



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

BIENVENIDOS



CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO
PARA REDUCIR EL TIEMPO DE CUECE Y CURADO DE RESINA Y
CERÁMICA PARA LA MICROEMPRESA CERÁMICAS NOVA.**

**JORGE LUIS GARCÍA VELÁSQUEZ,
FERNANDO ALEXIS IGUAGO MOROCHO**

DIRECTOR: MSc. WILLIAM BONILLA

LATACUNGA, 2016



EL PROBLEMA

- La microempresa cerámica NOVA dedicada a la fabricación de recuerdos en cerámica, que cuenta con maquinaria acorde a su exigencia, en la cual el proceso de cuece y curado es un punto principal para la realización del producto final. Por tal motivo la microempresa NOVA tiene como propósito diseñar e implementar un horno eléctrico para reducir el tiempo y costo de operación del cuece y curado de resina y cerámica, para mejorar la productividad en la microempresa, además ayudara a la reducción de pérdidas de energía y contaminación al medio ambiente, ya que al momento la empresa cuenta con un horno de GLP para realizar el proceso de cuece y curado de cerámica, por lo cual los tiempos y costos son muy elevados no resultando conveniente seguir con el uso de este equipo.



JUSTIFICACIÓN

- En la empresa CERAMICAS NOVA no cuenta con un horno eléctrico eficiente para mejorar los tiempos de producción del cuece y curado de resina y cerámica. Por lo tanto, debido a que el Ecuador, está atravesando un cambio de la matriz energética, el empresario desea acogerse a dicho cambio para optimizar y reducir costos energéticos, ya que al momento la empresa cuenta con un horno de GLP para realizar el proceso de cuece y curado de cerámica, por los cual los tiempos y costos son muy elevados no resultando conveniente seguir con el uso de este equipo en dicha microempresa.



OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un horno eléctrico para reducir el tiempo de cuece y curado de resina y cerámica, para mejorar la productividad en la microempresa NOVA.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y dimensionar el horno eléctrico.
- Diseñar el circuito eléctrico y electrónico para el control de temperatura del horno.
- Realizar la programación para el controlador de temperatura.
- Realizar pruebas de funcionamiento y calibración del equipo.



INTRODUCCIÓN

- Hornos industriales.- entendemos por hornos industriales los equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente

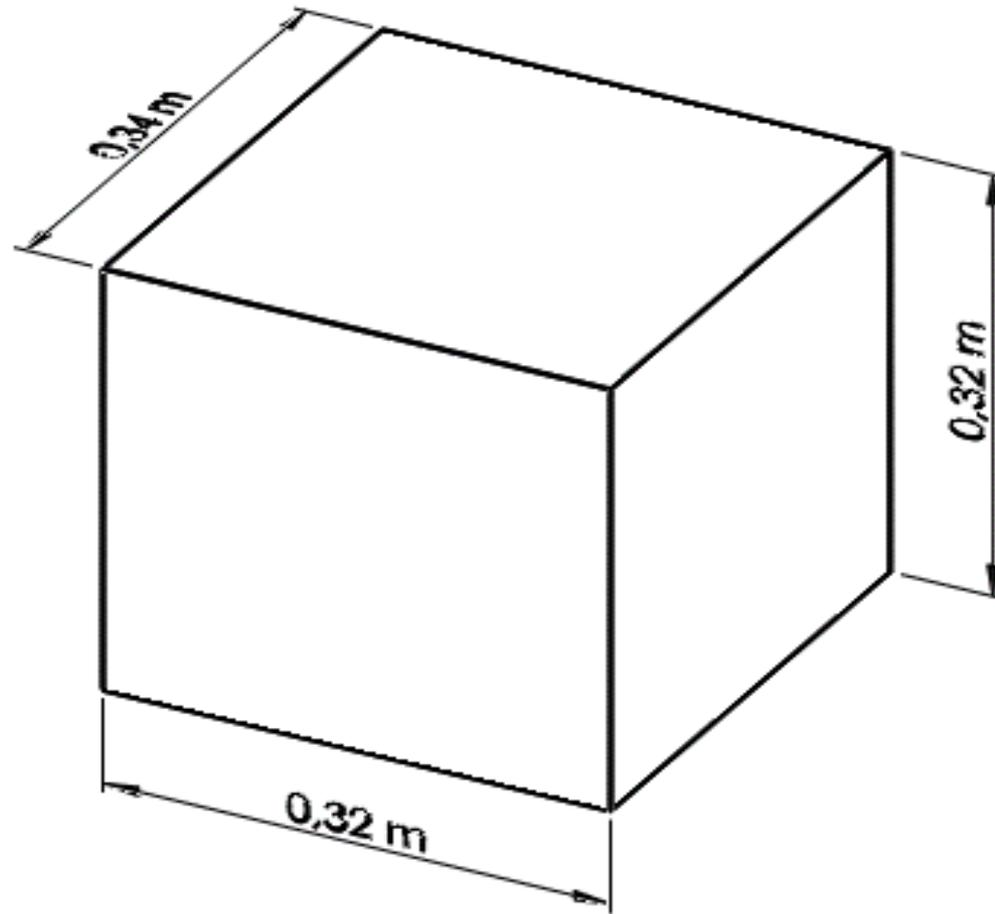


DISEÑO DEL HORNO ELÉCTRICO

- Temperatura ambiente: 20 °C
- Temperatura exterior del horno: 80 °C
- Temperatura en el interior del horno: 1.120 °C
- Tiempo de cocción: 4 horas
- Dimensiones del interior del horno:
 - Largo: 340 mm
 - Ancho: 320 mm
 - Altura: 320 mm



DIMENSIONES DE LA CÁMARA INTERNA DEL HORNO



MASA MÁXIMA A COCER

$$V = (0,34 \cdot 0,32 \cdot 0,32) m^3$$

$$V_c = 0,4 \cdot V = 0,0139 m^3$$

$$m_c = \rho_c \cdot V_c$$

$$m_c = 2218 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,0139 m^3 = 30,83 kg$$



POTENCIA REQUERIDA PARA CALENTAR LA CERÁMICA

$$Q_c = m_c \cdot c_{p-c} \cdot (T_f - T_i)$$

$$Q_c = 30,83 \text{ kg} \cdot 798,4 \frac{\text{J}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot (1120 - 20) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_c = 27,07 \cdot 10^6 \text{ J} = 27,07 \text{ MJ}$$

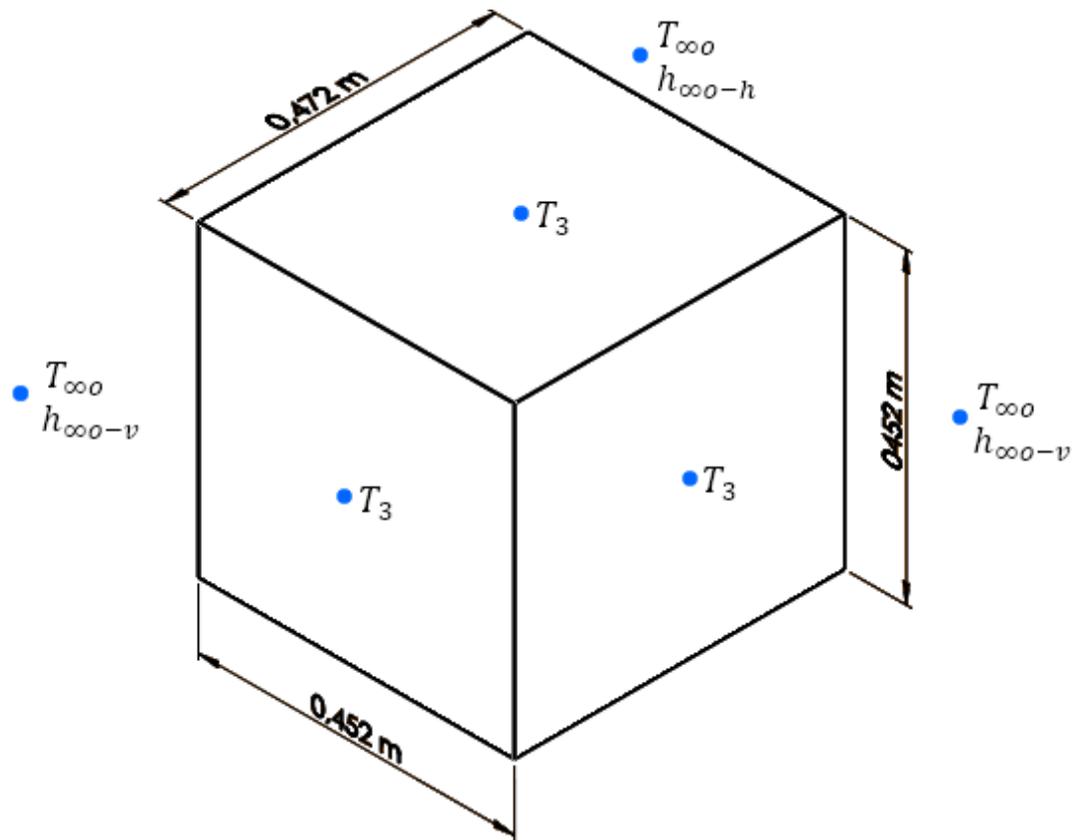
$$P_{cal} = \frac{Q_c}{t_c}$$

$$P_{cal} = \frac{27,07 \cdot 10^6 \text{ J}}{14400 \text{ s}}$$

$$P_{cal} = 1.880 \text{ W} = 1,88 \text{ kW}$$



DIMENSIONES EXTERNAS DEL HORNO PARA CERÁMICA



COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN NATURAL

$$T_{fo} = \frac{1}{2}(T_3 + T_{\infty o})$$
$$T_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (80 \text{ } ^\circ\text{C} + 20 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$T_{fo} = 50 \text{ } ^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$k_o = 0,02735 \text{ W}/(m \cdot K)$$

$$\nu_o = 1,798 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr_o = 0,7228$$
$$\beta_o = \frac{1}{T_{fo}} = \frac{1}{323 \text{ K}}$$



COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN NATURAL

$$Gr_{L-ov} = \frac{g \cdot \beta_o \cdot \Delta T_{V-0} \cdot L_{c-ov}^3}{\nu_o^2}$$

$$Gr_{L-ov} = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{323 K} \cdot 60 K \cdot 0,452^3 m^3}{(1,798 \cdot 10^{-5})^2 \frac{m^4}{s^2}}$$

$$Gr_{L-ov} = 5,205 \cdot 10^8$$

$$Ra_{L-ov} = Gr_{L-ov} \cdot Pr_o$$

$$Ra_{L-ov} = 5,205 \cdot 10^8 \cdot 0,7228$$

$$Ra_{L-ov} = 3,762 \cdot 10^8$$



COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN NATURAL

$$Nu_{ov} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra_{L-ov}^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr_o} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 = 91,27$$

$$h_{\infty o-v} = \frac{k_o \cdot Nu_{ov}}{L_v}$$

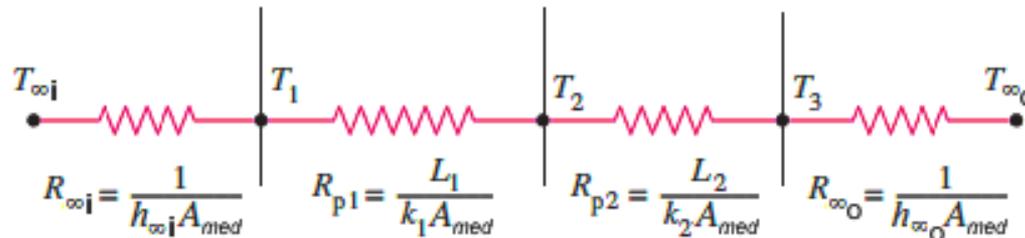
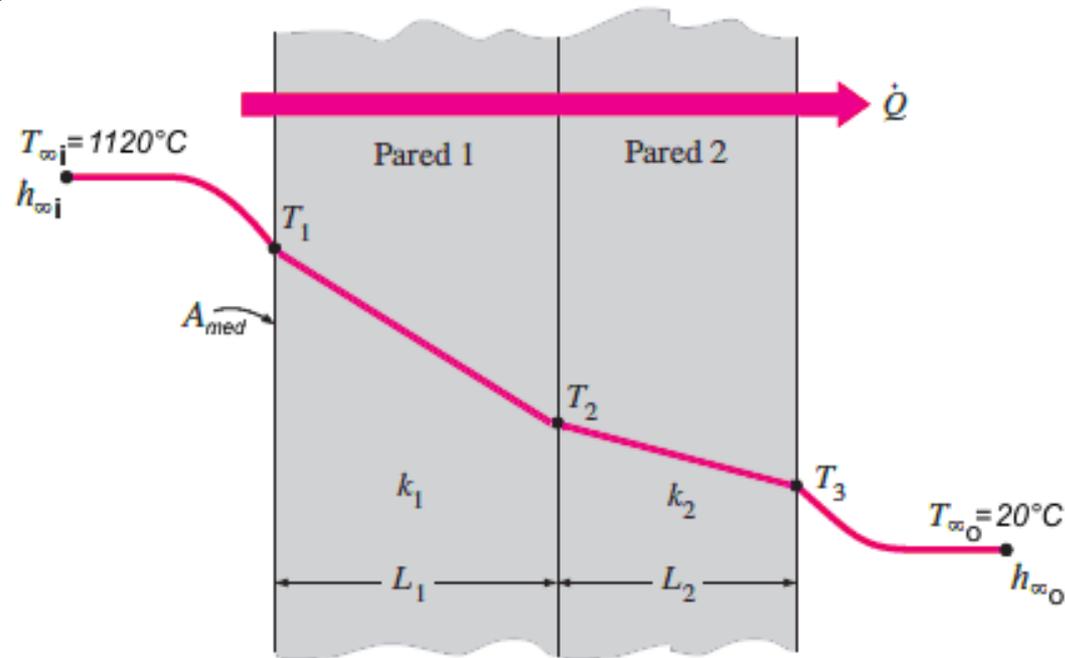
$$h_{\infty o-v} = \frac{0,02735 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 91,27}{0,452 m}$$

$$h_{\infty o-v} = 5,52 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$



PÉRDIDAS DE CALOR EN EL HORNO

$$Q_L = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\sum R_T}$$



PÉRDIDAS DE CALOR EN EL HORNO

$$\dot{Q}_{L1} = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\frac{1}{h_{\infty i-v} \cdot A_{med1}} + \frac{L_1}{k_1 \cdot A_{med1}} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A_{med1}} + \frac{1}{h_{\infty o-v} \cdot A_{med1}}} = 348,64 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{L2} = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\frac{1}{h_{\infty i-v} \cdot A_{med2}} + \frac{L_1}{k_1 \cdot A_{med2}} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A_{med2}} + \frac{1}{h_{\infty o-v} \cdot A_{med2}}} = 366,86 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{L3} = \frac{T_{\infty i} - T_{\infty o}}{\frac{1}{h_{\infty i-h} \cdot A_{med3}} + \frac{L_1}{k_1 \cdot A_{med3}} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A_{med3}} + \frac{1}{h_{\infty o-h} \cdot A_{med3}}} = 276,87 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{LT} = 2 \cdot \dot{Q}_{L1} + 2 \cdot \dot{Q}_{L2} + 2 \cdot \dot{Q}_{L3}$$

$$\dot{Q}_{LT} = 2 \cdot 348,64 \text{ W} + 2 \cdot 366,86 \text{ W} + 2 \cdot 276,87 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{LT} = 1.984,74 \text{ W} = 1,985 \text{ kW}$$



POTENCIA TÉRMICA TOTAL REQUERIDA

$$P_T = P_{cal} + \dot{Q}_{LT}$$

$$P_T = (1,880 + 1,985) \text{ kW}$$

$$P_T = 3,865 \text{ kW} \rightarrow 4 \text{ kW}$$



RESISTENCIAS ELÉCTRICAS

$$\rho = \frac{C_t \cdot I_l^2}{G_\rho} = \frac{1,04 \cdot (18,18A)^2}{69,7 \text{ cm}^2 / \Omega} = 4,9326 \text{ W} / \text{cm}^2$$

Ahora para 4.0 kW de potencia total suministrada con un área superficial por longitud dada por la resistencia, tenemos lo siguiente:

$$L = 4,9326^{-1} \left(\text{cm}^2 / \text{W} \right) \cdot 4000 \text{ (W)} \div 50,3 \left(\text{cm}^2 / \text{m} \right) = 16,12 \text{ m}$$

Dado que son cuatro canales distribuidos uniformemente en el interior del horno.

$$L_C = \frac{16,12}{4} \text{ m} \cong 4 \text{ m}$$



COMPONENTES ELÉCTRICOS

CONTACTOR PRINCIPAL	FUSIBLE POTENCIA	FUSIBLE CONTROL	RELÉ TÉRMICO
40A - AC1	25A	2A	30A



DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE (SOLIDWORKS 2.015)

- Peso del ladrillo refractario $W_1 = 860 \text{ N}$
- Peso del revestimiento de acero inoxidable $W_2 = 280 \text{ N}$
- Peso de los componentes eléctricos y electrónicos $W_3 = 90 \text{ N}$

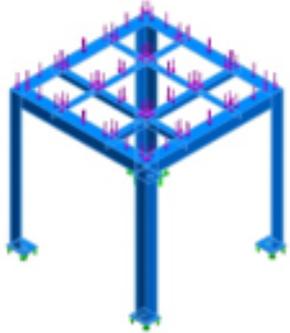
El peso total del horno de cerámica es:

$$W_H = (860 + 280 + 90) \text{ N}$$

$$W_H = 1.230 \text{ N}$$

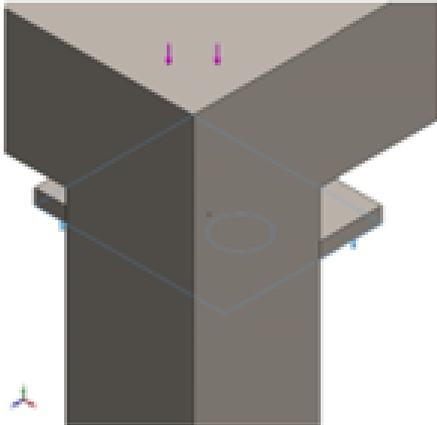


PROPIEDADES DEL MATERIAL

Referencia de modelo	Propiedades
 	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal 250 N/mm²</p> <p>Límite elástico: Límite de tracción: 400 N/mm²</p> <p>Módulo elástico: 200000 N/mm²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 g/cm³</p> <p>Módulo cortante: 79300 N/mm²</p>



CARGAS Y SUJECCIONES

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.00309457	307.523	0.00369088	307.523	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

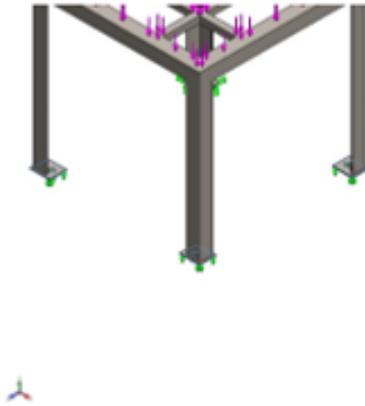


CARGAS Y SUJECCIONES

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.00309457	307.523	0.00369088	307.523
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Rodillo/Control deslizante-2



Entidades: 3 cara(s)
Tipo: Rodillo/Control deslizante

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0	922.491	0	922.491
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0



FUERZAS RESULTANTES

Fuerzas de reacción

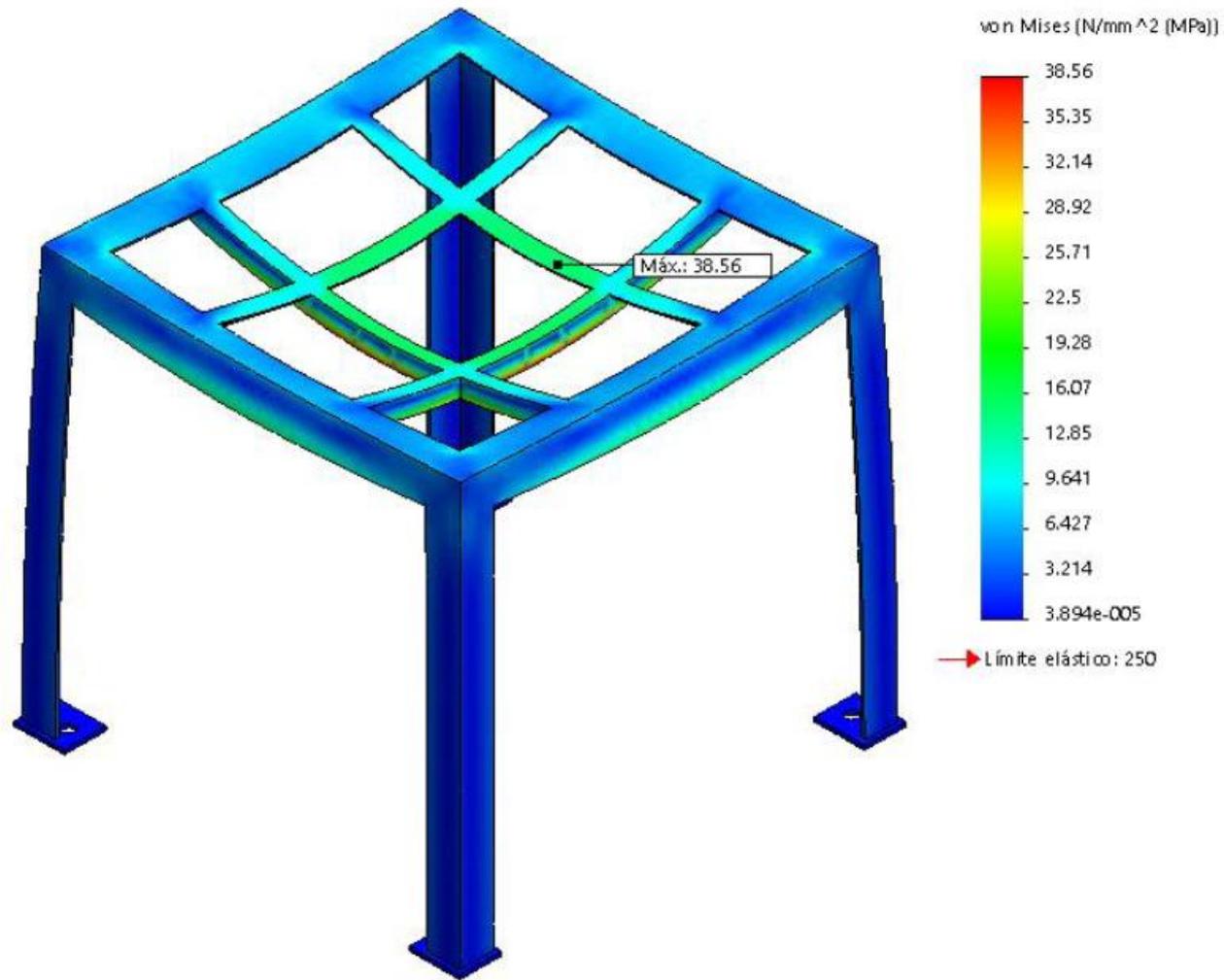
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.00309457	1230.01	0.00369088	1230.01

Momentos de reacción

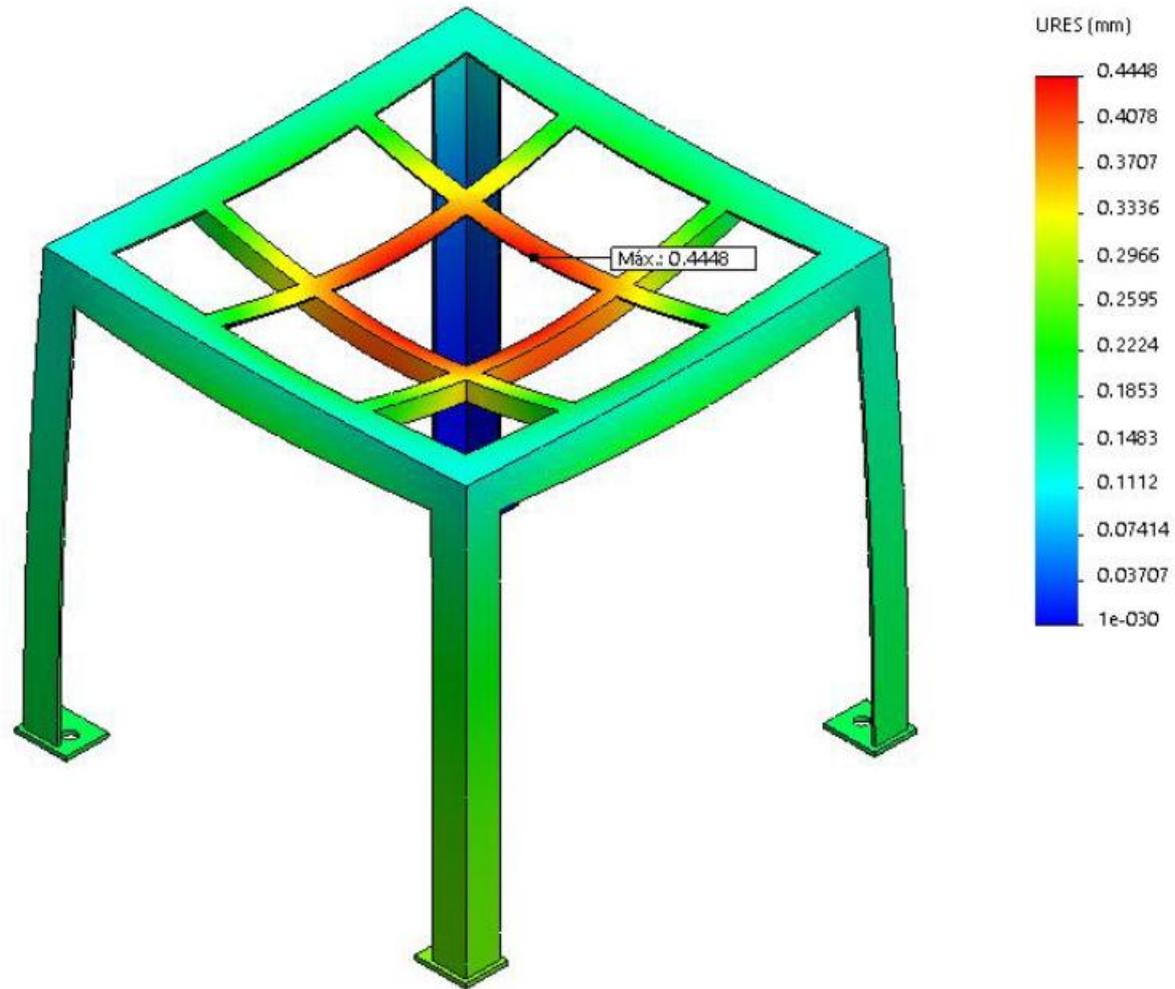
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



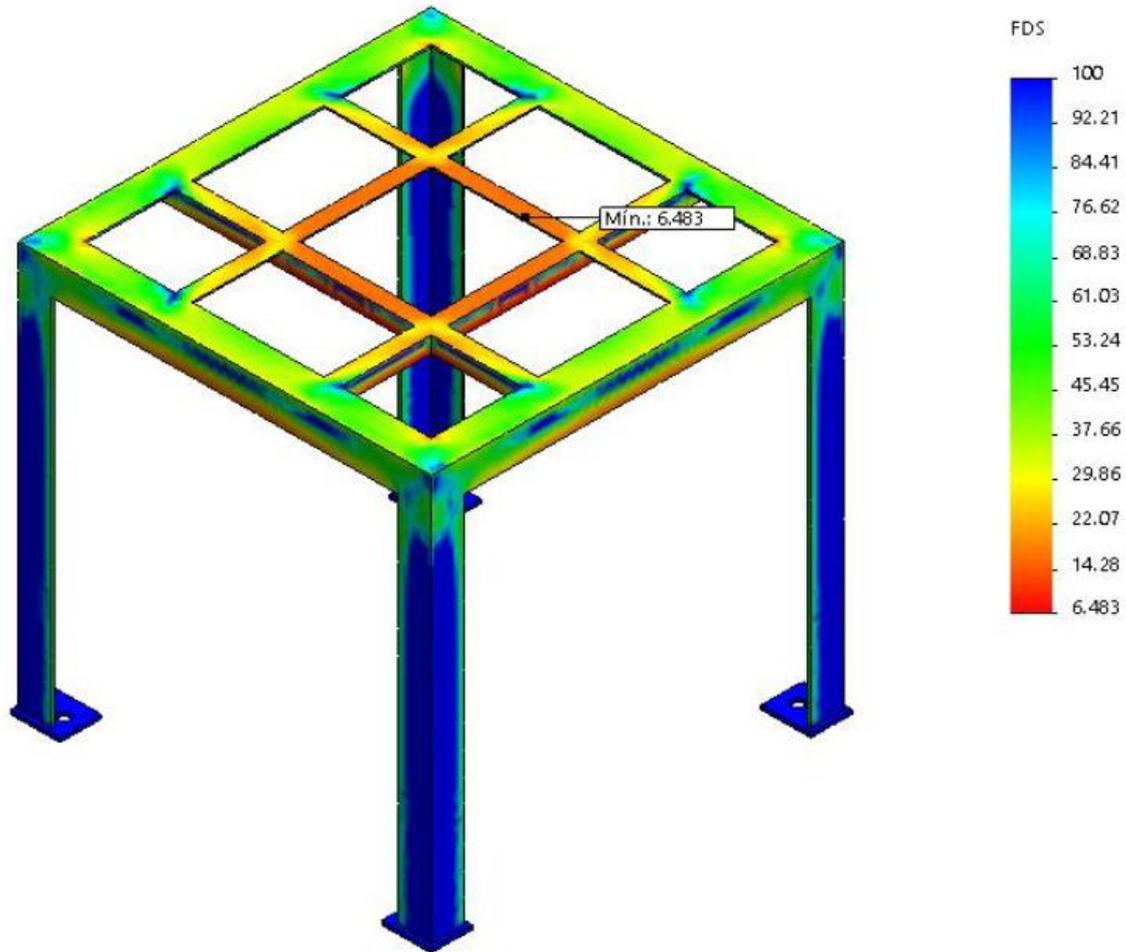
ANÁLISIS ESTÁTICO



DESPLAZAMIENTOS



FACTOR DE SEGURIDAD



CONTROLADOR ELÉCTRICO ELIWELL IC 915 LX

- Alimentación: 230V.
 - Entradas analógicas: 1 V-I
(0...1V,0...5V,0...10V,0...20mA,4...20mA)
 - Entradas digitales: No disponible
- Salidas digitales: 1 SPDT 8(3)A 250VAC + 1 SPST 8(3) a 250VAC



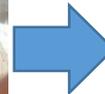
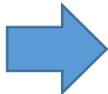
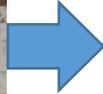
CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

En base a los requerimientos funcionales del horno, establecido por el proceso productivo de cerámica y de las características técnicas necesarias para proporcionar las ventajas de calidad, funcionalidad y seguridad exigidos para este tipo de equipos, se ha realizado un diseño funcional para el mismo, de acuerdo a esto se basan los materiales con los cuales se va a construir la estructura.

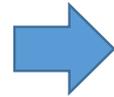
Para la construcción de las paredes interiores del horno, se utilizará ladrillo refractario de alta densidad del tipo JM26 de 63,5 mm de espesor



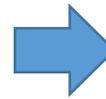
CONSTRUCCIÓN DE LAS PAREDES LATERALES DEL HORNO



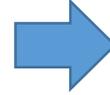
CONSTRUCCIÓN DE LAS PAREDES LATERALES DEL HORNO



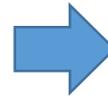
CORTE Y PERFORACIÓN DE LA CARCASA DEL HORNO



CORTE Y PERFORACIÓN DE LA CARCASA DEL HORNO



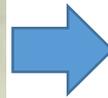
SOLDADURA DE LA CARCASA DEL HORNO



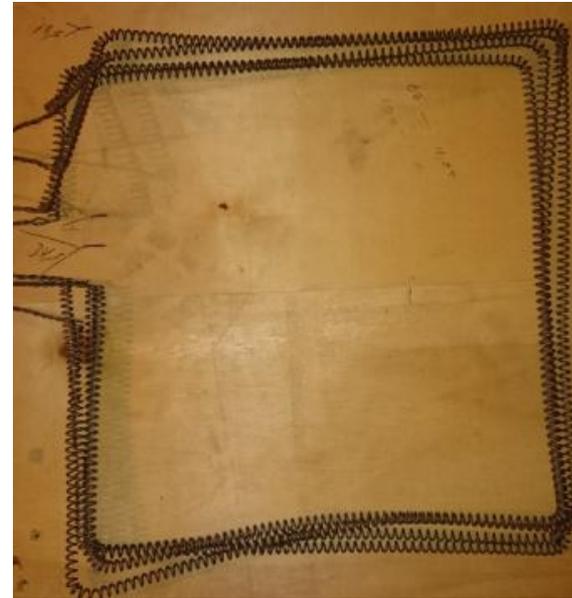
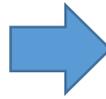
ESTRUCTURA DEL HORNO



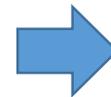
MEDICIÓN Y CORTE DE LA LONGITUD DE LA RESISTENCIA



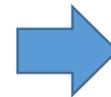
MOLDEADO DE LAS RESISTENCIAS



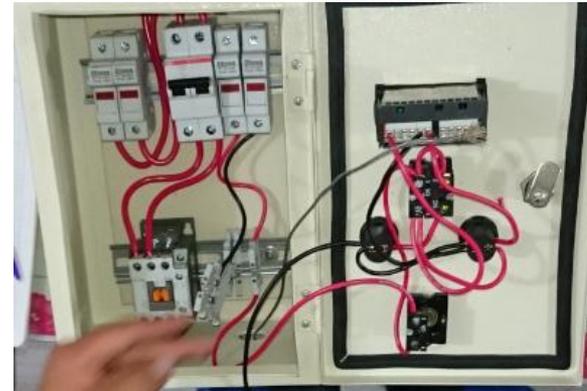
MONTAJE DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS



MONTAJE DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS



TABLERO DE CONTROL



PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

Voltaje de alimentación	220V
Corriente de línea	$I_L=18,9A$
Temperatura de calentamiento	1.080 °C
Histéresis	± 2 °C
Resistencias eléctricas	1.000 W x 4



PROTOCOLO DE PRUEBAS DEL HORNO Y DEL MATERIAL

- Verificar que no exista fugas de calor por ranuras desde el interior del horno hacia el exterior.
- Comprobar la temperatura de cuece de la cerámica.
- Comprobar el tiempo de calentamiento de la cerámica.
- Verificar que no existan fugas en los respectivos tanques que contiene el material a calentar.



CUECE DE LA CERÁMICA



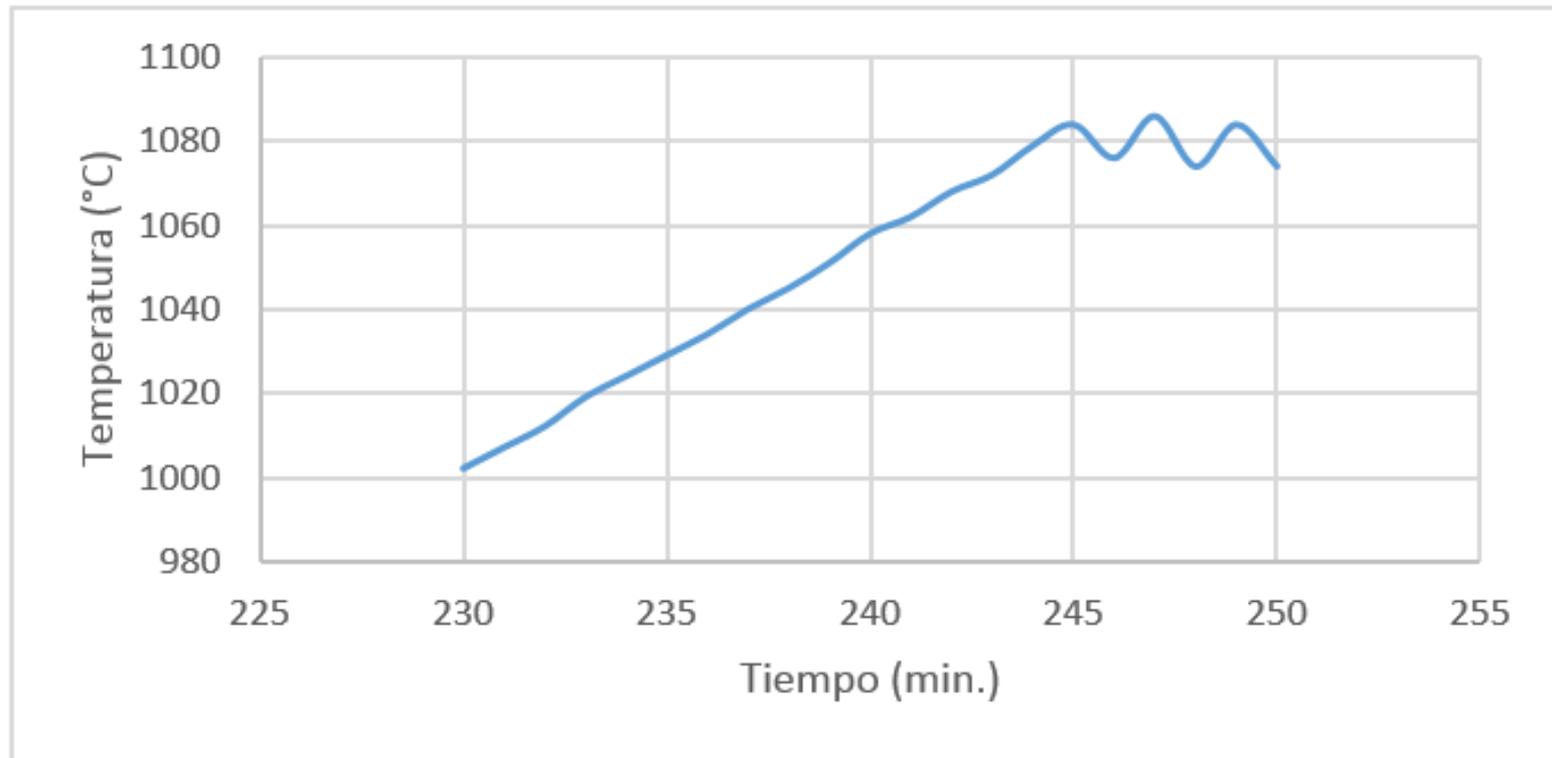
MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL HORNO EN UN INTERVALO DE 4 HORAS

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Estado (ON/OFF)
1	20	
2	25	
3	29	
4	34	
5	40	
6	44	
7	50	
8	54	
9	60	
10	65	
11	69	
12	74	
13	81	
14	86	
15	90	
16	93	
17	98	
18	104	
19	109	
20	115	

...	...	
230	1002	
231	1007	
232	1012	
233	1019	
234	1024	
235	1029	
236	1034	
237	1040	
238	1045	
239	1051	
240	1058	
241	1062	
242	1068	
243	1072	
244	1079	
245	1084	OFF
250	1076	ON
254	1086	OFF
260	1074	ON
267	1084	OFF
272	1074	ON



COMPORTAMIENTO DEL HORNO TEMPERATURA VS TIEMPO



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultado de varias pruebas hechas en el horno, tenemos que el calor generado por las resistencias eléctricas, calientan el horno en su totalidad en un tiempo de 245 minutos hasta calentar toda el espacio interno, luego el material a calentar comenzara a absorber calor en un tiempo de aproximadamente 6 minutos por lo tanto desde ese momento las resistencias calientan al horno en un tiempo mínimo de 4 minutos aproximadamente, el tiempo de calentamiento será constante para todo el proceso, e incluso para el tiempo en que el material absorbe calor.



ANÁLISIS ECONÓMICO

Mediante el análisis económico se determinará el beneficio que se obtendrá con la construcción del horno eléctrico. Además se hará una relación de gastos y utilidad entre el horno de GLP y el horno eléctrico.



INVERSIÓN INICIAL:

Costos de la materia prima directa (MPD): Adquisición de materiales y equipos para la construcción del horno eléctrico.

Costos de la mano de obra directa (MOD): Se refiere a la mano de obra calificada y no calificada utilizada para el diseño y construcción del horno eléctrico.

Costos indirectos (CI): Entre estos gastos se puede considerar la materia prima indirecta, transportación y comida.



INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO

Costos	Descripción	Inv.	% Inv.
Materia Prima Directa (MPD)	Horno Eléctrico	\$ 1.403,07	87,01%
	Control Eléctrico	\$ 209,47	12,99%
	Total	\$ 1.612,54	48,97%
Mano de Obra (MO)	Calificada	\$ 700,00	70,00%
	No Calificada	\$ 300,00	30,00%
	Total	\$ 1.000,00	30,37%
Costos Indirectos (CI)	Alimentación	\$ 554,40	81,48%
	Transporte	\$ 126,00	18,52%
	Total	\$ 680,40	20,66%
Total		\$ 3.292,94	100,00%



ANÁLISIS ECONÓMICOS A REALIZARSE EN EL PROYECTO

TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (RI)

Es el tiempo que se estima en que se recuperará la inversión total del proyecto.

VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Trae todos los resultados esperados del futuro al presente, utilizando una tasa específica. Además, se puede analizar y conocer si el proyecto es viable o no.

$$VAN = \sum \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_0$$

TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

Es una tasa que iguala el VAN a cero; además puede ser utilizado como indicador de rentabilidad de un proyecto; ya que a mayor TIR mayor rentabilidad.

$$0 = -I_0 + \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

RELACIÓN COSTO – BENEFICIO

Permite dar un criterio acertado de cuál va a ser la ganancia o beneficio, por cada dólar que se invierte en el proyecto.

$$R C / B = \frac{\sum \text{Flujos existentes}}{\text{Inversión Inicial}}$$


HORNO ELÉCTRICO

Costo del consumo energético anual del horno eléctrico

Potencia (kW)	Tiempo total de quema (h)	Tiempo total de trabajo del horno (días)	Energía anual consumida (kW*h/año)
4	8	365	11.680

Consumo de energía eléctrica anual del horno (kW*h/año)

$$E = (4\text{kW})(8\text{h})(365\text{días}/1\text{año}) \\ = 11.680 \text{ kW} \cdot \text{h/año}$$

Costo en Dólares

$$(11.680\text{kW} \cdot \text{h/año})(\$ 0,072) \\ = \$ 840,96 / \text{año} \\ \$ 0,072 = \text{Costo del kW/h}$$

Egresos

COSTO DE ENERGIA MENSUAL

$$= \frac{\$ 840,96}{12 \text{ meses}} = \$ 70,08 / \text{mes}$$



ESTADO DE FLUJOS DEL HORNO ELÉCTRICO

Para la obtención de cada uno de los flujos tanto de ingresos y egresos, se realizaron estimaciones mensuales del horno eléctrico

	Inversión (USD)	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	Flujo (USD)
0	3292,94			
1		1.396,2	680,15	716,05
2		2.098,2	453,43	1.644,8
3		2.098,2	453,43	1.644,8
4		3.494,4	1.133,58	2.360,8
5		3.494,4	1.133,58	2.360,8
6		3.494,4	1.133,58	2.360,8
7		3.494,4	1.133,58	2.360,8
8		3.494,4	1.133,58	2.360,8
9		1.224,6	736,83	487,77
10		2.269,8	396,75	1.873,1
11		3.494,4	1.133,58	2.360,8
12		3.494,4	1.627,52	1.866,9



HORNO DE GLP

Costo del consumo anual de GLP del horno industrial

Descripción	Cantidad unidades diarias	Tiempo total de quema (h)	Tiempo total de trabajo del horno (días)	Consumo total (\$/año)
Consumo GLP industrial	365	8	365	9.125

Costo en Dólares

$$(\$ 25)(365 \text{ días} / 1 \text{ año}) = \$ 9.125 / \text{año}$$

Egresos

COSTO MENSUAL DE GAS INDUSTRIAL

$$(EGRESOS) = \frac{\$9.125}{12 \text{ meses}} = \$ 760,42/\text{mes}$$



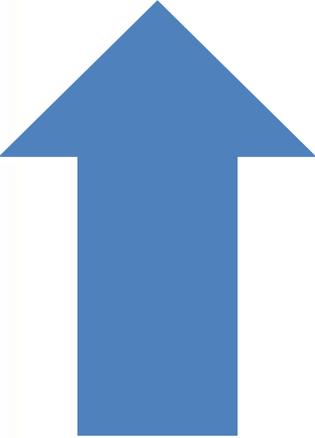
ESTADO DE FLUJO DEL HORNO DE GLP

Al igual que en el horno eléctrico, para la obtención de cada uno de los flujos tanto de ingresos y egresos, se debe realizar estimaciones mensuales del de horno de GLP.

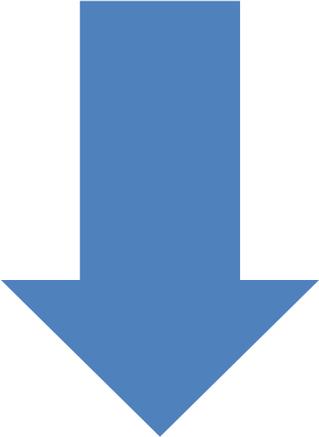
	Inversión (USD)	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	Flujo (USD)
0	3.850			
1		1.396,2	1.094,35	301,85
2		2.098,2	765,57	1.332,6
3		2.098,2	765,57	1.332,6
4		3.494,4	1.823,92	1.670,5
5		3.494,4	1.823,92	1.670,5
6		3.494,4	1.823,92	1.670,5
7		3.494,4	1.823,92	1.670,5
8		3.494,4	1.823,92	1.670,5
9		1.224,6	494,27	730,33
10		2.269,8	638,38	1.631,4
11		3.494,4	1.823,92	1.670,5
12		3.494,4	2.208,92	1.285,5



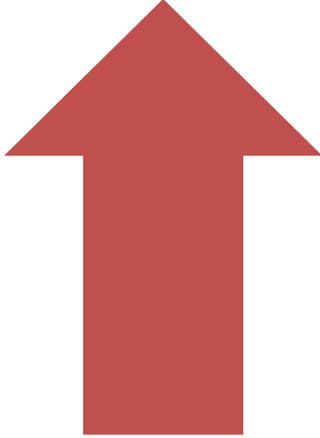
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (RI)



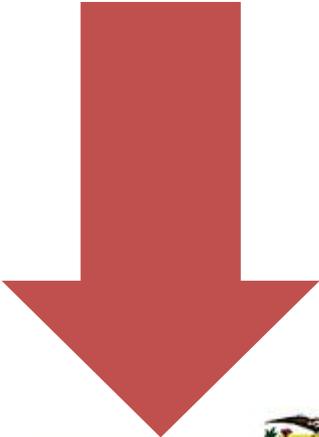
Tiempo de recuperación del horno eléctrico



Sumando los tres primeros flujos y restando de la inversión se puede observar que la inversión se puede recuperar a partir del **tercer mes**



Tiempo de recuperación del horno de GLP



Sumando los cuatro primeros flujos y restando de la inversión se puede observar que la inversión se puede recuperar a partir del **cuarto mes**



VALOR ACTUAL NETO (VAN)

VAN DEL HORNO ELÉCTRICO

$$VAN = \$ 16.505,99$$

La inversión es aceptable ya que \$16.505,99 es mayor que \$0; lo que quiere decir que es una inversión viable, donde aparte de recuperar el dinero tendrá ganancias.

VAN DEL HORNO DE GLP

$$VAN = \$ 10.832,65$$

De acuerdo con el análisis del VAN se observa que la inversión es aceptable ya que \$10.832,65 es mayor que \$0; lo que quiere decir que es una inversión viable, donde aparte de recuperar el dinero se genera también ganancias.



TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

Con la **Fórmula de Interpolación**, se puede calcular la TIR con mayor facilidad, ya que se encuentra tasas de interés al azar que de un VAN positivo y negativo que se acerque a cero respectivamente

$$\frac{VAN\%tasa\ menor - x}{VANtasa\ menor} = \frac{VAN\%tasa\ menor - VAN\%tasa\ mayor}{VANtasa\ menor - VANtasa\ mayor}$$

TIR DEL HORNO ELÉCTRICO

$$TIR = 5,5388\%$$

La TIR es de 5,5388%; y anualmente la TIR va a ser de 66,47% lo que quiere decir que la inversión es muy rentable, por lo que se acepta el proyecto, ya que la TIR es mayor al TMAR, (66,47% > 22,44%)

TIR DEL HORNO DE GLP

$$TIR = 3.5684\%$$

La TIR es de 3,5684%; y anualmente la TIR va a ser de 42,82% por lo cual se puede observar que es un indicador que presenta que la inversión es muy rentable, donde se acepta el proyecto de inversión, ya que la TIR es mayor al TMAR, (42,82% > 22,44%).



RELACIÓN COSTO - BENEFICIO

RELACIÓN COSTO - BENEFICIO DEL HORNO ELÉCTRICO

$$R^C/B = 6,80$$

El costo/beneficio obtenido mediante el respectivo cálculo es mayor que la unidad, por lo tanto, se considera que por cada dólar que se invierta en el proyecto la empresa ganará \$6,80 dólares lo cual permite saber que el presente proyecto es viable

RELACIÓN COSTO - BENEFICIO DEL HORNO DE GLP

$$R^C/B = 4,32$$

El costo/beneficio obtenido mediante el respectivo cálculo es mayor que la unidad, por lo tanto, se considera que por cada dólar que se invierta en el proyecto la empresa ganará \$ 4.32; lo cual permite saber que el presente proyecto es viable.



COMPARACIÓN ENTRE LOS DOS HORNOS

Al comparar entre el horno eléctrico y el horno a gas se observa que con los dos hornos se obtiene beneficios, siendo el horno eléctrico donde se obtiene mayor ganancia.

$$\text{Ahorro Anual} = (VA_{he} - VA_{hGLP}) = \$ (22.398,21 - 16.637,22) = \$ 5.760,99$$



CONCLUSIONES

- El diseño del sistema de calentamiento del horno permitió cumplir con los requerimientos de la microempresa para optimizar el tiempo de cucece y curado de la resina y cerámica.
- Con la implementaron de cuatro resistencias eléctricas como elementos de calentamiento la cantidad de calor es mayor permitiendo que las temperaturas de cucece se alcance en menor tiempo, y en consecuencia un tiempo total menor.
- El tiempo promedio para que el horno eléctrico alcance una temperatura alrededor de 1.200 °C es aproximadamente de 4 horas, que es aproximadamente 200 % más eficaz del tiempo necesario que el horno de GLP que actualmente se utilizaba en la microempresa.
- La temperatura del horno eléctrico se distribuye de forma homogénea ya que las resistencias eléctricas fueron ubicadas de manera que se aproveche al máximo la potencia que entrega cada una de ellas.



CONCLUSIONES

- El calor que se transmite hacia las paredes externas del horno eléctrico es mínimo, debido a que el diseño de las dimensiones del aislamiento de las paredes nos permite tener una temperatura de 80°C con lo que se evita que el operador sufra quemaduras
- Se realizó el análisis estático de la base del horno, empleando software “SolidWorks”, lo cual permitió concluir que el diseño tendrá un factor de seguridad de 6,5 como mínimo, con lo que se puede concluir que la base del horno soportara de manera adecuada el peso del horno, para la que fue diseñado sin que esta sufra daños.
- Se implementó un control de temperatura ON/OFF. Además, se comprobó que para el proceso de control de temperatura de un horno para el cuece y curado de resina y cerámica utilizado en este proyecto, resulta muy satisfactorio aplicar un control ON/OFF, ya que al tratarse de un proceso lento es aconsejable, además, KANTHAL GROUP fabricante de las resistencias eléctricas también sugiere dicho control.



CONCLUSIONES

- Una vez realizadas las pruebas se llegó a tener una temperatura máxima de 1.086°C y una mínima de 1.074°C , una vez alcanzada la temperatura deseada, para este caso los 1.080°C . Este error es mínimo debido a que el control recomendado para este tipo de procesos es ON/OFF.
- La inversión realizada se podrá recuperar en un tiempo de un mes, tiempo en el cual, este proyecto empezará a dar retribuciones a los dueños de la empresa CERÁMICAS NOVA.
- Al comparar entre el horno eléctrico y el horno a gas se observa que con los dos hornos se obtiene beneficios, siendo el horno eléctrico donde se obtiene mayor ganancia.



RECOMENDACIONES

- Se debe dar una adecuada operación al sistema de control del horno, así como un mantenimiento periódico para poder mantener la eficiencia, remitiéndose únicamente al manual de operación.
- Para realizar el mantenimiento se recomienda esperar al menos 60 minutos cuando el horno ha estado en funcionamiento.
- Utilizar el equipo de protección personal (EPP) adecuado para maniobrar la probeta sobre el que se esté dando el cuece de las piezas de cerámica, ya que se manejan altas temperaturas cuando se abre la tapa del horno que pueden ocasionar quemaduras en el operario.



RECOMENDACIONES

- Para lograr un control de temperatura más exacto, se tiene que dar un mantenimiento más continuo a la termocupla ya que es nuestro dispositivo de comunicación entre el sistema de calentamiento y el de control.
- El horno debe ubicarse para su manipulación en lugares ventilados y secos debido a que la humedad puede producir daños en los implementos mecánicos, eléctricos y electrónicos.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA