

# Manual para la Evaluación de Proyectos de Eficiencia Energética en el Sector Cemento

---

**Dirigido a**  
Instituciones Financieras

---

**CAF** BANCO DE DESARROLLO  
DE AMÉRICA LATINA



**Glosario**



**Tabla de conversiones**



**1. Presentación**



**2. Aplicabilidad del manual**



**3. Descripción del sector**



**4. Caracterización energética del proceso**



**5. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial**



**6. Análisis de riesgos técnicos, ambientales y sociales**



**7. Criterios de elegibilidad**



**8. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto**



**9. Caso de estudio**



**10. Referencias**



# Glosario

**Biomasa:** energía procedente del aprovechamiento de la materia orgánica generada en algún proceso biológico, el aprovechamiento de la energía de la biomasa se puede hacer, por ejemplo por combustión.

**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.

**Cal:** designación comercial del óxido de calcio obtenido como resultado de la calcinación de rocas calizas. La cal se utiliza como aglomerante en la producción de cemento.

**Calcinación:** proceso de calentar una sustancia a temperatura elevada para provocar un cambio de estado en su constitución física o química.

**Clinker:** principal componente del cemento, se forma tras calcinar caliza a una temperatura entre 1350 y 1450°C.

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

**Combustibles alternativos:** combustibles utilizados para sustituir a los combustibles fósiles o derivados del petróleo. En la mayoría de los casos su uso presenta beneficios ambientales.

**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.

**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.

**Estudio de impacto ambiental:** es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental. Este estudio deberá corresponder en su contenido y profundidad a las características y entorno del proyecto, obra o actividad.

**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.

**GJ:** GigaJulio es un múltiplo (Giga prefijo del sistema internacional equivalente a  $\times 10^9$ ) de la unidad de medida métrica julios por hora.

**Huella de carbono:** es la medida del impacto que provocan las actividades humanas en el medio ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de GEI producidos, medidos en unidades (por ejemplo kilogramos o toneladas) de dióxido de carbono equivalente.

**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 de la potencia (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.

**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.

**Material particulado (MP):** acumulación de pequeñas piezas sólidas o partículas de líquidos en la atmósfera, estas son generadas a partir de contaminación provenientes de la actividad humana.

**Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>):** un contaminante importante siendo el principal agente de la lluvia ácida.

**Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):** es un potente gas de efecto invernadero producido por la elaboración de fertilizantes nitrogenados, la combustión de combustibles fósiles y la quema de biomasa.

**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.

**Valor ex ante:** valor de una variable medida antes de desarrollar los proyectos.

**Valor ex post:** valor de una variable medida después de desarrollar los proyectos.

# 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 motores de alta eficiencia, que es aplicable a sectores como cemento, textiles, y alimentos y bebidas.



## 2. Aplicabilidad del manual

El manual de eficiencia energética para el sector cemento para IF's incluye información relevante relacionada al proceso de producción, consumos energéticos y potencial de eficiencia energética para los diferentes procesos de fabricación de cemento. La extracción de materias primas, una actividad común asociada a los proyectos de fabricación de cemento, no se incluye en este manual.

Los consumos de energía térmica y eléctrica sirven como referencia sobre las mejores prácticas del sector y definen los indicadores de consumo para determinar las mejoras razonables por inversiones en diferentes proyectos. Se considera como buena práctica comparar estos indicadores de referencia para identificar el potencial de mejora en cuanto a cambios tecnológicos que pueden ser elegibles a través de una línea de financiación que busque beneficios ambientales.

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. También se presenta el proceso de monitoreo, reporte y verificación, con el objetivo de medir los diferentes beneficios ambientales obtenidos en la implementación de los proyectos de eficiencia energética.

Las oportunidades de eficiencia energética financiables 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 financiables en el sector, pero si los más comunes que requieren de financiación.





### 3. Descripción del sector cemento

La industria de producción de cemento es intensiva en energía. Los costos de la energía eléctrica y de los combustibles pueden representar entre 40 y 50% de los costos de producción totales y este sector es responsable del 5% de las emisiones de GEI a nivel global.<sup>1</sup>

Dado el crecimiento de la infraestructura, la demanda asociada a este crecimiento, la preocupación del sector cemento por sus emisiones de GEI y las potenciales regulaciones para su reducción, se prevé un crecimiento importante de las inversiones en eficiencia energética para la reducción los consumos, tanto de energía eléctrica como de combustibles fósiles, en el sector.



<sup>1</sup> Earth Institute. State of the Planet. <http://blogs.ei.columbia.edu/2012/05/09/emissions-from-the-cement-industry/>



De acuerdo con la Federación Interamericana de Cemento (FICEM), la Industria Cementera de América Latina, el Caribe, España, y Portugal, tiene las siguientes características principales:

- 29 países con producción local de cemento
- 660 millones de habitantes
- 83 compañías productoras de cemento
- 328 centros de producción (entre centros integrales y molindas)
- 11 institutos técnicos y 8 asociaciones gremiales en 14 países
- 200 millones de toneladas de producción anual de cemento
- 5.6 % de la producción mundial de cemento

Se estima que en 2012, la producción de cemento en América Latina y el Caribe, alcanzó los 180 millones de toneladas<sup>2</sup>. Es decir, un crecimiento del 5,10%, inferior al registrado en el año inmediatamente anterior, 6,26%.

<sup>2</sup> Informe estadístico Cemento 2013, FICEM. [www.ficem.org](http://www.ficem.org)

En 2012 se mantuvo el liderazgo de Brasil en la producción de cemento seguido de México, Colombia y Argentina.

Cabe destacar el aumento importante en la producción anual en 2012 de Panamá y Perú, que pasaron de un 18,44% (2011) a un 27,52% y de un 2,42% (2011) a un 15,86% respectivamente.

El crecimiento en estos dos países se debió principalmente al dinamismo en la construcción. En el caso de Panamá, este crecimiento estuvo relacionado con la inversión estatal en obras de infraestructura, tales como la ampliación del canal, el metro, la modernización de la red vial, entre otros. En el caso de Perú, el incremento se debió a la construcción de obras públicas y privadas, viviendas y centros comerciales.

Igualmente, se destaca la disminución del 21% en la producción de cemento de Trinidad y Tobago y de Barbados en 2012 con respecto al 2011.

En la figura 1 se presentan los índices de producción de cemento per cápita en los diferentes países de Latinoamérica.

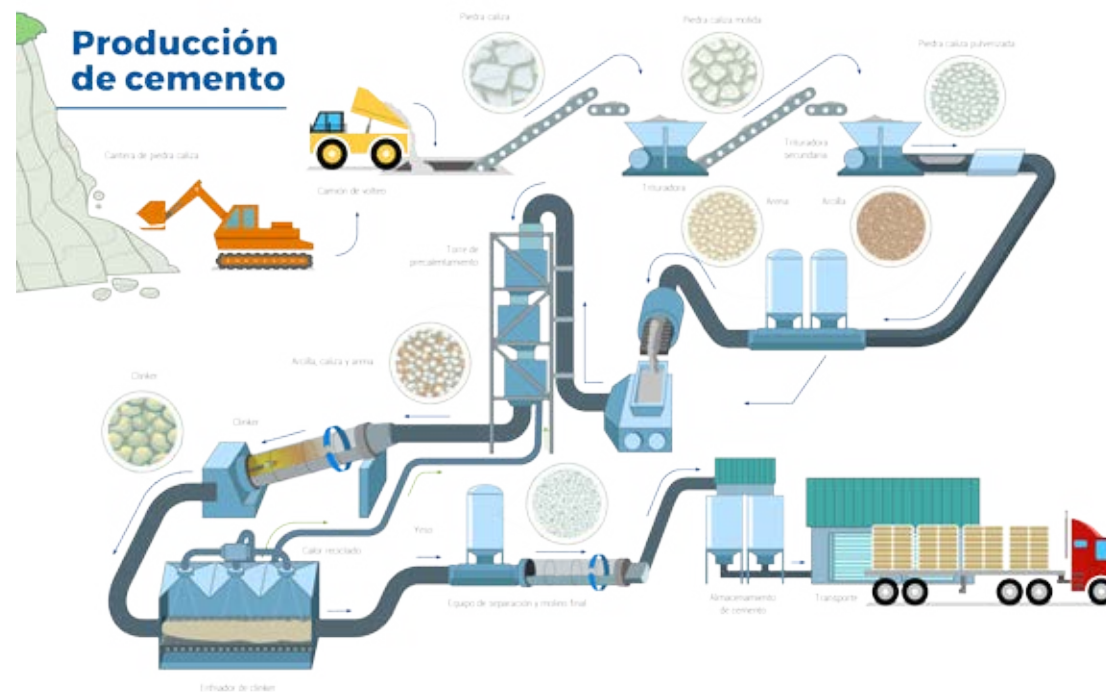
**Figura 1.** Índices de producción de cemento en Latinoamérica. Fuente: FICEM.



## 4. Caracterización energética del proceso

En la figura 2 se presenta un diagrama con el proceso de producción de cemento. Los principales procesos de consumo de energía son la molienda y la calcinación, la energía eléctrica se consume principalmente en motores y sistemas de transporte de materiales, y el combustible se consume en el horno para realizar el proceso de calcinación a altas temperaturas y producir el Clinker, principal componente del cemento.

**Figura 2.** Proceso de producción de cemento.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Fuente: <http://civildigital.com/cement-manufacturing-process-simplified-flow-chart/>

Entre 2007 y 2010 el consumo de energía térmica por tonelada de Clinker en América Latina se mantuvo prácticamente constante, alrededor de 3.700 MJ/ton Clinker. Para 2011 este consumo disminuyó un 2,2%, es decir, se ubicó en 3.623 MJ/ton Clinker.

En 2011, el consumo de energía térmica en Latinoamérica para producir una tonelada de Clinker superó ligeramente al promedio mundial en 1,7%. Esta pequeña diferencia se debe principalmente a las diferencias de tecnologías que se usan en las plantas.

Sin embargo, los datos claramente demuestran que Latinoamérica ha entrado en el proceso de mejorar su eficiencia energética tal como lo han hecho los países industrializados.

Desde 2006 hasta 2010 el consumo de energía eléctrica de la industria del cemento latinoamericana fue ligeramente superior al promedio mundial, alrededor de 1%.

En 2011, el consumo de energía eléctrica en Latinoamérica para producir una tonelada de cemento coincide con el valor promedio a nivel mundial, 107 kWh por tonelada de cemento, lo cual, conjuntamente con el consumo de energía térmica para la producción de Clinker, indica que la industria latinoamericana se encuentra muy capacitada y migrando a tecnologías más eficientes.<sup>4</sup>

En la tabla 3 se presentan como referencia los indicadores de consumo de energía térmica y eléctrica para la producción de cemento.

<sup>4</sup> Fuente: Informe estadístico 2013. FICEM. [www.ficem.org](http://www.ficem.org)

<sup>5</sup> Fuente: IFC Guía sobre medio ambiente.

**Tabla 3.** Indicadores energéticos para la producción de cemento.<sup>5</sup>

Insumos por unidad de producto	Unidad	Indicador del sector
<b>Energía combustible</b>	GJ/ton cemento	3,0 – 4,2
<b>Energía eléctrica total</b>	kWh/ton cemento	90 - 150
<b>Energía eléctrica molienda Clinker</b>	kWh/ton Clinker	40 - 45

Para evaluar el potencial de eficiencia energética a nivel de planta es necesario comparar los índices energéticos actuales de la planta con los indicadores que se muestran en la tabla 3 teniendo en cuenta el tipo de combustible usado y su poder calorífico.



**Evalúe** el potencial de EE a nivel de planta:



**Compare** el indicador de consumo de combustible.



**Compare** el indicador de consumo de energía eléctrica total.



**Si estos valores superan los indicadores** en la tabla 3, existe potencial de proyectos de EE.

En la tabla 4 se presentan los costos energéticos asociados a la producción de cemento.

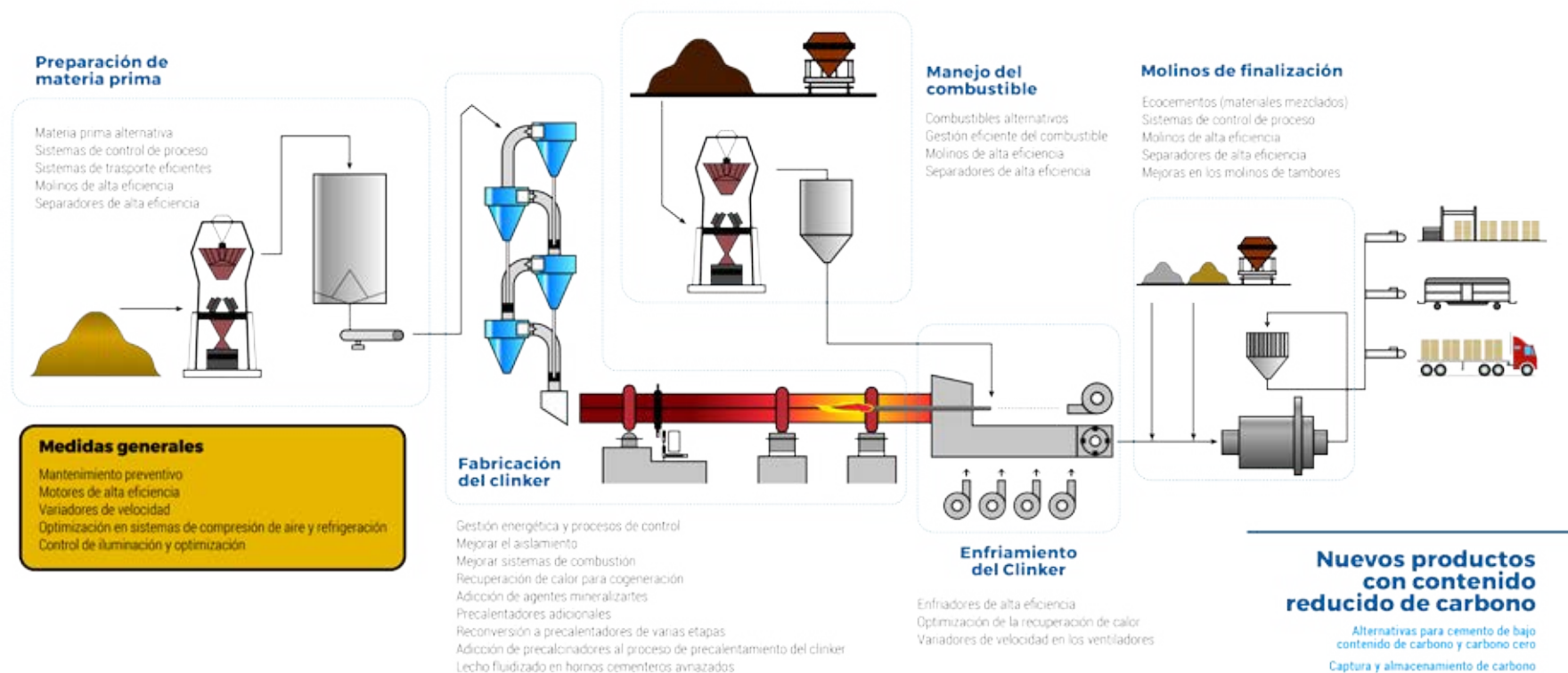
**Tabla 4.** Costos de energéticos asociados a la producción de cemento.

Tipo de energético	Costo del energético	Costo de producción unitario
Energía eléctrica	0,1 – 0,2 USD/KWh	11 - 22 USD/ton
Carbón	80 – 100 USD/ton	15 USD/ton
Gas natural	10 USD/MBTU	35 USD/ton



## 5. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial

En la figura 3 se pueden observar las diferentes opciones de optimización energética y reducción de emisiones de GEI en una planta de cemento. A continuación se analizan las oportunidades de mayor potencial de acuerdo con el nivel de ahorro que generan y las inversiones requeridas.



**Figura 3.** Oportunidades de eficiencia energética y reducción de GEI en la plantas de producción de cemento.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Industrial Efficiency Technology Database. <http://ietd.iipnetwork.org/content/cement>

En la tabla 5 se presentan los proyectos que se encuentran comúnmente en la industria cementera 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), el nivel de inversión aproximado en USD y los beneficios adicionales que pueden servir como argumentos para presentar un proyecto de eficiencia energética a la financiación bancaria.

**Tabla 5.** Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector.

Tipo de proyecto	Línea base de la industria	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto	Beneficios adicionales
<b>Sustitución de motores</b>	Motores de eficiencia estándar (80 y 85%)	10 – 15 %	2 a 5 años	Para motores grandes (más de 300 kW) 75 USD/kW. Para motores pequeños (entre 30 y 300 kW) 120–140 USD/kW.	Vida útil más larga, menos costos de mantenimiento, menos vibraciones y alta confiabilidad en los procesos.
<b>Sustitución a molinos verticales</b>	Molinos de bolas tradicionales	40 – 50 %	3 a 5 años	Entre 2,5 y 8 USD/ton de capacidad anual de producción de cemento.	Distribución uniforme de temperatura, menos espacio utilizado, menos tiempo de secado, menor contaminación.
<b>Actualización de los hornos rotatorios</b>	Hornos sin pre calcinador	50%	1 a 3 años	Para una planta con una capacidad de 2.500 tpd (toneladas por día), la inversión es del orden de 6 MMUSD.	Mejora la productividad y reduce el tiempo del ciclo de secado a la mitad.
<b>Conversión a enfriador de parrilla recíprocante</b>	NA	8%	1 a 2 años <sup>7</sup>	1,5 y 4 MMUSD por enfriador	Aumento de la productividad y calidad del Clinker.
<b>Recuperación de calor y cogeneración de energía</b>	NA	30 – 50 %	Menor a 3 años	Entre 10 y 12 MMUSD en una planta típica	Utilización de calor perdido, menores emisiones de contaminantes.

<sup>7</sup> <http://ietd.iipnetwork.org/content/conversion-high-efficiency-grate-coolers>



**Continuación Tabla 5.** Oportunidades de reducción del consumo de energía y beneficios ambientales para el sector.

Tipo de proyecto	Línea base de la industria	Ahorro energético potencial	Periodo de retorno simple	Nivel de inversión por proyecto	Beneficios adicionales
<b>Uso de combustibles alternativos</b>	NA	20 a 25 %	NA	Depende de los costos logísticos y de aprovisionamiento	Potencial para realizar la incineración de residuos especiales y peligrosos cumpliendo con la normatividad ambiental de emisiones, uso de materiales renovables.
<b>Uso de materias primas alternativas</b>	NA	NA	NA	Depende de costos logísticos y de aprovisionamiento	Uso de materiales renovables, menores costos de producción, posible reducción de emisiones.



Es posible utilizar **combustibles alternativos** en lugar de combustibles fósiles:



**Llantas usadas.**



**Biomasa residual como la cascarilla de arroz.**



**Residuos sólidos urbanos.**



## 6. Análisis de riesgos técnicos ambientales y sociales

En la tabla 6 se presentan los principales riesgos técnicos, sociales y ambientales que deben tenerse en cuenta al analizar inversiones en eficiencia energética en el sector así como las acciones para su mitigación.

**Tabla 6.** Matriz de riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>Impactos ambientales sobre comunidades y ecosistemas.</b>	<b>Ambiental/Social</b>	Confirmar que la planta cuenta con un Estudio de Impacto Ambiental y licencia ambiental vigente.
<b>Emisiones atmosféricas del proceso.</b>	<b>Ambiental</b>	Asegurar que la planta cumple con las normas aplicables para el país.
<b>Obligación de reducción de emisiones de GEI.</b>	<b>Ambiental</b>	Establecer los compromisos adquiridos por el país de reducción de emisiones aplicables al sector.





**Continuación Tabla 6.** Matriz de riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>Uso de residuos como combustible alternativo en los hornos.</b>	<b>Técnico/Ambiental</b>	Asegurar que se cumple con las normas de emisiones aplicables en el país. Verificar que el transporte y manejo de los residuos cuente con los permisos requeridos.
<b>Ahorros en los proyectos de eficiencia energética.</b>	<b>Técnico/Financiero</b>	Asegurar que el diseño del proyecto es correcto y que se usan tecnologías con certificación de EE.



## 7. Criterios de elegibilidad

Dada la alta intensidad energética del proceso de producción de cemento, existe un amplio potencial de hacer inversiones en EE en este sector. 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 proceso específico o de la planta de producción en su totalidad como mínimo en un 10 %.
- 
**Reducción del consumo de combustible:** un proyecto de inversión para reducir el consumo de combustible en una planta cementera debería reducir como mínimo el consumo en el proceso específico, especialmente en el horno, en un 5%.





**Reducción de emisiones de GEI:** Los niveles de reducción de emisiones que pueden lograr las inversiones en eficiencia energética en el sector cemento dependen de la fuente de energía eléctrica que se usa para el proceso y el tipo de combustible que se quema en el horno. Los proyectos con mayor potencial de reducción de emisiones de GEI son aquellos que reducen el consumo de carbón o gas natural. En términos generales, una inversión en proyectos de eficiencia energética, debería reducir las emisiones del proceso en al menos un 5 %.



**Periodo de retorno simple de la inversión:** Las inversiones en EE en el sector cemento 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 o energía renovable 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 cemento mide su eficiencia energética mediante tres indicadores básicos que se presentan en la tabla 7, los cuales se deben medir antes y después de hacer los proyectos de inversión.

**Tabla 7.** Indicadores de mejora de eficiencia energética por tonelada de cemento producida.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Energía térmica	GJ/ton cemento		
Energía eléctrica	kWh/ton cemento		
Emisiones GEI	Kg CO <sub>2</sub> /ton cemento		

Los indicadores para evaluar el beneficio anual de una inversión en eficiencia energética, resultan de multiplicar la diferencia entre el valor exante y el valor expost de los indicadores sugeridos en la tabla 7 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 8.** Indicadores de verificación de mejora de eficiencia energética en el sector cemento.

Indicador	Unidad
Reducción del consumo de energía térmica	GJ/año
Reducción del consumo de energía eléctrica	kWh/año
Reducción de emisiones de GEI	Kg CO <sub>2</sub> /año



## 9. Caso de estudio

Una compañía dedicada a la producción de cemento produce 5.000 toneladas al día, durante el año anterior implementó un proyecto de cambio de hornos rotatorios como inversión en eficiencia energética por valor de 10 MMUSD. Esta compañía desea saber cuantas emisiones de CO<sub>2</sub> se están evitando al año. Los ingenieros de producción aseguran, según las mediciones que el consumo

de energía térmica se han reducido cerca de 600 MJ por tonelada producida, además se ha confirmado una reducción de 200 kg CO<sub>2</sub> por tonelada producida.

La tabla 9 presentan los datos para la evaluación de la reducción de emisiones.

**Tabla 9.** Indicadores de monitoreo caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost	Diferencia
<b>Energía térmica</b>	GJ/ton cemento	3.600	3.000	600
<b>Energía eléctrica</b>	kWh/ton cemento	100	100	0
<b>Emisiones GEI</b>	Kg CO <sub>2</sub> /ton cemento	1.200	1.000	200

Para evaluar las reducciones anuales, se multiplica el valor obtenido de la diferencia de la tabla 9 por la producción anual. En este caso, 5.000 toneladas por día multiplicado por 250 días de trabajo son equivalentes a 1.250.000 toneladas al año. En la tabla 10 se muestra que hay un ahorro de 750 millones de GJ al año y con este proyecto se evita la emisión de 250.000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Los ahorros económicos que genera el proyecto son de 2,5 MMUSD, con lo cual el periodo de retorno simple de 4 años.

**Tabla 10.** Indicadores de mejora caso de estudio.

Indicador	Unidad	Diferencia x producción anual
Reducción del consumo de energía térmica	GJ/año	600*1.250.000 =750.000.000
Reducción del consumo de energía eléctrica	kWh/año	0*1.250.000 = 0
Reducción de emisiones de GEI	Kg CO <sub>2</sub> /año	200*1.250.000 =250.000.000



### Criterios de elegibilidad

Aplicación de criterios de elegibilidad: el proyecto es elegible ya que cumple con los criterios sugeridos para una línea de financiamiento verde.



Reducción del consumo de energía térmica (combustible) del 16,7%.



Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 16,7%.



Un periodo de retorno simple de la inversión de 4 años.





# Referencias

- > Autoridad Nacional de Licencias Ambientales 2016, ANLA.  
<http://www.anla.gov.co/estudio-impacto-ambiental>
- > Columbia Climate Center. Mitigating Emissions From Cement.  
<http://climate.columbia.edu/files/2012/04/GNCS-Cement-Factsheet.pdf>
- > Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement Making.  
[https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/ENERGY%20STAR%20Guide%20for%20the%20Cement%20Industry%2027\\_08\\_2013\\_Rev%20js%20reformat%2011192014.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/tools/ENERGY%20STAR%20Guide%20for%20the%20Cement%20Industry%2027_08_2013_Rev%20js%20reformat%2011192014.pdf)
- > IFC. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad. Fabricación de Cemento y Cal.  
[www.ifc.org/wps/wcm/connect/a1d26700488559ba83f4d36a6515bb18/Cement%2B-%2BSpanish%2B-%2BFinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a1d26700488559ba83f4d36a6515bb18/Cement%2B-%2BSpanish%2B-%2BFinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES)



- IFC Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines. Environmental Energy Conservation.  
[http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/ifc+sustainability/our+approach/risk+management/ehsguidelines](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/ifc+sustainability/our+approach/risk+management/ehsguidelines)
- Informe estadístico Cemento 2013, FICEM.  
[www.ficem.org](http://www.ficem.org)
- International Energy Agency. Cement Technology Roadmap 2010.  
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Cement.pdf>
- JRC Cientific and Technical Reports. Energy Efficiency and CO2 Emissions: Prospective Scenarios for the Cement Industry.  
[http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC59826/reqno\\_jrc59826\\_as\\_published\\_jrc59826\\_jrc-2010-energy\\_efficiency\\_and\\_co2\\_emissions\\_prospective\\_scenarios\\_for\\_the\\_ce%5b1%5d.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC59826/reqno_jrc59826_as_published_jrc59826_jrc-2010-energy_efficiency_and_co2_emissions_prospective_scenarios_for_the_ce%5b1%5d.pdf)

# Manual 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

---