 grandes consumidores obligados a nivel nacional, de los cuales solo 47 contaban con certificación ISO 50001 completa: el 20% del universo obligado. La obligación legal, por sí sola, sin mecanismos de incentivos o sancionatorios, no produjo cumplimiento.

Frente a ese antecedente, la línea de eficiencia energética de la Alianza Cameral Ecuador-Alemania —programa de cooperación binacional activo desde 2021—, iniciada en el cuarto trimestre de 2023 con cuatro de sus gremios contraparte, ensayó un modelo distinto: un servicio de eficiencia energética pagado por la empresa afiliada, con

descuento gestionado a través del gremio, ejecutado por un operador técnico externo seleccionado mediante concurso. La diferencia no fue solo de precio. Fue de correspondencia: al pagar, aunque fuera con descuento, la empresa asumía una posición de cliente con expectativas propias, no de receptora pasiva de una dádiva estatal.

Que un gremio empresarial actúe como canal de servicios de eficiencia energética no es, en sí mismo, un mecanismo nuevo — las cámaras industriales alemanas y los programas de cámaras de comercio del Departamento de Energía de Estados Unidos operan sobre una lógica similar. Lo específico del caso ecuatoriano es la combinación: una alianza binacional multisectorial, operando bajo un mandato regulatorio ya vigente y ya fallido en su primer intento de implementación estatal, que sustituyó la gratuidad por un modelo de pago parcial como mecanismo de apropiación organizacional.

De los 305 afiliados a los cuatro gremios participantes, 22 empresas contrataron el servicio, 10 grandes consumidores implementaron sistemas de gestión de energía basados en ISO 50001 y once plantas industriales cuentan hoy con datos completos de auditoría energética bajo la norma ISO 50006. Los resultados, presentados en las secciones siguientes, muestran una intermediación gremial que resuelve casi por completo el problema de confianza una vez que la empresa decide participar, pero que enfrenta un problema de escala pendiente: el modelo funciona, pero todavía no llega a la mayoría de los afiliados. Esa distinción —entre adopción y alcance— estructura la discusión del artículo.

2. Marco conceptual

La adopción de sistemas de gestión de la energía en la mediana y gran industria enfrenta un conjunto de barreras bien documentado en la literatura internacional, que Trianni y Cagno (2012) organizan en categorías recurrentes: financieras, de información, técnicas y de priorización organizacional frente a las metas productivas inmediatas. Esta taxonomía, que estructuró directamente el instrumento censal utilizado en este estudio, ha sido validada en contextos empresariales heterogéneos, pero deja parcialmente sin explicar un fenómeno específico observado en el caso ecuatoriano: la resistencia a abrir datos operacionales sensibles a un tercero externo, incluso cuando la empresa cuenta con capacidad financiera y técnica suficiente para adoptar la norma.

Esa resistencia responde a una barrera de naturaleza distinta — de confianza y gobernanza de la información — que la literatura de difusión de innovaciones ha tratado con menor frecuencia en el campo específico de la eficiencia energética industrial. Oberholzer-Gee y Calanog (2007), en un experimento de campo con 596 proveedores en Filadelfia, demostraron que la confianza depositada en una institución intermedia de alta reputación puede sustituir la confianza interpersonal ausente en un mercado con fallas de información, neutralizando la resistencia de un comprador a adoptar el producto de un proveedor desconocido. El mecanismo tiene un precedente sectorial directo: Palm

y Backman (2020) documentan que las cámaras y asociaciones empresariales alemanas cumplen sistemáticamente esta función de intermediario de confianza en la difusión de prácticas de eficiencia energética entre pymes, actuando como canal de comunicación más creíble que la oferta comercial directa de consultores o proveedores tecnológicos.

Lo que el caso ecuatoriano aporta a esta literatura es una variante más profunda del mecanismo. En los estudios de Oberholzer-Gee y Calanog, y en gran parte de la experiencia alemana, la institución intermedia certifica o recomienda a un proveedor externo — transmite información, no el servicio mismo. En el modelo de la Alianza Cameral Ecuador-Alemania, la intermediación fue más allá de la certificación informativa: el gremio empaquetó el servicio energético dentro de su propia oferta de valor como asociación, facturando o coordinando directamente la relación comercial en varios casos. Esta transferencia de confianza institucional — de aval a empaquetamiento — es la hipótesis central que este artículo somete a evidencia empírica en las secciones siguientes.

Finalmente, la sostenibilidad financiera de la adopción respondió a un segundo mecanismo documentado por Agrawal et al. (2022): el uso de medidas operativas de costo cero o bajo costo como fuente de autofinanciamiento progresivo (*ring fencing*) para proyectos de mayor inversión de capital. Este marco explica por qué la viabilidad inicial del programa no dependió de la disponibilidad de capital de las empresas participantes, sino de la capacidad del operador técnico para identificar ineficiencias operativas explotables sin inversión previa.

3. Contexto institucional: Alianza Cameral Ecuador-Alemania

La Alianza Cameral Ecuador-Alemania es un proyecto de cooperación empresarial binacional financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ), canalizado a través de sequa gGmbH y ejecutado por la Cámara de Industrias y Comercio de Reutlingen (IHK Reutlingen), con la Cámara de Industria y Comercio Ecuatoriano-Alemana (AHK Ecuador) como contraparte operativa en el país. Activo desde diciembre de 2021, el proyecto opera sobre tres ejes estratégicos — profesionalización de cámaras y asociaciones, exportación, y preparación de las empresas para un futuro sostenible y competitivo— con cinco organizaciones gremiales ecuatorianas como contrapartes: la Asociación Ecuatoriana de la Industria Forestal y de la Madera (AIMA), la Asociación de Industriales Textiles del Ecuador (AITE), la Cámara de Industrias, Producción y Empleo de Cuenca (CIPEM), la Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal (Fedimetal) y Corporación Formados.

El programa de eficiencia energética analizado en este artículo constituye la línea de trabajo específica del eje de sostenibilidad, y se conformó únicamente con cuatro de los cinco gremios contraparte —AIMA, AITE, CIPEM y Fedimetal—, identificados por el cooperante alemán como los sectores con necesidad urgente de asesoría técnica ante

una obligación legal concreta: el Artículo 18 del Reglamento a la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, que exige a los grandes consumidores certificar la Norma Ecuatoriana de Gestión de la Energía (NTE-INEN-ISO:50001) antes del 30 de enero de 2025. Estos 4 gremios contaban entre sus afiliados con 39 grandes consumidores, el 17% del universo obligado a nivel nacional.

La selección del operador técnico se realizó mediante un proceso competitivo abierto, con términos de referencia publicados en octubre de 2023 que exigían a los proponentes acreditar experiencia comprobada en eficiencia energética e ISO 50001, además de proponer un modelo de negocio compartido sujeto a dos condiciones no negociables impuestas por el cooperante alemán: que la actividad de intermediación del gremio fuera financieramente sostenible por sí misma, y que la adquisición del servicio a través del gremio resultara comprobadamente ventajosa para la empresa afiliada frente a contratar en el mercado abierto. La estructura de descuento y comisión que sostuvo la relación comercial entre gremios, operador técnico y empresas afiliadas no fue, por tanto, una decisión comercial unilateral del operador, sino un requisito de diseño institucional establecido desde el origen del programa.

4. Modelo de intervención gremio-operador técnico

El programa se estructuró como una oferta escalonada de tres niveles de servicio, diseñada para no limitarse a las empresas legalmente obligadas por el Artículo 18 del Reglamento a la Ley Orgánica de Eficiencia Energética. Un diagnóstico energético de Nivel I, de alcance general y menor costo relativo, funcionó como puerta de entrada para cualquier empresa afiliada interesada en identificar oportunidades de ahorro sin compromiso de certificación. Una auditoría energética de Nivel II ofreció un análisis técnico más profundo, con submedición y balance energético detallado, para empresas que requerían una base de decisión más sólida antes de invertir. El tercer nivel — implementación completa del Sistema de Gestión de la Energía bajo ISO 50001 con auditoría de certificación— fue el servicio dirigido tanto a los grandes consumidores con obligación regulatoria vigente como a empresas que voluntariamente buscaban la certificación por motivos competitivos o de anticipación normativa.

La estructura comercial, sujeta a las condiciones de sostenibilidad institucional descritas en la sección anterior, ofreció a las empresas afiliadas un descuento del 10% respecto al precio de mercado del operador técnico, financiado mediante condiciones de pago flexibles: la facturación de cada proyecto se fraccionó en cuotas mensuales a lo largo de toda su duración, en lugar de exigir un desembolso inicial. La relación contractual se articuló mediante dos rutas posibles según los requisitos de compras de cada empresa afiliada. En un primer esquema, el gremio contrataba directamente al operador técnico y facturaba el servicio a la empresa asociada. En un segundo esquema —más frecuente cuando la empresa exigía procesos de contratación con requisitos formales de

experiencia acreditada y garantías— el operador técnico facturaba directamente a la empresa y retribuía al gremio mediante una comisión variable calculada sobre la facturación mensual generada, con una escala creciente en función del volumen alcanzado.

El equipo técnico responsable de la ejecución estuvo integrado por cuatro auditores líderes certificados en la norma ISO 50001, con formación complementaria en ingeniería mecánica, ambiental, eléctrica y electrónica, respaldados por experiencia previa combinada en implementaciones de sistemas de gestión de la energía en los sectores público y privado de Ecuador y de otros países de la región. El proceso de implementación, desde el diagnóstico inicial hasta la obtención de la certificación por un ente certificador acreditado, se desarrolló en un plazo de entre 8 y 16 meses por empresa, ajustado a la complejidad técnica y el número de plantas de cada organización.

5. Metodología de investigación

Esta investigación evalúa el impacto de la gestión energética gremial mediante un diseño metodológico mixto y aplicado, estructurado como un estudio de caso multifocal. Este enfoque permite analizar la adopción de eficiencia energética dentro de su contexto real, donde las decisiones operativas de las plantas están fuertemente condicionadas por barreras de desconfianza y vacíos institucionales. Para demostrar empíricamente cómo una alianza gremial binacional funciona como un mecanismo que reduce la desconfianza inicial y transfiere confianza institucional, la metodología articula tres niveles secuenciales de recolección y análisis de información:

El universo de estudio se estructura en un embudo de selección progresiva que se explicita para descartar sesgos de selección: de 305 empresas afiliadas a los cuatro gremios participantes, 22 contrataron algún servicio del programa; 10 son grandes consumidores de energía (26% de los 39 grandes consumidores afiliados a los cuatro gremios), 11 plantas industriales cuentan con datos completos de auditoría energética normalizados bajo ISO 50006, y 7 empresas fueron seleccionadas para entrevista cualitativa de profundización. Cada nivel de análisis opera sobre el subconjunto con información disponible, y las conclusiones se acotan explícitamente al nivel correspondiente.

Nivel 1: Datos cuantitativos de desempeño energético

Para evitar el sesgo de autoreporte que suele debilitar las auditorías basadas en estimaciones gerenciales, la base del análisis técnico se cimentó exclusivamente en datos operativos medidos en sitio. El procesamiento de datos involucró las variables operacionales derivadas de las revisiones energéticas iniciales contempladas durante la implementación del Sistema de Gestión de Energía. Para cada complejo industrial evaluado, se delimitaron formalmente el alcance y límites del Sistema de Gestión de

Energía (*SGE*) implementado, construyendo la Línea de Base Energética (*LBEn*) y calculando los Indicadores de Desempeño Energético (*IDEn*) desagregados por fuentes de energía. Adicionalmente, y en estricta correspondencia con la matriz operativa de cada organización, se formularon métricas específicas dirigidas a los Usos Significativos de la Energía (*USE*), determinados a través de cada diagnóstico energético y bajo la guía normativa de los estándares internacionales ISO 50001 e ISO 50006. Con el fin de garantizar una evaluación rigurosa, los ahorros reportados fueron sometidos a una normalización matemática frente a variables relevantes de ajuste vinculadas directamente a las unidades de producción sectorial. La normalización frente a las unidades de producción sectorial aísla el efecto del volumen productivo sobre el consumo: por esta razón la métrica reportada es la reducción del Indicador de Desempeño Energético (*IDEn*, intensidad energética por unidad producida) y no el consumo bruto, que podría variar por cambios en producción, en el mix energético o por eventos exógenos como los cortes de suministro nacionales de 2024. Este procedimiento asegura la trazabilidad de las reducciones de intensidad energética y de la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (*tCO₂e*) asociadas

Nivel 2: Censo cuantitativo de percepción organizacional

A fin de dotar de objetividad a la tesis del mecanismo institucional y neutralizar potenciales sesgos de confirmación por parte del equipo investigador, se administró un censo cuantitativo estructurado que cubrió al 73% del universo total de empresas industriales vinculadas al programa desde el cuarto trimestre de 2023. La recolección alcanzó una tasa de respuesta del 100% de la muestra censada. El instrumento, compuesto por un set cerrado de 11 reactivos que alternaron opciones múltiples y escalas Likert de cinco puntos, fue estructurado a partir de la taxonomía de barreras a la eficiencia energética desarrollada por Trianni y Cagno (2012). Se integró una pregunta de control obligatoria y mutuamente excluyente cuya finalidad fue aislar el factor determinante en la decisión corporativa de participar: la confianza institucional depositada en el gremio, el efecto demostración o imitación entre pares sectoriales, la anticipación al marco regulatorio estatal o el interés económico autónomo por reducción de costos operacionales.

Nivel 3: Entrevistas cualitativas de profundización semiestructurada

Con el objetivo de desenredar las dinámicas organizacionales internas y aportar una capa explicativa al dato numérico, se optó por un muestreo intencional de corte no probabilístico enfocado en siete empresas, seleccionadas por su heterogeneidad sectorial y perfiles de demanda energética. Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con una duración controlada de entre 20 y 30 minutos, dirigidas expresamente a los líderes y representantes técnicos de los Sistemas de Gestión de la Energía (*SGE*). El guion metodológico exploró los procesos de toma de decisiones intraorganizacionales tomando como referencia el marco analítico de las medidas de

arranque sin inversión de capital (Agrawal et al., 2022) junto con la evolución de las competencias técnicas operativas atribuible a la Escuela de Energía integrada en el programa.

6. Resultados. Once plantas industriales evaluadas

El procesamiento de las auditorías técnicas y la normalización de los Indicadores de Desempeño Energético (*IDEn*) frente a sus respectivas Líneas de Base Energética (*LBE*) arrojó un impacto heterogéneo, asociado al nivel de madurez tecnológica previa de cada planta. El portafolio evaluado comprende un universo con consumos energéticos que oscilan entre los 16 *TJ* y los 1091 *TJ* anuales, sumando una fuerza laboral conjunta de más de 4,800 trabajadores distribuidos en los gremios FEDIMETAL, CIPEM y AIMA.

La Tabla 1 consolida los indicadores fundamentales de desempeño, evidenciando el consumo total en Terajulios (*TJ*) y el porcentaje de ahorro ponderado alcanzado por 11 plantas industriales que estuvieron dentro del programa tras la consolidación de su Sistema de Gestión de la Energía (*SGE*). Entre los resultados destaca una mejora del indicador base eléctrico entre el 1.3% y el 24.2% y una mejora del indicador de combustible entre el 3.4% y el 50.8%.

En conjunto, las once plantas industriales evaluadas suman un consumo de 4,330 *TJ* anuales y lograron una reducción agregada del orden de 343 *TJ/año* respecto de su línea base, equivalente a un ahorro ponderado del 7.9% de la demanda energética del grupo. Este ahorro no deriva de la norma en sí misma, sino de las medidas de eficiencia identificadas durante el diagnóstico; el Sistema de Gestión de la Energía bajo ISO 50001 es el mecanismo que asegura su permanencia y trazabilidad en el tiempo.

Tabla 1 Indicadores de desempeño energético de 11 plantas industriales

ORGANIZACIÓN	COLABORADORES	CONSUMO TOTAL TJ	AHORRO PONDERADO	INDICADOR BASE - ELECTRICIDAD	INDICADOR 2025 - ELECTRICIDAD	REDUCCIÓN ELECTRICIDAD	INDICADOR BASE - COMBUSTIBLE	INDICADOR 2025 - COMBUSTIBLE	REDUCCIÓN COMBUSTIBLE
FEDIMETA L-1	>500	1091	2.38%	599.88 kWh/ton	589.02 kWh/ton	1.81%	42.34 L/ton	40.9 L/ton	3.40%
FEDIMETA L-2	>400	167	8.23%	125.2 kWh/Ton	114.64 kWh/ton	8.43%	50.8 L/ton	46.7 L/ton	8.07%
FEDIMETA L-3	>500	825	5.52%	342.46 kWh/Ton	317.1 kWh/ton	7.41%	12.02 gal/ton	11.71 gal/ton	2.58%
FEDIMETA L-4	>300	16	15.94%	20.26 kWh/Ton	17.19 kWh/ton	15.15%	14.13 gal/ton	11.83 gal/ton	16.28%
FEDIMETA L-5	>300	47	12.28%	36.63 kWh/Ton	29.46 kWh/ton	19.57%	42.49 gal/ton	40.5 gal/ton	4.68%
CIPEM-1	>600	827.315	14.37%	4.07 kWh/m ²	3.79 kWh/m ²	6.83%	10753 kcal/m ²	9097 kcal/m ²	15.40%
CIPEM-2	>100	69.44	16.39%	51.33 kWh/Ton	46.63 kWh/ton	9.16%	2.09 gal/ton	1.57 gal/ton	24.88%
AIMA-1	>100	19.26	36.44%	1.962 kWh/Udeq	1.66 kWh/Udeq	15.34%	14.35 gal/1000 BF secos	7.06 gal/1000 BF secos	50.80%
AIMA-2	>50	20.59	21.29%	95.47 kWh/kg	72.37 kWh/kg	24.20%			
AIMA-3	>500	703	6.10%	536.38 kWh/m ³ _{eq}	519.27 kWh/m ³ _{eq}	3.19%	4.26 gal/hr maquinaria forestal	3.98 gal/hr maquinaria forestal	6.57%

AIMA-4	>700	544.92	11.88%	175.66 kWh/m ³	173.45 kWh/m ³	1.26%	1.69 Ton/m ³	1.46 Ton/m ³	13.61%
---------------	------	--------	--------	------------------------------	------------------------------	-------	----------------------------	----------------------------	--------

6.1 La paradoja de la escala: Consumo absoluto vs. Ahorro relativo

Los datos (Figura 1) muestran una relación inversa entre el volumen de consumo energético absoluto (TJ) y el porcentaje de ahorro relativo alcanzado (%). Las plantas industriales con demandas de energía moderadas ($< 50 TJ$) registraron las tasas de eficiencia porcentual más elevadas del programa, encabezadas por *AIMA-1* (36.44%), *AIMA-2* (21.29%) y *FEDIMETAL-4* (15.94%). Por el contrario, los grandes complejos siderúrgicos y de materiales procesados con consumos superiores a los 700 TJ —tales como *FEDIMETAL-1* (1091 TJ), *FEDIMETAL-3* (825 TJ), *CIPEM-1* (827 TJ) y *AIMA-3* (703 TJ)— mostraron reducciones porcentuales situadas en la franja del 2.38% al 14.37%. La relación inversa entre consumo absoluto y ahorro relativo es estadísticamente consistente en la muestra (ρ de Spearman = -0.77).

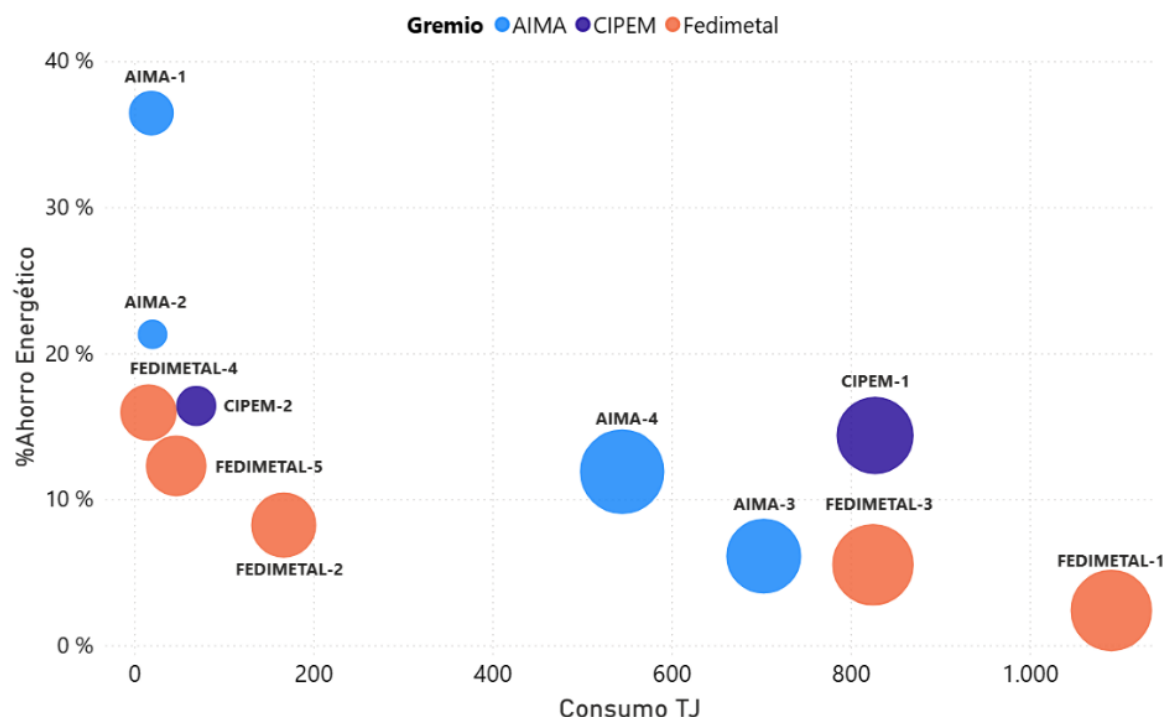


Figura 1. Relación entre consumo energético e intensidad del ahorro eléctrico. El tamaño de la burbuja representa el número de empleados 2025.

Esta dinámica responde a la divergencia en el nivel de madurez tecnológica previa y al grado de automatización instalada. Las organizaciones de consumo intermedio o bajo presentaban, al inicio del programa, una mayor cantidad de ineficiencias operacionales no detectadas. En estas plantas, la introducción de prácticas estandarizadas de gestión energética, el control de fugas térmicas/neumáticas y la capacitación del personal de

planta generaron un impacto porcentual inmediato de gran magnitud sobre su línea de base.

Por el contrario, las megaindustrias electrointensivas contaban con niveles preexistentes de automatización mediante arquitecturas SCADA y controles de proceso sofisticados. En estos entornos, las ineficiencias gruesas ya habían sido corregidas, por lo que las mejoras adicionales dependieron de ajustes finos en la termodinámica del proceso o en la optimización de los usos significativos de la energía (*USE*), arrojando porcentajes cuantitativamente menores pero técnicamente más complejos de alcanzar.

Un error común en la evaluación de políticas públicas de eficiencia energética consiste en dimensionar el éxito de un programa basándose exclusivamente en métricas porcentuales. Si bien el 2.38% de ahorro logrado por *FEDIMETAL-1* o el 5.52% de *FEDIMETAL-3* parecen modestos en términos relativos frente al 36.44% de *AIMA-1*, la evaluación en términos energéticos absolutos (*TJ*) y financieros invierte radicalmente la relevancia del impacto.

Un ahorro del 2.38% en un complejo siderúrgico de 1091 *TJ* equivale a la eliminación neta de 25.96 *TJ* de consumo al año, mientras que un 36.44% en una planta de 19.26 *TJ* representa una reducción absoluta de 7.01 *TJ*. Por consiguiente, la magnitud del impacto económico y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (*tCO_{2e}*) están desproporcionadamente concentradas en las grandes industrias electrointensivas. Este hallazgo demuestra que los programas sectoriales articulados por gremios con organizaciones que son categorizados como grandes consumidores de energía generan un doble beneficio complementario para los tomadores de decisiones: mientras que en las empresas medianas se logra una rápida transformación de la cultura organizacional con reducciones porcentuales drásticas, en las grandes corporaciones se logran volúmenes masivos de conservación de energía que alivian directamente la carga sobre el sistema eléctrico nacional y reducen la necesidad de subsidios estatales al sector energético.

6.2. Gradiente de automatización y capacidad de absorción por masa de capital humano

El número de empleados por organización (Tabla 1) actuó como un indicador de la capacidad de absorción tecnológica y de la complejidad del capital humano interno. Las organizaciones con plantillas superiores a las 500 personas presentaron una evolución distintiva en la tipología de proyectos implementados.

En estas grandes organizaciones, la masa crítica de ingenieros y técnicos capacitados a través de la Escuela de Energía permitió canalizar el aprendizaje hacia proyectos de inversión sofisticados (tales como la instalación de variadores de frecuencia, incorporación de válvulas proporcionales en sistemas HVAC, el control multicompresor o

la sustitución de motores DC por motores AC de alta eficiencia). En contraste, en las organizaciones con menor plantilla, el factor humano concentró sus esfuerzos en la optimización operacional directa y en la eliminación de ineficiencias de costo cero (tales como la eliminación de usos indebidos del aire comprimido, mejoras en los controles operaciones y parámetros de control de los USEn, a través de análisis estadísticos por tipo de producto).

Esto demuestra que el canal asociativo gremial adaptó con éxito la transferencia de capacidades: proveyó la estructura básica de gestión energética a las empresas con menor automatización inicial, al tiempo que ofreció las herramientas de modelado y diagnóstico avanzado (*ISO 50006*) requeridas por los equipos técnicos de las corporaciones más complejas.

6.3. La alianza binacional como mecanismo de sustitución y transferencia de confianza institucional

Los resultados de la caracterización cuali-cuantitativa aplicada a las 11 plantas industriales (Tabla 2) proveen evidencia empírica directa respecto al mecanismo institucional que viabilizó la adopción de los Sistemas de Gestión de la Energía (*SGE*). La evidencia de campo confirma que la barrera subyacente para la implementación de auditorías y la firma de acuerdos de confidencialidad en el piso de planta no era primariamente tecnológica, sino reputacional y de gobernanza de la información.

Tabla 2 Resultados de caracterización cuali-cuantitativa

ORGANIZACIÓN	MOTIVO DE PARTICIPACIÓN	BARRERA PREVIA DE ADOPCIÓN	VALORACIÓN DEL CANAL GREMIAL VS. MERCADO ABIERTO (1-5)	IMPACTO DE HERRAMIENTAS DIGITALES (1-5)*	IMPACTO DE LA ESCUELA DE ENERGÍA (1-5)*	REQUERIMIENTO DE ESTRUCTURA PERMANENTE GREMIAL (1-5)*
FEDIMETAL-1	Confianza gremial	Barrera de Confianza	5	5	5	4
FEDIMETAL-2	Confianza gremial	Barrera de Confianza	4	5	5	4
FEDIMETAL-3	Anticipación Regulatoria	Barrera de Priorización	5	4	5	4
FEDIMETAL-4	Efecto Demostración / Imitación	Barrera de Priorización	4	5	5	4
FEDIMETAL-5	Efecto Demostración / Imitación	Barrera de Priorización	4	4	5	4
CIPEM-1	Confianza gremial	Barrera de Confianza	5	5	5	5
CIPEM-2	Efecto Demostración / Imitación	Barrera Financiera	5	5	No participó	5
AIMA-1	Presión Económica Directa	Barrera Financiera	4	4	No participó	4
AIMA-2	Confianza gremial	Barrera de Confianza	4	4	No participó	5
AIMA-3	Anticipación Regulatoria	Barrera de Confianza	4	4	No participó	4

AIMA-4	Presión Regulatoria Directa	Barrera de Confianza	4	4	No participó	4
--------	-----------------------------------	-------------------------	---	---	-----------------	---

El hallazgo más contundente para la literatura de políticas públicas regionales radica en la respuesta al reactivo sobre la intermediación del canal asociativo (Tabla 2, Columna 4). El **100% de las empresas encuestadas** otorgó una calificación de 4 o 5 (con una media ponderada de 4.36/5.00) al enunciado que sostenía que, si la oferta de eficiencia energética hubiese provenido de un consultor privado independiente o de un organismo gubernamental sin el aval del gremio y la alianza binacional, el nivel de participación y apertura de datos estratégicos habría sido significativamente menor.

Esta respuesta unánime valida en el contexto industrial latinoamericano el postulado teórico de Oberholzer-Gee y Calanog (2007): ante la ausencia de confianza interpersonal en un mercado no regulado o con fallas de información, las instituciones intermedias de alta reputación actúan como un sustituto perfecto. La Alianza Cameral Ecuador-Alemania no solo aportó un "sello de rigor técnico" asociado a la cooperación técnica internacional, sino que ofreció una plataforma de gobernanza híbrida. El empaquetamiento del servicio dentro de la propuesta de valor de los gremios de afiliación (FEDIMETAL, CIPEM, AIMA, AITE) eliminó el sesgo comercial o la sospecha de venta cruzada de activos tecnológicos que históricamente frenaba las auditorías de consultoras independientes.

Asimismo, el censo permite desagregar el fenómeno de difusión de innovación en tres patrones de entrada claros:

1. **Adopción por confianza directa (36%):** Representada por organizaciones maduras que requerían el respaldo institucional del gremio para validar la seguridad de la información antes de abrir sus plantas.
2. **Adopción por efecto demostración entre pares (28%):** Industrias que decidieron ingresar al programa únicamente tras verificar que competidores directos o empresas asociadas dentro de su propia cámara sectorial habían alcanzado retornos operativos. Este hallazgo confirma que el gremio no solo transfiere confianza de forma vertical, sino que actúa como red horizontal de imitación tecnológica entre pares.
3. **Adopción por presión exógena económica o regulatoria (36%):** Empresas impulsadas por marcos tarifarios cambiantes o presiones del ente regulador, pero que encontraron en la alianza binacional el único canal con la solvencia técnica y neutralidad necesaria para materializar el cumplimiento.

Finalmente, la sostenibilidad del modelo queda demostrada en los resultados de la Tabla 2, donde el 100% de la muestra ratificó (media de 4.27/5.00) la necesidad imperativa de que los gremios industriales mantengan una estructura permanente de acompañamiento energético alineada con el modelo de la Alianza Cameral Ecuador-Alemania. Esto

demuestra que el canal asociativo binacional no debe conceptualizarse como una intervención temporal de cooperación, sino como una infraestructura institucional permanente para acelerar la transición energética en los sectores productivos de América Latina.

7. Factores críticos de éxito

La sola mitigación de las barreras de desconfianza institucional a nivel gremial resulta insuficiente si no se acopla con un mecanismo de ejecución técnica estructurado a nivel operativo. El análisis sistémico de las intervenciones del programa reveló que la conversión exitosa del potencial de ahorro en mejoras medibles del desempeño energético dependió de cuatro factores críticos interconectados.

7.1. Arquitectura del facilitador técnico y gobernanza del acompañamiento

Frente a los enfoques de consultoría tradicionales basados en reportes puntuales y estáticos, el programa implementó un modelo de acompañamiento continuo y multidisciplinario que mitigó la asimetría de información técnica. El equipo implementador estuvo integrado por cuatro ingenieros especializados en ramas complementarias (mecánica, ambiental, eléctrica y electrónica), con certificaciones de gestores energéticos, auditores líderes en la norma ISO 50001, además de competencias validadas en consultoría industrial, respaldados por una experiencia previa combinada superior a las 15 implementaciones de la norma a nivel nacional.

Este equipo técnico no operó de forma exógena; por el contrario, integró un proceso adaptativo con una duración extendida de entre 8 y 16 meses desde el inicio de la implementación del sistema de gestión de la energía hasta que las organizaciones obtengan la certificación por un ente certificador, ajustado de manera flexible al número de plantas y complejidad termodinámica de cada organización. La gobernanza operativa de la intervención se estructuró mediante marcos metodológicos *Agile/Scrum*, estableciendo ciclos de revisión bisemanales para evaluar avances, inspecciones técnicas *in situ* mensuales, formación de competencias en el equipo energético y certificación por competencias de auditores internos en el personal propio de las empresas, y simulacros de auditoría interna. Este riguroso acompañamiento actuó como un catalizador operativo que preparó a las organizaciones para superar con éxito las auditorías de certificación formal ante terceras partes, eliminando el riesgo de abandono comúnmente observado en las pymes de la región.

7.2. Herramientas analíticas digitales de baja fricción

El desarrollo del Sistema de Gestión de la Energía (*SGE*) requirió el diseño de herramientas adaptadas a la madurez digital preexistente de cada industria. Lejos de imponer infraestructuras informáticas complejas y costosas, el equipo técnico diseñó plantillas y tableros en entornos Excel y/o PowerBI enfocados en tres funciones críticas:

la revisión energética, el modelado matemático de las *LBEn*, y la formulación automatizada de los *IDEn* bajo los lineamientos de la norma ISO 50006. La utilidad analítica principal de estas herramientas radicó en su capacidad para identificar datos atípicos operacionales, permitiendo a los operadores detectar de forma visual y oportuna las desviaciones de consumo respecto a las metas productivas.

La sostenibilidad del modelo se refleja en que el 100% de las organizaciones encuestadas mantiene el uso activo y autónomo de estas herramientas analíticas. Incluso, la maduración del sistema impulsó a empresas que llevan un proceso de mejora continua acelerado, como resultado solicitando actualizaciones de sus herramientas para adaptarlo a nuevas inversiones en submedición sectorial y a la ampliación de líneas de proceso, demostrando la transición desde una cultura reactiva hacia una gestión energética predictiva continua.

7.3. Medidas operativas sin inversión como palanca de autofinanciamiento

Uno de los hallazgos más relevantes para la política pública regional es que la viabilidad inicial del Sistema de Gestión de la Energía no dependió de inyecciones de capital, sino de la explotación sistemática de ineficiencias operativas de costo cero o bajo costo. Este enfoque valida empíricamente el mecanismo de autofinanciamiento (ring fencing) de Agrawal et al. (2022): las victorias tempranas (quick wins) generan el flujo de caja que financia después los proyectos de mayor envergadura tecnológica.

En el portafolio evaluado, estas medidas sin inversión se concentraron en tres frentes. En el vector eléctrico y la gestión de la demanda: reprogramación de turnos para desplazar cargas a franjas tarifarias preferenciales, estandarización de curvas de calentamiento en procesos térmicos, y seguimiento diario de variables de consumo para la toma de decisiones en planta. En el sistema de aire comprimido —un uso significativo recurrente en la industria evaluada—: reconfiguración del lazo compresor-secador-pulmón, reubicación de unidades en condiciones ambientales desfavorables, reprogramación de secuencias de encendido en cascada, y corrección sistemática de fugas. En la gestión térmica y de procesos biomásicos: mantenimiento de trampas de vapor, corrección de fugas de calor radiante en hornos, y techado de las áreas de almacenamiento de biomasa para elevar el poder calorífico neto del combustible.

La transición hacia proyectos con inversión de capital ocurrió de forma orgánica tras validar el retorno de estas medidas iniciales. Tres implementaciones ilustran esa evolución. En una planta de agua se instaló un lazo de control automatizado que ejecuta el cierre tras seis horas de inactividad detectada, sustituyendo la operación continua de cuatro bombas. En sistemas de aire comprimido se implementó un control maestro multicompresor que optimiza dinámicamente las secuencias de carga y alivio según la demanda instantánea, eliminando el desperdicio por alivio neumático. Y en un tren de laminación, la sustitución de motores de corriente continua (DC) por motores síncronos

de corriente alterna (AC) de alta eficiencia redujo el IDEn del proceso de preparación de materia prima en un 75%, la mejora individual de mayor magnitud del programa.

8. Escuela de Energía

La sostenibilidad a largo plazo de los esfuerzos de optimización energética no depende únicamente de las auditorías de ingeniería o de intervenciones tecnológicas puntuales; requiere la creación de capacidades técnico-operativas endógenas capaces de sostener el cambio cultural organizacional en el tiempo. Bajo esta premisa, la Alianza Cameral Ecuador-Alemania, en co-diseño con el operador técnico del programa y gremios sectoriales clave como CIPEM, FEDIMETAL, AIMA y AITE, instrumentó la Escuela de Energía. Este programa de formación continua se configuró como una plataforma académica complementaria e independiente de los procesos directos de implementación de los Sistemas de Gestión de la Energía (*SGE*), con el objetivo latente de expandir la cultura energética en la masa crítica de profesionales industriales de la región.

La arquitectura pedagógica de la Escuela de Energía se estructuró a partir de un diseño modular progresivo compuesto por tres niveles claramente diferenciados, donde cada sesión síncrona se vincula a actividades de aplicación práctica empleando los datos operacionales reales de las organizaciones de los participantes:

- **Nivel 1 (Planificación y Contexto Estratégico):** Con una carga horaria total de 15 horas estructuradas en una relación equitativa (7.5 horas síncronas y 7.5 horas de actividades prácticas independientes) desarrolladas a lo largo de 5 semanas, este nivel inicial concentró su contenido en el análisis del contexto energético actual, marcos legales, diagnóstico energético general bajo los fundamentos de la norma ISO 50001, tecnologías de generación renovable y la estructuración primaria de planes de acción. A la fecha, se han ejecutado tres ediciones de este nivel básico, acumulando un total aproximado de 150 profesionales capacitados.
- **Nivel 2 (Práctica Operativa en Usos Significativos de Energía):** Diseñado con una duración extendida de 25 horas (12 horas síncronas y 13 horas prácticas) distribuidas en 6 semanas, este módulo enfocó su análisis en los Usos Significativos de la Energía (*USE*), los cuales representan típicamente más del 70% del consumo agregado en plantas industriales. El plan de estudios abarcó la revisión energética avanzada de sistemas de aire comprimido, redes de agua (bombeo, enfriamiento y calentamiento), motores eléctricos, sistemas de accionamiento, calderas y hornos industriales. Este nivel operativo registra dos ediciones concluidas con una participación consolidada de aproximadamente 120 profesionales.
- **Nivel 3 (Modelado Matemático e Ingeniería de Pérdidas):** Concebido como el nivel de alta especialización técnica con una duración de 40 horas (20 horas síncronas y 20 horas prácticas) distribuidas en 10 semanas, su primera edición está planificada

para iniciar en septiembre del 2026. El contenido curricular avanzado abarca el cálculo estadístico riguroso de la *LBEn* y los *IDEn* conforme a la norma ISO 50006, la ingeniería de pérdidas en sistemas fluidodinámicos, así como el diseño y cálculo técnico para la calidad de la energía y compensación reactiva.

El factor determinante en el éxito didáctico del programa radica en la erradicación del aprendizaje pasivo tradicional. La obligatoriedad de resolver las asignaciones prácticas utilizando registros y bases de datos reales de consumos, turnos y niveles de producción de las propias plantas obligó a los participantes a enfrentarse a las inconsistencias de submedición y a los patrones de consumo anómalos de sus empresas. El hito final exigido para la aprobación de cualquiera de los niveles consistió en la entrega estructurada de un Plan de Acción de Mejoras Energéticas con criterios de priorización y viabilidad técnica. Este enfoque no solo garantizó la adquisición verificable de competencias por parte del personal operativo y mandos medios, sino que dotó a las industrias afiliadas de una cartera interna de proyectos de eficiencia listos para su análisis financiero por la alta gerencia, consolidando así el canal asociativo gremial como un motor de transferencia de conocimiento de alto impacto regional.

9. Discusión

Los resultados sostienen la tesis central del artículo con un matiz que merece ser explícito: el mecanismo de confianza institucional resuelve el problema de adopción, no el de escala. El 100% de las empresas censadas atribuye a la intermediación gremial un rol determinante en su decisión de abrir datos operacionales sensibles y participar en el programa — una validación empírica sólida, en el contexto industrial ecuatoriano, del postulado de Oberholzer-Gee y Calanog (2007) sobre instituciones intermedias como sustituto de la confianza interpersonal ausente. Pero esa validación aplica únicamente a las empresas que decidieron entrar. De los 305 afiliados a los cuatro gremios participantes, 22 contrataron el servicio. Ese 7% sobre el total de afiliados, sin embargo, mezcla dos poblaciones con incentivos distintos: sobre el subconjunto legalmente obligado —los 39 grandes consumidores afiliados a los cuatro gremios— la penetración alcanza el 26%, mientras que entre los afiliados sin obligación regulatoria no supera el 5%. El modelo de la Alianza Cameral no es, todavía, un mecanismo de transformación sectorial masiva, pero su efectividad sobre el mercado realmente direccionable es sustancialmente mayor de lo que sugiere la tasa agregada.

Esta distinción entre adopción y alcance tiene una lectura adicional en la desagregación por gremio: la tasa de conversión más alta se registró en AIMA, el gremio con menor número de afiliados pero de mayor homogeneidad sectorial, mientras que CIPEM, la cámara multisectorial de mayor tamaño, registró la tasa más baja. Una hipótesis plausible, no verificada de forma concluyente por este estudio, es que el efecto de demostración entre pares —identificado en la sección 6.3 como el mecanismo de

adopción declarado por el 28% de las empresas— opera con mayor fuerza en gremios sectorialmente homogéneos, donde el caso de éxito de una empresa vecina resulta directamente comparable y creíble, que en cámaras multisectoriales donde esa comparabilidad se diluye. De confirmarse en estudios posteriores, esto tendría una implicación de diseño directa para programas similares: la arquitectura gremial homogénea no es un detalle organizacional secundario, es una variable que condiciona la velocidad de adopción.

El hallazgo de la sección 6.1 —que la magnitud absoluta del ahorro energético y de la mitigación de emisiones se concentra desproporcionadamente en los grandes consumidores electrointensivos, incluso cuando su ahorro porcentual es modesto frente al de las plantas medianas— tiene una implicación de política pública que excede el alcance de este programa específico: los criterios de éxito de una intervención de eficiencia energética no deberían evaluarse exclusivamente en términos porcentuales. Un programa que prioriza exclusivamente el ahorro relativo puede subinvertir sistemáticamente en las organizaciones con mayor capacidad de impacto absoluto sobre el sistema eléctrico nacional.

Este estudio tiene limitaciones que condicionan el alcance de sus conclusiones. Primera, el reactivo central sobre intermediación gremial (ítem 7) está formulado en términos contrafácticos y en sentido afirmativo, un diseño que puede inducir sesgo de aquiescencia: resulta más fácil asentir que disentir, y las empresas encuestadas ya se autoseleccionaron al ingresar por el canal gremial. Por ello, la evidencia sobre el mecanismo de confianza no descansa únicamente en ese ítem de percepción, sino que se triangula con un dato de comportamiento observado e independiente del autorreporte: la tasa diferencial de conversión entre gremios sectorialmente homogéneos (AIMA, mayor conversión) y la cámara multisectorial (CIPEM, menor conversión), discutida más arriba. Segunda, los autores forman parte del operador técnico que implementó el programa evaluado — un conflicto de interés que se mitigó fundamentando el análisis técnico en datos de auditoría medidos in situ y normalizados bajo ISO 50006, en lugar de estimaciones gerenciales, pero que no puede eliminarse por completo en un estudio de caso de autoría no independiente. Tercera, el censo de percepción organizacional cubrió el 73% del universo de empresas beneficiarias, no su totalidad; las empresas no cubiertas podrían diferir sistemáticamente de las censadas en su valoración del programa. Cuarta, el estudio no dispone de una cifra consolidada de la proporción de las 22 empresas beneficiarias que completó el ciclo hasta la certificación formal ISO 50001, frente a las que consolidaron un sistema de gestión sin certificar o abandonaron el proceso — dato que fortalecería sustancialmente cualquier afirmación sobre la efectividad del modelo más allá de los once casos con auditoría completa.

La transferibilidad del modelo a otros países de la región depende de tres condiciones de frontera que este estudio no puede evaluar fuera del caso ecuatoriano. La primera es la

existencia de gremios sectoriales con afiliación amplia y legitimidad técnica reconocida por sus afiliados: el mecanismo de confianza documentado aquí opera sobre una relación institucional preexistente, no la crea. La segunda es la presencia de un mandato regulatorio vigente que genere una demanda de cumplimiento identificable —en ausencia de obligación legal, el gremio tendría que construir además la motivación, no solo el canal—. La tercera es la disponibilidad de un operador técnico con capacidad acreditada en la norma, condición que en varios mercados de la región sigue siendo escasa. A ello se suma que el modelo evaluado operó con respaldo de financiamiento de cooperación internacional durante su fase de diseño; el diseño comercial adoptado —pago con descuento y comisión al gremio— buscó precisamente independizar la operación de ese financiamiento, pero el estudio no dispone todavía de evidencia sobre su sostenibilidad una vez concluido el respaldo del cooperante.

10. Conclusiones

Este artículo documentó y evaluó un modelo de intermediación gremial para la adopción de sistemas de gestión de la energía en la industria ecuatoriana, frente al antecedente de una intervención estatal directa y gratuita que no logró sostenerse. La evidencia recogida en once plantas industriales y en el censo de percepción organizacional respalda una conclusión central: la barrera principal para la adopción de ISO 50001 en la mediana y gran industria latinoamericana no fue, en este caso, exclusivamente financiera o técnica, sino de confianza institucional y gobernanza de la información —y un gremio empresarial, actuando como intermediario con legitimidad preexistente y bajo un modelo de pago con corresponsabilidad económica de la empresa afiliada, resolvió esa barrera de forma consistente entre quienes participaron.

El modelo no debe leerse como una solución cerrada. Aun alcanzando al 26% de los grandes consumidores afiliados a los gremios participantes, la mayoría del universo obligado permanece fuera del programa: la confianza institucional, siendo un mecanismo efectivo de conversión, no resuelve por sí sola el problema de escala regional. La recomendación de política pública que se desprende de este hallazgo no es replicar el modelo asumiendo que la confianza gremial basta, sino replicarlo entendiendo que la confianza gremial abre la puerta de adopción y que la ampliación del alcance requiere, adicionalmente, mecanismos activos de difusión entre pares dentro de cada gremio y una arquitectura de financiamiento que no dependa exclusivamente de cooperación externa de duración limitada.

Para los gremios industriales de otros países de la región que enfrentan el mismo problema de fondo —una obligación regulatoria de gestión energética sin un canal confiable de implementación—, el aporte replicable de este caso no es la tecnología ni las herramientas empleadas, sino el diseño institucional: un servicio pagado, no gratuito; empaquetado dentro de la oferta de valor gremial, no ofrecido como aval externo; y sujeto

desde su origen a una condición de sostenibilidad financiera propia, no dependiente indefinidamente del financiamiento del cooperante que lo hizo posible.

11. Referencias

Agrawal, R., De Tommasi, L., Lyons, P., Garcia Kerdan, I., Cerezo-Narváez, A. y Day, T. (2022). The ring fencing mechanism: A case study of innovative self-financing approach for energy efficiency upgrades. *Open Research Europe*, 2, 55.

<https://doi.org/10.12688/openreseurope.14731.1>

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 50001:2018 — Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso*. ISO.

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 50006:2014 — Sistemas de gestión de la energía. Medición del desempeño energético utilizando líneas de base energética e indicadores de desempeño energético*. ISO.

Oberholzer-Gee, F. y Calanog, V. (2007). *The speed of new ideas: Trust, institutions and the diffusion of new products* (Harvard Business School Working Paper No. 07-063). Harvard Business School. <https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/07-063.pdf>

Palm, J. y Backman, F. (2020). Energy efficiency in SMEs: Overcoming the communication barrier. *Energy Efficiency*, 13, 809-821. <https://doi.org/10.1007/s12053-020-09839-7>

Trianni, A. y Cagno, E. (2012). Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences. *Energy*, 37(1), 494-504. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.005>

ANEXO METODOLÓGICO — INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Ficha técnica. Población objetivo: gerentes generales, de operaciones, de planta o directores de energía de las empresas industriales atendidas. Administración: formulario digital estructurado autoadministrado. Estructura: 11 reactivos —3 de caracterización, 3 de opción múltiple sobre gobernanza y barreras, y 5 de escala Likert de cinco puntos—. Cobertura: 73% del universo de empresas beneficiarias, con 100% de respuesta de la muestra censada. Marco de barreras: taxonomía de Trianni y Cagno (2012).

Por su papel en la tesis central del artículo, se reproducen los reactivos decisivos; el instrumento completo está disponible a solicitud a los autores.

Ítem 4 (motivo primordial de participación — opción única): confianza gremial / efecto demostración entre pares / presión económica directa / presión regulatoria directa / anticipación regulatoria.

Ítem 5 (barrera previa a la contratación de auditorías externas — máximo dos): barrera de confianza / barrera de información o técnica / barrera financiera / barrera de priorización.

Ítem 7 (Likert 1-5): “Si el mismo programa nos hubiese sido ofrecido por una consultora privada independiente o un organismo estatal sin la intermediación de nuestro gremio, el nivel de participación y apertura de datos de nuestra empresa habría sido significativamente menor.”

Ítem 11 (Likert 1-5): “Consideramos indispensable que el gremio mantenga una estructura permanente de soporte energético para asegurar el seguimiento de las medidas implementadas a largo plazo.”