

Estudio y optimización energética y productiva en la fabricación de ladrillos cerámicos.

Martin Bresca ^a, Stoffel Diego ^a, Vallejos Oscar ^a, Perrone Oscar ^{a, c}, Reversat Horacio ^{a, c}, Bárbaro Marco ^{a, b, c}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica – LIDEE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina

^c Departamento de Electromecánica Facultad de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: leonardomartinbresca@gmail.com, diegostoffel@gmail.com, oscalfre86@gmail.com, operrone1@gmail.com, hreversat@hotmail.com, marcobarbaro@fio.unam.edu.ar

Resumen

Este artículo se enmarca en un estado de avance del proyecto sobre la eficiencia energética y productiva en la fabricación de ladrillos cerámicos, que se realiza entre alumnos de la facultad de ingeniería de la materia Proyecto Electromecánico 2 de la carrera Ingeniería Electromecánica y la empresa Cerámica Hugo de la ciudad de Garuhapé, Misiones Argentina.

El proyecto como tal tiene como objetivo general, contribuir a la reestructuración en el estado energético más eficiente en el manejo de los recursos y la materia disminuyendo la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo y mejorando la calidad del producto final.

En el mismo se detalla el estado del arte, el estudio técnico respecto al manejo, estado y utilización del horno, secadero, consumo de los tipos de combustible, consumo eléctrico y la transformación del producto primario.

Palabras Clave – Eficiencia energética, Madera prima, Horno de quemado, Horno de secado.

1. Introducción

Durante la historia humana podemos apreciar que diferentes civilizaciones utilizaban materiales y métodos para la construcción de viviendas, como ser la mampostería, el cob y el adobe. Las construcciones más antiguas encontradas en yacimientos arqueológicos datan de épocas anteriores al 7500 ac en la Mesopotamia.

El ladrillo constituye uno de los capítulos fundamental de la construcción. A lo largo de miles de años, desde su invención hasta nuestros días, ha ido evolucionando hasta el actual ladrillo hueco.

El presente trabajo pretende abordar, en el ámbito de una fábrica de ladrillos, las deficiencias en cuanto a producción y el uso eficiente de la energía y optimizar el proceso de producción del mismo.

A su vez, y como consecuencia de la reingeniería se pretende disminuir el impacto ambiental que conlleva la actividad, debido al uso de combustible biomásico.

La fábrica Cerámicas Hugo se encuentra en la localidad de Garuhape, Misiones. Actualmente produce 12000 ladrillos por día. Se encuentra produciendo con un alto grado de ladrillos defectuosos,

y un uso ineficiente de la energía. Existen escasos controles de los diferentes parámetros concernientes al proceso de producción, haciendo que los costos sean excesivos.

El objetivo del proyecto pretende estudiar el proceso de producción y evaluar los diferentes parámetros en cuanto al uso de energía térmica y energía eléctrica consumida en la planta, para obtener mejoras en cuanto a producción y consumo de combustible. Se estimará el uso de materia prima, combustible y pérdida de energía en cada sector de la fábrica. De esta manera se pretende encontrar un punto óptimo de producción con costos más bajos, mejor calidad del producto terminado y mayores ganancias económicas.

Se abordará el estado de los hornos, tanto el de secado como el de quemado de ladrillo, pérdidas de calor y energías en juego. Se evaluará la parte eléctrica constituida por diferentes motores eléctricos en las diferentes partes de la fábrica y se plantearán soluciones en cada área para conseguir la optimización.

2. Estudio del Estado del Arte

Para el desarrollo de este proyecto se ha realizado una amplia búsqueda de información acerca de documentaciones, normativas y proyectos vigentes de índole referida.

Como este proyecto se aboca exclusivamente a la implementación de conductas de eficiencia energética, nos limitaremos exclusivamente a analizar exclusivamente la documentación que trata de este tema.

2.1 Breve descripción del proceso de producción

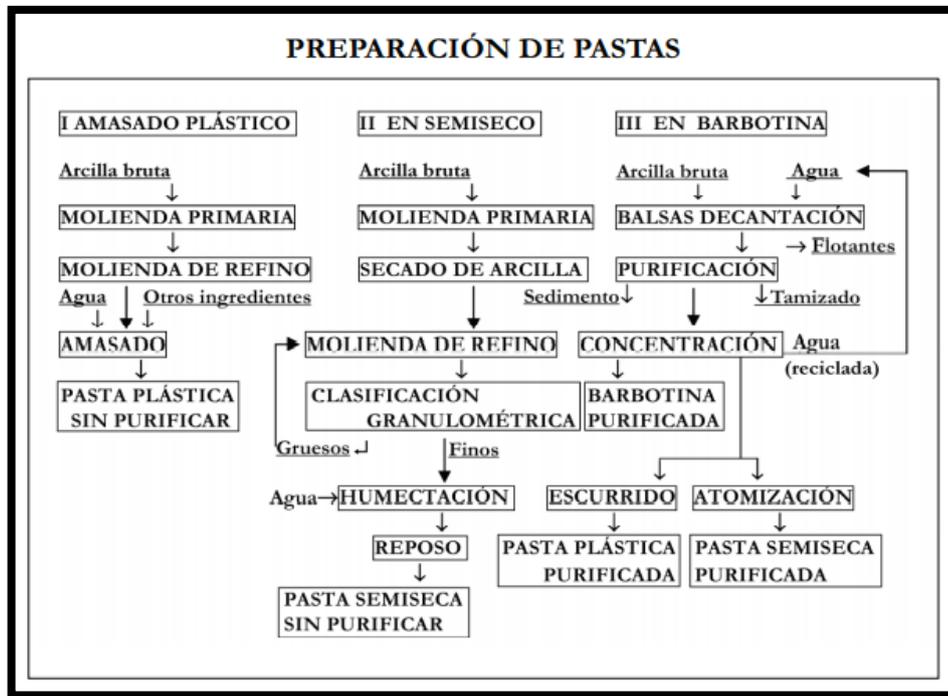
2.1.1 Materia prima

Existen dos tipos de pasta, una simple y otra compuesta, en cualquiera de los dos casos la composición será heterogénea de la cual está compuesta por agentes plásticos, áridos o desgrasantes y fundentes.,

Según [1] la preparación de la pasta para cerámica comprende las siguientes operaciones:

- Dosificación.
- Molienda.
- Tamizado.
- Mezcla y humidificación.
- Filtración y escurrido.
- Desecación.
- Estacionamiento y homogeneización.

De estas operaciones se eligen los procesos y aparatos más adecuados según la conformación de las piezas.



*Figura 1- Métodos de preparación de pastas.
Fuente: Tecnología de los materiales Juan Morales Güeto [1]*

2.1.2 Secado

Se realizó un balance energético contemplando las energías en juego, como ser pérdidas:

- Pérdidas en las chimeneas
- Pérdidas en las paredes
- Pérdidas en calentar soportes

Donde también se tuvo en cuenta el calor necesario para calentar el ladrillo y para eliminar la humedad de constitución y grosera.

En base [2], se procedió a utilizar datos empíricos como ser coeficientes de transferencia de calor, calor específico además de ciertos argumentos teóricos que respaldan las consideraciones tomadas.

Se empleó el software EES (engineering equation solver) para la obtención de entalpías, humedad relativa, humedad absoluta, etc.

Para el análisis energético del secado se tomó como base al libro [3].

2.1.3 Horno de quemado

Para el análisis del mismo se usó como referencia bibliográfica [4], del cual se obtiene información de la curva teórica (temperatura vs longitud del horno) de calentamiento, cocción y enfriamiento del ladrillo.

Se utilizaron datos de [2] para el balance energético.

En el cálculo de la estequiometría de la combustión se obtuvieron datos de [5] y [6]. Se obtuvieron estimaciones del poder calorífico inferior y se pudo comparar el aire necesario con el aire real para la combustión.

2.1.4 Parte eléctrica

En la misma para la descripción del estado de carga y selección de conductores se basó en la cláusula 771.16.1 del libro [7] para reducir pérdidas y caídas de tensión en un sector con defecto de la instalación eléctrica de la fábrica.

Se procedió a analizar dos líneas de alimentación del proceso determinando

- Cantidad de cargas que alimentan cada línea

- Determinación de la sección de los conductores:
 - Determinación de la corriente de diseño IB
 - Elección del conductor a partir de la corriente máxima admisible

- Determinación del conductor que alimenta al TSG

- Verificación por caída de tensión

2.2 Normativa

Legislación internacional

- ISO 50001: Eficiencia energética
- Norma UNE-EN-ISO 50001: Sistemas de gestión de energía.

Legislación nacional

- Decreto 140/2007: Programa Nacional de uso racional y eficiente de la energía.
- Reglamento CIRSOC 501-E e INTI (07-2017): Reglamento empírico para construcciones de mampostería de bajo compromiso estructural.
- Ley N° 19.587/72: Ley de seguridad e higiene.

Legislación provincial

Industria

- Ley VIII - N° 73 (04-08-2020): Ley de fomento de la actividad olera.

Ambiental

- Ley XVI – N° 105(04-05-2011): Ley de Ordenamiento de los Bosques Nativos.
- Modificación de la Ley XVI-53 (13-11-2020): Bosques protectores y fajas ecológicas.

3. Estudio técnico

BALANCE ENERGÉTICO EN EL SECADERO.

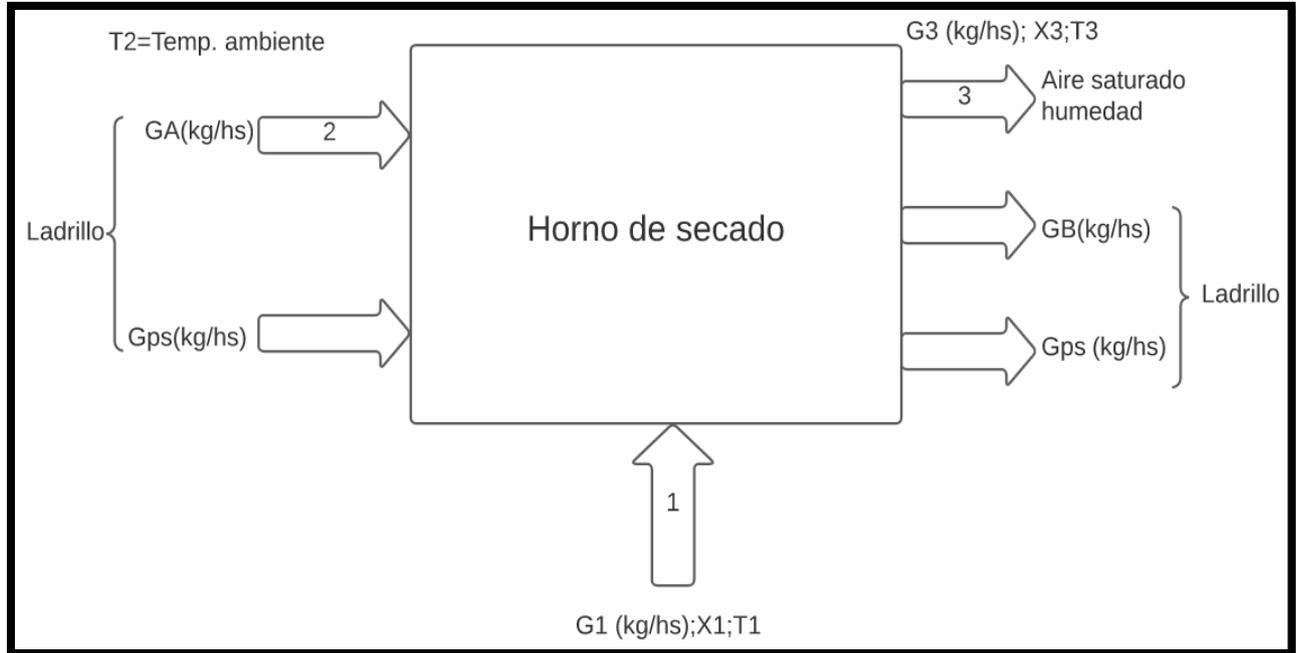


Figura 2- Esquema para el balance energético en el secadero.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Donde:

$G1$ = Caudal masico derivado del horno de cocción.

$x1$ = Húmedad absoluta.

GA = Caudal masico de humedad contendida en el ladrillo a la entrada del secadero.

G_{ps} = Caudal masico de ladrillo seco.

GB = Caudal masico de humedad contenida en el ladrillo a la salida del secadero.

$G3$ = Caudal de aire saturado de húmedad.

$x3$ = Húmedad absluta del aire saturado.

$$\rightarrow G3 = \frac{(G1 \cdot x1 + GA - GB)}{x3} = \frac{G1 \cdot x1}{x3} + \frac{(GA - GB)}{x3}$$

Balace de energías:

$$G1 \cdot h1 + (GA \cdot C_{H2O} + G_{ps} \cdot C_{ps}) \cdot T2 = (GB \cdot C_{H2O} + G_{ps} \cdot C_{ps}) \cdot T3 + G3 \cdot h3 + Q_{perd.}$$

Donde:

Q_{perd} = Calor de pérdidas producidas el secadero [kJ/hs]

h_1 = Entalpía del aire caliente [kJ/kg]

h_3 = Entalpía del aire saturado de humedad [kJ/kg]

C_{H_2O} = Calor específico del agua [kJ/kg * K]

T_2 y T_3 = Temperaturas en esos puntos [K]

$$G_1 = 4854,97 \text{ kg/hs}$$

Conociendo el caudal másico a la entrada del secadero, y determinando la entalpía en el mismo punto; se determina el caudal de calor en el secadero que se deriva del horno de cocción:

$$Q_1 = G_1 * h_1$$

$$Q_1 = 146,45 \text{ kW}$$

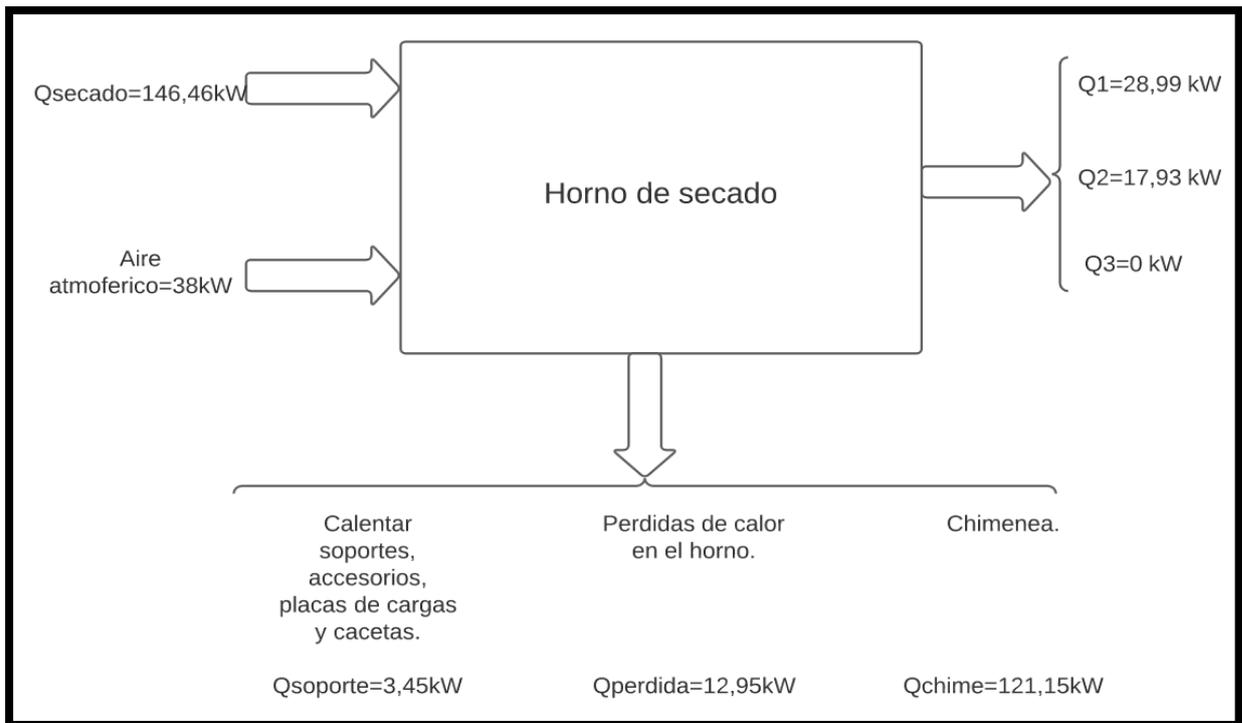


Figura 3- Esquema para el balance energético en el secadero.

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Donde:

Q_1 = Calor necesario para calentar el ladrillo.

Q_2 = Calor necesario para eliminar la humedad de constitución y grosera.

Q_3 = Calor de las reacciones químicas.

Pérdidas de calor en paredes del Horno del secadero:

Para poder cuantificar las pérdidas de energía a través de las paredes del horno, se procede a realizar un ensayo de termografía tomando el dato de la temperatura superficial del horno.

Las pérdidas de calor consideradas son por convección, conducción y radiación. El fenómeno de transmisión de calor se muestra en la siguiente figura:

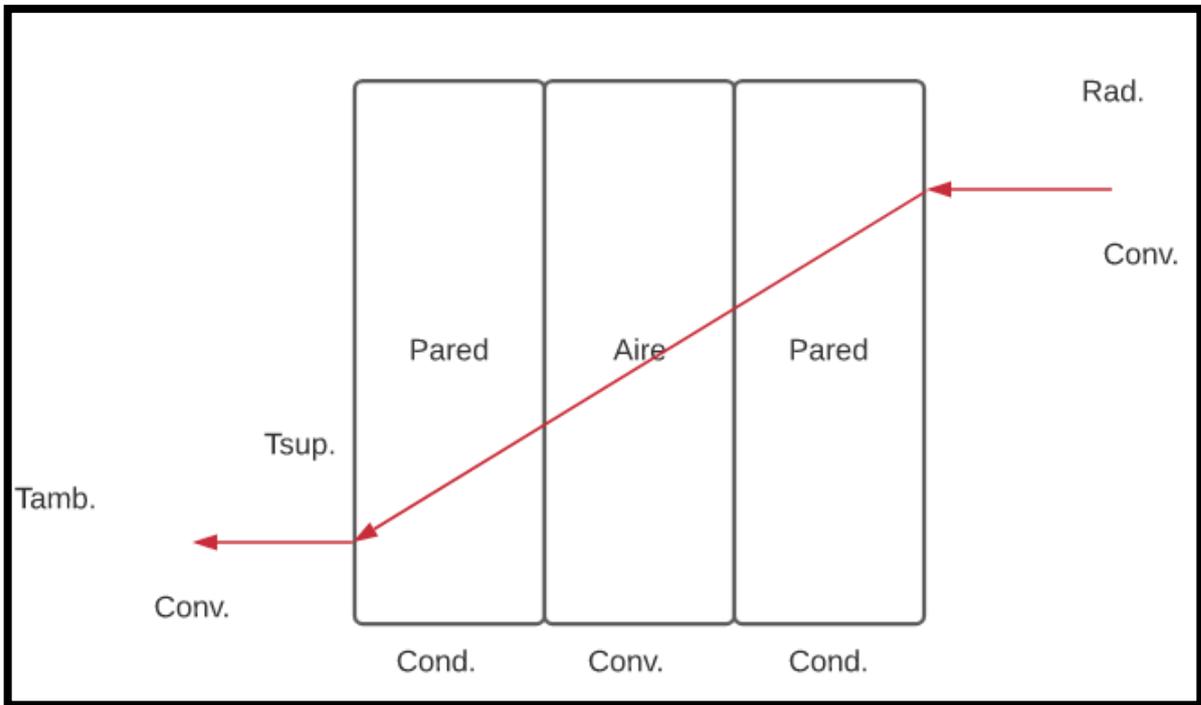


Figura 4- Esquema de transferencia de calor por la pared del secadero.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

En el interior del horno de quemado, la radiación y convección (flujo de aire turbulento a altas temperaturas) es considerable, en las paredes del mismo se rige por la conducción.

La pérdida de calor hacia el ambiente es por convección natural.

La temperatura superficial de las paredes del horno varía en diferentes puntos a lo largo de su longitud, debido a las temperaturas reinantes en el interior del horno necesarias para el calentamiento, cocción y enfriamiento del ladrillo.

Para estimar las pérdidas se procede a realizar 28 muestras de temperatura superficial en sentido de la longitud del horno, tomando de esta manera áreas (A_i) y considerando una determinada pérdida de calor (Q_i) para dicha área.

$$Q_i = h \cdot A_i \cdot (T_{sup} - T_{amb})$$

Donde:

$$h = 2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \text{ coeficiente de convección natural}$$

$$A_i = \text{área en } m^2$$

$$T_{sup} = \text{temperatura superficial de la pared del horno en } ^\circ C$$

$$T_{amb} = \text{temperatura ambiente}$$

Sumando todos los Q_i se obtiene la pérdida de calor total para cada pared.

Pared lindante al horno de secado:

Tabla 1- Resumen de resultados

Qperdida	2334,8	W
Qperdida	2,33	kW

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Del mismo modo se obtiene para la cara de la pared que da al aire libre.

Tabla 2- Resumen de resultados

Qperdida	1671,8	W
Qperdida	1,67	kW

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Pérdidas de calor en el techo del Horno de quemado:

Para determinar las pérdidas de calor que se producen en el techo del horno, se procede a realizar un estudio termográfico similar al que se utilizó para las paredes del horno, pero esta vez en el techo, que está compuesto por una viga de concreto de 20 cm de espesor.

Para poder simplificar el cálculo se calcular la pérdida de calor por convección natural, es decir, la que se produce desde la superficie del techo con el ambiente.

Para estimar las pérdidas se procede a realizar 28 muestras de temperatura superficial en sentido de la longitud del horno, tomando de esta manera áreas (A_i) y considerando una determinada pérdida de calor (Q_i) para dicha área.

$$Q_i = h \cdot A_i \cdot (T_{sup} - T_{amb})$$

Donde:

$$h = 2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \text{ coeficiente de convección natural}$$

$$A_i = \text{área en } m^2$$

$$T_{sup} = \text{temperatura superficial del techo del horno en } ^\circ C$$

$$T_{amb} = \text{temperatura ambiente en } ^\circ C$$

Tabla 3- Resumen de resultados

Qperdida	8953,2	W
Qperdida	8,95	kW

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

BALANCE ENERGÉTICO EN EL HORNO DE QUEMADO.

Para poder cuantificar las energías intervinientes se procede a evaluar al horno de quemado como se muestra en la siguiente figura:

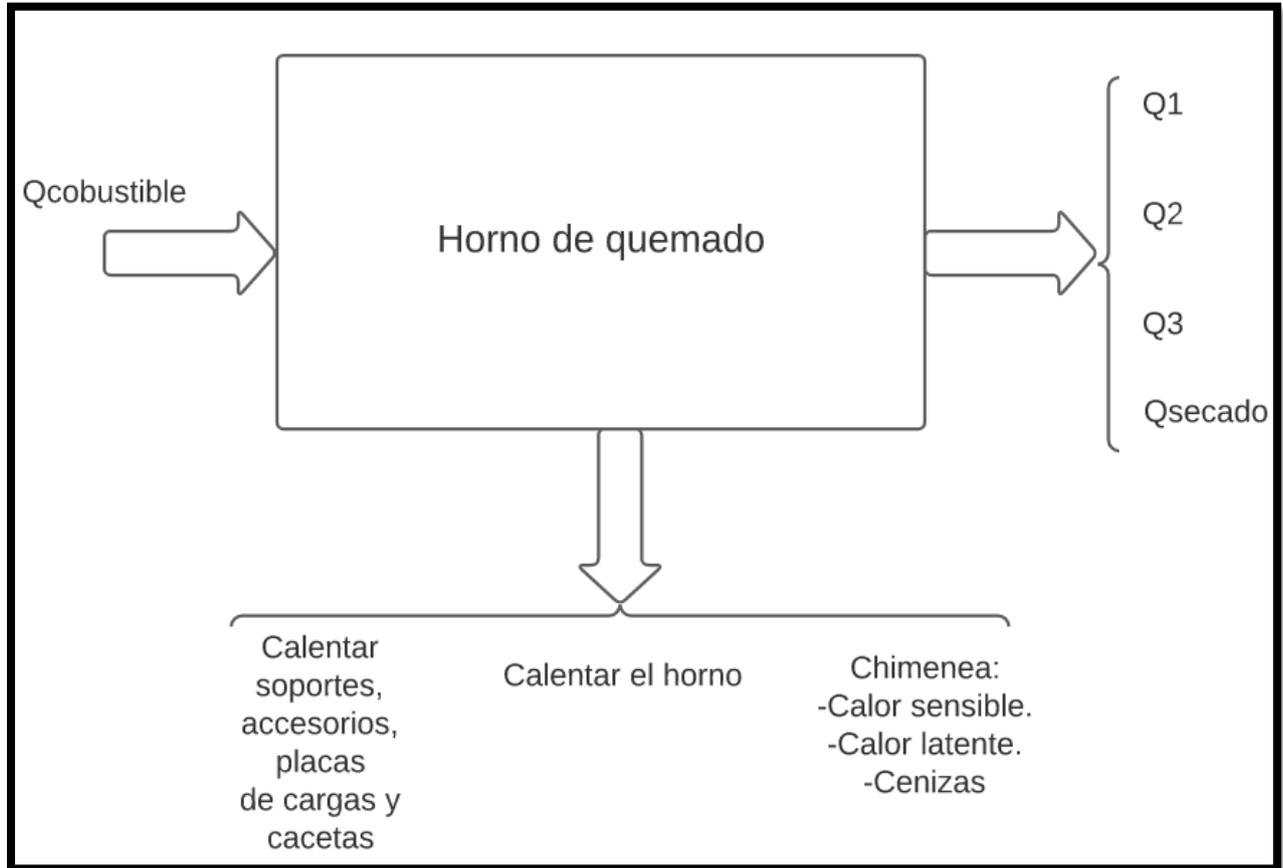


Figura 5- Esquema para el balance energético en el Horno de quemado.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Donde:

Q_{comb} = Calor de combustión .

Q_1 = Calor necesario para calentar el ladrillo.

Q_2 = Calor necesario para eliminar la humedad de constitución y grosera.

Q_3 = Calor de las reacciones químicas.

Q_{secado} = Calor transferido al horno de secado.

Se considera régimen estacionario.

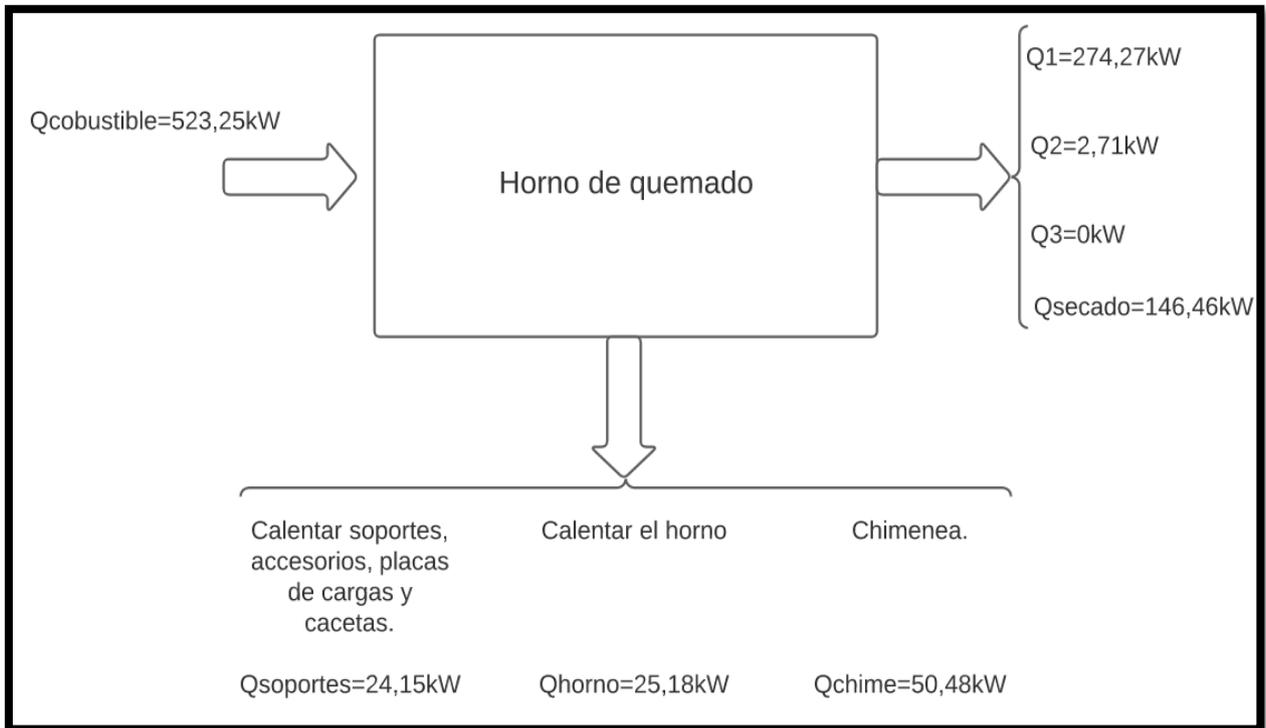


Figura 6- Esquema para el balance energético en el Horno de quemado.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Pérdidas de calor en paredes del Horno de quemado:

Para poder cuantificar las pérdidas de energía a través de las paredes del horno, se procede a realizar un ensayo de termografía tomando el dato de la temperatura superficial del horno.

Las pérdidas de calor consideradas son por convección, conducción y radiación. El fenómeno de transmisión de calor se muestra en la siguiente figura:

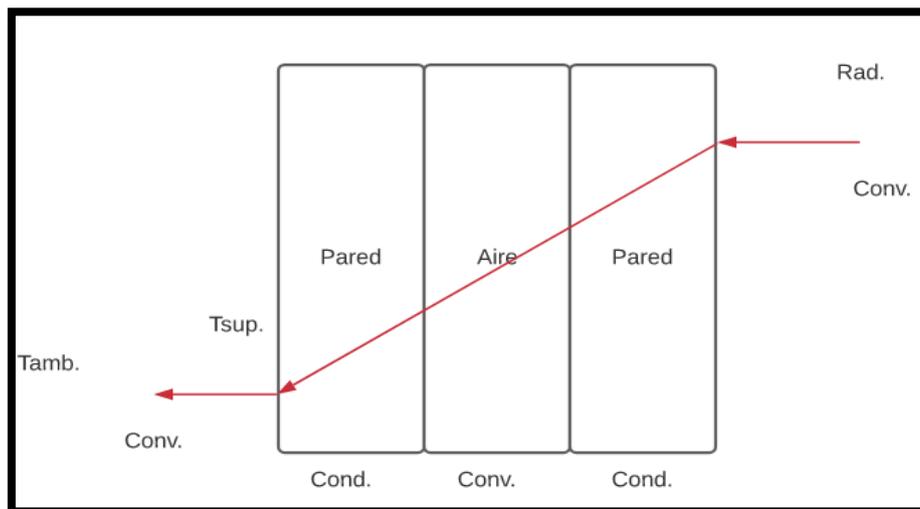


Figura 6- Esquema de transferencia de calor por la pared del horno de quemado.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

En el interior del horno de quemado, la radiación y convección (flujo de aire turbulento a altas temperaturas) es considerable, en las paredes del mismo se rige por la conducción.

La pérdida de calor hacia el ambiente es por convección natural.

La temperatura superficial de las paredes del horno varía en diferentes puntos a lo largo de su longitud, debido a las temperaturas reinantes en el interior del horno necesarias para el calentamiento, cocción y enfriamiento del ladrillo.

Para estimar las pérdidas se procede a realizar 28 muestras de temperatura superficial en sentido de la longitud del horno, tomando de esta manera áreas (A_i) y considerando una determinada pérdida de calor (Q_i) para dicha área.

$$Q_i = h \cdot A_i \cdot (T_{sup} - T_{amb})$$

Donde:

$$h = 2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \text{ coeficiente de convección natural}$$

$$A_i = \text{área en } m^2$$

$$T_{sup} = \text{temperatura superficial de la pared del horno en } ^\circ C$$

$$T_{amb} = \text{temperatura ambiente}$$

Sumando todos los Q_i se obtiene la pérdida de calor total para cada pared.

Pared lindante al horno de secado:

Tabla 4- Resumen de resultados

Q_Pérdida	16208,775	W
Q_Pérdida	16,21	kW

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Del mismo modo se obtiene para la cara de la pared que da al aire libre.

Tabla 5- Resumen de resultados

Q_Pérdida	7591,825	W
Q_Pérdida	7,591825	kW

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Pérdidas de calor en el techo del Horno de quemado:

Para determinar las pérdidas de calor que se producen en el techo del horno, se procede a realizar un estudio termográfico similar al que se utilizó para las paredes del horno, pero esta vez en el techo, que está compuesto por una viga de concreto de 20 cm de espesor.

Para poder simplificar el cálculo se calcular la pérdida de calor por convección natural, es de decir, la que se produce desde la superficie del techo con el ambiente.

Para estimar las pérdidas se procede a realizar 28 muestras de temperatura superficial en sentido de la longitud del horno, tomando de esta manera áreas (A_i) y considerando una determinada pérdida de calor (Q_i) para dicha área.

$$Q_i = h \cdot A_i \cdot (T_{sup} - T_{amb})$$

Donde:

$$h = 2 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \text{ coeficiente de convección natural}$$

$$A_i = \text{área en } m^2$$

$$T_{sup} = \text{temperatura superficial del techo del horno en } ^\circ C$$

$$T_{amb} = \text{temperatura ambiente en } ^\circ C$$

Tabla 6- Resumen de resultados

Q_Pérdida	7179,3	W
Q_Pérdida	7,18	kW

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Caudal teórico de aire para la combustión en los hogares

- $L_{min} = 8,9[0,25 + 3 * (0,5 - 0,22/8)] = 14,77 [m^3_{aire}/kg_{comb}]$

Se queman 150kg comb/hs.

Entonces:

$$L_{min} = 14,77 \frac{m^3}{kg_{comb}} \cdot 150 \frac{kg_{comb}}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}$$

$$L_{min} = 0,615 \frac{m^3}{s}$$

Caudal real de aire para la combustión en los hogares

Es necesario medir el caudal de aire real en determinados puntos:

- Caudal real de aire para la combustión en los hogares, de esta manera verificar si el caudal es el óptimo para una buena combustión.
- Caudal real de productos de la combustión en la chimenea.
- Caudal real de productos de la combustión en la entrada y salida al secadero para poder cuantificar las pérdidas de energía.

A continuación, se muestra un esquema de un ducto de aire, con un tubo de Pitot que permite realizar la medición de caudal.

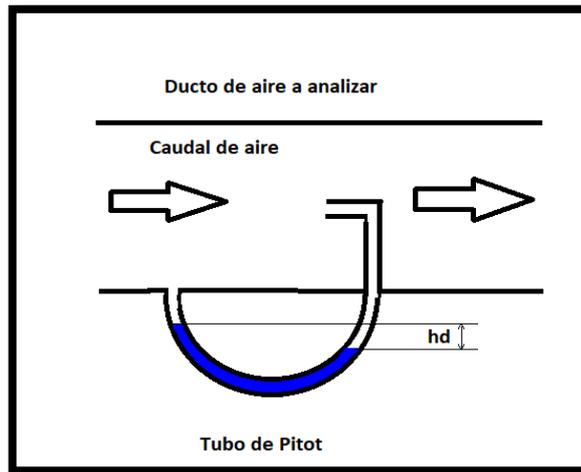


Figura 7- Esquema de funcionamiento del tubo de Pitot.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

El valor observado de h_d está directamente vinculado con la velocidad del fluido (producto de combustión o aire).

Despejando:

$$w = \sqrt{\frac{h_d \cdot \gamma_{H_2O} \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{aire}}}$$

Donde:

h_d = diferencia de altura [m]

γ_{H_2O} = densidad del agua [kg/m³]

γ_{aire} = densidad del aire a determinada temperatura [kg/m³]

$g = 9,8$ [m/seg²]

Tubo circular de 27,5cm de diámetro

$$H_d = 5\text{cm}$$

$$H_{d_2} = 4\text{cm}$$

Tabla 6- Resumen de resultados

Caudales de aire real a los hogares					
Tamb(°C)	hd1(cm)	hd2(cm)	Diámetro(cm)	w1(m/s)	w2(m/s)
19	5	4	27,5	28,48259606	25,4756084
Densidad aire(kg/m ³)	0,05	0,04	0,275		
1,208	Area(m ²)			Q1(m ³ /s)	Q2(m ³ /s)
Densidad del agua(kg/m ³)	0,059395736			1,691744759	1,51314251
1000				3,20	

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Comparando el caudal teórico versus el real se puede apreciar que la combustión se realiza con un exceso considerable.



Figura 8- Imagen termográfica de una parte de la pared del horno de cocción.
Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Como se puede observar en la figura 8 de las paredes del horno de cocción, la temperatura no es homogénea en toda la cara del horno por lo que radica una falla importante ahí, debido a que el ladrillo no sufre el mismo proceso en todo el lote por consecuencia a las diferentes temperaturas a la que está expuesto. Esto ocasiona fallas del ladrillo cocinado en cuanto a calidad del mismo o que salgan rotos.

Energías de la industria

La energía necesaria para fabricar un ladrillo es:

Tabla 7- Resumen de resultados

Q_electrico	273,44	kW
Q_termico_T(real)	523,25	kW
QT	796,69	kW
	1,59	kW/ladrillo

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Dando como resultado 1,6 kW para fabricar un ladrillo.

Comparando el resultado obtenido con la bibliografía [1]

Tabla 8- Resumen de resultados

Comparación		kcal/kg-ladrillo	kwh/kg-ladrillo	Peso ladrillo(kg)	kwh/ladrillo	
Consumo energía según libro	Min.	250	0,29	3,19	0,92	Según Bibliografía
	Max	500	0,58	3,19	1,85	
Consumo energía real calculado					1,59	Real
					Dentro del rango	

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

A continuación, se puede observar un gráfico de torta de todas las energías involucradas en la industria y en qué porcentaje se abarca cada una:

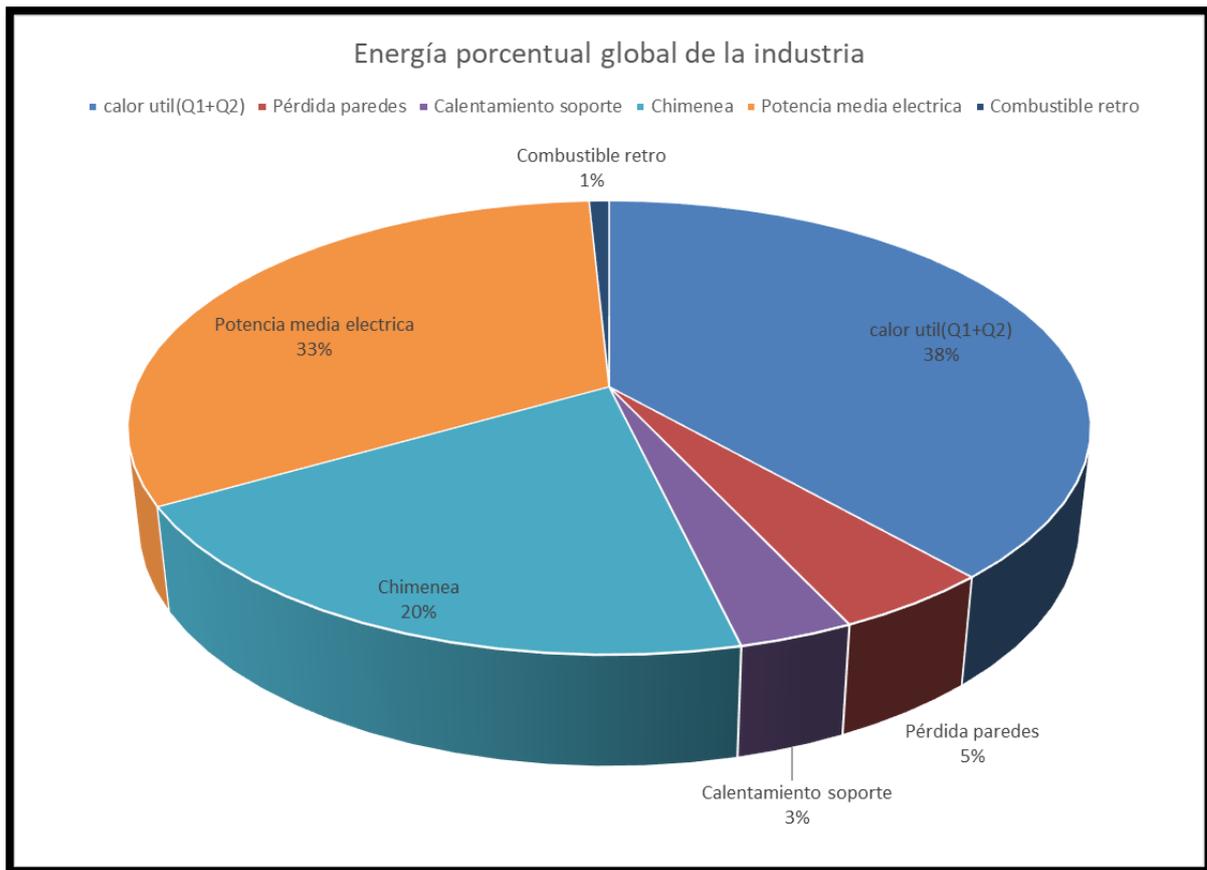


Figura 9- Gráfico de torta de todas las energías involucradas en la industria.

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Rendimiento térmicos global e individual.

Tabla 8- Resumen de resultados

Rendimientos termicos	
Rendimiento term quemado	%
0,81	80,93
Rendimiento term secado	
0,25	25,44
Rendimiento term global	
0,62	61,90

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021.

Parte eléctrica de la fábrica.

Descripción del estado actual de una sección de la fábrica que presenta problemas.

Desde el tablero principal, parte un cable del tipo subterráneo XLPE tetrapolar de 25mm² en conexión aérea con una longitud de 50 metros, hasta un tablero seccional, de este se derivan en dos líneas con cable tipo XLPE tetrapolar 16mm² una de 10 metros y la otra línea 70 metros hacia sus respectivos tableros seccionales que permiten la alimentación de los distintos motores.

Las líneas 1 y 2 están cargadas como se muestra en tabla 9:

Tabla 9- Resumen de resultados

Distribución de cargas					
Línea 1			Línea 2		
Potencia [HP]	Cantidad		Potencia [HP]	Cantidad	
1,5	2	3	1,5	20	30
25	1	25	4	2	8
3	1	3	7,5	1	7,5
2	2	4	2	7	14
Potencia L1 [HP]		35	Potencia L2 [HP]		59,5

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021

Determinación de la sección de los conductores.

Para determinar la sección de conductores se basó en la cláusula 771.16.1 de la AEA.

Determinación de la corriente de diseño IB

La sección 771.16.2.5 de la AEA, especifica que para el caso los conductores que alimentan al tablero de un conjunto de motores los mismos deberán dimensionarse para una intensidad no menor a la suma nominal del 125% de la intensidad nominal del motor de mayor potencia, más la intensidad nominal de todos los demás motores con su correspondiente factor de simultaneidad, el factor considerado en esta oportunidad corresponde al 100%. Los resultados de cada etapa para la línea principal se muestran a continuación:

Tabla 10- Resumen de resultados

Etapas	N° de motores	$\sum I_n$ [A]	In mayor [A]	IB
Derivación 1	6	66,092085	47,2086321	113,300717
Derivación 2	30	112,356545	14,1625896	126,519134

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021

Elección del conductor a partir de la corriente máxima admisible

La elección de la sección S de los conductores y su corriente máxima admisible se realizó teniendo presente las condiciones de la instalación como el tipo de canalización, agrupamiento de cables, temperatura. Los mismos modifican la corriente nominal máxima que puede soportar el conductor.

Se debe tener presente que estas intensidades de corrientes admisibles corresponden para temperatura ambiente de 40 °C. Solamente se debió aplicar factor de corrección por temperatura para los conductores que alimentan motores en el sector de horno y secadero, para la cual se consideró una temperatura ambiente máxima de 50°C, correspondiente a un Fc=0,9 extraída de la tabla 771.16.II.a de la AEA.

Tabla 11- Resumen de resultados

Etapas	IB	Sección mínima mm2 tabla 771.16.III	Corriente [A] 771.16.III	IZ corregido por temperatura tabla 771.16. I	Iz>IB
Derivación 1	113,300717	50	140	126	Cumple
Derivación 2	126,519134	70	177	159,3	Cumple

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021

Determinación del conductor que alimenta al TSG

Teniendo como carga nominal la suma de las intensidades que circula por los conductores derivación 1 y derivación 2.

Tabla 12- Resumen de resultados

Etapas	N° de motores	$\sum I_n$ [A]	In mayor [A]	IB
Derivación 1	6	66,092085	47,2086321	113,300717
Derivación 2	30	112,356545	14,1625896	126,519134
IBtsg				239,819851

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021

A esta corriente IBTSG se le agrega un 20% más por futura ampliación con lo cual tenemos un total de **IBTSG=287,78 A**. Con las mismas consideraciones anteriores respecto tipo de conductores y condiciones.

Tabla 13- Resumen de resultados

Etapa	IB	Sección mínima mm ² tabla 771.16.III	Corriente [A] tabla 771.16.III	Iz>IB
Derivación TSG	287,783822	185	309	Cumple

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021

Verificación por caída de tensión

Según la cláusula 771.13 la caída de tensión para usos específico no debe superar 5%.

Tabla 14- Resumen de resultados

Verificación por caída de tensión ascensor						
Circuito	S(mm ²)	V/A*km	GDC	L(m)	I(A)	DU(%)
Derivación 1	50	15	0,035	20	126	0,46421053
Derivación 2	70	15	0,035	70	159,3	1,46723684
Derivación TSG	185	15	0,035	50	309	0,76920341

Fuente: Elaboración propia (Grupo 5) 2021

4. Conclusiones

En este artículo se presenta el estado de avance del proyecto que trata sobre la eficiencia energética y productiva en la fabricación de ladrillos cerámicos prensados huecos.

Se tuvo en cuenta conceptos termodinámicos, transferencia de calor y eléctricos, manejo y calidad de materia prima para los hornos de secado y quemado de ladrillos.

En este avance se llegó a relevar el estado actual de la fábrica, cuantificando las energías eléctricas, térmica (balance de energía, pérdida de calor) y combustible biomásico. Los resultados obtenidos nos dieron un criterio para decidir cuáles son las partes de la fábrica a implementar mejoras. Uno de los cuales es un exceso de aire considerable en la zona del hogar causando pérdidas de calor.

Por otra parte, en la instalación eléctrica se encontró en dos líneas, secciones que deben realizarse cambios de dimensiones en los conductores.

Todo esto quedando sujeto para más adelante las posibles mejoras a implementar para lograr la optimización energética.

5. Bibliografía

- [1] Tecnología de los materiales - Juan Morales Güeto
- [2] Yunus Cengel Transferencia de calor y masa (4ta edición).

- [3] Clave de la termodinámica - Ernesto Leikis.

- [4] CARACTERIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS A PARTIR DE UN BALANCE TÉRMICO DEL HORNO DE LA LADRILLERA MELÉNDEZ S.A por GERARDO JOSÉ GARCÍA CARACAS
- [5] Tecnología de la madera y sus aplicaciones - Franz Kollmann (1er Tomo- 1960)
- [6] PROCESOS TERMOQUÍMICOS DE LA MADERA Y EN GENERAL DE LA BIOMASA de Santiago Vignote Peña, UPM
- [7] Asociación Eléctrica Argentina y Diseño y Montaje de Instalaciones Eléctricas Seguras Rubén R. Levy (5ta edición).