

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

# **ANÁLISIS DEL USO DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA CERÁMICA**

**Oscar Alejandro Zuluaga**

**Tecnología en electromecánica**

**Bernardo Argemiro Herrera Munera**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Noviembre 20 de 2014**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## RESUMEN

La industria cerámica en Colombia es un sector que se encuentra dividido en tres grandes negocios: productos para la remodelación y construcción (ladrillos, pisos, cerámicos, baldosines, porcelanas sanitarias, enchapes, griferías), lojería y utensilios (vajillas), y productos para el sector de la energía (aisladores eléctricos en porcelana). Se estima que más de la mitad de la producción del sector cerámico depende de la actividad constructora, haciendo que este sea uno de los sectores con más demanda después del sector de cementos.

Varios de los procesos involucrados en la generación de cada uno de estos productos son consumidores de cantidades importantes de energía, por lo que desde un punto de vista económico y medioambiental, es de gran importancia del uso racional de energía (URE) en este sector en aras de mejorar la competitividad y el desarrollo sostenible.

Desde el punto de vista económico el consumo de energía (térmica y eléctrica) es uno de los principales costes de producción en el sector de fabricación de baldosas cerámicas y desde el punto de vista medioambiental, el consumo de energía térmica se considera significativo ya que uno de los principales compuestos que se genera en cualquier proceso de combustión es el dióxido de carbono, siendo este uno de los principales responsables del conocido “efecto invernadero”

Así mismo, el URE consiste en utilizar tecnologías y prácticas más eficientes en el uso de la energía que se traduzca en un menor consumo energético. Por esta razón, con este trabajo se analizarán los consumos energéticos y el estado tecnológico de los procesos de la industria cerámica para la producción de baldosas en la región, lo cual permitirá analizar la brecha tecnológica con respecto a tecnologías de punta a nivel mundial en el sector cerámico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## RECONOCIMIENTOS

Por su total apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, un agradecimiento muy especial a el señor Sergio León Giraldo Araque, mi madre Fabiola Zuluaga, mi esposa Leydy Yaneth Chavarria y mis hijas Sofía y Sara, y a las personas que colaboraron en la elaboración de este proyecto de investigación el docente Bernardo Argemiro Herrera Munera, a la compañera Dana Javiera Quiroz y a todos aquellos que de una forma u otra pude contar con su apoyo y tiempo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## ACRÓNIMOS

**URE** Uso racional de la energía.

**NAFTA** Tratado de libre comercio de América del Norte.

**GLP** Gases licuados del petróleo.

**PCI** Poder calorífico inferior del combustible.

**FLEX CROM** Fue creado para almacenar el polvo ya coloreado constando de 28 silos controlados por computadoras que por medio de un operador dosifican el material de los silos dependiendo cuál de las dos líneas de porcelanato se va a alimentar.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Generalidades	8
1.2 Objetivos	14
1.3 Organización del trabajo	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 Proceso productivo en la manufactura de baldosa	16
2.2 Proceso productivo en la manufactura de baldosa en Colombia	17
2.3 Proceso productivo en la manufactura de baldosa en Brasil	19
2.3.1 Planta de porcellanix	22
2.3.2 Apoyos logísticos para las plantas de producción de baldosa	25
2.4 Proceso productivo en la manufactura de baldosa en España	27
3. METODOLOGÍA	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1 Consumo de energía en el proceso de producción de baldosa cerámica en Colombia	41
4.2 Consumo de energía en el proceso de producción de baldosa cerámica en otros países.	41
4.3 Comparación del consumo específico nacional de energía con indicadores internacionales	42
4.4 Descripción de procesos más consumidores de energía en el proceso productivo de baldosas cerámicas en España	45
4.5 Principales combustibles utilizados en el sector de manufactura de baldosa cerámica	52
4.6 Emisiones de dióxido de carbono en la producción de baldosa cerámica	54

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

4.7 Medidas de ahorro de energía en la producción de baldosa cerámica	57
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	61
REFERENCIAS	63
APÉNDICE	65
Apéndice A	65
Apéndice B	69

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

# 1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los países hablar del uso eficiente de la energía es un tema de gran importancia a hoy.

En efecto utilizar los recursos energéticos de forma más eficiente significa un menor costo de la energía como factor productivo y en consecuencia una mejor competitividad de las empresas y desde el punto de vista ambiental, el ahorro y el mejor uso de la energía implican una disminución del impacto sobre el ambiente local y global.

El concepto de uso eficiente de la energía ha evolucionado a lo largo de los años, de acuerdo a lo cual el uso eficiente de la energía consiste en obtener el mismo servicio o producto con un menor uso del insumo energético o alternatively se podría obtener más producto con la misma cantidad de energía. Esta visión se asocia con el término “*uso racional de la energía*” (URE).

El URE consiste en utilizar tecnologías y/o prácticas más eficientes en el uso de la energía que se traduzca en un menor consumo energético. La sustitución entre fuentes energéticas puede implicar un uso eficiente en la energía cuando se sustituye por fuentes de mayor rendimiento.

De esta forma, el uso eficiente de la energía es la fuente energética menos costosa en términos económicos, sociales y ambientales.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 1.1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA EN PRODUCCION DE BALDOSAS

El ladrillo es el primer material creado por el dominio de la inteligencia humana sobre los cuatro elementos: tierra, aire, agua y fuego. Ese material, tan dócil y humano -en el que el barro, tras laborioso amasado, hábil moldeo y paciente secado, se hizo piedra al calor de un fuego penosamente encendido- presente, ya, características y morfología, en sus fábricas, netamente específicas y totalmente diferentes de las de las piedras naturales.

El hombre ha intentado imitar la piedra natural casi desde su origen, tanto en zonas donde esta no abundaba como por conseguir piezas de forma rápida y sencilla.

La cerámica es el primer pétreo artificial que se conoce por su utilización en cuencos y útiles caseros de alfarería, siendo tan extendida su fabricación que son uno de los elementos principales de estudio para los arqueólogos, tanto por su buena conservación como por sus características peculiares en cada civilización.

Es en Mesopotamia y Caldea donde se utiliza por primera vez en construcción, tanto como arcillas sin cocer o adobes como cocida e incluso vitrificada para darle impermeabilidad.

Los primeros ladrillos de que se tienen noticias, pertenecían a uno de estos dos tipos: una pasta de arcilla con pedazos de paja que tragara la masa y secado al sol, o una masa de arcilla cocida al fuego.

Los romanos usaron ampliamente este material, que eran siempre cocidos al fuego y de gran tamaño. En muchas ciudades del mundo dominadas por los romanos, quedan muros, arcos y bóvedas y otros elementos estructurales contruidos con ladrillos.

El uso de los cerámicos en Roma se extiende enormemente en forma de ladrillos macizos o "tégulas" de cubrición. Ejemplos importantes como el Teatro de Mérida se encuentran en España.

Es a los árabes sin embargo, a los que corresponde revalorizar este material en España, ya que durante su dominación dejaron muestras de la exquisita técnica ladrillera en obras como la Mezquita de Córdoba, la Giralda de Sevilla, la Alcazaba de Granada, etc.

Los árabes, que retoman muchos elementos de las construcciones romanas, darán enorme importancia a este material y lo usan profusamente tanto en ladrillos como en tejas, pavimentos y revestimientos vidriados.

En España la arquitectura mudéjar sigue esta tradición por el uso de materiales cerámicos y en Europa tiene fuerte influencia como por ejemplo en el gótico inglés.

Con menos repercusión, la cerámica se utiliza en el Renacimiento y Barroco y muy poco en el Neoclásico.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En la actualidad, la arquitectura española obtiene grandes éxitos en la aplicación de los ladrillos, lo mismo como elemento constructivo que como elemento decorativo. Con las nuevas tecnologías, el uso de materiales cerámicos en todas las partes constructivas de las obras, está sumamente extendido, tanto en obra oculta como vista, en exteriores como en interiores.

Desde el moldeo a mano de los ladrillos y su posterior secado a la intemperie, hasta las actuales máquinas de moldeo con rendimiento de varios miles de piezas/hora, el subsiguiente secado artificial y posterior cocción en hornos continuos, ha habido que recorrer un largo período de tiempo, perfeccionando día a día la maquinaria, y del ladrillo macizo se pasó al ladrillo hueco y de éste a las grandes piezas que se emplean, por sus dimensiones y formas, en fases específicas de la edificación.

### **DINÁMICA COMERCIAL DE LAS MANUFACTURAS DE CERÁMICA EN COLOMBIA**

En Colombia existen 4 empresas de producción de pavimento y revestimiento cerámico en pasta de porosa y gres, las cuales distribuyen a la mayor parte del territorio y cuya fabricación asciende a 54 millones de m<sup>2</sup>/año. A pesar de esto las necesidades del mercado nacional no alcanzan a ser abastecidas en su totalidad, y más aún sumado a las tendencias mundiales, ha dado lugar a que el 20% de las ventas sea ocupado por productos importados, siendo en su mayoría porcelanato. (C.M. Ríos, 2012)

Las importaciones de pisos durante los dos últimos años en Colombia han crecido en un 84%, catalizada principalmente por el porcelanato. De esta forma se pasó de 25 millones USD en el 2005 a 48 millones USD en el 2008. (C. Ríos, 2010)

La tendencia en el uso del porcelanato se espera que tenga un crecimiento sostenido durante los próximos años y de manera continuada podría alcanzarse los 108 millones USD. (C. Ríos, 2010)

En cuanto al mercado internacional Estados Unidos, principal socio comercial de Colombia, tiene un consumo de 304,7 millones de m<sup>2</sup> de los cuales importa 246 millones de m<sup>2</sup> anuales. Su principal proveedor de pisos y revestimientos es Italia con 66,2 millones de m<sup>2</sup>, seguido por Brasil con 44 millones de m<sup>2</sup> y México con 38 millones de m<sup>2</sup>. México después de su ingreso al NAFTA ha incrementado sus niveles de exportación en cantidades excepcionales. (CVN, 2014)

A nivel general el porcelanato es desde el punto de vista estratégico un segmento del mercado con alto crecimiento a nivel nacional y con buen potencial de exportación a los países vecinos, el caribe, centro América y Estados Unidos.

Las importaciones de Productos Cerámicos presentó un crecimiento del 55% del 2010 al 2012, teniendo en cuenta que se registraron importaciones de USD 145 millones en el primer año, y USD 226 millones en el segundo, ya que hasta septiembre del se han registraron USD 174 millones. (CVN, 2014)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Por otro lado, las exportaciones de estos productos también registran un incremento pero en este caso del 19% de 2010 al 2012, al pasar de USD 147 millones a 175 millones, mientras que la cifra registra a septiembre de 2013 es de USD 116 millones. (CVN, 2014)

Entre los productos de cerámica, las baldosas barnizadas o esmaltadas en el 2013 tuvieron la mayor participación en las importaciones de estos productos, con el 51% de participación, seguido de las baldosas sin barnizar ni esmaltar (16%), y de Artículos para el servicio de mesa o de cocina de porcelana (7%) y Vajillas de cerámica (6%). Es preciso destacar que los ladrillos, placas, baldosas refractarias con un contenido de Oxido Silicio > 90% en peso han tenido un incremento interesante de 1523% de enero-septiembre de 2010 a igual periodo del 2013. (CVN, 2014)

En cuanto a las exportaciones, las baldosas barnizadas o esmaltadas también tienen la mayor participación con el 44%, se destacan igualmente los productos para uso sanitarios de porcelana (regaderos, lavabos, bañeras, inodoros) con el 32%, y las baldosas sin barnizar ni esmaltar con el 8% de participación. (CVN, 2014)

Con 13 acuerdos comerciales vigentes, Colombia con acceso preferencial a cerca de 1.500 millones de consumidores en mercados como Estados Unidos, Unión Europea, Brasil, México, Chile y Perú, entre otros. Esto sumado a su privilegiada ubicación geográfica convierte al país en una plataforma exportadora. (CVN, 2014)

El 50% de las importaciones de cerámicas proviene de China, al registrar importaciones por USD 87 millones en lo corrido del 2013, por encima de importaciones que ingresan desde zona franca la Cayena y zona franca Bogotá que suman 13% de participación, Brasil y España con el 7% de participación cada una (CVN, 2014); en la ilustración 1 observamos los principales países de origen de productos cerámicos entre enero y septiembre del 2013.

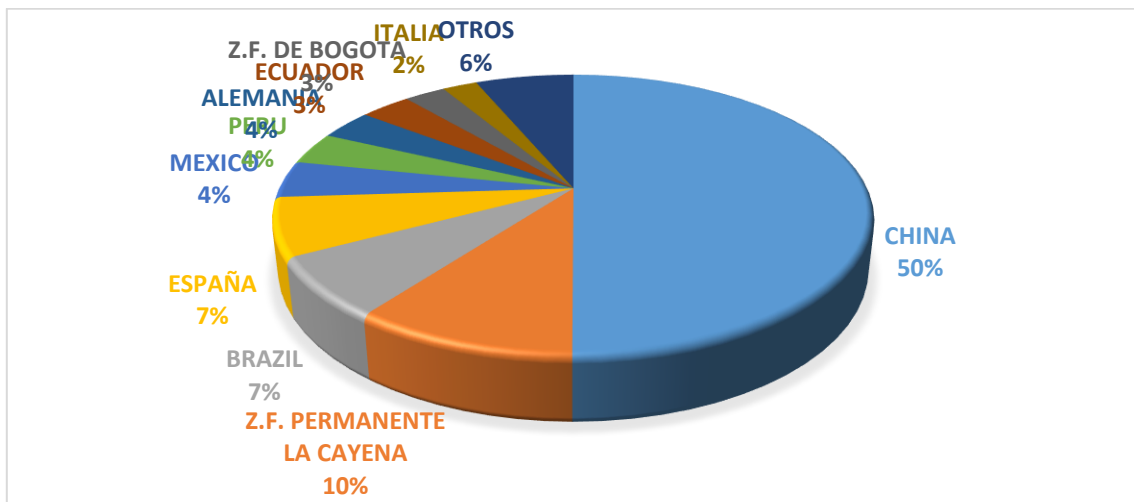


Ilustración 1 Principales países de origen de productos cerámicos ene-sep. 2013. (fuente: CVN, 2014)

Ecuador y Venezuela se posicionan como los principales destinos de las cerámicas colombianas, con el 25% y 22% respectivamente, de igual forma se destacan las exportaciones a Estados Unidos con

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

el 18% de participación y Brasil con el 5%. (CVN, 2014); en la ilustración 2 observamos los principales países de destino de las exportaciones de cerámica entre enero y septiembre del 2013.

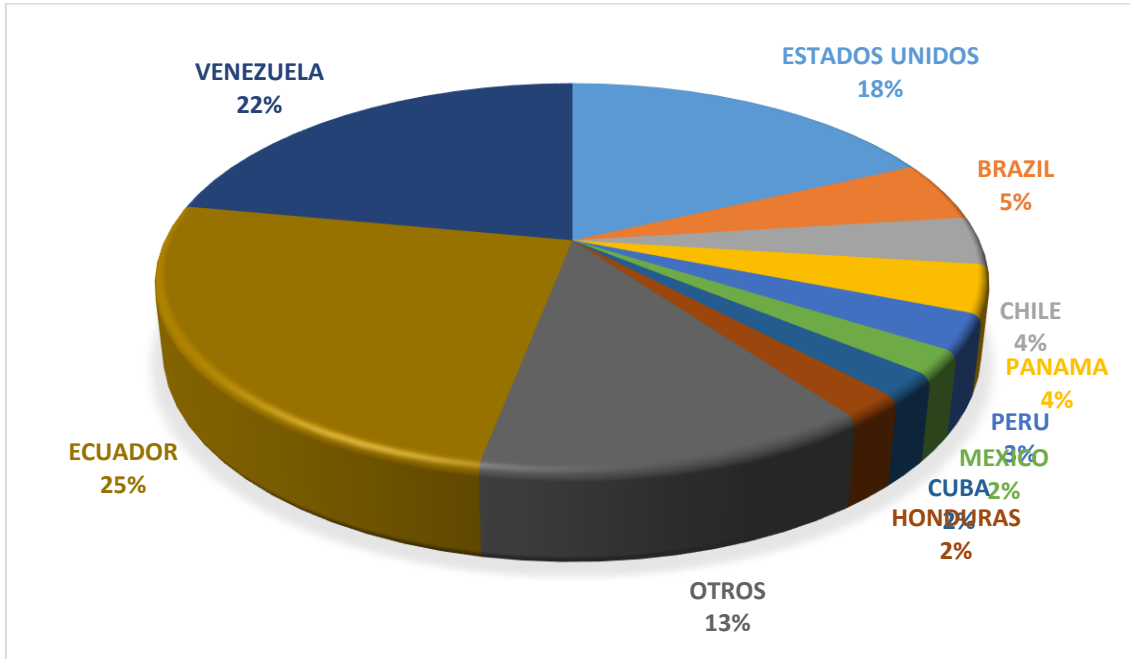


Ilustración 2 Principales países de destino de las exportaciones de cerámica. Ene-sep. 2013. (fuente: CVN, 2014).

Compañías como Alfacer del Caribe y Decorceramica encabezan las lista de los mayores importadores de cerámicas, al importan entre las dos el 10% del total, seguido de Materiales Emo (7%), y Alfagres (6%). Dentro de las grandes exportadoras de sector, se encuentran compañías reconocidas como Colcerámica con el 50% de participación, Cerámica Italia (12%) y Aleagres (11%). (CVN, 2014)

El gres porcelánico es el tipo de baldosa que más crece en el mercado internacional de materiales de revestimiento cerámico, tanto así, que en Colombia se importan 12 millones de metros cuadrados al año. La expansión de su producción en el país se considera muy probable, con lo que se prevé la necesidad de materias primas adecuadas y estandarizadas, y asociadas a una mayor exigencia técnica de fabricación. (CVN, 2014).

### DINÁMICA COMERCIAL DE LAS MANUFACTURAS DE CERÁMICA A NIVEL MUNDIAL

China es el gran líder en la exportación de baldosas cerámicas; en concreto, el gigante asiático exporta hasta 725 millones de metros cuadrados, lo que supone un aumento del 40% en relación a 2008 y una cuota de mercado del 33,4%. España, por su parte, ocupa el segundo lugar del ranking mundial de exportaciones, con 295 millones de metros cuadrados, pese a disminuir un 3,3% desde 2008 y tener una cuota de mercado del 13,6%. Italia ha pasado al tercer lugar, fundamentalmente,

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

porque ha des localizado su producción en países con mayor consumo como Estados Unidos y Rusia. De esta manera los envíos desde el país transalpino suman los 289 millones de metros cuadrados, con un descenso del 18% respecto a hace cuatro años. Turquía aumenta un 4,5% (96 millones de metros cuadrados exportados); México, un 15% (69); y Brasil decrece un 23,2% (62,5). (ABC.es, 2014)

La baldosa cerámica continúa, pese a la crisis y los descensos en su consumo en Europa, siendo un producto global y, especialmente, es apetecida y pagada a buen precio conforme a determinados usos exclusivos en grandes ciudades de zonas emergentes como América Latina, Asia y África del Norte. Ello ha propiciado cambios en el mapa de las importaciones mundiales ya que de los 2.172 millones de metros cuadrados adquiridos desde otros países en 2012 -1.969 en el año 2008- los mayores aumentos tienen lugar en Extremo Oriente (de 330 a 453); América del sur (de 152 a n207); África del Norte (de 284 a 407). Sin embargo, los países que menos han importado se encuentran en Europa Occidental (de 468 millones de metros cuadrados se ha reducido hasta 388); América del Norte (210 a 196, sobre todo, porque se ha potenciado mucho la producción local); Europa Oriental (de 221 a 187). Estos descensos en las importaciones contrastan con la fabricación mundial que ha aumentado en 2008 desde los 8.663 millones de metros cuadrados hasta los 10.342 millones, por lo que, a pesar de importarse menos en determinadas áreas geográficas a causa de la menor actividad económica, queda evidente que la demanda de baldosas cerámicas es un ‘fenómeno global’. (ABC.es, 2014)

Por esta razón, pese a que en marzo de 2011 se pusieron en marcha en Europa unas medida antidumping de manera provisional y de manera definitiva en septiembre de ese mismo año, China continúa teniendo su mercado en Europa con importaciones que hasta marzo del año pasado suman los 25 millones de metros cuadrados, eso sí, un 60% menos que antes de aplicarse las barreras arancelarias. En ese periodo de tiempo, las importaciones en la Europa de los Veintisiete han pasado de los 985,6 millones de metros cuadrados a los 912, es decir, un 7,44%, con descensos sobre todo de países como Emiratos Árabes e Indonesia, y ligeros aumentos de Malasia. India y Vietnam. (ABC.es, 2014)

La cerámica es un sector que representa un porcentaje importante de la producción total de la Unión Europea. Los principales países productores son: Alemania, Italia y España que los podemos visualizar en la ilustración 3.

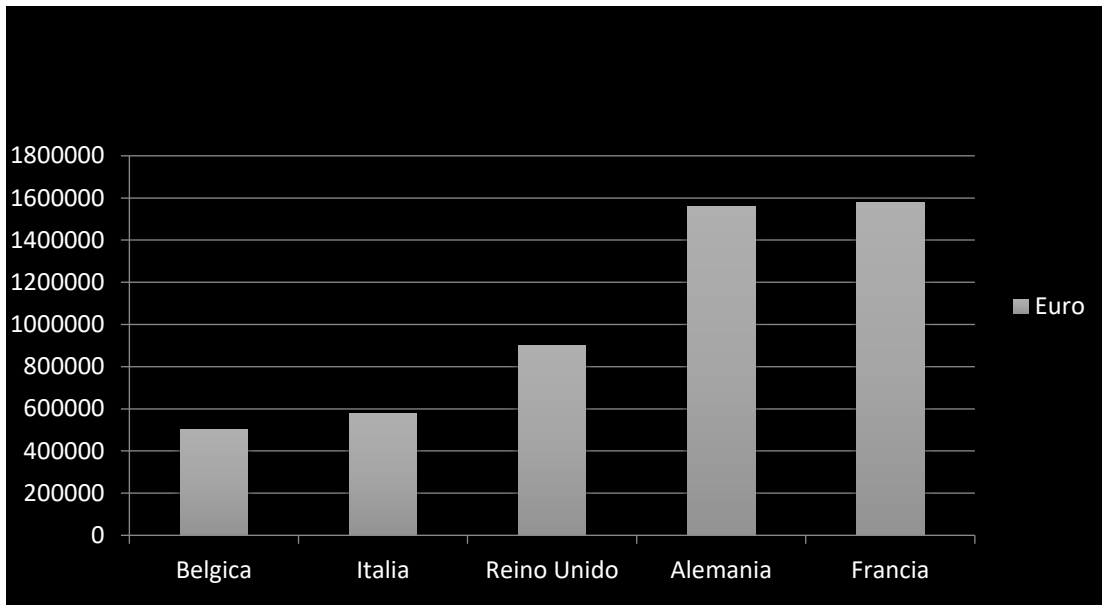


Ilustración 3 Mayores exportadores de manufacturas cerámicas Unión Europea 2006 (1000 euro) (fuente: negociosgt, 2006)

La producción mundial de baldosas cerámicas ascendió a 8.495 millones de m<sup>2</sup> en el año 2008, siendo la cuota española de producción del 5,8 %. En la tabla 1 se muestra una lista de los cinco primeros países productores de baldosas. (Monfort, 2011)

PAIS	PRODUCCION (MILLONES DE M2)	% DE PRODUCCION MUNDIAL
CHINA	3400	40,0
BRAZIL	713	8,4
ITALIA	513	6,0
ESPANA	495	5,8
INDIA	390	4,6
TOTAL	8.495	100

Tabla 1 Principales cinco países productores de baldosa (fuente: Monfort, 2011)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 1.2. OBJETIVOS

### a. GENERAL

Analizar el perfil energético de la industria regional en el sector cerámico para la producción de baldosas y determinar la brecha tecnológica con respecto a tecnologías de punta a nivel mundial en el tema de uso racional de la energía en esta industria.

### b. ESPECIFICOS

- Definir los procesos más intensivos en consumo de energía térmica en la industria del sector cerámico a nivel regional para la producción de baldosas.
- Analizar las tecnologías de punta de uso racional de la energía en los procesos cerámicos de producción de baldosas a nivel mundial
- Establecer la brecha tecnológica del sector cerámico a nivel regional por medio de la comparación con tecnologías de uso racional de la energía en procesos similares a nivel internacional.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 1.3. Organización del trabajo

En la primera parte se identifican los diferentes procesos de manufactura en Colombia, Brasil y España uno de los grandes productores de baldosa; por medio de fotos, esquemas y diagramas de flujo; diseñados por cada departamento para un mejor entendimiento de cada uno de los procesos de manufactura.

En la sección de resultados y discusión se analizan los consumos de energía térmica y eléctrica de Colombia, Brasil, Italia y China en procesos por vía seca y húmeda por medio de gráficos, identificando los países más consumidores de energía térmica.

Se enfatiza en los procesos más consumidores de energía térmica en las diferentes etapas del proceso de fabricación, comparando los consumos específicos promedio de cada etapa por medio de gráficos por medio de gráficos y diagramas comparativos entre la energía térmica y eléctrica, la contaminación producida, análisis de combustibles utilizados en el proceso y medidas de ahorro de energía que se pueden tomar para el uso eficiente de la energía.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. PROCESO PRODUCTIVO EN LA MANUFACTURA DE BALDOSA

El proceso de fabricación de cerámica estructural puede ser diferente en cada empresa. Las diferencias más notables de los procesos productivos individuales respecto al general se dan en las operaciones de preparación de las materias primas (molienda, humectación, amasado, etc.) y en el moldeo (prensado, extrusión, colada, torneado, etcétera). El proceso de producción general utilizado en la industria cerámica puede verse en la ilustración 4.

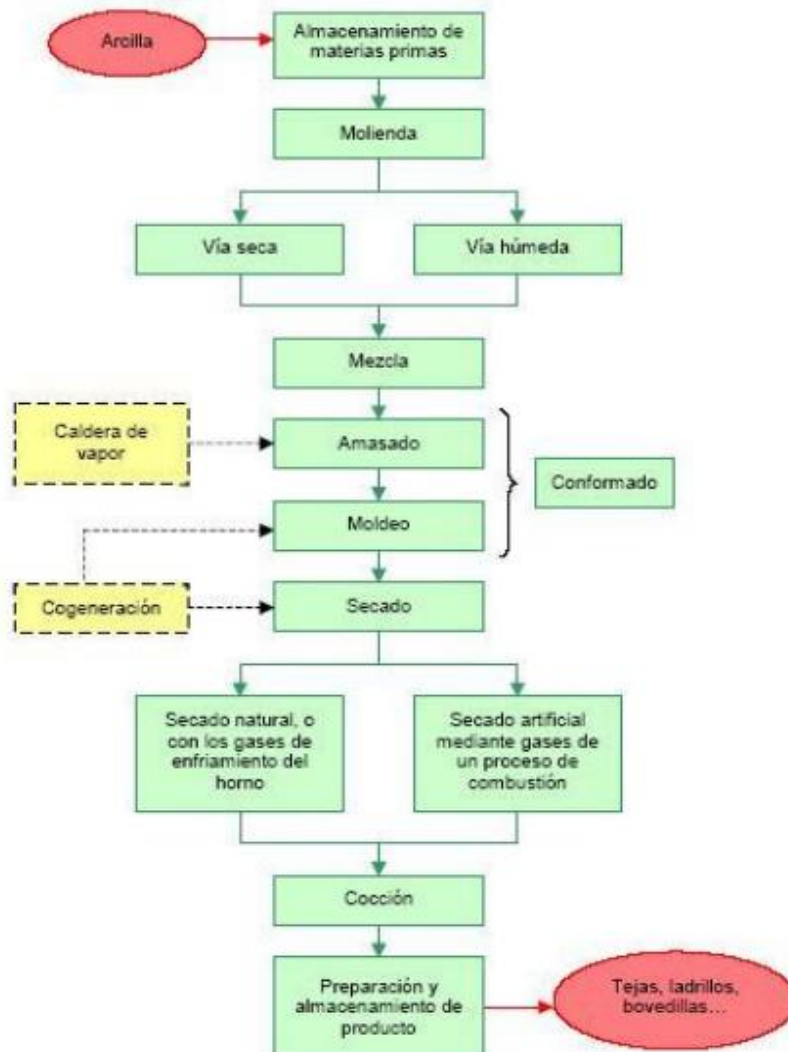


Ilustración 4 Diagrama de flujo del proceso general de producción de la industria cerámica (Fuente: Campos, 2010)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 2.2. PROCESO PRODUCTIVO EN LA MANUFACTURA DE BALDOSA EN COLOMBIA

Esta es la descripción del procesos en general de industria cerámica Decorados y Complementos pisos y paredes.

### Recepción pasta

Llega una volqueta proveniente de otra planta que suministra la pasta, el conductor debe avisar al controlador de la prensa para que este realice el chequeo de la humedad de la pasta antes de ser descargada en la tolva.

Una vez terminado el chequeo de la humedad y si esta se encuentra en norma, se procede a descargar en la tolva.

Luego se elige un silo donde será almacenada (hay 4 silos con capacidad de 11 toneladas cada uno).(Corona, 2013)

Todo el sistema de transporte desde la tolva recepción pasta hasta la tolva alimentación prensas es automático; consta de elevadores y bandas transportadoras que son programadas de acuerdo a la necesidad.

El controlador de prensas y el controlador de pasta es el encargado de coordinar el manejo de todo el sistema de transporte de pasta.

### Prensado

El primer proceso consiste en compactar la pasta en un molde o cavidad para darle la forma deseada, dicho proceso se lleva a cabo en la prensa y necesita como principal insumo pasta cerámica con un porcentaje de humedad adecuado.

### Secado (secadero a gas)

La pieza debe ser secada para retirarle la humedad, ya que es necesario que sea lo suficientemente “fuerte” para soportar el transporte por las bandas a lo largo de los procesos siguientes.

### Esmaltado

Se aplica el esmalte a la pieza transportándola, mediante bandas y pasándola por una campana de esmalte, dicho esmalte será el que después de la quema le dará las propiedades de impermeabilidad y brillo al producto terminado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### **Decorado**

La pieza esmaltada se ubica bajo una seda con serigrafía (colorante) en una decoradora, una espátula imprime el diseño de la seda en la baldosa (como en un proceso de estampación) pasando el diseño a la pieza. Se debe usar una decoradora por cada color. Los productos varían entre 2 a 8 decoraciones. (Corona, 2013)

### **Quema**

La pieza esmaltada y decorada se somete a altas temperaturas (hasta 1100°C), logrando las propiedades físicas de la cerámica como la dureza, la impermeabilidad y el brillo. (Corona, 2013)

### **Corte**

La pieza es cortada para obtener su forma final usando discos diamantados.

### **Inspección y empaque**

Se revisan que las piezas no posean defectos de calidad y se empaquen manualmente por los revisores empacadores.

En la Ilustración 5 se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de baldosas en empresas Colombianas.

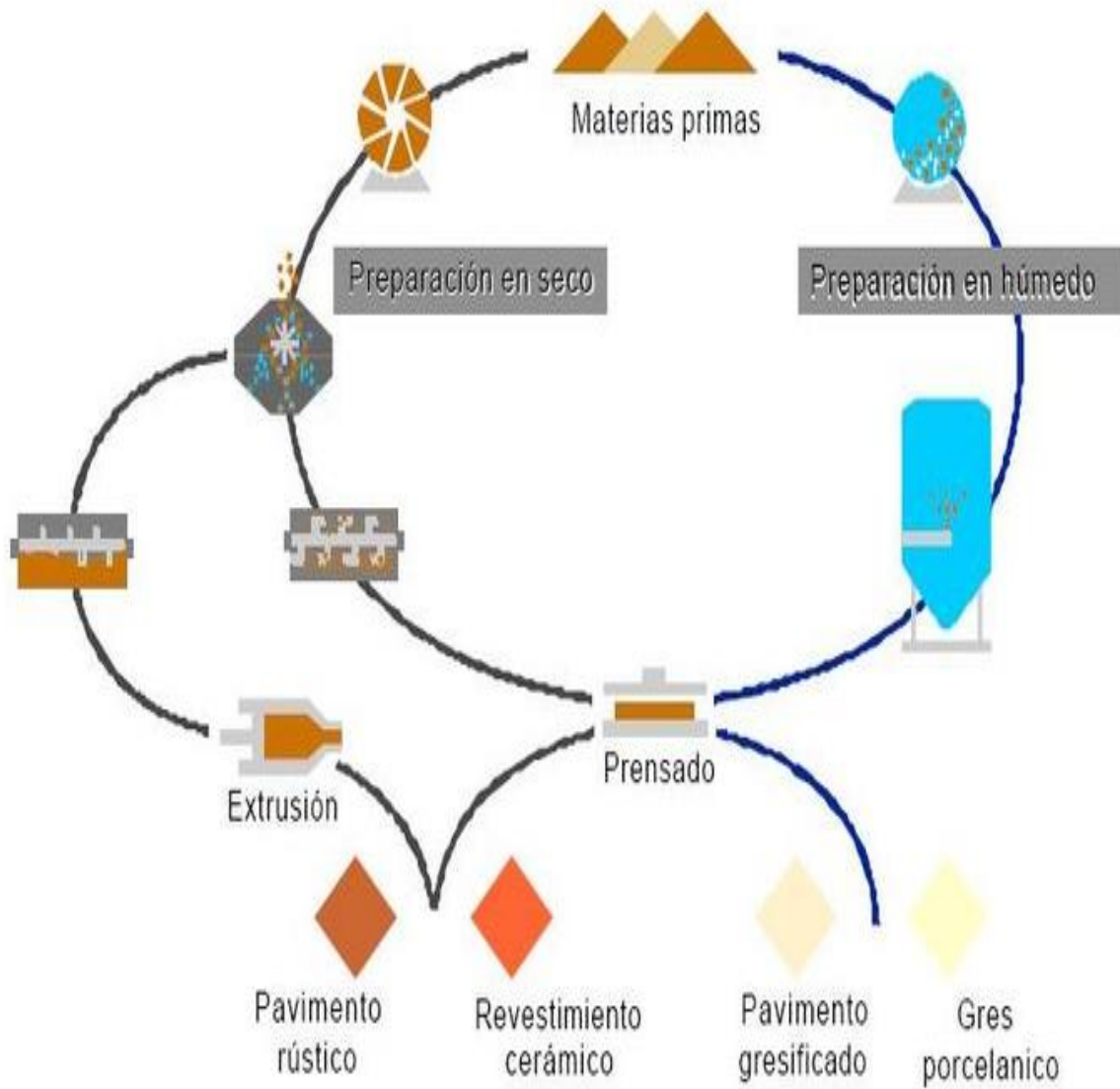


Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso productivo de baldosa en Colombia (fuente: Corona, 2013)

### 2.3. PROCESO PRODUCTIVO EN LA MANUFACTURA DE BALDOSA EN BRASIL

Brasil es el segundo productor de baldosa a nivel mundial, en contexto es de gran importancia revisar su proceso productivo para poder identificar la brecha tecnológica que tiene Colombia ante los grandes productores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## **Planta de cerámicas**

Para una ejecución correcta de la producción se requiere de una serie de maquinaria apta para el proceso, organizada en los siguientes departamentos que se encargan de la manufactura de las baldosas y sus componentes:

### **Departamento de Tierras**

La producción se inicia por el Departamento de Tierras que se divide en dos procesos definidos la molienda y el atomizado.

Para iniciar el proceso de molienda se pesa la materia prima (tierras obtenida en las minas), dependiendo si se va alimentar la línea monoquemada que es en la cual la baldosa entra a una sola cocción, o biquema que es la que tiene dos cocciones la primera que se obtiene un biscocho y la segunda en la que se obtiene el producto que será ya empacado dependiendo de su clasificación visual, se carga el molino con la materia prima previamente pesada en una balanza de oruga de acuerdo al requerimiento de fabricación que se vaya a realizar, conjuntamente con defloculante y agua, una vez dentro del molino estos componentes son molidos por bolas de aluvid y piedras que son el agente de molienda, por el giro del molino impulsado por un motor, el molino tendrá que estar en movimiento por aproximadamente 10 – 12 horas para realizar un muestreo con el objetivo de verificar la cantidad de residuo obtenido en el producto mezclado denominado barbotina y si cumple con un rango específico de residuo inicia la descarga 18 a la cisterna pero previamente pasando por un proceso de tamizado en el cual se separa los residuos de la barbotina.

Luego de almacenar temporalmente la barbotina en la cisterna pasa al proceso de atomizado por medio una bomba de diafragma que saca de la cisterna y transportada a un tamiz el cual deposita la barbotina tamizada en un tanque de almacenamiento auxiliar de 3 m<sup>2</sup> para luego, con ayuda de una bomba de pistones alimentar al atomizador que en su interior se encuentra gases a altas temperaturas producidas por un quemador a diésel en la planta 1 y en la planta 2 a gas, la barbotina sube a la cámara de gases en donde por una diferencia de temperaturas la barbotina al entrar en la cámara cae en forma de polvo sobre una banda de transporte con una cantidad de humedad determinada para luego ser almacenada en silos a esperar el requerimiento del mismo para el siguiente proceso.

### **Departamento de Prensas**

Luego de verificar si las prensas están en condiciones óptimas se realiza la alimentación a las mismas por medio de bandas transportadoras para iniciar el proceso de formación de baldosas con la ayuda de la presión producida por la bajada del pistón de conformado. En esta área se determina las medidas de la baldosa y es de esencial importancia la fuerza aplicada en la formación para la calidad del producto.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En las líneas de producción 4 y 5 los secaderos son verticales a diferencia de la línea 1 y 2 son horizontales ya que estos están a cargo del Departamento de Hornos mientras que esta se encuentra a cargo del Departamento de Prensas que su función es la misma de los secaderos horizontales en la cual por acción directa de la temperatura sobre la baldosa se retira una parte determinada de humedad.

La línea 3 no consta con secadero ya que es una línea de biquema en la que se realiza una primera horneada y luego de del proceso de esmaltado entra en una segunda horneada, estos dos procesos de horneado en esta línea se encuentra a cargo del Departamento de Hornos.

### **Departamentos de Hornos**

El proceso dura aproximadamente 48 min. Este tiempo es un referencial para la línea 1 y 2; para la línea 3 el horno de biscocho el cual realiza el primer horneado tiene un tiempo de duración de 35 min. Con un horneado final de 40 min., con diferencia a las otras líneas la 4 y 5 tienen un tiempo de duración que está oscilando en 42-45 min.

Es importante mencionar que la regulación del tiempo de horneado puede cambiar dependiendo del formato de baldosa y tipo de serigrafía que se utilice para la misma. El horneado consiste en tres etapas las cuales están fluctuando su temperatura entre los 900°C y lo 1.200°C:

**La zona de calentamiento:** luego de haber ingresado la baldosa al horno por medio de los rodillos de transporte pasa por una sección en la que la temperatura no está a su máximo punto de calibración tan solo elimina agua contenida en su interior y la calienta para evitar fracturas para cuando llegue a la siguiente sección.

**La zona de quema:** con un calentamiento previo la baldosa ingresa a la zona de quema donde la temperatura de regulación del horno alcanza su máximo nivel que por medio del mismo adquiere dureza y brillo.

Los rangos de temperatura varían con respecto al formato de la baldosa y tipo que se esté elaborando.

**La zona de enfriamiento:** es la sección en la que por medio de ventiladores y otros dispositivos se elimina calor adquirido por la baldosa en la zona de quema evitando que al salir al ambiente por la diferencia brusca de temperatura se fracture la baldosa y cuando se realiza la inspección de calidad en la mesa de salida evitar quemaduras.

### **Departamento de Línea de Esmaltado**

Luego de haber sido eliminada la humedad innecesaria entra a una mesa de transporte de banda-polea en la que se aplica distintas sustancias producidas por el laboratorio de esmaltes con el objetivo de impregnar el diseño serigráfico sobre la parte vistosa de la baldosa para luego de este

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

proceso de serigrafía la mesa de transporte lleva la baldosa a la entrada al horno donde se realizara la cocción de engobes y esmaltes colocados en este proceso obteniendo el brillo y la calidad de la baldosa, este proceso tiene una duración de 45 min aproximadamente.

El laboratorio de esmaltes es un departamento que no pertenece a los departamentos productivos pero influye en la calidad de productos ya que se encargan de producir engobes esmaltes, colores y pastas serigraficas para los acabados de las diferentes baldosas.

### **Departamento de Selección y Empaque**

Luego de terminar con el proceso de horneada pasa a una mesa de transporte en la que entra en una prueba mecánica denominada cargo de rotura que consiste en la resistencia a una presión aplicada desechándose los que no soportan y los que soportan continúan a un control de calidad visual (seleccionado) realizado por un operador por línea de producción donde se realiza marcas con lápices térmicos dependiendo de la las fallas encontradas en las baldosas se marcara y un lector óptico ordenara el apilamiento por una apiladora neumática.

Luego de haber realizado el proceso de apilamiento el siguiente es el empackado dependiendo de los formatos en los que se ha producido la baldosa coloca la cantidad por caja para comercializar que da 1.5 m2 aproximadamente y luego es colocada manualmente en palets para que un montacargas lleve al siguiente proceso que es el emplastecido y al final se da el traslado a la bodega de la misma forma por medio de un montacargas.

#### **2.3.1. PLANTA DE PORCELLANIX**

En esencia el proceso de producción es idéntico al anterior pero por tipo de tecnología y requerimientos que necesita el producto para estar dentro de los estándares de calidad se puede decir que tiene unas variaciones y por ende los riesgos deben ser evaluados nuevamente de una forma diferente.

### **Departamento de Tierras**

El proceso empieza con la alimentación de las tolvas de dosificación computarizadas por medio una cargadora (tractor) las cuales según el programa de producción permiten el despacho de materia prima, la misma que es llevada por bandas transportadoras hacia una balanza que será la encargada de trasladar la materia prima por una banda de transporte hacia una tolva de

Alimentación al molino continuo y a su vez pasa por una maquina desferrizadora que retira el hierro de la materia prima.

El molino continuo está siempre en movimiento rotativo alimentándose por el un extremo y desfogando barbotina por el otro hacia un tamiz que depositara en una cisterna.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Por otra parte por medio de la misma cargadora se alimenta una balanza de oruga que alimenta una banda de transporte hacia una maquina denominada disolutor la cual se encarga de mezclar una solución liquida que será bombeada hacia el molino continuo para mezclarse con los demás insumos para obtener la barbotina para producción de porcelanato.

La cisterna en su interior tiene unas aspas de agitación para evitar la sedimentación en su interior porque su almacenamiento es momentáneo ya que por medio de una bomba de diafragma es transportada la barbotina hacia una serie de seis tamices para separar sus residuos y a su vez por una maquina desferrizadora para nuevamente almacenar en un compartimiento de la cisterna para luego nuevamente por medio de otra bomba de diafragma alimentar los 2 tanques de mezclado con colores donde por medio de una bomba de diafragma es alimentado los colores preparados por el laboratorio de esmaltes logrando la mixtura de estos dos componentes para luego por medio de una bomba de diafragma pasar a otro tanque de donde por medio de una bomba de pistones subir a un atomizador el cual realiza el mismo proceso de la sección anterior con una diferencia de que cada color es almacenado en silos diferentes a esperar el siguiente proceso.

### **Departamento de Prensas**

Este departamento en la planta de porcelanato tiene una característica que se divide en tres secciones que son:

Flex crom que se encarga de dosificar los colores que están almacenados en los silos, el prensado que es la compactación de la baldosa y el secado de la baldosa.

La sección del prensado actúa de igual forma que las de gres ya que del flex crom se traslada la materia prima para la prensa por bandas de transporte y llega a una tolva que alimenta la prensa que tiene una capacidad de prensado de 3000 toneladas, luego del prensado la baldosa ya estructurada llega a la sección de secado en unos secaderos verticales que por acción de la temperatura evaporan gran parte de agua contenida en la misma para así entrar en el siguiente proceso de producción.

El ciclo de secado está regulado dependiendo del formato y el tipo de baldosa que se elabora variando el tiempo en un rango de 90 a 120 min.

### **Departamento de Línea de Esmaltado**

En planta de porcelanato al igual que en la planta de gres coloca sobre la parte superior de la baldosa substancias que produce el laboratorio de esmaltes para dar el acabado respectivo.

Este proceso está en función del tipo de baldosa que se esté elaborando ya que el porcelanato técnico no se aplica serigrafía mientras que en el porcelanato normal si lo aplican.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### **Departamento de Hornos**

El departamento de hornos se divide en tres secciones definidas del proceso de cocción que son:

La zona de calentamiento: luego de haber ingresado la baldosa al horno por medio de los rodillos de transporte pasa por una sección en la que la temperatura no es tan elevada tan solo elimina agua contenida en su interior y la calienta para evitar fracturas para cuando llegue a la siguiente sección.

La zona de quema: con un calentamiento previo la baldosa ingresa a la zona de quema donde la temperatura de regulación del horno alcanza su máximo nivel que por medio del mismo adquiere dureza y brillo.

Los rangos de temperatura varían con respecto al formato de la baldosa y tipo que se esté elaborando.

La zona de enfriamiento: es la sección en la que por medio de ventiladores y otros dispositivos se elimina calor adquirido por la baldosa en la zona de quema evitando que al salir al ambiente por la diferencia brusca de temperatura se fracture la baldosa y cuando se realiza la inspección de calidad en la mesa de salida evitar quemaduras.

Las temperaturas de los hornos de porcelanato están entre los 900°C y 1500°C a diferencia de los de gres ya que su horneado debe ser a mayor temperatura para evitar que sus componentes se fracturen y disminuya la calidad.

### **Departamento de Selección y empaque**

Luego de terminar el proceso de horneado, la baldosa pasa a una mesa de transporte mediante la cual entra en una prueba mecánica, denominada cargo de rotura, esta consiste en medir la resistencia a una presión aplicada desechándose los que no soportan y los que soportan continúan a un control de calidad visual (seleccionado) realizado por un operador por línea de producción

Donde se realiza marcas con lápices térmicos dependiendo de las fallas encontradas en las baldosas se marcara y un lector óptico ordenara el apilamiento por una apiladora neumática.

Luego de haber realizado el proceso de apilamiento el siguiente es el empaclado por medio una maquina automática la cual dependiendo de los formatos en los que se a producido la baldosa coloca la cantidad por caja para comercializar que da 1.5m<sup>2</sup> aproximadamente y luego es colocada en palets por medio de un brazo robótico para que un montacargas lleve al siguiente proceso que es el emplastecido y al final se da el traslado a la bodega de la misma forma por medio de un montacargas.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## **Departamento de Pulido - Escuadrado**

Como parte del proceso de calidad es fundamental el tener presente la satisfacción del cliente, es por ello que se busca brindar productos que no solo agraden sino que también sobrepasen las expectativas de las personas que lo adquieren, por lo que se ha implantado una línea de pulido adicional al porcelanato, que por medio de piedras rectificadoras desgastan la superficie hasta lograr que esta quede con un brillo impecable.

A su vez se realiza el escuadrado de filos, que consiste en hacer que la baldosa quede simétrica con un error en sus medidas que se aproxima a cero, disminuyendo los excesos de los lados hasta obtener un cuadrado perfecto.

### **2.3.2. APOYOS LOGÍSTICOS PARA LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BALDOSA**

Para que el proceso productivo sea óptimo requiere de los departamentos denominados de apoyo logístico que se enumeran a continuación:

#### **Laboratorio de esmaltes**

Este es un área autónoma, pero de vital importancia para la producción de baldosas, ya que aquí se elaboran engobes, esmaltes y colores que se utilizan para los finos acabados.

Los engobes y esmaltes entran en un proceso de molienda, el tiempo de duración de este dependerá de las características de los insumos en proceso, una vez finalizada la molienda pasa al proceso de tamizado para retirar impurezas que pueden afectar al momento de ser aplicados sobre las baldosas, el producto de este va a las líneas de producción que se despacha al instante del acabado y el exceso es almacenado en un agitador, para un despacho posterior en cuanto solicite las líneas de producción.

Las pastas y colores luego de haber sido pesado sus componentes llegan al laboratorio para lo cual se rectifica el peso y parte a una mezcla por medio de una licuadora de pedestal en la que se licua por aproximadamente veinte minutos para luego pasar a una refinadora normal en donde se elimina los residuos a un aproximado de 2% pero si el producto que se está elaborando en la planta requiere un porcentaje de residuo del 0% pasa a una refinadora micrométrica denominada micro net para luego por medio de montacargas pasar a las líneas para rosear sobre las baldosas.

En la ilustración 6 se se presenta el diagrama de flujo del proceso productivo de baldosas en Brasil

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

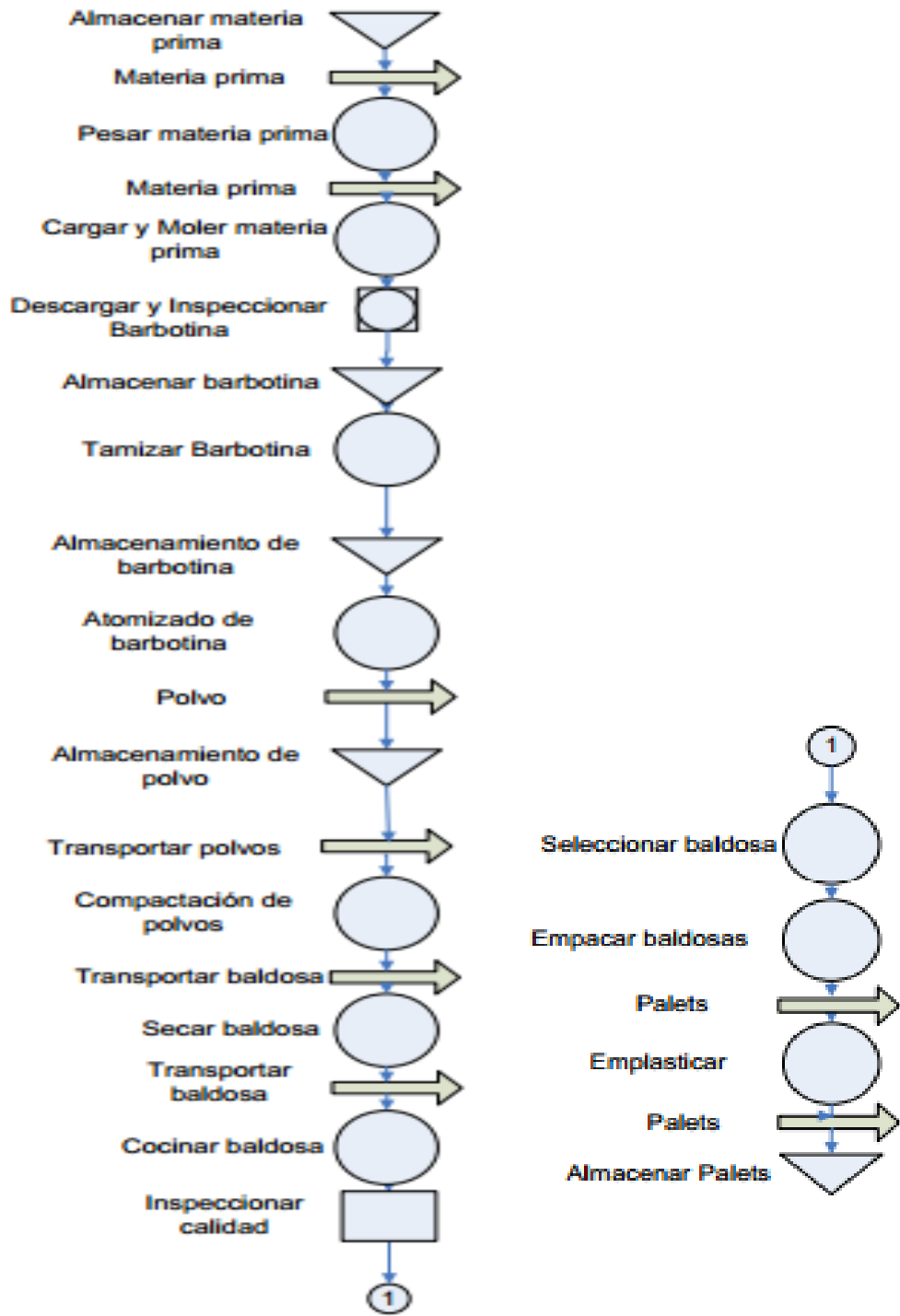


Ilustración 6 Diagrama de flujo del proceso de manufactura de baldosas en Brasil (fuente: Qualicer, 2010)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 2.4. PROCESO PRODUCTIVO DE MANUFACTURA DE BALDOSA EN ESPAÑA

España ocupa los primeros lugares de la producción de baldosa, así mismo como Brasil la importancia de conocer sus procesos productivos de baldosa.

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas consta de diversas etapas. Las etapas del proceso dependen del producto a fabricar, aunque existen una serie de transformaciones que son comunes, como son:

### Preparación de las materias primas

Se realiza una selección de las materias primas a utilizar, las cuales se dosifican de la manera adecuada para obtener las características deseadas en el producto. Para obtener productos moldeados por prensado, la mezcla de materias primas se somete a una molienda, que puede realizarse vía húmeda o vía seca, siendo la preparación vía húmeda la más extendida debido a las propiedades del gránulo final obtenido. En el caso de productos moldeados por extrusión, la preparación de las materias primas consiste en mezclar y amasar las materias primas con agua, para obtener una masa plástica moldeable.

### Conformado de la pieza

Puede realizarse por prensado, colado o extrusión, aunque el proceso más implantado actualmente es el prensado unidireccional en prensas hidráulicas.

### Secado

Los soportes ya conformados se someten a un ciclo de secado, para eliminar la humedad que contienen. Dependiendo del proceso de conformado, las piezas tienen un mayor o menor contenido en humedad.

### Esmaltado y decoración

Una vez secas, las piezas se suelen esmaltar y decorar. Este proceso está formado por diversas aplicaciones, que dependen del modelo final deseado.

### Cocción

La etapa final siempre es una etapa de cocción en la que el producto crudo se somete a un ciclo térmico en el que se alcanzan temperaturas entre 1.100 y 1.200°C, dependiendo del producto fabricado. (Monfort, 2011)

Cuando la cocción del soporte y del esmalte se produce simultáneamente, el proceso de fabricación se denomina monococción.

Si por el contrario se producen por separado, el proceso se denomina bicocción. En este caso, se cuece primero el soporte, posteriormente se decora, y finalmente se somete a un segundo ciclo térmico para cocer el esmalte.

La fabricación de piezas especiales sigue el proceso descrito, aunque en algunos casos, una vez cocido el esmalte, se incorporan determinadas aplicaciones para lograr las propiedades estéticas

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

deseadas en las piezas. Estas nuevas aplicaciones decorativas hacen necesaria una tercera cocción de las piezas (estas piezas se denominan habitualmente de tercer fuego).

### Preparación de materias primas

Las baldosas cerámicas están formadas por un soporte, de naturaleza principalmente arcillosa. La selección de las materias primas que conforman dicho soporte, y su dosificación en la composición final, debe ser elegida en función de las características de la pieza cerámica que se desea obtener y del proceso de fabricación a emplear; en la ilustración 7 podemos observar una cantera de arcilla de coloración roja.



*Ilustración 7 Fotografía de una cantera para la extracción de arcillas de coloración roja (fuente: Monfort, 2011)*

Las empresas suelen disponer de acopios más o menos importantes de materias primas para el soporte. Tradicionalmente este almacenamiento se realizaba en el exterior, en instalaciones abiertas (eras), pero la normativa medioambiental está obligando paulatinamente a realizar este almacenamiento en instalaciones cerradas semicerradas; en la ilustración 8 observamos donde se almacenan las materias primas.



*Ilustración 8 Nave cubierta para el almacenamiento de materias primas (fuente: Monfort, 2011)*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

El proceso de preparación de las materias primas depende de la tecnología empleada posteriormente para moldear las piezas. Así, si el moldeo se va a realizar por prensado, las materias primas se transforman en un sólido granulado con un contenido en humedad aproximado del 6 %. Por el contrario, si el moldeo se realiza por extrusión, el producto obtenido es una masa moldeable con una humedad cercana al 20 %. En el caso del moldeo por prensado, el proceso de obtención del sólido granulado puede realizarse de dos maneras: vía húmeda o vía seca. (Monfort, 2011)

En la preparación vía seca los materiales se molturan hasta el tamaño final de partícula deseado en molinos pendulares y de martillos, donde en ocasiones, simultáneamente se aporta calor para eliminar el agua contenida en el material.

Posteriormente, las partículas obtenidas se someten a un proceso de granulado mediante la pulverización de agua. Con el granulado, se logra la obtención de formas más redondeadas y se facilita el movimiento del gránulo final obtenido. Dependiendo de la cantidad de agua añadida durante la granulación, a veces es necesario secar los aglomerados hasta la humedad deseada.

En algunos casos, al sólido finamente molido se le añade una determinada cantidad de agua, y el granulado se realiza mediante la eliminación progresiva del agua en exceso añadida. El aporte de calor al proceso se produce mediante un quemador; en la ilustración 9 podemos observar los molinos que se utilizan para la molienda de materias primas.



*Ilustración 9 Molinos de bolas para la molienda de materias primas (fuente: Monfort, 2011)*

La molienda en la preparación vía húmeda se realiza en molinos de bolas, donde se introducen, además de las materias primas, agua y aditivos para facilitar el desleído de los sólidos en el agua. El proceso de molienda puede realizarse en continuo o en discontinuo. En los molinos discontinuos, se cargan las materias primas, el agua y los aditivos, y tras unas horas de molienda, el molino se para y se descarga. La densidad y viscosidad de la suspensión obtenida debe ser la adecuada para que pueda descargarse el molino por gravedad, por lo que debe efectuarse un control estricto de estas variables.

La puesta en marcha del molino requiere de un gran aporte de energía eléctrica, pues los motores deben tener suficiente potencia para vencer la inercia del molino, cuya masa total está compuesta por el propio molino, los elementos molturantes y la carga.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En el proceso de molienda continua, la entrada de agua, materias primas y aditivos, se produce en continuo, así como la descarga de la suspensión. El proceso es más eficiente desde el punto de vista energético, pues se eliminan los tiempos muertos de carga y descarga del molino. Además, el estado de movimiento continuo de la suspensión facilita su descarga, por lo que, en algunos casos, es posible trabajar con suspensiones más densas.

La suspensión obtenida tras la molienda vía húmeda posee aproximadamente entre un 60 y un 70% de sólidos. El exceso de agua de la suspensión se elimina mediante un proceso de secado por atomización, obteniéndose finalmente un granulado con un 6 % de humedad. (Monfort, 2011)

Desde que se descarga de los molinos hasta que es bombeada al atomizador, la suspensión, denominada comúnmente barbotina, se almacena en balsas donde permanece en agitación para evitar la sedimentación de los sólidos y mantener su viscosidad entre los límites adecuados que permitan su trasiego por las conducciones.

El secado por atomización consiste en poner en contacto la suspensión finamente pulverizada con gases calientes a elevada temperatura. Las gotas de barbotina secan rápidamente, y los sólidos caen por gravedad a la base del atomizador, donde se recogen mediante una cinta transportadora que los conduce a los silos de almacenamiento.

Los gases húmedos salen del atomizador, y tras un proceso de depuración para eliminar las partículas en suspensión que arrastran, son vertidos al exterior; en la ilustración 10 observamos el atomizador empleado en el secado de la barbotina.



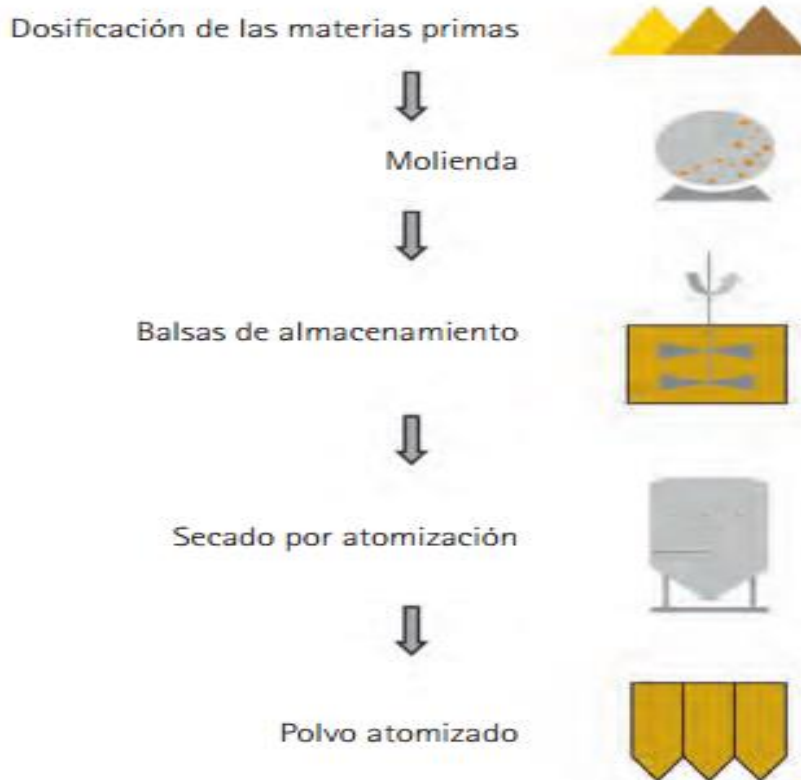
*Ilustración 10 Atomizador empleado en el secado de la barbotina (Fuente: Monfort, 2011)*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Este proceso requiere una gran cantidad de energía, pues los gases calientes para el secado de la suspensión deben tener una temperatura cercana a los 500°C. (Monfort,2011). El sólido granulado obtenido mediante el proceso vía húmeda posee una distribución de tamaño de partícula amplia, y gránulos de forma casi esféricas, propiedades que hacen que el polvo tenga una gran fluidez. Esta característica es muy importante en la etapa de moldeo por prensado, pues una fluidez adecuada facilita el llenado uniforme de los moldes en las prensas y por tanto la obtención de piezas de espesor y densidad aparente uniformes.

El sólido granulado obtenido en la etapa de preparación de las materias primas es un producto semielaborado, a partir del cual se moldean las baldosas. Algunas empresas centran su actividad en esta parte inicial del proceso productivo, siendo el producto final obtenido en sus instalaciones dicho sólido pulverulento.

Cuando el moldeo de las piezas se realiza por extrusión, las materias primas se molturan en molinos de martillos y posteriormente se mezclan con agua en una amasadora. El producto obtenido es una masa moldeable homogénea con un contenido elevado en agua (hasta un 20 %), con la plasticidad adecuada para su moldeo por extrusión (Monfort, 2011); en la ilustración 11 observaremos el diagrama de preparación de materias primas por vía húmeda.



*Ilustración 11 Proceso de preparación de materias primas vía húmeda (Fuente: Monfort, 2011)*

En la actualidad, el proceso empleado mayoritariamente en la preparación de las materias primas consiste en una molienda vía húmeda y posterior secado por atomización, para la obtención de un sólido granulado. Únicamente unas pocas empresas del sector utilizan el proceso de preparación

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

del sólido vía seca, o el proceso de amasado para obtener una masa moldeable, adecuada para la extrusión. Durante la preparación de las materias primas se produce un importante consumo de energía eléctrica en las etapas de molienda y extrusión, además de la consumida por bombas, motores eléctricos, etc. Cuando la molienda se realiza vía húmeda, existe además un gran consumo de energía térmica en el proceso de secado por atomización de la suspensión arcillosa.

Una vez preparadas las materias primas, el siguiente paso en la obtención de las baldosas es la etapa de moldeo. El método más extendido es el prensado unidireccional en prensas hidráulicas. Este método consiste en introducir el polvo granulado en un molde y aplicar presión en una dirección, hasta lograr la densidad deseada en el sólido. Las presiones aplicadas dependen, tanto de la humedad que contenga el polvo atomizado, como de la densidad aparente final deseada en el soporte. Habitualmente, la humedad del atomizado oscila entre un 5 y un 7 % (en base seca), y las presiones aplicadas se sitúan en el rango 250 – 500 kg/cm<sup>2</sup>, en función del producto final deseado (Monfort, 2011); en la ilustración 12 observamos la prensa hidráulica.



*Ilustración 12 Prensa hidráulica para el conformado de baldosas cerámicas (Fuente: Monfort, 2011)*

La densidad obtenida en el soporte se sitúa en torno a 1.970 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo del producto que se esté fabricando: azulejo, pavimento gresificado o gres porcelánico. El valor de densidad en crudo es un parámetro importante dentro del proceso de obtención de las baldosas pues, junto con la temperatura máxima de cocción, determina la porosidad final de la baldosa y sus dimensiones. Otro método de conformado menos utilizado es la extrusión. Consiste en hacer pasar mediante la aplicación de presión una masa arcillosa húmeda por una boquilla, que le confiere la forma deseada. La humedad de la masa se sitúa en torno al 18 %. La extrusión requiere que el producto a fabricar tenga una sección constante. El producto se obtiene de forma continua, y mediante la introducción de elementos de corte en la línea de producción se corta para obtener las piezas de la longitud deseada. En esta etapa el consumo de energía es mayoritaria- mente eléctrico. (Monfort, 2011)

La eliminación del agua en una composición arcillosa conlleva una contracción de la masa, mayor cuanto más agua contenga la composición. Así, el proceso de secado debe realizarse de manera

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

controlada para evitar la aparición de defectos de secado. La contracción de secado es, por tanto, muy importante en el secado de piezas obtenidas por extrusión, y menos determinante en el secado de las baldosas obtenidas por prensado, pues su humedad es baja, entre el 5 y el 7 % en base seca. (Monfort, 2011). Las baldosas crudas recién moldeadas por prensado se someten al proceso de secado con un doble objetivo: eliminar la humedad que contienen y aumentar su temperatura. La eliminación del agua incrementa su resistencia mecánica, de modo que se logra que las piezas soporten sin romperse las tensiones aplicadas durante las etapas posteriores.

El incremento de temperatura contribuye a que el esmaltado y la decoración de las piezas se realicen adecuadamente, pues el esmalte seca inmediatamente tras su aplicación y la baldosa no incrementa excesivamente su contenido en agua. Los secaderos utilizados en el secado de baldosas prensadas son secaderos continuos verticales u horizontales.

En los secaderos verticales, las piezas se disponen sobre planos de rodillos, que giran como una noria. La carga y descarga de piezas se realiza de forma automática, de modo que al finalizar el ciclo de secado, se descargan las piezas secas de un plano y éste simultáneamente vuelve a llenarse de piezas húmedas, que inician de nuevo el ciclo de secado; en la ilustración 13 observamos el secadero vertical que se utiliza para el secado de baldosas cerámicas.



*Ilustración 13 Secadero vertical para el secado de baldosas cerámicas (Fuente: Monfort, 2011)*

En los secaderos horizontales, las piezas avanzan por el interior del secadero situadas sobre unos rodillos, que giran para permitir el avance de las piezas en un sentido. Su estructura es la de un túnel, en el que por un lado se introducen las piezas húmedas y por el otro se descargan las secas. Habitualmente, los secaderos horizontales poseen más de un plano de rodillos. Los ciclos de secado tienen una duración cercana a una hora si se realizan en secaderos verticales, y la temperatura de los gases de secado se sitúa en torno a 200°C. En los secaderos horizontales, el ciclo de cocción se

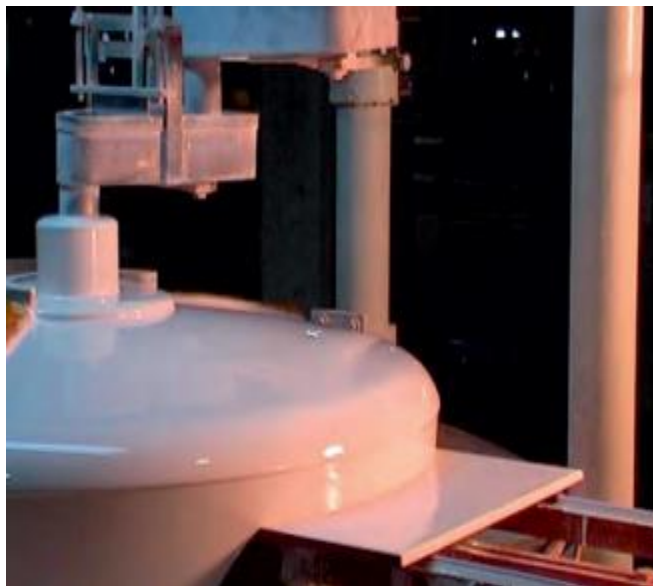
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

reduce a unos 25 minutos, y la temperatura máxima es algo mayor, en torno a 250°C. Las baldosas obtenidas por extrusión se secan en hornos túnel dispuestas en vagones. Los ciclos de secado tienen varias horas de duración, siendo la temperatura máxima inferior a 100°C. La etapa de secado consume principalmente energía térmica, pues los gases calientes de secado se obtienen por combustión de gas natural en quemadores. El consumo eléctrico se produce en los motores eléctricos y en el cuadro de control del secadero. (Monfort, 2011)

La operación de esmaltado persigue un doble objetivo: impermeabilizar la superficie del producto acabado y proporcionar el aspecto estético deseado.

Esta etapa se realiza en líneas de esmaltado por donde las baldosas van avanzando. En estas líneas se sitúan todos los elementos necesarios para proporcionar a las piezas el acabado requerido. Los esmaltes cerámicos son una mezcla de fritas, materias primas y aditivos que se molturan vía húmeda en molinos discontinuos. El esmalte en suspensión obtenido se deposita sobre las piezas en las líneas de esmaltado mediante la aplicación en cortina. Tras la aplicación del esmalte, en la mayoría de ocasiones se aplican serigrafías o granillas, en función del acabado estético buscado y de las prestaciones que se requieran en el producto final.

La energía consumida durante el proceso de esmaltado es energía eléctrica, y el consumo es debido a la molienda realizada durante la preparación del esmalte y al consumo de los motores que permiten el movimiento de las piezas, el bombeo de los esmaltes, etc.; en la ilustración 14 observamos la aplicación a campana del esmalte.



*Ilustración 14 Aplicación a campana del esmalte (Fuente: Monfort, 2011)*

La etapa de cocción es la más importante del proceso productivo. El proceso de cocción es un proceso complejo, en el que se producen diversas transformaciones, tanto físicas como químicas, que dan lugar a un producto final con las propiedades mecánicas y estéticas deseadas. Cuando la cocción del soporte y el esmalte se realizan simultáneamente, el proceso recibe el nombre de monococción. Si por el contrario, se cuece primero el soporte y después el esmalte, el proceso se

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

denomina bicocción. En el proceso de monococción, el soporte obtenido por prensado, ya esmaltado y decorado, se cuece en hornos continuos de rodillos. La duración del ciclo de cocción depende del tamaño de las baldosas, de la producción del horno, de la naturaleza del soporte y del recubrimiento, etc., pero en general, se sitúa entre 40 y 70 minutos. La temperatura máxima de cocción también depende de todos estos factores, y está entre 1.100 y 1.200°C. En el proceso de bicocción, tanto el soporte primero como las piezas esmaltadas después, se cuecen en hornos continuos de rodillos, similares a los utilizados en el proceso de monococción. (Monfort, 2011)

En ocasiones, cuando el producto fabricado se moldea por extrusión, los hornos utilizados en la cocción son hornos túnel, en los que el material avanza por su interior apilado en vagonetas. Son hornos de funcionamiento en continuo, como los empleados en la fabricación de tejas y ladrillos. La energía consumida durante la cocción es principalmente energía térmica. El aporte de calor al proceso se realiza, de manera mayoritaria en el sector, por la combustión de gas natural en quemadores de alta velocidad. En la figura 19 se muestra un esquema del proceso de fabricación de las baldosas cerámicas, considerando que las materias primas se molturan vía húmeda, la etapa de moldeo se realiza por prensado y la cocción de soporte y esmalte es simultánea. Este es el proceso de fabricación más extendido en la actualidad en la fabricación de baldosas cerámicas esmaltadas; en la ilustración 15 observamos el diagrama de proceso de fabricación de baldosas cerámicas por monococción.



*Ilustración 15 Esquema del proceso de fabricación de baldosas cerámicas por monococción (Fuente: Monfort, 2011)*

En la fabricación de baldosas de gres porcelánico, tras la etapa de cocción puede existir una etapa de pulido, que confiere a las piezas un acabado brillante; en la ilustración 16 podemos observar el esquema del proceso de fabricación de gres porcelánico.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Ilustración 16 Esquema del proceso de fabricación de gres porcelánico (Fuente: Monfort, 2011)

La operación de pulido consume únicamente energía eléctrica. En algunas ocasiones, dado que el pulido se realiza utilizando agua como refrigerante, tras esta fase existe una etapa de secado para que las baldosas se embalen totalmente secas. Lo mismo ocurre con productos que tras la cocción sufren un proceso de rectificado o de corte, pues estas operaciones también se realizan utilizando agua; en la ilustración 17 observamos la sección de pulido de baldosas cerámicas.



Ilustración 17 Sección de pulido de baldosas cerámicas (Fuente: Monfort, 2011)

Estos secaderos de piezas mecanizadas pueden operar con un quemador de gas o bien recuperar gases residuales del horno como aporte energético al equipo. En este último caso, no se requiere un incremento del consumo energético global del proceso de fabricación; en la ilustración 18 observamos el esquema de fabricación de gres rustico y en la ilustración 19, se presenta un resumen del proceso productivo de baldosas en España.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Ilustración 18 Esquema del proceso de fabricación de gres rustico (Fuente: Monfort, 2011)

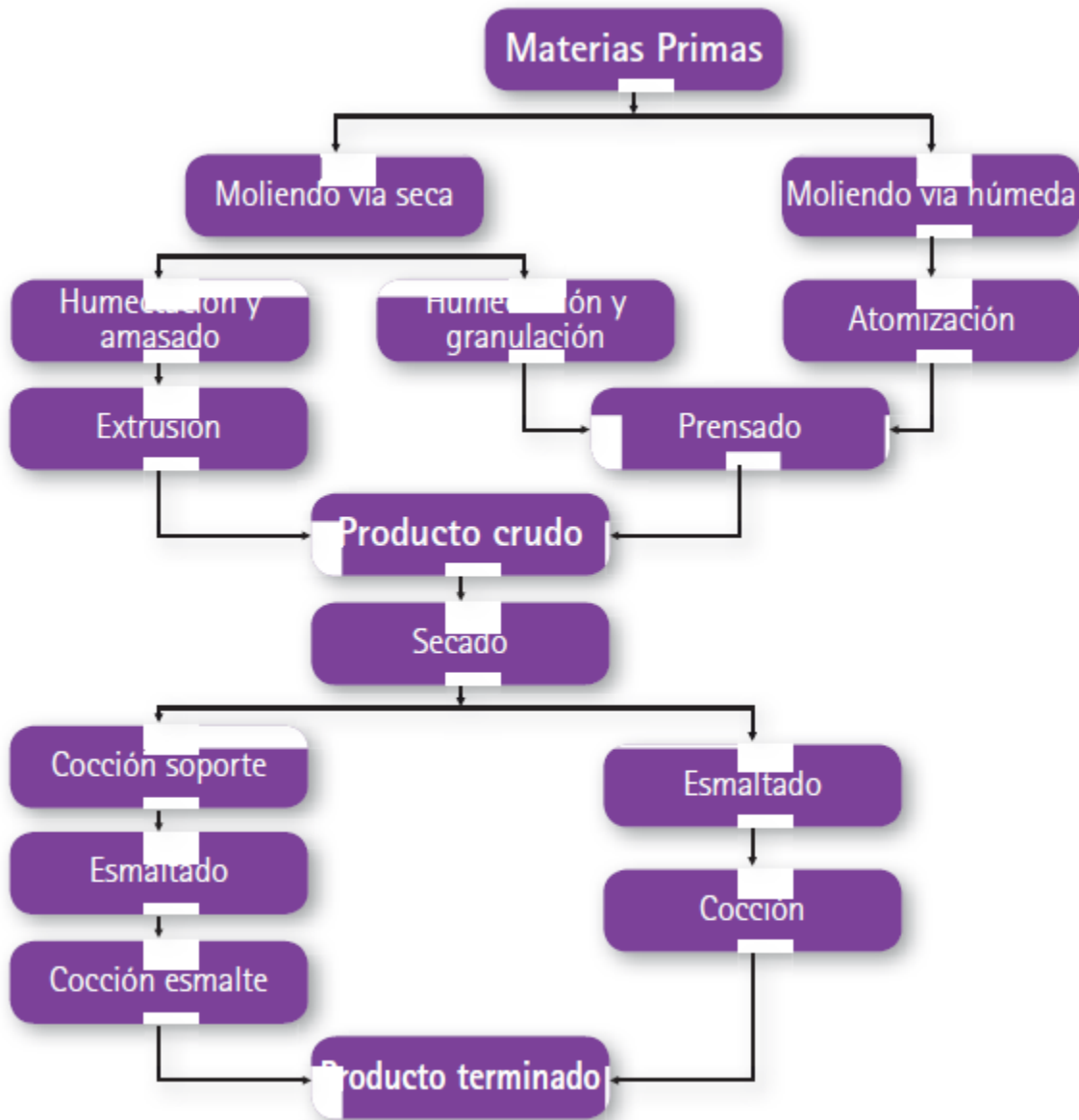


Ilustración 19 Diagrama de flujo del proceso de manufactura de baldosa en España (Fuente: Monfort, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 3.METODOLOGÍA

En el inicio de este trabajo se investigaron datos y procesos de manufactura de baldosas de una de las empresas del grupo Corona, aquí se pudieron detallar algunos aspectos del proceso de fabricación, además de las encuestas realizadas a los operadores de las maquinas, pudiendo constatar el consumo de energía térmica y los diferentes procesos de manufactura; sin embargo podemos destacar que en el grupo tienen empresas de manufactura de baldosas en Girardota (Antioquia) y Sopo (Cundinamarca) que producen baldosas con tecnología de punta.

Este trabajo fue apoyado en consultas de internet, como proyectos publicados de la universidad nacional, universidad autónoma de occidente, procesos de la comunidad valenciana en España, y datos de proexport Colombia; donde sacamos información de procesos de manufactura de baldosas, consumos de energía térmica y eléctrica y exportaciones e importaciones de Colombia y otros países como China, Brasil, Italia y España.

Los temas que se investigaron en internet son: historia de la cerámica, exportaciones e importaciones de baldosa cerámica en Colombia, exportaciones e importaciones de los principales países de producción de baldosa cerámica como Brasil y España, proceso productivo en la manufactura de baldosa en Brasil y España, consumo de energía en el proceso de manufactura de baldosa cerámica y procesos más consumidores de energía en la manufactura de baldosa cerámica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Páginas de internet consultadas:

[www.bdigital.unal.edu.co/1905/1/98658721.2010.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1905/1/98658721.2010.pdf)

[http://energia.ivace.es/attachments/guia\\_sector\\_ceramico.pdf](http://energia.ivace.es/attachments/guia_sector_ceramico.pdf)

[http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/941/7/Capitulo\\_1.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/941/7/Capitulo_1.pdf)

<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Procesos/ceramica.pdf>

[http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD\\_Ceramica\\_ES.pdf](http://www.prtr-es.es/Data/images/MTD_Ceramica_ES.pdf)

<http://www.proexport.com.co/>

<http://www.itc.uji.es/Capacidades/Documents/AHORRO%20Y%20EFICIENCIA%20ENERG%C3%89TICA.pdf>

## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CONSUMO DE ENERGIA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE BALDOSA CERAMICA EN COLOMBIA

La industria cerámica nacional se calculó los consumos específicos promedio, discriminados en energía eléctrica, energía térmica y energía total, como se observa en la ilustración 20 y la tabla 2.

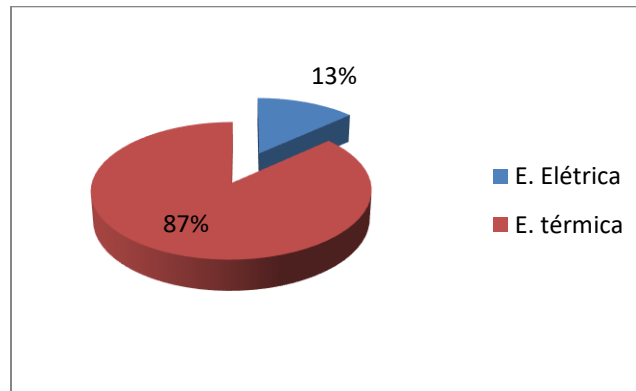


Ilustración 20 Distribución del consumo energético en Colombia (Fuente: Corona, 2013)

E. TERMICA MJ/Ton	E. ELECTRICA MJ/Ton	E. TOTAL MJ/Ton
4098	629	427

Tabla 2 Distribución del consumo energético en Colombia MJ/Ton (Fuente: corona, 2013)

### 4.2 CONSUMO DE ENERGIA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE BALDOSA CERAMICA EN OTROS PAISES

En la ilustración 21 se representa gráficamente la distribución del consumo final de energía del sector de fabricación de baldosas cerámicas en España.

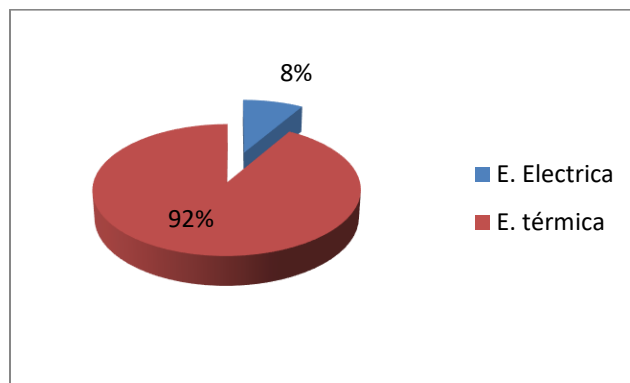
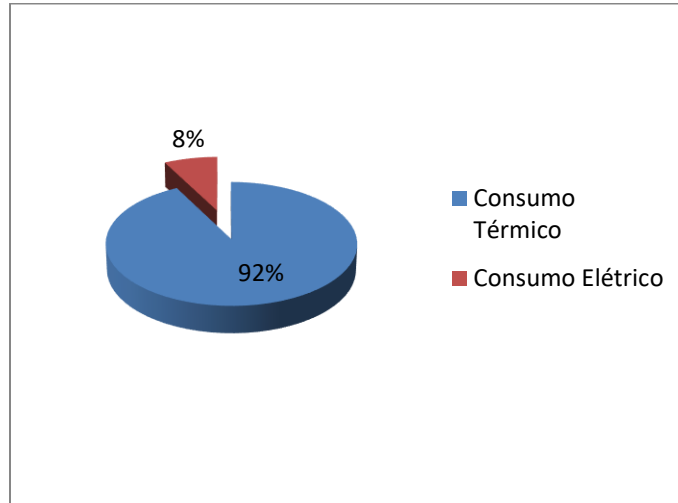


Ilustración 21 Distribución del consumo energético en España (Fuente: Corona, 2013)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En la ilustración 22 el consumo de energía iniciales involucradas en la fabricación de baldosas de cerámica en Brasil.



*Ilustración 22 Distribución del consumo energético en Brasil (Fuente: Corona, 2013)*

En las ilustraciones 20, 21 y 22, se puede ver que en Colombia tiene menor consumo de energía térmica esto se debe a que en Colombia se utilizan sistemas de monococción (cocción y secado en el mismo horno), y en algunos casos sistemas de recuperación de calor; en las ilustraciones 20, 21 y 22, también se puede ver que en Colombia tiene mayor consumo de energía eléctrica, esto se debe a la tecnología de segunda que en Colombia es utilizada, y los cambios por averías de motores que no cumplen con las especificaciones establecidas para la función a desarrollar.

#### **4.3 COMPARACION DEL CONSUMO ESPECÍFICO NACIONAL DE ENERGÍA CON INDICADORES INTERNACIONALES**

Los indicadores de energía térmica dependen básicamente del producto y del tipo de horno empleado. En el ámbito internacional, se tienen rangos establecidos fundamentalmente para sistemas de bicocción (hornos para cocción y hornos para secado). Con el fin de hacer la comparación de los consumos específicos de Colombia con rangos internacionales, se clasificó la industria como se aprecia en la tabla 3.

PRODUCTO	CONSUMO NACIONAL (MJ/Ton)	CONSUMO INTERNACIONAL (MJ/Ton)
Baldosa-Piso sanitarios	3.434	8.400-16.400

*Tabla 3 Consumo energético de energía térmica nacional e internacional (Fuente: Corona, 2013)*

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En la industria cerámica del país, los indicadores del consumo están dentro de los rangos internacionales e incluso son menores que ellos. Eso se debe a que desde hace algunos años en la industria nacional de vajillas, loza azulejos pisos y sanitarios se utilizan tecnologías como la monococción (cocción y secado en el mismo horno).

En la tabla 4 vamos a comparar con varias industrias colombianas con países como Italia, Brasil y China del sector cerámica las cuales llamaremos A, B, C, D, E.

PLANTA	ATOMIZACION	SECADO	COCCION	TOTAL
Italiana vía húmeda	480	100	690	1270
Brasilera vía húmeda	418	172	593	1183
Brasilera vía seca		193	464	657
China	269	80	650	1000
A	436	115	781	1332
B	427	153	745	1325
C	422	116	670	1208
D		115	781	896
E		211	1421	1632

*Tabla 4 Comparación consumo térmico Kcal/Kg, en cada uno de los procesos de la industria cerámica (Fuente: Corona, 2013)*

Hay un dato general que dice que el consumo térmico promedio en la industria cerámica en hornos (cocción) es de 466 Kcal/kg y en secado es de 152 Kcal/kg. (Corona, 2013)

Se sabe que, en Italia, los costos de energía representan aproximadamente el 23% del coste medio total del producto. En Colombia, está entre un 12% y un 20%, esto dependiendo de la tecnología y el precio de los energéticos en la región. Por ejemplo en Colcerámica La Estrella Antioquia, es de 18%. (Corona, 2013)

En la ilustración 23 se muestra el consumo térmico específico en Kcal/Kg procesado, en comparación con otros países.

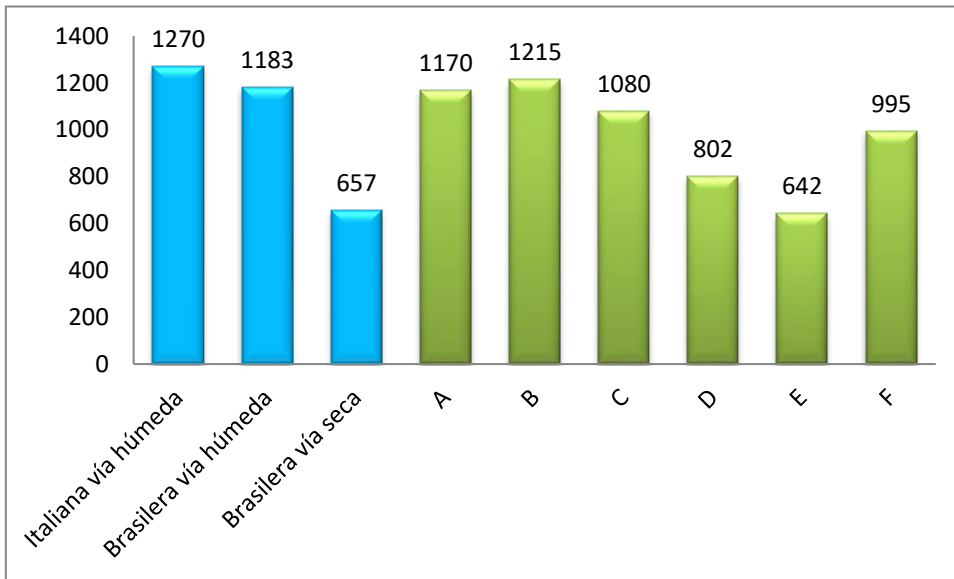


Ilustración 23 Consumo térmico en Kcal/Kg procesado, comparativo-referencia con otros países (Fuente: Corona, 2013)

En la ilustración 23 se puede determinar que la vía seca es mucho más económica que la húmeda, y la industria D y E tienen proceso de vía seca en Colombia.

La vía húmeda brasileña es igual a la italiana en los valores del consumo térmico total.

El coste de la energía térmica es uno de los costes productivos más significativos en la fabricación de baldosas cerámicas, y las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de esta actividad industrial son significativas.

El consumo energético de los hornos, secaderos y atomizadores de la industria de fabricación de baldosas se pueden ver según el tipo de producto producido, las características de los equipos, las etapas de los procesos productivos y las tecnologías de fabricación.

Las empresas del sector cerámico de todo el mundo realizan de forma continua esfuerzos para mejorar la eficiencia energética en su proceso y es de interés sectorial implantar sistemas que mejoren la eficiencia energética optimizando el consumo energético y consiguiendo a su vez ser más competitivos. La modificación más importante en el proceso de fabricación se produjo a principios de la década de los 80 con el abandono de los combustibles tradicionales en favor del uso del gas natural. Este cambio permitió la instalación de hornos de rodillo que acortaron los ciclos de cocción.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

#### **4.4 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS MAS CONSUMIDORES DE ENERGIA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE BALDOSAS CERAMICAS EN ESPAÑA**

Una de las características del sector cerámico es el elevado consumo de energía térmica que se requiere en la obtención de los diferentes productos. En efecto, el proceso de fabricación de materiales cerámicos consta de diversas etapas en las que el consumo de energía en forma de gases calientes es muy alto. Estas etapas son, principalmente, el secado de las piezas ya moldeadas y crudas, y su posterior cocción.

Dependiendo del producto fabricado, la cocción puede realizarse en un único paso, o deben realizarse varias cocciones hasta la obtención del producto final. En este último caso, el consumo de energía por unidad de producto es mayor.

En el proceso productivo utilizado mayoritariamente la preparación de las materias primas se realiza en vía húmeda, el conformado de las baldosas se realiza por prensado, y la cocción del soporte y del esmalte se efectúa de manera conjunta, por monococción.

Una característica peculiar de la industria del sector de fabricación de baldosas cerámicas, es que las industrias utilizan dos vías de procesado distintas para la fabricación de sus productos: “vía húmeda” y “vía seca”, siendo el 69% de productos fabricados por vía seca y el 31% por vía húmeda. (Monfort, 2011)

Los productos fabricados principalmente por el sector cerámico de baldosas comprenden: azulejos, que son baldosas que presentan una elevada absorción de agua (>10%), utilizadas para el revestimiento de paredes, gres esmaltado, que tiene una absorción de agua menor que el azulejo (<3%), también denominado pavimento, adecuado para suelos tanto interiores como exteriores, y gres porcelánico, producto con una muy baja absorción de agua (<0,5%), que se utiliza tanto para suelos como para fachadas, interiores o exteriores, y se fabrica tanto pulido como sin pulir, esmaltado y sin esmaltar. (Monfort, 2011)

Los productos obtenidos por vía seca, en general, son baldosas cerámicas esmaltadas que presentan una absorción de agua entre el 6 y el 10% y soportes de coloración roja en cocido. El procesado del material por vía seca se caracteriza por la preparación de la composición cerámica por molienda en seco (~5% de humedad), prensado (~9% de humedad) y monococción rápida (20 – 30 min.). (Monfort, 2011)

Tanto los azulejos como los productos gresificados pueden obtenerse a partir de arcillas de coloración roja o blanca en cocido. Por ejemplo en España Durante el año 2008, el 41% de la producción fueron azulejos, el 35% gres esmaltado, y casi el 20% de la producción fueron baldosas de gres porcelánico. (Monfort, 2011)

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Todas las etapas del proceso de fabricación de baldosas consumen energía eléctrica, así como las instalaciones auxiliares: compresores, sistemas de depuración, iluminación, etc. El consumo de energía térmica sólo se produce en las etapas que comprenden el secado del producto o la cocción.

El consumo específico medio de energía desglosado por etapas del proceso de fabricación de baldosas prensadas, se muestra en la tabla 5, referido a la masa de producto cocido. El consumo térmico se ha calculado considerando el poder calorífico superior del combustible, y que los equipos funcionan en estado estacionario.

Etapa del proceso	Consumo eléctrico (KWh/t)	Consumo térmico (PCS) (KWh/t) (*)
Atomización	7,3 ± 0,3	510 ± 23
Prensado	15,0 ± 1,3	-
Secado	11,2 ± 0,9	125 ± 12
Molienda esmaltes	4,1 ± 0,4	-
Esmaltado	9,2 ± 0,9	-
Cocción	20,7 ± 1,2	793 ± 14
Pulido y rectificado	46,4 ± 8,6	-
Clasificación	3,0 ± 0,4	-
Sistemas de depuración	14,4 ± 1,0	-
Alumbrado	6,5 ± 0,5	-
Generación de aire comprimido	12,6 ± 1,2	-
Oficinas	3,1 ± 0,6	-

*Tabla 5 Consumos específicos medios de energías por etapas, en el proceso de fabricación de baldosas prensadas (KWh/t) (Fuente: Monfort, 2011)*

El consumo específico medio de energía térmica desglosado por etapas del proceso de fabricación de baldosas extrudidas, se muestra en la tabla 6, referido a la masa de producto cocido. El consumo térmico se ha calculado considerando el Poder Calorífico Superior del combustible, y que los equipos funcionan en estado estacionario.

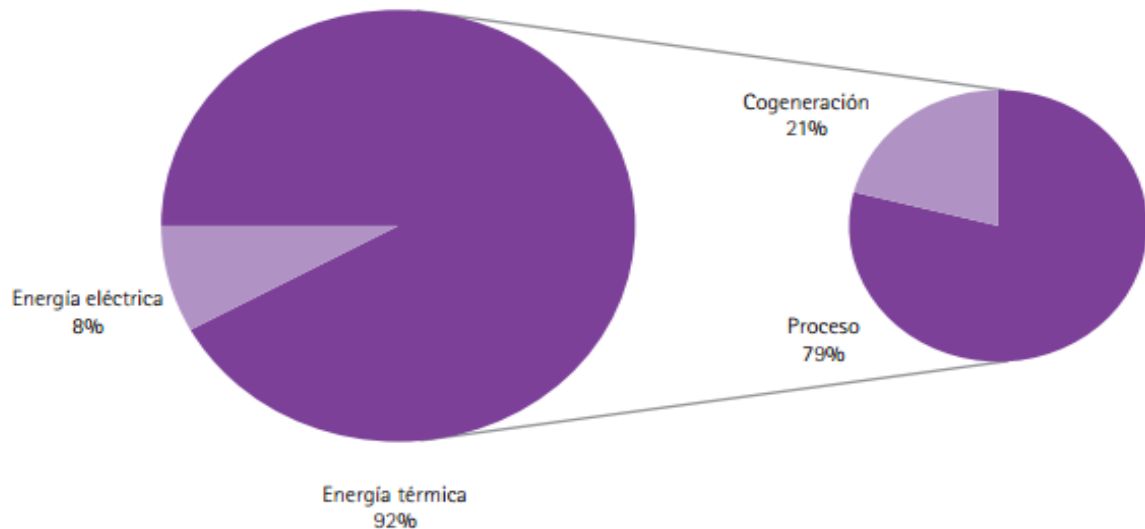
Etapa del proceso		Consumo térmico (PCS) (KWh/t) (*)
Secado		67 ± 14
Cocción	En horno túnel	777 ± 61
	En horno de rodillos	1.145 ± 132

*Tabla 6 Consumo específico medio de energía térmica por etapas en el proceso de fabricación de baldosas extrudidas (KWh/t) (Fuente: Monfort, 2011)*

En el sector de fabricación de baldosas cerámicas y gránulo atomizado, se consume energía eléctrica en todas las etapas, y energía térmica en las etapas de atomización, secado y cocción, principalmente, y en las instalaciones de cogeneración. Puede existir consumo de energía térmica de otra naturaleza como puede ser, por ejemplo, en la etapa de paletización y flejado, en algunas

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

aplicaciones decorativas de la etapa de esmaltado, en secaderos de producto rectificado o pulido, calefacción de algunas zonas o en la obtención de agua caliente sanitaria, pero la cantidad de energía empleada en estos usos es mucho menor que la empleada en las principales etapas de fabricación mencionadas anteriormente; la distribución de la demanda de energía final en el sector de fabricación de baldosas cerámicas la observamos en la ilustración 24.



*Ilustración 24 Distribución de la demanda de energía final en el sector de fabricación de baldosas cerámicas (Fuente: Monfort., 2011)*

El consumo energético en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas (demanda de energía final) asciende a 15.528 GWh/año, lo que equivale a 1.338,62 ktep/año. Por tanto, el consumo energético de este sector productivo supone el 43 % del consumo de los sectores industriales. (Monfort, 2011)

La cantidad de energía eléctrica y térmica consumida por las empresas depende del tamaño y de la producción de cada empresa. Así, las empresas que tengan una producción mayor consumirán, por lo general, más energía. Sin embargo, el consumo energético depende también del producto fabricado, de la tecnología utilizada en cada caso, del grado de automatización del proceso productivo, y de la gestión de la producción llevada a cabo por la empresa.

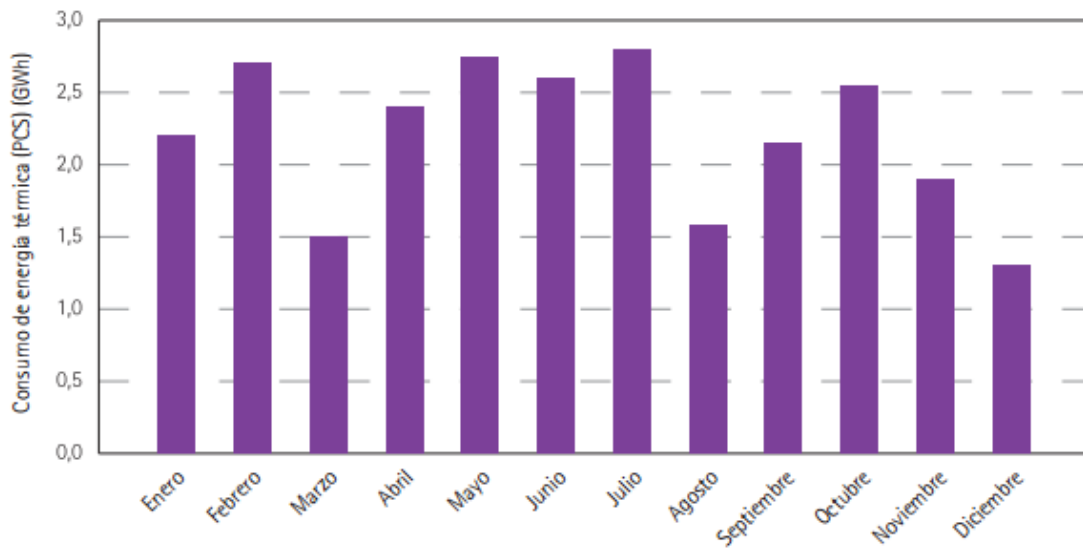
A modo de ejemplo, en la figura se muestra el consumo mensual de energía térmica y eléctrica de una empresa de tamaño medio, cuya actividad es la fabricación de baldosas cerámicas. La producción total anual de esta empresa es de aproximadamente 1,5 millones de m<sup>2</sup> de baldosas cerámicas conformadas por prensado (Monfort, 2011).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

El funcionamiento de las empresas fabricantes de baldosas cerámicas suele ser continuo a lo largo del año, con cortas paradas de producción, que coinciden generalmente con las vacaciones de Semana Santa, verano y Navidad.

El consumo energético de las empresas del sector cerámico depende de la tecnología utilizada, de su grado de automatización y de la gestión que se realice de la producción (pocos lotes grandes o muchos lotes pequeños, paradas en fin de semana, etc.). En las ilustraciones 25 y 26 se indican los valores medios de consumos energéticos por unidad de producto fabricado para tres tipologías de empresas diferentes:

- Empresas fabricantes de gránulo atomizado como producto único.
- Empresas fabricantes de baldosas cerámicas conformadas mediante prensado, que no disponen de sistemas de cogeneración.
- Empresas fabricantes de baldosas cerámicas conformadas mediante extrusión, que no disponen de sistemas de cogeneración.



*Ilustración 25 Distribución mensual del consumo de energía térmica en una empresa fabricante de baldosas cerámicas de tamaño medio (Fuente: Monfort, 2011)*

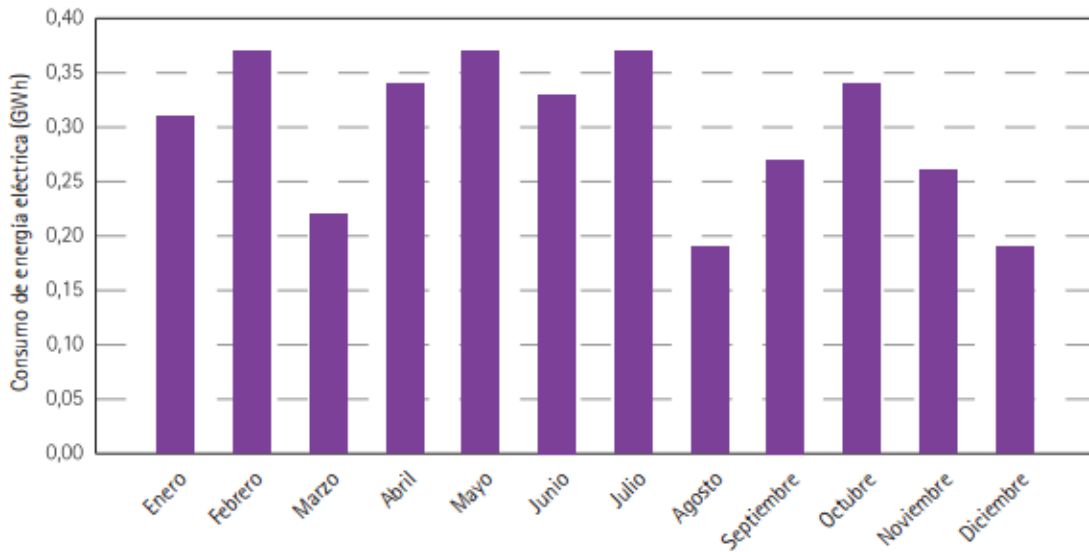


Ilustración 26 Distribución mensual de energía eléctrica en una empresa fabricante de baldosa cerámica de tamaño medio (Fuente: Monfort, 2011)

Los consumos específicos medios de energía en empresas del sector cerámico se muestran en la tabla 7.

Tipo de empresa	Consumo energía eléctrica		Consumo energía térmica (PCS)	
Fabricante de granulo atomizado	51,8 KWh/t solido seco		452 KWh/t solido seco	
Fabricante de baldosas cerámicas prensadas	109 KWh/t cocido	2,13 KWh/m2 cocido	960 KWh/t cosido	18,8 KWh/m2 cocido
Fabricante de baldosas cerámicas extrudidas	160 KWh/t cocido		2,109 KWh/t cocido	

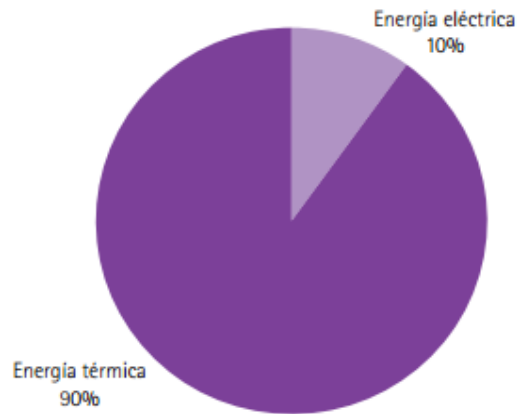
Tabla 7 Consumos específicos medios de energía en empresas del sector cerámico (Fuente: Monfort, 2011)

En general, el proceso de fabricación de baldosas cerámicas consume más energía térmica que eléctrica. Los valores medios obtenidos en los tres tipos de empresas del sector cerámico consideradas indican que el 90 % de la energía consumida corresponde a energía térmica (en forma de gas natural) y el restante 10 %, corresponde al consumo de energía eléctrica. (Monfort, 2011)

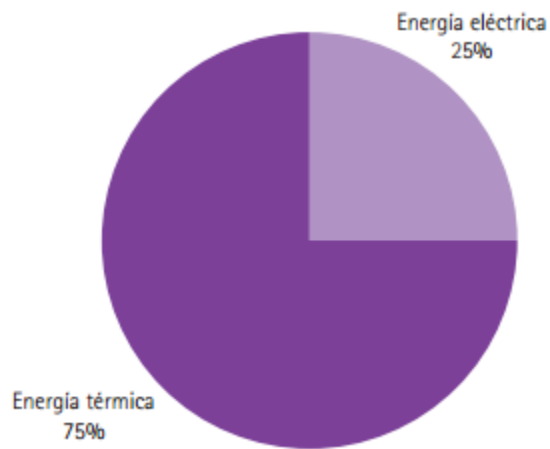
Debido a que el coste de la energía eléctrica es superior al coste de la energía térmica, la distribución de los costes energéticos difiere de la distribución de consumos indicada anteriormente.

En las ilustraciones 27 y 28 se muestra la distribución del consumo de energía eléctrica en las principales etapas del proceso de fabricación de baldosas cerámicas prensadas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



*Ilustración 27 Distribución del consumo de energía eléctrica y térmica en empresas del sector cerámico (Fuente: Monfort, 2011)*



*Ilustración 28 Distribución del coste de energía eléctrica y térmica en empresas del sector cerámico (Fuente: Monfort, 2011)*

En la ilustración 29 se muestra la distribución del consumo de energía eléctrica en las principales etapas del proceso de fabricación de baldosas cerámicas prensadas.

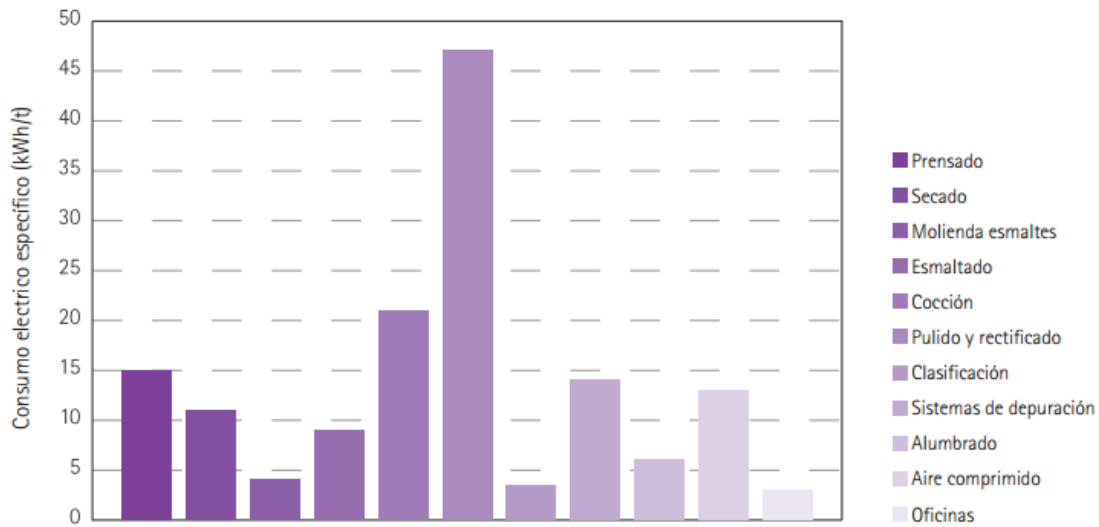


Ilustración 29 Distribución del consumo de energía eléctrica en las principales etapas del proceso de fabricación de baldosas cerámicas prensadas (Fuente: Monfort, 2011)

El consumo de energía es elevado debido a la gran cantidad de maquinaria involucrada en el proceso, en este factor influye el grado de mecanización que tenga la instalación analizada ya que, existen muchos subprocesos que en muchas empresas realizan sin mecanización, sino mediante operarios que se encargan de llevarlos a cabo. Hay que destacar la gran influencia de los costos energéticos en el precio final del producto, oscilando entre el 25 y el 40% según el tipo de producto y de tecnología. (Monfort, 2011)

En la tabla 8 se muestran los tipos de energía más utilizados, y se realiza una valoración del consumo respecto al total de la instalación.

Proceso	Energía	Nivel de consumo	Equipamiento
Molienda	Eléctrica	Moderado	Trituradora de arcilla
Amasado	Eléctrica	Moderado	Amasadora
Moldeo	Eléctrica	Moderado	Extractora
Secado	Térmica	Moderado	Quemadores
Cocción	Térmica	Muy significativo	Hornos de cocción

Tabla 8 Tipos de energía más utilizados (Fuente: Campos, 2010)

Los datos de la tabla corresponden a una empresa donde el transporte del material por la planta y su posterior preparación para distribución está mecanizado, y por lo tanto existe un consumo de electricidad por parte de la maquinaria involucrada. Un factor muy importante en el sector y que influye en el consumo de energía térmica es el combustible utilizado en los procesos de combustión

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

ya que cada combustible tiene sus características, y por lo tanto, tendrán diferente comportamiento energético durante la combustión.

#### **4.5 PRINCIPALES COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN EL SECTOR DE MANUFACTURA DE BALDOSA CERAMICA**

La tendencia generalizada en el proceso de fabricación de baldosas, en cuanto al uso de combustibles, ha sido ir sustituyendo los combustibles líquidos y sólidos por gas natural. Las principales razones que justifican esta importante modificación en el proceso productivo son la mejora de la calidad del producto, el incremento de la eficiencia energética de los procesos y la reducción de las emisiones contaminantes al aire ambiente.

En el caso concreto del subsector de baldosas cerámicas, en la mayoría de los procesos industriales la energía térmica necesaria se obtiene mediante la combustión de gas natural en quemadores. El precio del gas natural ha experimentado un importante aumento en los últimos años, y la tendencia sigue siendo ascendente. Los costes energéticos totales (térmico y eléctrico) suponen entre el 17 y el 20% de los costes directos medios de fabricación, por lo que cualquier acción encaminada a reducir el consumo de energía en las instalaciones industriales conducirá a un aumento de la competitividad de las empresas. (Campos, 2010)

Como consecuencia de la expansión del sector la demanda de combustibles para la generación de energía térmica, utilizada en varias etapas del proceso productivo (secado, atomización y cocción), ha aumentado significativamente, siendo un indicador directo del aumento de la producción.

El combustible más utilizado por las industrias de baldosas cerámicas para la generación de energía térmica es el gas natural, combustible fósil cuya combustión produce la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El CO<sub>2</sub> es uno de los gases de efecto invernadero responsables del cambio climático y del calentamiento global del planeta. Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de fabricación de baldosas tienen dos orígenes:

- 1) Emisiones de combustión, que son las emisiones producidas durante la reacción exotérmica de combustión entre el combustible y el comburente.
- 2) Emisiones de proceso, que son las emisiones originadas durante la etapa de cocción por la descomposición de los carbonatos presentes en las materias primas, y por la descomposición de la materia orgánica presente en las piezas, tanto en el soporte como en las aplicaciones serigráficas.

El uso de un combustible u otro en la industria de fabricación de productos cerámicos estructurales dependerá de diferentes factores:

- Disponibilidad.
- Distribución e infraestructura.
- Precio.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Eficiencia ambiental.
- Eficiencia energética.

Por otro lado, la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto a nivel mundial provoca que, los estados que se encuentran bajo su radio de acción, deban reducir las emisiones de contaminantes que contribuyen al efecto invernadero y por lo tanto, el tipo de combustible que se consume, y como es este consumo, se convierten en factores determinantes para la empresa. En la tabla 9 se presentan algunos aspectos de la utilización de diferentes combustibles en la producción de baldosas.

Combustible	PCI (Kcal/Kg)	Procesos en que se utiliza	Eficiencia energética	Resultados económicos
Gas natural	11.600	Cocción Calderas Auxiliares Secado Cogeneración	En general, ofrece un buen rendimiento durante la combustión	Su precio varía en función del precio del petróleo
Coque de petróleo	7.700	Cocción	En general ofrece un buen rendimiento durante la combustión	Precio menor que el resto de los combustibles. Puede variar en función del contenido de azufre, y el HGI
Coque micronizado	8.300	Cocción	El tamaño de partícula junto con la circulación del aire en el horno provoca que el reparto de calor sea más equivalente provocando un buen rendimiento	El precio del micronizado se sitúa por encima del coque de petróleo y por debajo del resto de combustibles
Fuel	9.700	Cocción Cogeneración	Su baja temperatura de ignición provoca que deba calentarse previamente. Su comportamiento en combustión es bueno	Costo elevado. Su precio fluctúa en función del precio del petróleo
Carbón	Depende del tipo de carbón	Cocción	Su bajo PCI junto con una generación de cenizas elevada hacen que su eficiencia sea baja	Su precio se sitúa entre el coque de petróleo y el gas
Biomasa	2.831 – 4.541	Cocción Secado	Su bajo PCI hace que su eficiencia energética sea baja	Su costo es elevado y variable debido principalmente a su disponibilidad

Tabla 9 Características de los combustibles (Fuente: Campos 2010)

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Una vez analizadas las principales características de los combustibles más utilizados del sector, se recogen las principales ventajas e inconvenientes de cada uno, que se muestran en la Tabla 10.

Combustible	ventajas	Inconvenientes
Gas natural	Emisiones al aire menores que el resto de combustibles PCI elevado Transporte cómodo y limpio	Precio elevado La infraestructura necesaria no llega a todas las instalaciones
Coque de petróleo	Precio bajo Se puede mezclar con las arcillas Disponibilidad	Se puede producir la emisión de partículas en el transporte y almacenamiento Emisiones al aire moderadas Elevado contenido de azufre (aunque las emisiones son catalizadas en el proceso)
Coque micronizado	Precio bajo El transporte y almacenamiento no genera la emisión de partículas PCI más elevado que el coque convencional Disponibilidad	Emisiones al aire moderadas Elevado contenido de azufre (aunque las emisiones son catalizadas en el proceso)
Fuel	PCI elevado Almacenamiento y transporte sin generación de emisiones	Emisiones al aire significativas en la combustión Precio elevado Complejidad de manipulación en la precombustión Peligrosidad en el almacenamiento en instalaciones antiguas
Carbón	Precio medio Disponibilidad	Emisiones al aire elevadas El almacenamiento y transporte puede generar una emisión de partículas elevada
Biomasa	No computa a nivel de emisiones de CO <sub>2</sub> (ventaja respecto al protocolo de kyoto) Su utilización es primada en muchos países	Precio elevado Disponibilidad intermitente Generalmente no se utiliza en el proceso de cocción

Tabla 10 Ventajas e inconvenientes de la utilización de los distintos combustibles en el sector de la cerámica (Fuente: Campos, 2010)

#### 4.6 EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO EN LA PRODUCCION DE BALDOSA CERAMICA EN ESPAÑA

Las emisiones totales de dióxido de carbono originadas en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas se estiman, en 2008, en 2,889 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, de las cuales 0,277 (9,6%) proceden de la descomposición de los carbonatos presentes en las composiciones de azulejos y de

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

gres, y el 2,612 restantes proceden de la combustión del gas natural, principal combustible utilizado en la fabricación de baldosas cerámicas. (Monfort, 2011)

Las emisiones de dióxido de carbono generadas durante la fabricación de baldosas cerámicas se dividen en dos grupos:

**Emisiones de combustión:** son las emisiones producidas durante la reacción exotérmica de combustión entre un combustible fósil y oxígeno.

**Emisiones de proceso:** son las emisiones que se producen como resultado de las reacciones de descomposición de los carbonatos presentes en las materias primas durante la etapa de cocción.

La cantidad de carbonatos presente en las materias primas es función del tipo de composición cerámica. Así, las composiciones de azulejo suelen presentar contenidos en carbonatos situados entre el 10 % y el 15 % en peso, mientras que las de gres tienen un contenido en carbonatos inferior al 5 %. Las composiciones de gres porcelánico presentan un contenido en carbonatos inferior al 0,5%. (Monfort, 2011)

La distribución de la producción por tipo de producto y el contenido medio en carbonatos de la composición de cada producto, se muestran en la tabla 11. Los carbonatos presentes en las composiciones utilizadas en la fabricación de baldosas son carbonatos de calcio (calcita), de magnesio (magnesita) o de calcio y magnesio (dolomita).

<b>Producto</b>	<b>Producción (millones m2)(*)</b>	<b>Contenido de carbonatos (%)</b>
Azulejos	204,2	13
Pavimento esmaltado	175,1	3,2
Gres porcelánico	97,9	< 0,5
Baldosas extrudidas	17,6	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>494,7</b>	<b>-----</b>

*Tabla 11 Producción por tipo de producto y contenido medio en carbonatos (Fuente: Monfort, 2011)*

En la tabla 12 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> totales en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas, distinguiendo entre emisiones debidas a la combustión del gas natural y las debidas a las reacciones de descomposición de carbonatos.

Las emisiones debidas a la combustión se han dividido a su vez en emisiones procedentes del gas natural consumido destinado a la producción de energía térmica en forma de gases calientes. En la realización de los cálculos se ha considerado el factor de emisión (56 tCO<sub>2</sub>/TJ y el poder calorífico del gas natural (38,79 MJPCI/m<sup>3</sup> N) indicados en el Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (1990 – 2005). En la tabla 11 no se han incluido las emisiones de dióxido de carbono asociadas al consumo de gas natural de los sistemas de cogeneración no destinado a la generación de energía térmica, que se estiman en torno a 274.000 t CO<sub>2</sub>/año. Este valor se obtiene considerando un rendimiento térmico medio de los sistemas de cogeneración del 68 %.(Monfort, 2011)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

		<b>Emisiones de CO2 (miles de t CO2)</b>
Combustión	Etapas del proceso	2.020
	Cogeneración	592
	Total	2.612
Proceso		277
Total		2.889

Tabla 12 Distribución de las emisiones de CO2 en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas (Fuente: Monfort, 2011)

La distribución de las emisiones de dióxido de carbono que se muestra en la tabla 12 se ha representado gráficamente en la ilustración 30.

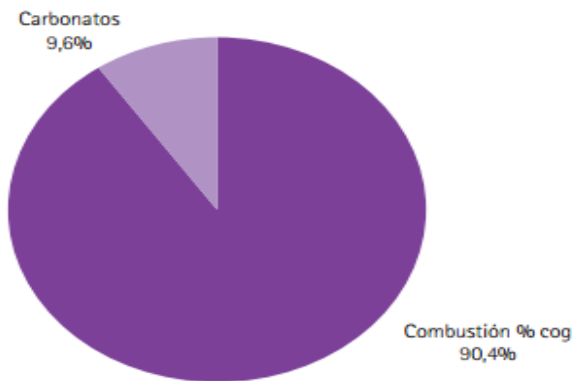


Ilustración 30 Distribución de las emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas (Fuente: Monfort, 2011)

Como puede observarse en la Ilustración 30, el 90 % de las de dióxido de carbono generadas en el sector cerámico se deben a la combustión de gas natural, utilizado para la generación de energía térmica y para la cogeneración. El restante 10 % corresponde a las emisiones debidas a la descomposición de los carbonatos durante la etapa de cocción. De estas emisiones, la mayor parte se deben a la fabricación de azulejos, por ser el tipo de composición con mayor contenido en carbonatos. (Monfort, 2011)

Las emisiones específicas de dióxido de carbono, es decir, la cantidad (kg) de CO2 emitida por cada metro cuadrado de baldosa fabricada, se ha reducido, esta reducción ha sido posible debido a los cambios tecnológicos que se han producido en el sector en las dos últimas décadas, orientados a realizar un uso más eficiente de la energía.

En la tabla 13 se muestran los valores medios de emisiones de dióxido de carbono generadas en las etapas de atomización, secado y cocción de baldosas cerámicas conformadas mediante prensado,

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

distinguiendo en el caso de las emisiones de cocción, entre las emisiones generadas durante la combustión y las emisiones de proceso

Etapa del proceso	Emisiones de combustión (*)	Emisiones de proceso (*)	Total
Atomización	93 ± 4	-	93 ± 4
Secado	23 ± 2	-	23 ± 2
Cocción	145 ± 3	25 ± 4	170 ± 5
Total	261 ± 9	25 ± 4	286 ± 11

Tabla 13 Emisiones medias de dióxido de carbono desglosadas por etapas, en la fabricación de baldosas prensadas (kg CO<sub>2</sub>/t cocido) (Fuente: Monfort, 2011)

En la tabla 14 se muestran los valores medios de emisiones de dióxido de carbono generadas en las etapas de secado y cocción de baldosas cerámicas conformadas mediante extrusión:

Etapa del proceso		Emisiones (*)
Secado		12 ± 2
Cocción	En horno túnel	142 ± 11
	En horno de rodillos	209 ± 24

Tabla 14 Emisiones medias de dióxido de carbono desglosadas por etapas, en la fabricación de baldosas extrudidas (kg CO<sub>2</sub>/t cocido) (Fuente: Monfort, 2011)

#### 4.7 MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA PRODUCCION DE BALDOSA CERAMICA EN COLOMBIA

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.

El creciente costo de la energía obliga a reconsiderar la idoneidad de los procesos y equipos utilizados en la industria cerámica. Con un menor consumo de energía siempre hay un menor impacto ambiental. Este impacto dependerá del tipo de energía que se consuma y de la que se ahorre y se diversifique.

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas consume gran cantidad de energía, mayoritariamente energía térmica, que se obtiene de la combustión de gas natural. El incremento

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

del coste de este combustible, así como la situación económica actual, hace que este coste sea crítico para las empresas y pueda mermar su competitividad.

El proceso de cocción de las baldosas cerámicas en hornos de rodillos no destaca precisamente por el aprovechamiento de la energía utilizada, pues aproximadamente el 50 % se pierde a través de las chimeneas de humos y de enfriamiento del horno. (Campos, 2010)

Todos los sectores de la industria cerámica muestran un consumo intensivo de energía ya que una parte fundamental del proceso es el secado seguido de la cocción a temperaturas comprendidas entre 800 y 2000°C (Campos, 2010). En la actualidad, se utilizan principalmente para la cocción el gas natural, el gas licuado de petróleo (propano y butano) y el fuelóleo EL, mientras que el fuelóleo pesado, el gas natural licuado (GNL), el biogás/la biomasa, la electricidad y los combustibles sólidos (p. ej., carbón y el coque de petróleo) pueden utilizarse asimismo como fuentes de energía para los quemadores.

Muchas industrias cerámicas han instalado quemadores en vena de aire a gas, que satisfacen la demanda de aire caliente del secadero de forma más limpia y eficaz, y permiten mayor facilidad de regulación del proceso de secado y mayor calidad del producto final. Así, este equipo energético ha permitido mejorar su competitividad y contribuir a su modernización tecnológica. Los quemadores laterales de alta velocidad a gas del horno túnel mejoran el precalentamiento del material y permiten aumentar la producción y la calidad del producto.

El rendimiento térmico de un horno túnel es superior al 70-75%, referido al calor de combustión y al PCI del combustible, bastante mayor que el valor del horno Hoffmann, que oscila entre el 50 y el 55%. Algo parecido ocurriría con el secadero: el rendimiento de un secadero de cámaras es del 45-55%, mientras que el de un secadero túnel es del 70% o superior. (Campos, 2010)

#### **Medidas de ahorro energético en la cocción**

La cocción es la operación de mayor importancia en la fabricación de productos cerámicos desde los puntos de vista energético y económico. Se puede lograr un ahorro energético considerable eligiendo el sistema de cocción y el horno adecuados, modificando las materias primas, mejorando la transmisión de calor en el interior del horno y reduciendo las pérdidas de calor.

#### **Medidas de ahorro energético en el moldeo**

Las técnicas de ahorro energético en el moldeo tienden a disminuir el contenido en agua en las piezas producidas manteniendo la plasticidad requerida por el equipo.

Como mejoras de mayor interés pueden citarse:

- **Aditivos.** Se puede mejorar la plasticidad de las arcillas naturales y por tanto moldear piezas con un menor contenido en agua si se utilizan determinados aditivos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Regulación automática. El control de la adición del agua de amasado a la pasta, evita un contenido excesivo de agua en las piezas moldeadas, que luego repercutiría en un aumento del consumo energético del secado.
- Extrusión al vapor. La extrusión al vapor permite lograr la plasticidad requerida por el equipo con un menor contenido en agua.
- Prensado en seco. El prensado en seco es el sistema de moldeo que produce piezas con un menor contenido en agua. Cuanto menor es el contenido en agua de las piezas moldeadas, menor es el calor teórico de secado.
- Utilización de Aditivos.

El empleo de aditivos tiene por objeto aumentar al máximo la permeabilidad de las piezas para facilitar la migración del agua hacia la superficie. De esta manera se evita la formación de grietas y se disminuye la duración del secado.

El ahorro energético conseguido con estas mejoras se puede cifrar en un rango de un 5 -10% del consumo del secadero. (Campos, 2010)

### **Recuperación del calor sensible de los humos de hornos**

Los gases de combustión de un horno contienen una cierta energía, pues su nivel de temperatura es del orden de 100 -140°C (Campos, 2010). Es lógico ahorrar costes recuperando parte de esta energía en otras etapas del proceso donde se pueda utilizar. El objetivo es aumentar la eficacia energética global del proceso. Ahora bien, no todo el calor es recuperable, pues depende, entre otras cosas, de la temperatura de salida de los humos, de su contenido de azufre y de la carga del horno. El aprovechamiento de este calor residual puede ser básicamente:

- Precalentamiento y presecado del material alimentado al prehorno (si existe).
- Utilización directa en el secadero, en caso de hornos a gas natural.
- Precalentamiento del aire de combustión (mediante intercambio indirecto).

El sistema está formado por una tubería que conecta las dos instalaciones junto con un sistema de ventilación del aire caliente (recuperador), que es transportado dentro del recinto del secadero, y una vez dentro es redistribuido mediante los ventiladores que existen en su interior.

El aire que se utiliza está libre de carga contaminante ya que se recoge de la zona final del horno y las principales emisiones se producen en la zona central que son aspiradas y emitidas al exterior mediante un foco emisor (que deberá contener un filtro para asegurar unas emisiones de contaminantes lo más bajas posibles).

El ahorro esperado oscila entre el 2 y 6% del consumo global del horno para el aprovechamiento de los gases del horno y del orden del 1-5% del consumo global del horno en la recuperación del calor residual. (Campos, 2010)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En los hornos túnel hay calores residuales que tienen suficiente nivel térmico para ser aprovechados en el proceso. Por ejemplo, el calor de refrigeración de la bóveda y de las vagonetas del horno, sale en forma de una corriente de aire a 100-120°C, que se puede aprovechar en el prehorno (si existe) o en la propia caja de mezclas, mezclándolo con el aire de recuperación directa, o aprovecharse como aire de combustión en las boquillas del horno. El ahorro esperado es del orden del 1-5% del consumo global del horno. (Campos, 2010)

### **Utilización de Sistemas de Control**

Las características especiales del secado de piezas cerámicas y la necesidad de mantener rigurosamente unas condiciones determinadas de humedad y temperatura configuran el secado como una operación donde tienen un amplio campo de aplicación los sistemas de regulación automática. El empleo conduce a una reducción del consumo energético del secado debido a que permite un mayor ajuste a las condiciones de secado ideal reduciéndose la duración del secado y aumentando la calidad de las piezas (disminuye el índice de roturas).

### **Instalación de quemadores de alta velocidad en el horno**

La colocación de quemadores de alta velocidad en las paredes laterales en la zona de precalentamiento de un horno túnel, permite una mayor homogeneidad de temperaturas entre la parte alta y la parte baja de los paquetes de ladrillos, de esta manera la cocción del material es más rápida y efectiva.

Mediante la instalación de este tipo de quemadores, se reduce tanto la duración del ciclo de cocción (con el consiguiente aumento de productividad entre un 20 y un 30 %) como el consumo específico del horno (en aproximadamente un 5%). (Campos, 2010)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- En la producción de baldosas, después de analizar los diferentes procesos de manufactura de baldosas en Colombia y comparándolos con otros países, se puede determinar que el proceso no tiene cambios significativos, tiene las mismas directrices según el producto a fabricar, ya que las empresas colombianas importan tecnologías de otros países como Inglaterra y países de la Unión Europea.
- Analizando los dos procesos utilizados (vía seca y vía húmeda) en la manufactura de baldosa cerámica se puede identificar que el proceso de mayor consumo de energía térmica, es el proceso por vía húmeda, ya que en este proceso se debe sacar la humedad a la baldosa por medio del secado y la cocción; Colombia está en el promedio de consumo específico de energía térmica comparados con otros países como Italia y Brasil, alrededor de 1215 Kcal/Kg.
- En Colombia las tecnologías importadas pueden ser nuevas o de segunda, no solo en empresas de manufactura de baldosas sino también en empresas de otra índole.
- Las tecnologías de segunda son modificadas con tecnología nueva así como la ya existente, un ejemplo claro es el cambio del uso de kerosene a gas natural GLP suministrado por EPM en los hornos de cocción.
- También se puede afirmar que las modificaciones o conversiones se dan constantemente en las empresas colombianas.
- El mantenimiento y modificación de las tecnologías de segunda a largo tiempo pueden salir demasiado costosas para las empresas, pues tienen fallas constantemente, causando el paro de la producción generando costos por averías, y en ocasiones deben de parar la maquinaria definitivamente por que no se puede conseguir los repuestos necesarios para operarla.
- Una ventaja importante de las empresas colombianas es el buen precio de los energéticos y la mano de obra barata.
- En la fabricación de baldosas cerámicas se debe tener en cuenta las particularidades del proceso de fabricación, los distintos equipos, las condiciones de operación y las características de las materias primas.
- Según los datos disponibles, el sector de las baldosas cerámicas ha presentado en los últimos diez años un crecimiento importante (incremento de cerca del 70% de la producción en la última década) y las perspectivas para los próximos años son todavía más positivas. Siendo así, el crecimiento de la producción de baldosas cerámicas deberá impulsar la demanda de gas natural en los próximos años, y en consecuencia, aumentarán las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la utilización de este combustible. En vista de las previsiones de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

crecimiento y de la necesidad de una mayor eficiencia en el uso del gas natural por las industrias, el desarrollo del sector debe realizarse junto con las menores emisiones de CO2 posibles.

- El conocimiento por parte de las industrias del consumo térmico involucrado en la fabricación de baldosas es primordial, pues permite tomar medidas correctivas relacionadas con las condiciones de operación de los equipos cuando son necesarias, se evitan pérdidas y permite tomar las decisiones más adecuadas sobre la compra de equipos, buscando el uso más eficiente de la energía, una reducción de costes y un mayor control sobre las emisiones de CO2.
- Este proyecto se enfatiza en la caracterización del uso de la energía, dejando una variedad de probables usos de tecnología y mejoras en los procesos; es de gran proyección visualizar y trabajar proyectos sobre la cogeneración en el proceso de manufactura de baldosas y otros artículos cerámicos como vajillas y productos para la construcción.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## REFERENCIAS

- ABC.es (2014). China agiganta su presencia en las exportaciones de ceramica. ABC.es [en línea]. Disponible en: <http://www.abc.es/local-comunidad-valenciana/20140217/abci-congreso-qualicer-201402171235.html>. (2014, octubre)
- CVN, (2014, marzo). Informacion de comercio exterior y financiera para hacer negocios internacionales. CVN [en línea]. Disponible en: <http://www.centrovirtualdenegocios.com/exportadores/item/260-importaciones-y-exportaciones-de-cer%C3%A1mica-han-crecido-en-%C3%BAltimos-a%C3%B1os>. (2014, septiembre)
- Monfort E., Mezquita A., Mayol G., Granel R., Vaquer E., (2011). Guía de ahorro energético en el sector de baldosas cerámicas. AVEN [en línea]. Disponible en: [energia.ivase.es/attachments/guía\\_sector\\_ceramico.pdf](http://energia.ivase.es/attachments/guía_sector_ceramico.pdf). (2014, octubre)
- GIACOMINI, P. World production and consumption of ceramic tiles. Ceram. World Rev., 78, 56-74, 2008. (2014, octubre)
- Campos J., Lora E., Meriño L., Tovar I., Navarro A., (2010). Ahorro de energía en la industria cerámica. Un proyecto de la unidad de planeación minero energética de Colombia (UPME) y el instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Francisco Jose de Caldas (Colciencias). (2014, octubre)
- Negociosgt (2006). Dinamica comercial de la manufactura de cerámica. Negociosgt.com[en línea]. Disponible en: [http://www.negociosgt.com/main.php?id=189&show\\_item=1&id\\_area=142](http://www.negociosgt.com/main.php?id=189&show_item=1&id_area=142). (2014, octubre)
- Rios C., (2010). Uso de materias primas colombianas para el desarrollo de baldosas ceramicas con alto grado de gresificacion. Tesis de Maestria en Ingeniería Materiales y Procesos, Universidad Nacional de Colombia, Medellin. (2014, octubre)
- Rios C., O.J. Restrepo, E. Berrachina, E.Cerisuelo, J.B. Carda (2012, abril). Fabricación de gres porcelanico en Colombia: una estrategia para el Mercado cerámico nacional. Qualicer [en línea]. Disponible en: <http://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdf/2012044.pdf>. (2014, septiembre)

### Empresa colaboradora

- Colceramica (2013), empresa productora de baldosas cerámicas, empresa del grupo Corona, la Estrella (Antioquia).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

**Directorios industria de las manufacturas de cerámica:**

- Asociación <http://www.ascer.es> The international directory of importers: Directorio de importadores, contiene una base de datos de miles de importadores a nivel mundial de todos los sectores de comercio. <http://www.export-leads.com/>
- Española de Fabricantes de azulejos y pavimentos cerámicos (ASCER): Informe sobre el sector español y mundial de fabricantes de baldosas cerámicas 2004.
- ImportEurope: Es un directorio de empresas en Europa para los importadores, distribuidores, mayoristas y agentes en busca de nuevos productos para los mercados europeos. <http://www.importeurope.com/>

**Boletines y Revistas especializadas en la industria de manufacturas de cerámica:**

- Better homes and gardens; Revista que contiene información sobre las últimas tendencias y estilos del mercado de manufacturas de cerámica. <http://www.bhg.com/bhg/decorating/>
- Ceramicaplus: La revista dedicada a la arquitectura e interiorismo con materiales cerámicos. La publicación recoge reportaje de proyectos arquitectónicos y de interiorismo de actualidad, así como las novedades y tendencias cocina, baño y azulejos y porcelánicos. <http://www.rbi.es/publicaciones/ceramicaplus.htm>
- Gifts and decorative accessories Revista mensual que contiene información sobre accesorios decorativos para el hogar, contactos con minoristas, fabricantes y vendedores en general Noticias de la industria, comercio, las nuevas tendencias. <http://www.giftsanddec.com/>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

# APÉNDICE

## Apéndice A. Características de la pasta

De acuerdo al uso, la pasta usada para la fabricación de baldosas cerámicas presentan características en función de las propiedades exigidas, siendo así: porosa, gres y gres porcelánico.

El gres porcelánico es un producto que se caracteriza por ser un material no vidriado, de porosidad abierta inferior al 0,5% (ISO 13006 – NTC 919, grupo BIa), pero generalmente no superior al 0,1%; con alta resistencia a la abrasión (dureza superficial), elevada resistencia mecánica a la flexión y a la compresión, resistencia al ataque químico, a las manchas y al frío; siendo estas propiedades ligadas fundamentalmente a las materias primas y la temperatura de cocción.

Las pastas de gres porcelánico consisten principalmente en una mezcla de arcillas plásticas (ball clays) (30-40%), feldspatos alcalinos (40-50%), y arenas de cuarzo (10- 15%). Los minerales arcillosos son de naturaleza illítico-caolinítica o montmorillonítica que confieren plasticidad; arcillas caoliníticas que otorgan al producto estabilidad térmica, con coeficientes de expansión térmica acordes con los del esmalte (contracción lineal).

La illita es uno de los materiales mayoritarios que componen las arcillas empleadas en las cerámicas tradicionales para la producción de bloques, baldosas y material de cocina. El campo de mayor importancia en el cual se aplica es la producción de gres porcelánico. La illita se refiere a un mineral dioctahédrico, no expandible, tipo mica, de naturaleza aluminio – potásica; que junto con la caolinita, la clorita y la esmectita, es una de las cuatro fases principales de las arcillas sedimentarias. Su presencia en el mineral arcilloso produce mayores porcentajes de fase vítrea, disminuyendo la absorción de agua. Considerando que aún se conoce poco acerca de la naturaleza y estabilidad de la illita, ésta se encuentra relacionada con las moscovitas.

Cuando la proporción de arcilla illítica disminuye en el mineral arcilloso, la compresión lineal disminuye a causa de la deformación piropástica. La deformación piropástica puede definirse como la pérdida de forma de un producto durante su cocción, esto es, el encorvamiento de una baldosa cerámica causada por la gravedad durante el tratamiento térmico.

La piroplasticidad está relacionada con un exceso de fases líquidas formadas durante la cocción o con una viscosidad reducida de las fases producidas. La deformación piropástica sucede con mayor frecuencia en sistemas formados por pastas altamente vitrificadas, como las baldosas cerámicas. La presencia de illita inhibe la formación de mullita y cristobalita, debido a que la sílica y la alúmina tienden a formar un vidrio alcalino.

La magnitud de la deformación piropástica se define por el índice piropástico (IP), que indica la tendencia a la deformación de una probeta con unas dimensiones determinadas por la gravedad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

durante su cocción bajo unas condiciones específicas. El procedimiento utilizado para determinar el índice de piroplasticidad consiste en medir la curvatura de una probeta apoyada en dos soportes refractarios durante su cocción: donde  $s$  es la deformación máxima (cm),  $b$  es el grosor de la barra (cm) y  $l$  es la distancia entre los soportes (cm). La deformación piropástica se desarrolla en función de la vitrificación del soporte cerámico durante su cocción. Ya que la temperatura del soporte cerámico aumenta dentro del horno, existe un aumento gradual de la cantidad de fase líquida que se forma en él. Las fases líquidas se desarrollan debido a la fusión parcial de los componentes más fundentes de las pastas. A medida que sube la temperatura, los componentes más refractarios se disuelven progresivamente en las fases líquidas, aumentando considerablemente el volumen de las últimas.

La temperatura de la zona de la cocción, la velocidad de calentamiento y el tiempo durante el cual las probetas permanecen a la temperatura máxima son variables que pueden afectar la deformación piropástica, porque ésta depende del trabajo térmico al cual las probetas se someten.

El cuarzo es un componente equilibrador de la viscosidad y de los flujos vítreos cuando participa en la fusión con los feldespatos; en caso de que no participe en las reacciones, constituye la matriz base de la fase cristalina presente en el producto acabado. Comúnmente se sustituye por arena feldespática, que confiere mayor resistencia mecánica en crudo y en cocido, y que además regula los coeficientes de expansión térmica.

El feldespato aparte de brindar resistencia mecánica a la pieza; durante la cocción, la fundencia y la capacidad de formar eutécticos con otros componentes, permiten obtener una densificación alta incluso a temperaturas bajas. La característica principal que origina estas propiedades es el contenido alcalino en el mineral. La proporción teórica de los óxidos potásicos y sódicos en los feldespatos potásicos y sódicos es de 16,9% y 11,8% en peso, respectivamente. A medida que la

Proporción alcalina se acerca al valor teórico, aumenta el valor comercial del feldespato. La proporción de feldespato utilizada en los materiales cerámicos depende de su característica fundente, es decir, la cantidad de alcalinos presentes en el mineral utilizado.

Los feldespatos se utilizan en gran parte en los materiales cerámicos de alta densificación como el gres porcelánico, la porcelana vítrea, las porcelanas y las baldosas semigresificadas. Feldespato es el término general para designar un grupo de Silicatos anhidros, compuestos por aluminio y proporciones variables de Na, K y Ca. Las principales especies de feldespato son ortoclasa y microclina ( $K_2O Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ), Albita ( $Na_2O Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) y Anortita ( $CaO Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ).

El uso del talco en las pastas cerámicas genera un aumento en la resistencia mecánica, aumenta la resistencia a las manchas, reduce el coeficiente de dilatación térmica y aumenta la blancura en presencia del dióxido de circonio. En formulaciones que contengan entre el 2% al 5% no afecta sobre la cantidad de Mullita pero produce un aumento en el módulo de ruptura. Pero adiciones superiores

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

al 5% incrementan la cantidad de Mullita. En conjunto con el feldespato Sódico forma un eutéctico que disminuye la temperatura de vitrificación en ciclos rápidos de cocción.

Los vitrocerámicos son materiales policristalinos que contienen fases amorfas residuales, obtenidos por la cristalización controlada de una masa vítrea fundida.

Aunque podrían obtenerse formulaciones de pasta roja, los productos más competitivos son los de cocción blanca, lo que implica que los contenidos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y TiO<sub>2</sub> sean menores del 1% (w/w) en la composición de las arcillas para evitar contaminaciones cromáticas del color natural de la pasta.

Adicionalmente a las características técnicas mencionadas anteriormente la estabilidad de las dimensiones y la geometría (ortogonalidad, planaridad, etc.) de las piezas cocidas son requisitos que debe cumplir el producto acabado.

La falta de estabilidad dimensional de las piezas cerámicas cocidas, que se manifiestan en la obtención de varios calibres o tamaños próximos, se debe generalmente a que experimentan diferente contracción lineal durante la cocción. Cambio los descuadres (falta de ortogonalidad de la pieza) son consecuencia de que en las distintas partes de una misma pieza se producen contracciones desiguales durante la cocción. En ambos casos las diferencias de contracción lineal son motivadas por una falta de uniformidad de la porosidad en crudo de las piezas, entre ellas o dentro de ellas y/o por desigualdades en la temperatura de cocción. También los defectos de falta de planaridad pueden ser debidos a deformaciones piropásticas.

Para evitar los defectos mencionados, es preciso lograr que la compactación (en crudo) de las piezas prensadas sean uniformes (dentro de la pieza y entre ellas) y que la composición del material utilizado, cumpla los siguientes requisitos:

Debe poseer un intervalo de cocción lo suficientemente amplio para que las variaciones de contracción lineal sean lo suficientemente reducidas para que no produzcan diferencias apreciables en su tamaño o en su forma.

Debe conferir a la pieza, en el intervalo de temperaturas de cocción, las propiedades físicas requeridas (absorción de agua, resistencia mecánica, entre otros) sin que se presenten deformaciones piropásticas.

El índice piropástico (I.P.) de la composición debe ser lo suficientemente bajo para que las tensiones externas a que están sometidas las piezas durante la cocción (golpes, fuerza de gravedad, entre otros) no ocasionen defectos de falta de planaridad en el producto acabado.

Es necesario que no requiera temperaturas de cocción demasiado altas, para reducir el consumo energético en lo posible, durante la etapa de cocción.

En la cocción de gres porcelánico, la vitrificación o sinterización, en presencia de una fase líquida viscosa, es el proceso de densificación que mayoritariamente contribuye a reducir la porosidad de

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

las piezas cocidas y confiere las propiedades deseadas. Durante la cocción de 9 de estos productos se desarrolla una fase vítrea viscosa que rodea a las partículas más refractarias y que bajo las fuerzas de tensión superficial que se generan en los finos poros de la pieza, tienden a aproximar las partículas aumentando su contracción y reduciendo su porosidad.

Paralelamente al desarrollo de la vitrificación, debido a la fase líquida presente, el material deja de comportarse como un sólido rígido y al aplicarle una tensión (la fuerza de la gravedad, por ejemplo) se puede producir una deformación permanente denominada piroplástica. A igualdad de condiciones de preparación de las piezas, la evolución que sigue la absorción de agua, la contracción lineal y la deformación piroplástica depende fundamentalmente de la cantidad de fase líquida que se forma, de la viscosidad de ésta, de su variación con la temperatura y del tamaño de las partículas de los constituyentes.

Para que la composición presente un intervalo de composición apropiado, o sea lo suficientemente amplio para que no se produzcan los defectos antes mencionados y para que la pieza alcance las características requeridas (porosidad, resistencia mecánica, etc.) se debe cumplir lo siguiente:

Debe desarrollar, durante la cocción, la suficiente cantidad de fase líquida, de viscosidad apropiada, para que la pieza pueda alcanzar la porosidad requerida sin deformarse. En el intervalo de cocción, la variación del contenido entre fase líquida y/o de su viscosidad con la temperatura debe ser gradual, para que las alteraciones de contracción lineal, absorción de agua y deformación piroplástica también lo sean.

Por otro lado, la relación plásticos/desengrasantes y el tamaño de la partícula deben ser equilibrados en la composición del material de partida para que la suspensión acuosa sea

Fácilmente defloculable, de polvo atomizado con moldeo adecuado, con secado de la pieza moldeada sin dificultad y que posea una buena resistencia mecánica en crudo para ser procesada.

La evolución de la densidad aparente en cocido y la de la contracción lineal con la temperatura de cocción, corresponde al comportamiento, durante la vitrificación o sinterización en presencia de fase líquida, de composiciones formuladas a base de arcillas blancas illítico-caoliníticas y fundentes ricos en alcalinos (K, Na fundamentalmente). Para estas composiciones y a temperaturas superiores a las que la pieza alcanza su máxima densidad, las variaciones de contracción lineal y de densidad en cocido con la temperatura, están condicionadas por dos efectos simultáneos que se van desarrollando en la pieza a medida que va disminuyendo su viscosidad aparente. Por una parte la tensión superficial de la fase líquida presente tiende a reducir el tamaño de los poros (abiertos y cerrados) e incrementa la contracción lineal. Por otra, la expansión de los gases ocluidos en los poros y/o generados por la descomposición de la hematita presente (<1 %), para formar otras especies de óxido de hierro más reducidas (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Feo, entre otros) tiende a incrementar la porosidad cerrada disminuyendo en consecuencia la contracción lineal de la pieza.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

El resultado de estos dos efectos que se desarrollan con el aumento de la temperatura de cocción hace que en el estado final la velocidad de la vitrificación vaya decreciendo progresivamente hasta una temperatura T, determinada. A partir de T, se produce un hinchamiento de la pieza provocado por una excesiva expansión de los gases contenidos en su interior. A temperaturas de cocción mucho mayores a T, la viscosidad de la fase vítrea, puede llegar a ser lo suficientemente baja como para permitir que parte de los gases ocluidos escapen abriendo poros, aumentando de este modo la porosidad abierta [17]. El desarrollo de gres porcelánico a nivel mundial ha sido la tipología de producto con mayor investigación aportada, debido a su alto crecimiento en el mercado internacional. Es por ello que se ha encontrado una evolución y una serie de trabajos elaborados durante los últimos 8 años principalmente.

La gran mayoría de las investigaciones se basan en el estudio y caracterización física, química, térmica y mineralógica de materias primas para la formulación de gres porcelánico en función de la absorción de agua, la contracción lineal y la resistencia mecánica.

### **Apéndice B. Clases de baldosa cerámicas.**

Las baldosas cerámicas son placas de poco grosor, generalmente utilizadas para revestimiento de suelos y paredes, fabricadas a partir de composiciones de arcillas y otras materias primas inorgánicas, que se someten a la molienda y/o amasado, se moldean y seguidamente son secadas y cocidas a temperatura suficiente para que adquieran establemente las propiedades requeridas.

Actualmente hay una amplia variedad de baldosas cerámicas. Esta diversidad se debe tanto a sus formas (cuadrada, rectangular, octogonal, etc.) y tamaños (entre 10x10 y 60x120 cm x cm), como a sus propiedades estéticas (liso, con relieve, brillante, mate, blanco, coloreado, serigrafiado, etc.) y características técnicas (absorción de agua, resistencia mecánica, resistencia a la helada, a la abrasión, etc.).

Los pavimentos y revestimientos cerámicos tienen múltiples aplicaciones, y pueden instalarse en diferentes lugares. Citar, por ejemplo:

- Revestimiento y pavimento interior de viviendas (cocinas, baños, etc.).
- Revestimiento exterior (fachadas, equipamiento urbano, etc.).
- Pavimento exterior (terrazas, piscinas, etc.).
- Pavimentos y revestimientos en lugares públicos (hospitales, colegios, centros deportivos, etc.).

Los pavimentos y revestimientos cerámicos, denominados baldosas cerámicas, son piezas fabricadas por materiales arcillosos e inertes, con porosidad variable; las cuales se producen mediante molturación, atomizado, prensado, secado, esmaltado y cocción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Los productos fabricados por el sector cerámico de baldosas comprenden:

**Azulejos:** Se denominan azulejos a las baldosas cerámicas esmaltadas que han sido prensadas en seco y que presentan elevada absorción de agua. Sus características las hacen especialmente adecuadas para el revestimiento de paredes interiores.

**Gres esmaltado:** También se conoce como pavimento gresificado o simplemente pavimento cerámico. Este producto se fabrica mediante prensado en seco, y a diferencia de los azulejos, presenta una baja absorción de agua. Es adecuado para suelos tanto interiores como exteriores, por su elevada resistencia a la helada y a la abrasión.

**Baldosas extrudidas:** Llamado también gres rústico. Se trata de baldosas fabricadas mediante extrusión, con absorción de agua baja o media baja. Pueden ser tanto esmaltadas como no esmaltadas.

**Gres porcelánico:** esmaltado y sin esmaltar. Se conoce como gres porcelánico las baldosas cerámicas que presentan muy baja absorción de agua. Éstas suelen fabricarse mediante prensado en seco, aunque también puede obtenerse gres porcelánico mediante extrusión. Se utiliza tanto para suelos como para fachadas, interiores o exteriores, y se fabrica tanto pulido como sin pulir.

Tanto los azulejos como los pavimentos esmaltados y extrudidos pueden obtenerse a partir de arcillas de color de cocción rojo o blanco.

Normalmente las piezas cerámicas son esmaltadas, para lo cual se hace necesario de forma inicial hacer una aplicación de engobe, el cual es una cubierta a base de arcillas y materias primas de naturaleza vítrea (frita) que sirve de acoplamiento entre el soporte y el esmalte. El esmalte es una capa de vidriado que cubre la superficie de la pieza y otorga las propiedades técnicas y estéticas tales como impermeabilidad, brillo, textura superficial, resistencia química y mecánica.



INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	01
Fecha	2013-09-16

FIRMA ESTUDIANTES César A. Livraga

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16