



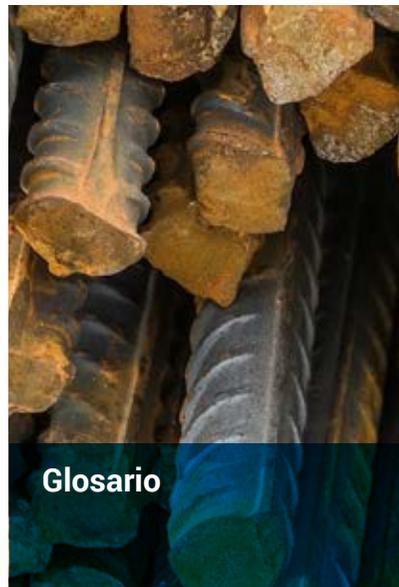
# Manual para la Evaluación de Proyectos de Eficiencia Energética para el Sector de Siderurgia y Metalmecánica

---

**Dirigido a**  
Instituciones Financieras

---

**CAF** BANCO DE DESARROLLO  
DE AMÉRICA LATINA





# Glosario

**BF (Blast Furnace):** alto horno (por sus siglas en inglés)

**BOF (Basic Oxygen Furnace):** convertidores básicos de oxígeno (por sus siglas en inglés).

**BTU:** Unidad Térmica Británica. Unidad para medir el calor, un BTU es la energía requerida para elevar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit.

**COG (Coke Oven Gas):** gas del horno de coque (por sus siglas en inglés).

**Cogeneración de energía:** producción de energía eléctrica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales y comerciales a partir de una misma fuente de energía.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** es el principal gas de efecto invernadero emitido principalmente a través del uso del transporte y la industria, la producción de energía eléctrica, la agricultura y la deforestación.

**EAF (Electric Arc Furnace):** hornos de arco eléctrico (por sus siglas en inglés).

**Eficiencia energética:** es la forma de gestionar y limitar el crecimiento del consumo de energía. Un proceso más eficiente puede producir más bienes o servicios con la misma o menor cantidad de energía. Por ejemplo, una bombilla fluorescente compacta (CFL) utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz.

**EJ:** Exajoule.

**Gases de efecto invernadero (GEI):** los gases de efecto invernadero son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estas sustancias como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

**Inversiones en producción más limpia:** inversiones que pueden demostrar un beneficio ambiental para disminuir la contaminación del aire, el suelo y/o el agua.



**kW:** es una unidad de medida más común de la potencia eléctrica (1kW es equivalente a 1.000 W) de los aparatos eléctricos.

**kWh:** equivalente a mil vatios-hora, es una unidad utilizada para medir la energía eléctrica consumida o utilizada en determinado tiempo.

**Leadership in Energy & Environmental Design (LEED):** sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Este sistema es utilizado ampliamente en Estados Unidos y de manera parcial en algunos mercados de Latinoamérica.

**Línea de base:** situación energética y ambiental actual sin ninguna mejora implementada.

**Líneas de financiamiento verde:** líneas de financiamiento que buscan el desarrollo de proyectos que promuevan la protección y conservación del medio ambiente, como proyectos de eficiencia energética, energía renovable o producción más limpia. Dichos proyectos deben contar con la revisión y verificación de los beneficios ambientales que se obtienen después de la inversión.

**Nm<sup>3</sup> (normal metro cubico):** unidad utilizada para medir el volumen en operaciones de la industria siderúrgica.

**Periodo de retorno simple:** es la cantidad de tiempo que demora una inversión en pagarse basado en el flujo de caja del proyecto. Por ejemplo, el período de retorno simple de una inversión de 300 USD con ahorros anuales de 100 USD tiene un periodo de retorno simple de 3 años.

**Sinterización:** el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para aumentar la resistencia mecánica de la pieza.

**Valor ex ante:** valor de una variable medida antes de desarrollar los proyectos de eficiencia energética y energías renovables.

**Valor ex post:** valor de una variable medida después de desarrollar los proyectos de eficiencia energética y energías renovables.

# Tabla de conversiones

En la tabla 1 se presentan las unidades utilizadas en este manual que sirven como referencia para las diferentes conversiones de unidades que se encuentran a lo largo del documento.

**Tabla 1.** Tabla de conversión de unidades.

Potencia	kilowatt (kW)	HP	BTU/h
kilowatt (kW)	1	1.341	3.412,14
HP	0,754	1	2.544.43
BTU/h	0,00293	0,0003928	1

Energía	Kilowatt-hora (kWh)	Jules	GigaJules	PetaJules	BTU
kilowatt-hora (kWh)	1	3.600.000	0,0036	3,6 e-9	3.412,14
Jules	0,000000278	1	1e-9	1e-15	0,0009478
GigaJules	277,7	1e+9	1	1e-6	947817
PetaJules	2,77 e+8	1e+15	1e+6	1	9,47e+11



## 1. Presentación

CAF -Banco de desarrollo de América Latina- tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países 17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal y 13 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

CAF adelanta el desarrollo del Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's), cuyo objetivo principal es fomentar una mayor inversión de empresas Latinoamericanas en NV y EE-D, para lo cual CAF pone a disposición (I) financiamiento a través de las líneas de crédito que CAF mantiene con Instituciones Financieras (IF's), (II) asistencia técnica, y (III) fortalecimiento de mercados en negocios verdes y de eficiencia energética.

Este manual dirigido a los Clientes de las IF's, tiene como objetivo principal generar conocimientos y mejorar las capacidades de sus clientes y recursos de outsourcing, para identificar oportunidades de proyectos de EE; asimismo, gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados con este tipo de proyectos.

Adicionalmente, incluye aspectos técnicos, ambientales y de inversión de proyectos para ser financiados por las IF's y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de los beneficios ambientales generados por las inversiones realizadas.

Este manual es parte de un conjunto de documentos que comprende los sectores y tecnologías con mayor potencial para llevar a cabo inversiones en eficiencia energética. En la tabla 2 se presenta el conjunto de documentos elaborados para el Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's).

**Tabla 2.** Manuales por sector y guías por tipo de proyecto.

		Manuales Por Sector									
		Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte
Guías Por Tipo De Proyecto	Motores de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	Cogeneración de energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Sustitución de combustibles	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
	Iluminación de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	Calderas y sistemas de vapor	✓	✓		✓		✓	✓			
	Aire acondicionado							✓		✓	
	Refrigeración	✓								✓	
	Calentamiento de agua con energía solar							✓			
	Hornos			✓		✓					
	Aire comprimido	✓	✓	✓	✓	✓					
	Energía solar fotovoltaica							✓	✓	✓	
	Automatización de procesos							✓	✓	✓	

Así por ejemplo, se elaboró la guía para el desarrollo de proyectos de cogeneración de energía, motores de alta eficiencia y hornos de alta eficiencia, que es aplicable al sector de Siderurgia y Metalmeccánica.



## 2. Aplicabilidad del manual

El manual de eficiencia energética para el sector de siderurgia y metalmecánica para IF's, incluye información relevante relacionada con los consumos energéticos y el potencial de eficiencia energética de proyectos que pueden presentar beneficios económicos y ambientales para los diferentes procesos y operaciones del sector. Se debe considerar que los valores presentados en este manual son indicativos, puesto que las diferentes instalaciones pueden variar en su configuración y tamaño, la ubicación geográfica, las características de operación y otros factores.

Los consumos de energía eléctrica y térmica sirven como referencia sobre las mejores prácticas del sector y definen los indicadores de consumo para determinar las mejoras razonables que se pueden alcanzar por realizar inversiones en eficiencia energética.

El manual presenta los proyectos con mayor potencial mostrando los diferentes niveles de inversión, posibles periodos de retorno y los ahorros estimados frente a los diferentes cambios tecnológicos.

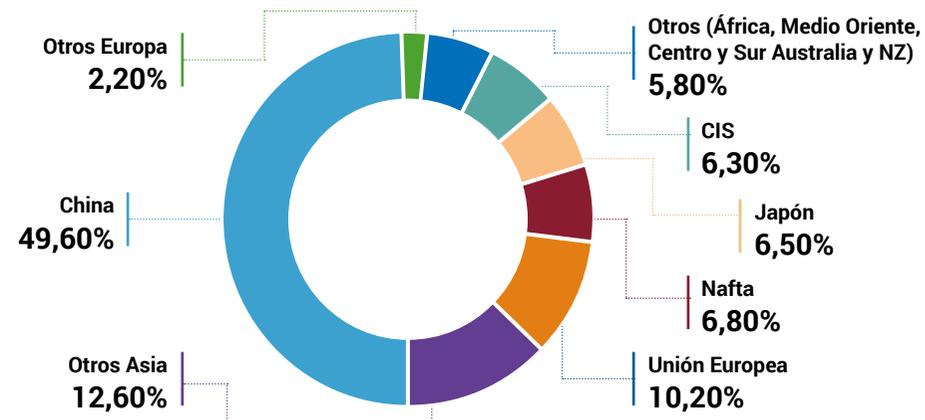
Las oportunidades de eficiencia energética financiadas a través de líneas verdes son las más comunes para este sector, teniendo en cuenta el estado de la tecnología actual y las mejores prácticas del mercado. No significa que sean los únicos proyectos financiados en el sector, pero sí los más comunes que requieren de financiación.





### 3. Descripción del sector

La producción mundial de acero en 2015 fue de 1.621 millones de toneladas, las cuales se distribuyeron por región como se presenta en la figura 1.



**Figura 1.** Distribución de la producción mundial de acero en 2015.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fuente: World Steel Association



Las cifras correspondientes al año 2015 cerraron con una disminución en el consumo de acero laminado en América Latina de 3%. Por su parte, tanto la producción regional de acero crudo como de acero laminado disminuyeron 4% y 5%, respectivamente, con respecto a 2014. El consumo regional está siendo abastecido en un 36% por importaciones, cuya participación en los mercados locales continúa avanzando. La balanza comercial de la región se mantiene negativa, a pesar de que en 2015 el déficit en toneladas disminuyó 0,8% con respecto a 2014.

Durante el 2015, América Latina y el Caribe produjeron 63,5 millones de toneladas de acero crudo, 3% por debajo del volumen registrado en 2014. Brasil participó con 52% de la producción regional (33,2 millones de toneladas), mostrando una contracción interanual de 2%.

En el mismo período, América Latina produjo 53,3 millones de toneladas de acero laminado, un volumen 5% inferior al registrado en 2014. Brasil fue el principal productor (22,6 millones de toneladas), 42% del total latinoamericano. México fue segundo (17,5 millones de toneladas), con 33% del total regional.<sup>2</sup>

Los mayores productores en Latinoamérica son Brasil con 33,2 millones de toneladas, México con 18,1 millones de toneladas, Argentina con 5 millones de toneladas, Venezuela con 1,3 millones de toneladas y Chile con 1,1 millones de toneladas.

<sup>2</sup> Fuente: Asociación Latinoamericana del Acero.



## 4. Caracterización energética del proceso

La industria del hierro y el acero es uno de los mayores emisores industriales de CO<sub>2</sub>, representando entre el 4 y el 7% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. En los últimos 40 años ha habido una reducción del 50% en el consumo de energía en la industria a nivel mundial. Esto se debe principalmente al mayor uso de hierro chatarra reciclado, pasando de una participación del 20% en la década de 1970 a alrededor del 40% en la actualidad, mientras que la fabricación de hierro a partir del mineral de hierro ha disminuido. Sin embargo, un cambio completo hacia el reciclaje está limitado por la disponibilidad y calidad de la chatarra.<sup>3</sup>

Hay dos rutas principales para producir acero. La ruta integrada se basa en la producción de hierro a partir de mineral de hierro, mientras que la ruta de reciclado utiliza la chatarra como materia prima principal de hierro en los EAFs (hornos de arco eléctrico). En ambos casos, la energía consumida proviene del combustible (principalmente carbón y coque, carbón siderúrgico) y electricidad. La ruta de reciclaje consume mucha menos energía (alrededor del 80%) que la ruta integrada.

<sup>3</sup> European Commission. SETIS. Strategic Energy Technologies Information System.

La ruta integrada, que se utiliza en alrededor del 60% de la producción a nivel mundial, se basa en el uso de hornos de coque, plantas sinterizadas, altos hornos (BF) y convertidores básicos de oxígeno (BOF). Los combustibles utilizados son explotados en primer lugar por su potencial de reacción química (durante el cual se convierten en gases de proceso) y luego por su potencial energético, captando, limpiando y quemando estos gases de proceso en procesos de producción, generando calor y electricidad. Sin embargo, el aumento de la eficiencia energética que viene con la reutilización de los gases

de proceso en sistemas de cogeneración, no reduce el consumo de energía global en términos de los combustibles primarios utilizados para las reacciones químicas.

En la siguiente tabla se presentan los indicadores energéticos del proceso de producción de acuerdo con las mejores prácticas del sector, los valores están expresados en GJ/ton de acero. La energía eléctrica se expresa también en GJ para hacer comparables los índices de consumo de energía en la producción.

**Tabla 3.** Índices de consumo energético del proceso de producción dependiendo del tipo en GJ/ton de producto.<sup>4</sup>

Etapa de producción	Proceso	Alto Horno	Fundición	Reducción directa en horno eléctrico	Fundición a partir de chatarra
<b>Preparación del material.</b>	Sinterización.	1,9		1,9	
	Peletizado.		0,6	0,6	
	Cooking.	0,8			
<b>Producción de hierro.</b>	Alto horno.	12,2			
	Producción de colada.		17,3		
	Reducción.			11,7	
<b>Producción de acero.</b>	Horno de oxígeno.	-0,4	-0,4	-0,4	
	Horno de arco.			2,5	2,4
	Refinación.	0,1	0,1		

<sup>4</sup> Fuente: *Industrial Efficiency Database*.



**Continuación Tabla 3.** Índices de consumo energético del proceso de producción dependiendo del tipo en GJ/ton de producto.<sup>4</sup>

Etapa de producción	Proceso	Alto Horno	Fundición	Reducción directa en horno eléctrico	Fundición a partir de chatarra
<b>Fundición y laminación.</b>	Fundición continua.	0,1	0,1	0,1	0,1
	Laminación en caliente.	1,8	1,8	1,8	1,8
<b>Subtotal.</b>		16,5	19,5	18,2	4,3
<b>Laminación en frío y terminado.</b>	Laminación en frío.	0,4	0,4		
	Terminado.	1,1	1,1		
<b>Total</b>		<b>18</b>	<b>21</b>	<b>18,2</b>	<b>4,3</b>

Como se puede observar en la tabla 3, la intensidad energética de la producción a partir de chatarra es sustancialmente menor que la producción a partir de mineral de hierro. Sin embargo, no hay suficiente chatarra disponible a nivel mundial para producir el acero que se requiere.

<sup>4</sup> Fuente: *Industrial Efficiency Database*.

## 5. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial

En la siguiente figura se presenta un diagrama del proceso de producción y las principales oportunidades de eficiencia energética que se pueden desarrollar en el sector.

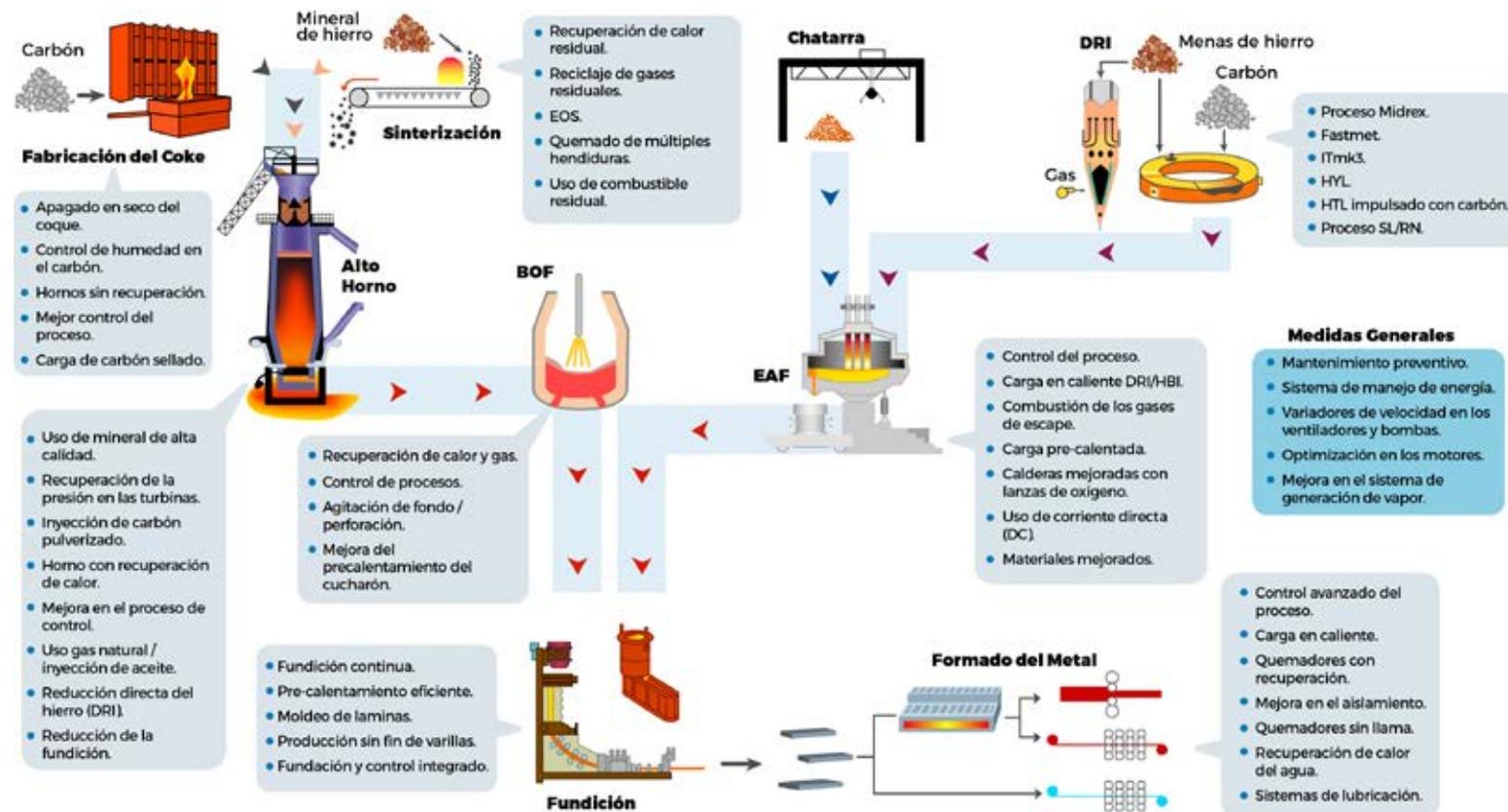


Figura 2. Principales oportunidades de eficiencia energética en el proceso de producción de hierro y acero.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Fuente: <http://ietd.iipnetwork.org/content/iron-and-steel#technology-resources>

En la tabla 4 se presentan los proyectos de EE que se encuentran comúnmente en el sector de siderurgia y metalmecánica en cuanto a la reducción de consumo energético. Se presenta el tipo de proyecto, el potencial de ahorro energético si se realiza el cambio tecnológico,

el periodo de retorno simple estimado (el cual puede variar según el precio de la energía en los diferentes países) y el nivel de inversión aproximado en USD.

**Tabla 4.** Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector según la etapa del proceso.

Tipo de proyecto	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto
<b>Producción de coque</b>			
<b>Secado en seco del coque.</b>	Los hornos de coque más eficientes utilizan secado en seco del coque (CDQ, por sus siglas en el inglés) y pueden consumir hasta un 40% menos de energía.	Dependiendo de los costos de electricidad, el tiempo de retorno puede ser de 3 años si todo el vapor se utiliza para la generación de electricidad.	Los costos de inversión de capital son aproximadamente de 109.5 USD/ton de coque.
<b>Aprovechamiento energético del gas de alto horno.</b>	Es posible recuperar entre 6 y 8 GJ de energía térmica en el alto horno mediante el aprovechamiento del gas que se genera con contenido energético.	El tiempo de retorno de la inversión es entre 1 y 2 años dependiendo del precio de la energía eléctrica y del precio del gas que se use en planta de producción.	Para los hornos de coquización, de peletización y sinterizado la inversión requerida en el proyecto es entre 6 y 8 MMUSD.
<b>Planta de sinterización</b>			
<b>Recuperación de calor de desecho.</b>	Se pueden recuperar entre 120 y 170 kg de vapor a 20 atmósferas de presión a partir de la máquina de enfriamiento por sinterización.	El retorno de la inversión se da en un periodo entre 3 y 5 años.	Las inversiones se estiman entre 3 y 5 USD/ton de sinterizado.
<b>Uso de combustibles residuales.</b>	El ahorro depende de la composición y el contenido térmico de los combustibles a utilizar.	NA.	NA.

**Continuación Tabla 4.** Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector según la etapa del proceso.

Típo de proyecto	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto
<b>Alto horno</b>			
<b>Instalación de turbinas de recuperación (TRT).</b>	Los TRTs pueden producir entre 15 y 40 kWh/ton de arrabio y su producción puede satisfacer alrededor del 30% de todas las necesidades de electricidad de todos los equipos del alto horno.	El periodo de retorno de inversión varía entre 2 y 4 años dependiendo del precio de energía eléctrica.	El costo de instalación para una planta de 7 MWe Se estima en 3,5 MMUSD por proyecto.
<b>Uso del gas de coque en el alto horno.</b>	El gas del horno de coque (COG) también puede usado co-reductor en el alto horno. Al mismo tiempo que se reduce el consumo de coque u otros reductores, la tecnología puede reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> del alto horno.	El periodo de retorno varía entre 2 y 5 años dependiendo del costo de los combustibles que se ahorran.	La inversión se estima en 10 MMUSD para una producción de 500 ton/día de metal caliente, el costo específico es de 12 USD/1.000 m <sup>3</sup> de GN que se aprovecha en el horno.
<b>Horno reductor (BOF por sus iniciales en inglés)</b>			
<b>Aprovechamiento energético del gas del horno.</b>	Es posible recuperar entre 6 y 8 GJ de energía térmica en el alto horno mediante el aprovechamiento del gas que se genera con contenido energético.	El retorno de inversión se da en un plazo entre 2,5 y 4 años dependiendo del precio de la electricidad y el gas natural.	El costo de inversión en el sistema se estima en USD 20/ton de acero, o aproximadamente 66 MMUSD para una planta de 2,7 millones de toneladas por año.
<b>Uso de variadores de frecuencia.</b>	La planta de BOF tiene una operación discontinua con altas variaciones en los flujos de gas, la instalación de variadores de frecuencia para los grandes ventiladores utilizados como parte de este proceso es una opción rentable.	El periodo de retorno de la inversión varía entre 2 y 4 años dependiendo del precio de la electricidad.	La inversión se estima entre 1,5 y 2 MMUSD.



**Continuación Tabla 4.** Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector según la etapa del proceso.

Típo de proyecto	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto
<b>Horno de Arco Eléctrico</b>			
<b>Hornos de arco operados con corriente continua (DC).</b>	Este horno de arco alcanza un ahorro de energía de aproximadamente el 5% en términos de consumo de la unidad de potencia.	El tiempo de retorno de la inversión se estima en menos de 1 año.	El costo de inversión adicional en un horno de arco operando con DC es de USD 6,1/ton de capacidad.
<b>Hornos con doble recipiente.</b>	El sistema aumenta la productividad ,disminuyendo el tiempo que toma el cambio de colada y reduce el consumo de energía al reducir las pérdidas de calor.	El periodo simple de retorno de la inversión se estima en 3,5 años.	El costo de inversión es de 9,4 USD por tonelada de acero de capacidad, con respecto a un horno de un solo recipiente.



## 6. Análisis de riesgos técnicos ambientales y sociales

En la tabla 5 se presentan los principales riesgos técnicos, ambientales y sociales que deben tenerse en cuenta al realizar inversiones en el sector, así como las acciones para su mitigación.

**Tabla 5.** Matriz de riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>Permisos y licencias ambientales.</b>	<b>Ambiental</b>	Asegurarse de que la planta donde se va a hacer la inversión cuente con los permisos y autorizaciones ambientales necesarias para operar.
<b>El sector de siderurgia es intensivo en energía, generalmente es una industria muy controlada por las autoridades ambientales.</b>	<b>Técnico/Ambiental</b>	Verificar que con las inversiones y cambios en EE se cumplan los requisitos exigidos por las autoridades locales y nacionales.
<b>La instalación de hornos y equipos de fundición presenta riesgos de contaminación atmosférica.</b>	<b>Ambiental</b>	Verificar que los sistemas de control de emisiones estén funcionando y cumplan las regulaciones locales.



**Continuación Tabla 5.** Matriz de riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>La fundición de minerales en hornos de acería al oxígeno tiene emisiones considerables de material particulado.</b>	<b>Ambiental</b>	Asegurarse de que se cuente con los sistemas de filtración adecuados y con el tratamiento oportuno de los gases generados en proceso.
<b>Generación de residuos especiales y peligrosos.</b>	<b>Ambiental</b>	Verificar que la planta donde se va a hacer la inversión hace una disposición adecuada de todos los residuos especiales y peligrosos que se generan.
<b>Cumplimiento de normatividad de salud y seguridad ocupacional.</b>	<b>Técnico</b>	Las condiciones de operación de las acerías son de alta temperatura y generación de contaminantes, todas las personas que trabajan en ellas deben contar con entrenamiento, elementos de protección y los horarios de trabajo adecuados que protejan su salud física.
<b>Ahorros en los proyectos de eficiencia energética.</b>	<b>Técnico/Financiero</b>	Asegurarse de que el diseño del proyecto es correcto de acuerdo con la demanda de energía eléctrica y térmica del proceso.



## 7. Criterios de elegibilidad

En el sector de siderurgia y metalmecánica existe un amplio potencial para realizar inversiones en EE. Los criterios de elegibilidad que se recomiendan para aprobar la financiación de los proyectos por parte de las IF's son los siguientes:

- 
**Reducción del consumo de energía eléctrica:** Cualquier proyecto de inversión para reducción del consumo de energía eléctrica debe reducir el consumo de energía en el sistema específico o en la planta en general en su totalidad, como mínimo en un 10%.
- 
**Reducción del consumo de energía térmica:** Un proyecto de inversión para reducir el consumo de combustibles debería reducir como mínimo el consumo en el proceso específico o en la planta en general en un 1%.



**Reducción de emisiones de GEI:** Los niveles de reducción de emisiones que pueden lograr las inversiones en eficiencia energética en el sector de siderurgia y metalmecánica dependen de la fuente de energía eléctrica que se usa para el proceso y del tipo de combustible que se usa para la producción en la planta. En términos generales, una inversión en proyectos de eficiencia energética debería reducir las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía del proceso en al menos un 10%.



**Periodo de retorno simple de la inversión:** Las inversiones en EE en el sector son principalmente en bienes de capital, con lo cual, el tiempo de retorno simple del proyecto no debería ser mayor de 5 años para que los flujos de caja del proyecto permitan retornar la inversión con una rentabilidad razonable en un periodo de 8 a 10 años.

Para que el proyecto de EE sea elegible, se debe cumplir el criterio de reducción de consumo de energía eléctrica y/o consumo de combustibles, el criterio de reducción de emisiones de GEI y el criterio de periodo de retorno de la inversión de manera simultánea.



## 8. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

El sector de la siderurgia y metalmecánica puede medir su intensidad energética y su intensidad de carbono por medio de tres indicadores básicos que se presentan en la tabla 6 y que deben ser medidos antes y después de los proyectos de inversión en eficiencia energética.

**Tabla 6.** Indicadores de monitoreo de eficiencia energética en el sector de la siderurgia y metalmecánica.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Energía eléctrica.	kWh/ton		
Energía térmica.	GJ/ton		
Emisiones GEI.	Kg CO2/ton		

Los indicadores para verificar el beneficio anual de una inversión en eficiencia energética, resultan de multiplicar la diferencia entre el valor ex ante y el valor ex post de los indicadores sugeridos en la tabla 6, por la producción anual de la planta en el año posterior al que se realizó la inversión. De esta forma, los indicadores que se recomienda usar son los siguientes:

**Tabla 7.** Indicadores para verificar de mejora eficiencia energética en el sector de la siderurgia y metalmecánica.

Indicador	Unidad
Reducción del consumo de energía eléctrica.	kWh/año
Reducción del consumo de energía térmica.	GJ/año
Reducción de emisiones de GEI.	Kg CO2/año



## 9. Caso de estudio

Una compañía dedicada a la producción de acero, produce 1.000 toneladas al día, durante el año anterior implementó un proyecto de cogeneración de 10MWe con el aprovechamiento de los gases de los hornos por valor de 20 MMUSD. Esta compañía desea saber cuántas emisiones de CO<sub>2</sub> se están evitando al año y cuáles son los periodos de retorno de la inversión.

La generación anual prevista del sistema de cogeneración es de 70.000 MWh/año por el proceso de recuperación de calor. El precio actual de la energía eléctrica es de 150 USD por MWh. El factor de emisión de la electricidad tomada de la red eléctrica es de 0,5 ton CO<sub>2</sub>/MWh y el consumo total de energía eléctrica anual de la planta es de 300.000 MWh/año.

En la tabla 8 se resumen los datos tenidos en cuenta para la evaluación de la reducción de emisiones de GEI del proyecto.

**Tabla 8.** Indicadores de monitoreo del caso de estudio

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost	Diferencia
<b>Energía eléctrica consumida de la red.</b>	kWh/ton acero	821,9	630,1	191,8
<b>Emisiones GEI</b>	Kg CO <sub>2</sub> /ton acero	410,9	315,1	95,8

Para evaluar las reducciones anuales, se multiplica el valor obtenido de la diferencia de la tabla 8 por la producción anual que corresponde a 365.000 ton/año. En la tabla 9 se muestra que hay un ahorro de 70 MM KWh/año y con este proyecto se evita la emisión de 35.000 ton CO2/año. Los ahorros económicos que genera el proyecto son de 10,5 MMUSD/año, con lo cual el periodo de retorno simple de 1,9 años.

**Tabla 9.** Indicadores de mejora del caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor
Reducción del consumo de energía eléctrica.	kWh/año	191,8x365.000=70.000.000
Reducción de emisiones de GEI.	Kg CO2/año	95,8x365.000=35.000.000



### Criterios de elegibilidad

Según los criterios definidos para evaluar la elegibilidad de los proyectos para ser financiados por líneas verdes, se concluye que el proyecto es elegible teniendo en cuenta que:



Reduce el consumo de energía de la red en un 23,3%.



Reduce las emisiones de GEI en un 23,3%



El periodo de retorno de la inversión es mucho menor a 5 años.

A close-up photograph of a large, dark, curved metal roller, likely part of a steel mill. The roller is positioned diagonally across the frame, with its surface showing some texture and wear. The background is blurred, suggesting an industrial setting.

# Referencias

- > Asociación Latinoamericana del Acero.  
[www.alacero.org](http://www.alacero.org)
- > Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the U.S. Iron and Steel Industry. An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers.
- > Industrial Technology Database.  
<http://ietd.ipnetwork.org/content/iron-and-steel>
- > JCR Scientific and Technical Report. Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan).
- > World Steel Association. Fact Sheet. Energy use in the steel industry.
- > World Steel Association. Steel statistical yearbook 2016.
- > World Steel Association. World Steel in figures 2016.

## Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

---

**Editor:** CAF

**Dirección Corporativa de Ambiente y Cambio Climático (DACC)**

Ligia Castro de Doens, directora corporativa

**Dirección Sectores Productivo y Financiero Región Norte (VSPF)**

Mauricio Salazar, director

---

**Autor:**

MGM International

---

**Coordinación y edición general**

Camilo Rojas (DACC)

Jaily Gómez (VSPF)

René Gómez García (DACC)

---

**Diseño Gráfico y Diagramación:**

Tundra Taller Creativo | tundra.pe

---

**Fotos:**

Pixabay.com

Shutterstock

---