

## PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA UN HORNO CERÁMICO SEGÚN LA NORMA NTC-ISO50001

### ENERGETIC PLANNING IN CERAMIC FURNACE ACCORDING TO NORM NTC-ISO50001

MSc.Edwin Espinel Blanco<sup>a</sup>, Ing. Lisneider Sanchez Ascanio<sup>b</sup>, Ing. Daniel Andres Quintero Coronel<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de investigación GITYD, Ocaña, Colombia, [eespinelb@ufpso.edu.co](mailto:eespinelb@ufpso.edu.co)

<sup>b</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia, [lsancheza@ufpso.edu.co](mailto:lsancheza@ufpso.edu.co)

<sup>c</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de investigación GITYD, Ocaña, Colombia, [daqinteroc@ufpso.edu.co](mailto:daqinteroc@ufpso.edu.co)

**Fecha de recepción:** 11-10-2015

**Fecha de aprobación:** 30-11-2015

**Resumen:** En el presente estudio se describió y aplicó un procedimiento para la planificación energética teniendo en cuenta los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 “Sistemas de Gestión de la Energía”. Se consideró una planta de procesamiento de productos cerámicos. Dentro de ésta, se identificó al horno como el componente principal de consumo de energía. Durante el desarrollo del trabajo, se conoció el proceso de cocción realizado por el horno, así como los componentes asociados al mismo, obteniéndose como resultados la planificación energética, a través de la determinación de la estructura de consumo energético, las áreas de consumo significativo, lo que llevó a establecer la línea base y meta energética del horno caso de estudio.

**Palabras clave:** Cocción, Consumo Específico, Factor de Corrección del Volumen, Gas Licuado de petróleo, Gas Natural.

**Abstract:** In the present study it was discovered and implemented a procedure for energy planning, taking into account the requirements of the Colombian Technical Standard NTC-ISO 50001 "Systems Energy Management". As a case study processing plant of ceramic products was considered. Within this, the furnace was identified as the major component of energy consumption. During the development work, the cooking process by the oven and associated components at the same, obtaining as energy planning results is met by determination of the structure of energy consumption, significant areas of consumption, which led to establish the baseline and energy goal of oven case study.

**Keywords:** Cooking, Liquefied Petroleum Gas, Specific consumption, Natural Gas, Volume Correction Factor.

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía es fundamental para los diferentes procesos que se realizan en una organización y puede representar un costo elevado para la misma, independientemente de su actividad.

La energía se ha convertido en una métrica importante dentro de las empresas, y para lograr un uso eficiente de la misma la Organización Internacional de Estandarización (ISO) ha desarrollado la normativa ISO 50001, en la cual se establecen los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGE). (Ingertec, 2011) Todo esto hace pensar en la forma de cómo gestionar de una mejor manera el uso de la energía. El sistema de gestión energética es la parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implementar una política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2011).

La gestión energética se puede definir como la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas). Es, por tanto, un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, que tiene

como fin obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas (AENOR;CREARA;, 2011)

La energía posibilita y facilita toda la actividad humana. Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizadas por el hombre, han marcado las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana, dependiendo el curso de éste, de las elecciones energéticas realizadas en cada momento. (Cañizares, Rivero, Perez, & Gonzalez, 2013).

Para lograr la eficiencia energética en una empresa u organización no basta con que exista un plan de ahorro de energía derivado de un estudio o diagnóstico. Se debe contar con un sistema de gestión que garantice la mejora continua (Pinzon, Corredor, Francisco, Hernandez, & Trujillo, 2014)

Dado esto, países líderes en la gestión de la energía tales como Dinamarca, Noruega, España, Estados Unidos y China instituyeron guías y normas para la gestión energética (Correa, Borroto, & Alpha, 2014) las cuales contribuyeron a que en el año 2011 se aprobara por la Organización Internacional de Normalización, la norma internacional ISO 50001: 2011 "Energy Management Systems - Requirements with guidance for use.", la cual posee una alineación con las normas ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 y la ISO 22000: 2005 (ISO 50001, 2011)

Para la implementación de un sistema de gestión energética en un Horno cerámico modelo FINH, primeramente se familiarizó con las condiciones operacionales del horno, el proceso de producción cerámica así como las partes integrales del horno.

Los procesos productivos utilizados en la actualidad para la fabricación de piezas cerámicas comprenden una serie de operaciones generales, independientemente del producto obtenido y del proceso de fabricación empleado. El consumo energético de estas operaciones es muy variable siendo notablemente superior en el secado y la cocción. Aunque en las operaciones de preparación de las materias primas y moldeo el consumo energético directo es muy reducido, su incidencia sobre el consumo específico de energía en el secado y la cocción puede ser importante (Universidad del Atlántico; Universidad Autónoma de Occidente)

En la industria cerámica la energía se utiliza principalmente para la cocción en el horno y, en numerosos procesos, el secado de productos semielaborados o artículos moldeados también consume mucha energía (Union Europea- Fondo Social Europeo, 2012) dado esto, se realizó la medición del consumo de combustible por producto cada hora y teniendo en cuenta la cantidad de material cerámico entrante al horno en dicho periodo de tiempo, para así poder establecer una línea de base energética, en donde se pueda apreciar el punto de partida del sistema de gestión de energía y una línea meta en donde muestre el potencial de ahorro energético que se puede obtener mediante las buenas prácticas operacionales.

## 2. METODOLOGÍA

La planificación energética del consumo de combustible en el horno caso de estudio, se realizó según la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001 “Sistemas de Gestión de la Energía”.

El horno FINH (figura 1.) cuenta con 48 módulos, a lo largo de los cuales se encuentran instalados una serie de quemadores de alta velocidad con una potencia de 30000 kcal/hora, está dotado con difusores TFD (Difusor de flujo térmico) capaces de obtener una variación de temperatura en la sección entre +/- 5°C. El horno presenta alta densidad de llama ya que tiene cuatro quemadores por módulo.

Cuenta con cuatro zonas de enfriamiento diferenciado y soporta temperaturas máximas que se encuentran alrededor de los 1250 °C.

Posee aislamiento de los módulos, realizado con materiales ecológicos capaces de mantener la temperatura externa del horno a un valor no mayor de 40°C respecto a la temperatura ambiente.



**Figura 1.** Horno caso de Estudio  
Fuente: Autores

El proceso de planificación energética en el horno se realizó de acuerdo a lo definido en la norma NTC-ISO 50001, la figura 2 muestra el esquema adaptado de la norma, bajo el cual se determinó la línea base, los indicadores de desempeño energético.

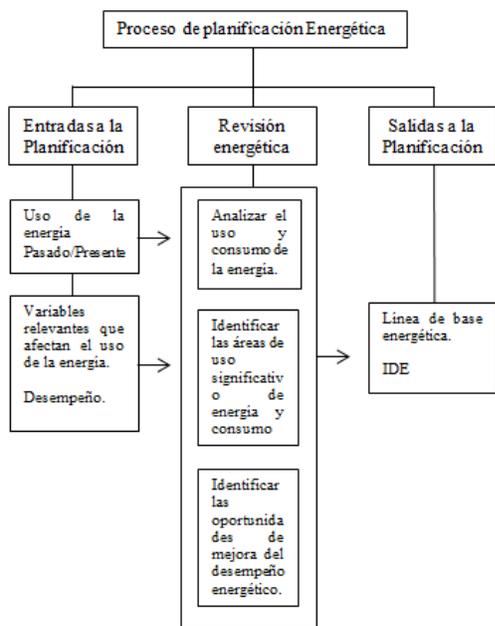


Figura 2. Proceso de planificación energética  
Fuente: NTC ISO-50001

## 2.1. Etapa1. Variables de entrada de la planificación energética

En esta etapa se tuvo en cuenta el estado actual del consumo energético en el horno, cabe resaltar que la planta no disponía de datos históricos de consumo de energía para el horno estudiado, por lo que no se pudo establecer un nivel de referencia del “Pasado y Presente” del consumo de energía asociada a dicho sistema.

Se identificaron unas variables relevantes que afectan de manera significativa el consumo de energía del horno, estas variables están relacionadas con:

- La línea de producción que influyen de manera directa sobre la cantidad de material entrante al horno en un periodo de tiempo dado. Cuando se presentaba ausencia de material en el horno, la temperatura de las paredes sobrepasaba los límites definidos por el operario de turno, provocando que hubiese un gasto de energía innecesaria, esto era detectado por sensores de temperatura que envían la señal a la válvula reguladora de gas combustible. Aunque el combustible es regulado, al no entrar material al horno, necesariamente se gasta energía.
- Defectos del material cerámico (deformaciones físicas, baja resistencia mecánica). Los defectos del material, provocaban efecto de alabeo en las baldosas como se muestra en la figura 3.

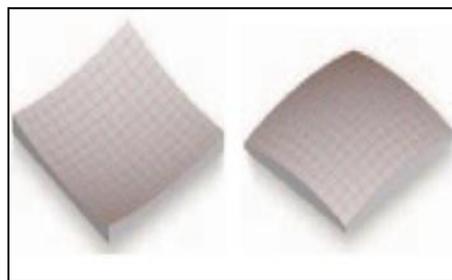


Figura 3. Alabeo de las baldosas, a la izquierda Alabeo negativo, a la derecha Alabeo positivo

- Índice de exceso de aire, éste es controlado de manera manual por el operario del horno, al regular una válvula que permite la entrada de aire para producir la combustión necesaria.

- Regulación de la presión del combustible.

## 2.2. Etapa 2. Revisión energética

La revisión energética consistió en analizar el uso y consumo de energía en el horno, identificar las áreas de uso significativo de la energía y consumo e identificar oportunidades para la mejora del desempeño energético (Correa, Borroto, & Alpha, 2014).

Durante dos meses seguidos, se procedió a realizar el registro de la lectura del medidor de gas y del contador de unidades entrantes al horno (en este caso baldosas).

En una jornada normal de trabajo se realizaron once registros, teniendo en cuenta la referencia del producto a quemar, el porcentaje de carga en el horno, presión de entrada, presión de trabajo y la temperatura máxima en la cocción. Solamente se tuvo en cuenta la temperatura máxima de quema, ya que, cuando hay cambio de referencia, el operador del horno sólo modifica este parámetro.

### 2.2.1. Análisis y uso del consumo de energía

Se tomaron datos del consumo de combustible para el proceso de cocción con un medidor de gas combustible marca ELSTER CE- 0085BM0186 (figura 4) de la empresa y, se midió el consumo de energía eléctrica de los motores por medio de una pinza amperimétrica modelo 345 FLUKE (figura 5.).



**Figura 4.** Medidor de gas utilizado para toma de datos  
Fuente: Autores



**Figura 5.** Pinza amperimétrica utilizada  
Fuente: Autores

### 2.2.2. Identificación de las áreas de uso significativo de la energía

En el proceso de cocción del horno se distinguen dos grandes consumidores de energía, los cuales son la generación de energía térmica mediante la utilización de combustibles como el gas natural y el gas licuado de petróleo y un segundo consumidor formado por un amplio grupo de motores eléctricos que permiten el suministro y aspiración de aire y el movimiento de los rodillos para el transporte del material cerámico a través del horno.

### 2.2.3. Identificación de las mejoras del desempeño energético

En este caso, de acuerdo a las observaciones realizadas durante el desarrollo del estudio, se plantearon diferentes mejoras mediante buenas prácticas operacionales que permitan el funcionamiento adecuado del procedimiento de planificación energética.

## 3. RESULTADOS

### Etapa 1. Variables de entrada de la planificación energética .

Debido a que no se tenían datos históricos acerca del consumo de energía en la planta de producción, no se pudo establecer una línea de referencia para conocer el estado actual de la energía, sin embargo a través de observaciones directas y preguntas a los operadores del horno, se identificaron las variables relevantes que afectan de manera significativa el uso de la energía, estas variables provocan que el consumo energético en el horno aumente de manera innecesaria.

### Etapa 2. Revisión energética

Para esta revisión energética, se obtuvieron los datos de consumo energético del horno y de los motores eléctricos que inflúan en el proceso de cocción de los productos cerámicos.

En la revisión energética, se calculó la masa promedio de las baldosas entrantes al horno este promedio se requiere para obtener el consumo específico de combustible, el cual se obtuvo de la siguiente manera:

$$C_{\text{especifico}} = \frac{\text{Volumen corregido} * \text{Poder calorifico}}{(\text{Masa promedio} * \text{Unidades hora})/1000}$$

La figura 6 muestra la masa de las baldosas antes de entrar al horno, en total se obtuvo el promedio de masa para 200 baldosas.



**Figura 6.** Masa de una baldosa antes de entrar al horno  
 Fuente: Autores

La masa promedio total obtenida es de 3197.95 gramos.

El medidor de gas utilizado para este estudio no distingue la cantidad de energía por unidad de volumen, dado esto, se deben realizar correcciones por temperatura, presión y poder calorífico según la resolución 67 de 1996 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), según se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Presupuesto mensual

Factor de corrección por la CREG	
$v_c = v_m * \left[ \frac{P_m + P_a}{P_b} \right] * \left[ \frac{T_b + 459,67}{T_m + 459,67} \right] * F_{pv}^2 * F_{cv}$	$V_c$ : Volumen corregido a condiciones estándar de referencia $Pies^3$ .
	$V_m$ : Volumen medido a condiciones locales $Pies^3$ .
	$P_m$ : Presión manométrica a través del medidor individual de consumo, psig.
	$P_a$ : Presión atmosférica local, psia.
	$P_b$ : Presión base, 14.65 psia.
	$T_b$ : Temperatura base, 60 °F.
	$T_m$ : Temperatura media del gas a través del medidor, °F.
	$F_{pv}$ : Factor de supercompresibilidad, adimensional.
	$F_{cv}$ : Factor de poder calorífico.

$F_{pv} = \frac{Z_b}{Z_m}$	El factor de compresibilidad ( $F_{pv}$ ) es despreciable a presiones inferiores a 100 psig. $Z_b$ : Factor de compresibilidad a condiciones estándar de referencia. $Z_m$ : Factor de compresibilidad a condiciones medidas.
$F_{cv} = \frac{PC_m}{PC_b}$	$F_{cv}$ : Factor de poder calorífico, adimensional. $PC_m$ : Poder calorífico medio del gas suministrado Btu/Pie <sup>3</sup> . $PC_b$ : Poder Calorífico estándar del gas, 1000 Btu/Pie <sup>3</sup>

Fuente: Autores.

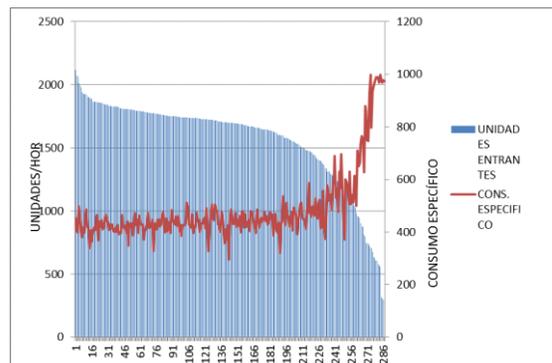
Con las ecuaciones anteriores, se procedió a realizar la toma de datos de la energía consumida para cada producto y cantidad determinada, reflejada en el fragmento de datos mostrada en la tabla 2.

**Tabla 2.** Fragmento consumo energético

	1	2	3	4	5
<b>HORA</b>	2.00pm	3.00pm	4.00pm	5.00pm	6.00pm
<b>FECHA</b>	31/07/2014	31/07/2014	31/07/2014	31/07/2014	31/07/2014
<b>PRODUCTO</b>	Parket Fresno				
<b>CARGA (%)</b>	100	100	100	100	100
<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	528790,6	529094	529393,4	529680,6	529969,5
<b>m<sup>3</sup>/h</b>		303,4	299,4	287,2	288,9
<b>COMBUSTIBLE</b>	GN	GN	GN	GN	GN
<b>PRESIÓN ENTR (Bar)</b>	3,2	3,1	3,12	3,1	3,1
<b>PRESIÓN TR (Bar)</b>	100	100	100	100	100
<b>T<sub>Máx</sub></b>	1130	1130	1130	1130	1130
<b>ENTRADA UNIDADES</b>	89575	91380	93170	94750	96420
<b>UNIDADES/HORA</b>		1805	1790	1580	1670
<b>FACT CORRECCIÓN</b>	0,947	0,947	0,947	0,947	0,947
<b>VOLUMEN EQUIVALENTE</b>		287,28	283,50	271,94	273,55
<b>CONSUMO ESPECÍFICO (KCAL/Kg)</b>		432,693	430,567	467,917	445,321

Fuente: Autores.

La figura 7, muestra que el consumo específico de energía aumenta significativamente a medida que falta carga en el horno, suceso que ocurre por paradas en las líneas de producción debido a factores propios de la planta.



**Figura 7.** Consumo específico vs Unidades entrantes al horno por cada hora

Fuente: Autores

La tabla 3, muestra el consumo energético de los distintos motores eléctricos que intervienen en el proceso de cocción.

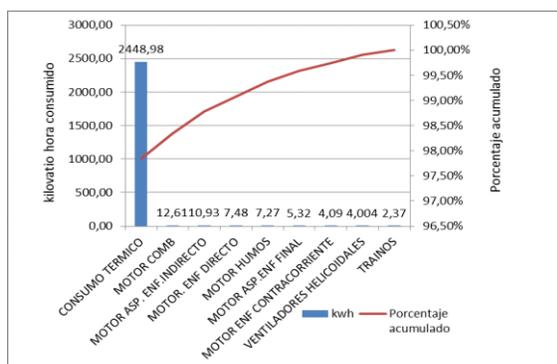
**Tabla 3.** Consumo energético de motores eléctricos

ENERGÍA ACTIVA DURANTE UNA (1) HORA					
MOTOR	Energía Activa (KWhr)/hora	Cantidad	Consumo total/hora	% consumo	% consumo acumulado
MOTOR COMB.	12,61	1	12,61	23,32%	23,32%
MOTOR ASP ENF. INDIRECTO	10,93	1	10,93	20,21%	43,53%
MOTOR ENF. DIRECTO	7,48	1	7,48	13,83%	57,37%
MOTOR HUMOS	7,27	1	7,27	13,44%	70,81%
MOTOR ASP. ENF. FINAL	5,32	1	5,32	9,84%	80,65%
MOTOR ENF. CONTRACORRIENTE	4,09	1	4,09	7,56%	88,21%
VENTILADORES HELICOIDALES	0,143	28	4,004	7,40%	95,62%
MOTORREDUCTORES	0,158	15	2,37	4,38%	100,00%

Fuente: Autores

Para identificar el área de la planta que presentaba el mayor nivel de consumo energético, se analizaron los datos obtenidos de los registros de consumo de energía

eléctrica y de combustible, los cuales se graficaron utilizando un diagrama de Pareto que permitió evidenciar que el horno es el componente que presenta el mayor consumo energético en toda la planta (figura 8.)

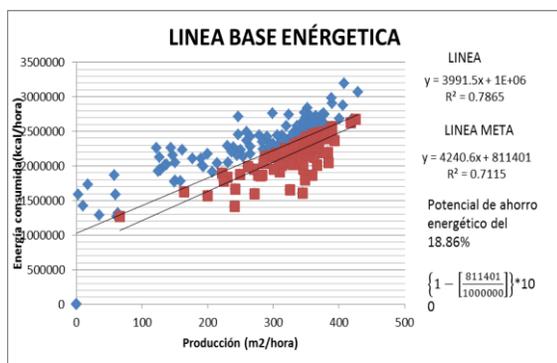


**Figura 8.** Diagrama de Pareto  
 Fuente: Autores

### 3.1. Línea base energética

Los datos del consumo de combustible se llevaron a unidades de Kilocalorias (Kcal), después corregir su volumen de acuerdo a lo establecido por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Por medio del método de correlación se graficó el metraje equivalente de material entrante al horno versus las Kcal consumidas obteniéndose la línea de base energética y la línea meta (figura 9).



**Figura 9.** Línea energética obtenida  
 Fuente: Autores

### 3.2. Indicadores de desempeño energético IDEs.

Es importante introducir un sistema de indicadores para la medición del desempeño energético que permita analizar el resultado de las acciones o la carencia de la misma (Castrillon, González, & Quispe, 2013)

Los indicadores de desempeño energético son parámetros que permiten monitorear las diferentes variables que influyen sobre la eficiencia energética del horno, facilitan llevar un control y detectar las causas de desviación, planteando alternativas de solución para alcanzar las metas propuestas en cuanto al potencial de ahorro energético.

Para el horno caso de estudio de plantearon los siguientes indicadores de desempeño:

- Material entrante al horno para un ciclo de establecido. Este indicador permite controlar un mínimo aceptable de unidades entrantes al horno (Baldosas).
- Consumo específico de energía térmica. Este indicador permite llevar un control de la energía consumida por cada kilogramo de material cerámico.
- Chequeo mensual de los Kilovatios hora (KWh) de energía consumida por los motores eléctricos.

Para llevar un registro de estos indicadores, se realizaron una serie de formatos, los cuales se dan a los operadores del horno

para que obtengan los datos de la siguiente manera:

- Para el material entrante se estableció que los operadores deben registrar este indicador cada cambio de turno, en este caso, los turnos son de ocho horas.
- Para el consumo de energía térmica, los operadores deben llevar este registro cada 24 horas.
- Para el caso de la energía eléctrica consumida por los motores, el operador debe llevar un registro mensual de este parámetro.

#### 4. CONCLUSIONES

El consumo de gas combustible y producción en el proceso de cocción del producto cerámico presenta una tendencia lineal de la forma:  $y = mx + b$ .

El consumo fijo de energía (Energía no asociada a la producción) en el proceso de cocción del horno estudiado, se encuentra en un millón de kilocalorías por hora, lo que representa un volumen consumido de  $115\text{m}^3$  /hora de gas natural y  $43.13\text{gal}$ /hora de gas licuado de petróleo líquido. La equivalencia se realizó teniendo el poder calorífico de los combustibles empleados ( $8693.99\text{kcal/hora}$  para el gas natural y  $23184\text{kcal/gal}$  para el gas licuado de petróleo).

El potencial de ahorro energético que se puede obtener mediante las buenas prácticas

operacionales sobre el horno caso de estudio está alrededor del 18.86%.

El consumo específico del gas combustible es inversamente proporcional al material entrante al horno, en la medida que para  $390\text{m}^2/\text{hora}$ , se obtiene un consumo específico de  $417.19\text{kcal/kg}$  y para  $147\text{m}^2/\text{hora}$  se obtiene un consumo específico de  $878.7\text{kcal/kg}$ .

El consumo de energía térmica representa más del 90% del consumo energético total del horno estudiado.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Aenor;Creara;. (2011). Guía práctica para la implantación de sistemas de gestión energética. España, España.
- Cañizares, G., Rivero, M., Perez, R., & Gonzalez, E. (2013). La gestión energética y su impacto en el sector. *Tecnología Química*, 11-23.
- Castrillon, R., González, A., & Quispe, E. (2013). Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía. 115-123.
- Correa, J., Borroto, A., & Alpha, M. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética*, 38-47.

Ingertec. (2011). *Ingertec.com*. Recuperado el 16 de Julio de 2014, de Ingertec.com:  
<http://ingertec.com/iso-50001/>

ISO 50001. (2011). *NTC-ISO 50001*. Bogotá: ICONTEC.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2011). [www.prtr-es.es/](http://www.prtr-es.es/). Recuperado el 12 de julio de 2014, de [www.prtr-es.es/](http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Ceramica_ES.pdf):  
[http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD\\_Ceramica\\_ES.pdf](http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Ceramica_ES.pdf)

Pinzon, J., Corredor, A., Francisco, S., Hernandez, J., & Trujillo, C. (2014). Implementación de indicadores energéticos en centros educativos. Caso de estudio: Edificio Alejandro Suárez Copete-Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Revista EAN*, 186-200.

Union Europea- Fondo Social Europeo. (2012). [www.eoi.es/](http://www.eoi.es/). Recuperado el 21 de Julio de 2014, de [www.eoi.es/](http://www.eoi.es/):  
[http://www.eoi.es/wiki/index.php/La\\_Industria\\_Cer%C3%A1mica\\_en\\_Ec\\_oinnovaci%C3%B3n\\_en\\_procesos\\_industriales](http://www.eoi.es/wiki/index.php/La_Industria_Cer%C3%A1mica_en_Ec_oinnovaci%C3%B3n_en_procesos_industriales)

Universidad del Atlantico; Universidad Autonoma de Occidente. (s.f.). *Ahorro de energía en la industria cerámica*. Bogotá: Universidad del Atlantico; Universidad Autonoma de Occidente.