



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA
AHORRO Y USO EFICIENTE DE ENERGÍA**

**Evaluación térmica de los hornos de una
panadería**

TESINA

Que para obtener el título de
Especialista en Ahorro y Uso Eficiente de Energía

PRESENTA

Ing. Andrés Bernabé Velázquez Reyes

DIRECTOR DE TESINA

M.I. Augusto Sánchez Cifuentes

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Introducción.....	4
Capítulo I. Marco Contextual.....	5
1.1 Situación actual.....	5
1.1.1 Descripción de la empresa.....	5
1.1.2 Descripción del proceso productivo.....	5
1.1.3 Consumo de energía térmica en los hornos.....	8
1.2 Planteamiento del problema y justificación.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
Capítulo II. Marco Teórico Conceptual.....	13
2.1 Hornos.....	13
2.2.2 Horno de columpio.....	14
2.2 Combustión.....	15
2.2.1 Análisis de combustión.....	16
2.3 Aislamiento.....	17
2.4 Factores generales.....	18
Capítulo III. Desarrollo metodológico.....	19
3.1 Desarrollo metodológico en campo.....	19
3.2 Horno rotativo.....	20
3.2.1 Factores generales.....	20
3.2.2 Análisis termográfico.....	21
3.2.3 Análisis de combustión.....	25
3.3 Horno de Columpio.....	28
3.3.1 Factores Generales.....	28
Capítulo IV. Resultados.....	29
4.1 Propuestas técnicas para horno rotativo.....	29
4.2 Análisis económico.....	32
Conclusiones.....	34
Bibliografía.....	35

Anexos	37
Recibo de suministro de gas.....	37
Especificaciones analizador de gases de combustión PCA3.....	38
Especificaciones analizador de cámara termográfica Ti-32	41
Hoja de seguridad gas L.P.....	46
Especificaciones quemador max gas 105 P ECOFLAM	50

Introducción

En el presente trabajo se desarrolla un análisis energético para una panadería, específicamente las condiciones térmicas actuales de sus hornos: horno rotativo y horno de columpio. La panadería no cuenta con ninguna información acerca del desempeño térmico de sus hornos durante el proceso de horneado, por lo cual es importante determinar las condiciones térmicas actuales de operación de ambos hornos. Así como también, se identifican las características de ambos hornos, para establecer un panorama de su situación actual.

Con base en las características de los hornos de una panadería se establece un desarrollo metodológico de campo para realizar el estudio de los hornos. El cual consiste en definir de forma general los factores que afectan el desempeño térmico del horno, un análisis de combustión y un análisis termográfico. El estudio de las condiciones de operación se lleva a cabo durante un proceso de horneado real.

Este trabajo tiene como particularidad la consideración de datos y recomendaciones recopilados de la industria panadera, de la comisión nacional para el uso eficiente de la energía (CONUEE), GIZ y otras instituciones, con la finalidad de que el trabajo se ajuste a situaciones reales y no ideales.

Finalmente, con los resultados obtenidos se presentan una serie de propuestas para la corrección y disminución de las deficiencias que presentan los hornos en la parte térmica. Las propuestas se clasifican en dos categorías: sin inversión y con inversión. En estas últimas, se realiza un análisis económico para saber el periodo de recuperación de la inversión, con base en los consumos energéticos del establecimiento.

Capítulo I. Marco Contextual

1.1 Situación actual

1.1.1 Descripción de la empresa

Actualmente la panadería se encuentra ubicada en el Estado de México, se dedica a la elaboración de pan dulce y pan blanco. El establecimiento cuenta con dos turnos de producción, matutino de 4:00 am a 10:00 am y vespertino de 5:00 pm a 8:00 pm. Se clasifica dentro del rango de una pequeña empresa, debido a su número de empleados, ya que se encuentra en el rango de 11-50 empleados establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)¹. En la siguiente figura se muestra una vista satelital de la panadería.

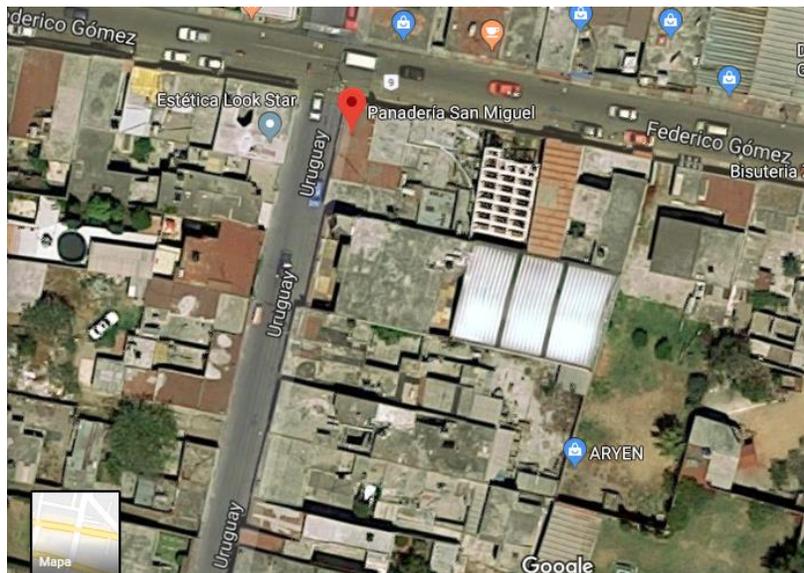


Figura 1. Vista Satelital de la Panadería.

El establecimiento se encuentra dividido en dos áreas principales, las cuales son: área de producción y área de venta. Siendo el área de producción las dos terceras partes del área total de la panadería.

1.1.2 Descripción del proceso productivo

El proceso de producción cuenta con distintos tipos de maquinaria para la elaboración del producto, como son: hornos, cámara de fermentación, cámara de refrigeración, etc. Sin embargo, parte del proceso se realiza de forma manual como lo es: el amasado, corte y formado del producto. Por lo cual la panadería no se

¹ (INEGI, 2014)

puede considerarse como del tipo industrial pero tampoco del tipo tradicional, se encuentra en un punto intermedio de ambas, a pesar de esta situación se sigue un proceso estándar de elaboración de pan como se describe a en la siguiente figura.

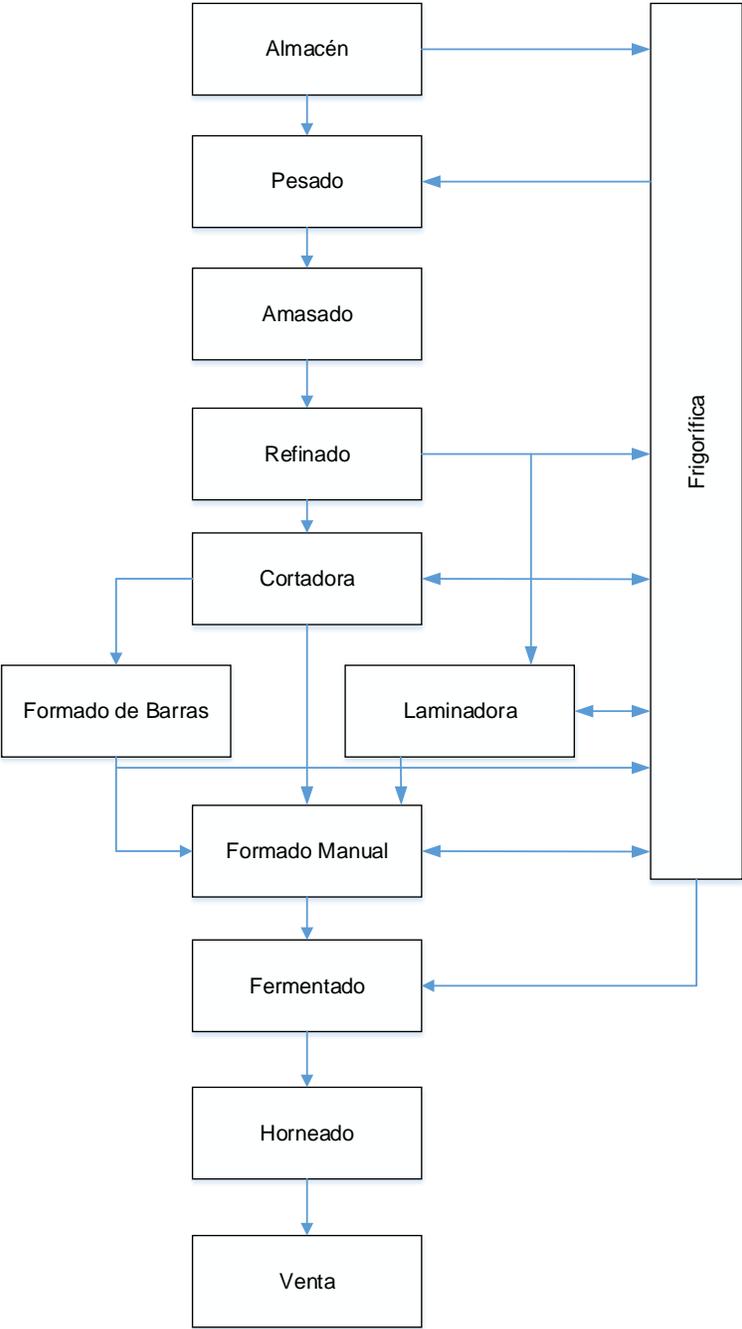


Figura 2. Proceso simplificado de producción de pan².

² (CONUEE, 2009)

El proceso de elaboración del pan se puede dividir en tres etapas principales, con el fin de tener un panorama mejor definido.

1. Amasado y fermentación: en esta parte del proceso se elabora la masa, mezclando los ingredientes básicos como: harina, azúcar, sal, levadura, margarina, agua, sal, etc. Teniendo en cuenta que los ingredientes son pesados y seleccionados previamente, debido a que cada receta es diferente. Posteriormente se deja fermentar la masa hasta que su volumen se incremente al doble, bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad.
2. División y fermentación: en esta etapa se corta la masa preparada anteriormente en partes iguales y se da forma del tipo de pan que se producirá, es importante dejar reposar nuevamente la masa cortada para que adquiera un mayor volumen.
3. Horneado: finalmente se realiza la cocción de la masa, el tiempo y temperatura que tendrá la masa dentro del horno es determinada de acuerdo al tipo de pan que se está elaborando.

Para el proceso de horneado la panadería cuenta con dos hornos para la producción de pan. El primer horno es de la marca Servicios Integral Acosta, el cual es utilizado para pan blanco y pan dulce. Es un horno de tipo columpio, con una capacidad de 28 charolas, con capacidad total de 336 piezas de pan. Este horno funciona con gas L.P. y se muestra en la siguiente figura.



Figura 3. Horno tipo columpio.

El segundo horno es de la marca C.P Machinery tipo rotativo (figura 4), utilizado en la producción de pan blanco. Este horno tiene una capacidad de 16 charolas equivalente a un total de 320 piezas y funciona con gas L.P.



Figura 4. Horno tipo rotativo.

Para el proceso de horneado en la panadería se utilizan los rangos de tiempo y temperatura mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Rangos de tiempo y temperatura

Tipo de pan	Temperatura [°C]	Tiempo [minutos]
Dulce	170-250	40
Blanco/Salado	270	20

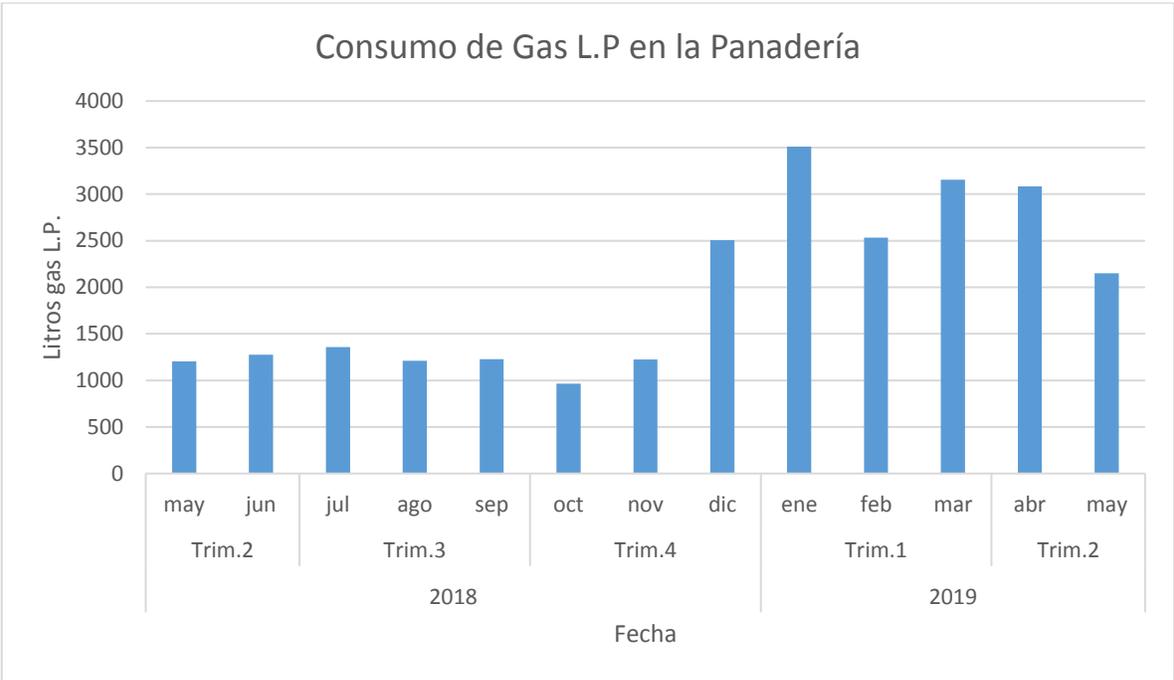
Fuente. Elaboración propia con datos de la empresa.

1.1.3 Consumo de energía térmica en los hornos

El uso de la energía térmica en la elaboración del pan es indispensable debido a que ésta es utilizada en el proceso de horneado. El establecimiento cuenta con dos tanques estacionarios con capacidad de 300 litros, sin embargo, no se tiene un control detallado del consumo de gas y tampoco se tiene un historial de registro de los consumos de forma ordenada de cada tanque.

Cabe mencionar que la panadería basa su producción en la demanda que se tiene al día por lo cual los resultados pueden variar, sin embargo, la panadería ya cuenta con una base de clientes habituales, siendo estos la mayor parte de su demanda diaria, es importante recalcar que la operación de los hornos es intermitente. La panadería sigue un patrón de recarga de gas aproximado de dos veces por semana, sin embargo, no es algo totalmente exacto. Únicamente cuentan con los recibos que les proporciona la empresa suministradora de gas L.P.

Con base en los recibos de compra de gas de un año y la información proporcionada se obtiene la siguiente gráfica de consumo total del establecimiento.

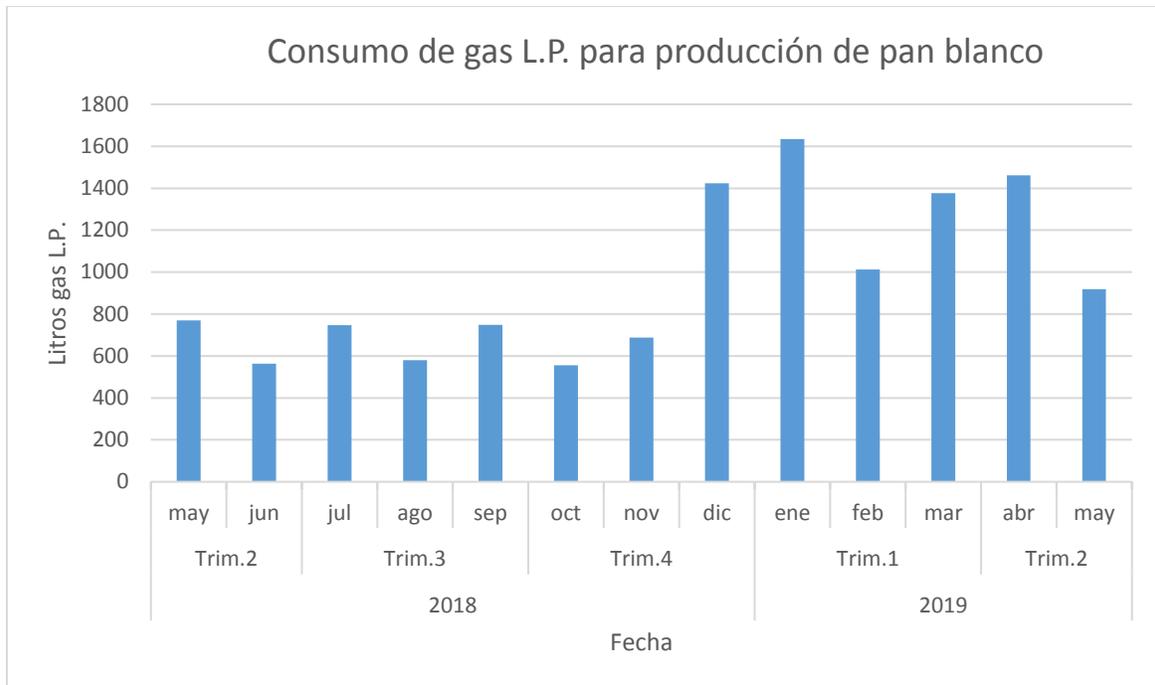


Gráfica 1. Consumo total de gas L.P.

La panadería cuenta con un mayor consumo de combustible en el mes de enero mientras que en el mes de octubre es donde se tiene un menor consumo de combustible y por lo tanto una menor producción de pan.

Comparando el mes de mayo del año 2018 con el mes de mayo de 2019 se observa un incremento en el consumo de gas L.P., incrementándose de 1204 litros en mayo de 2018 a un consumo de 2150 litros en mayo de 2019, representando un aumento del 78% en consumo de combustible.

El horno giratorio, dedicado exclusivamente para la producción de pan blanco cuenta con un consumo de gas L.P. como se muestra en la gráfica 2.



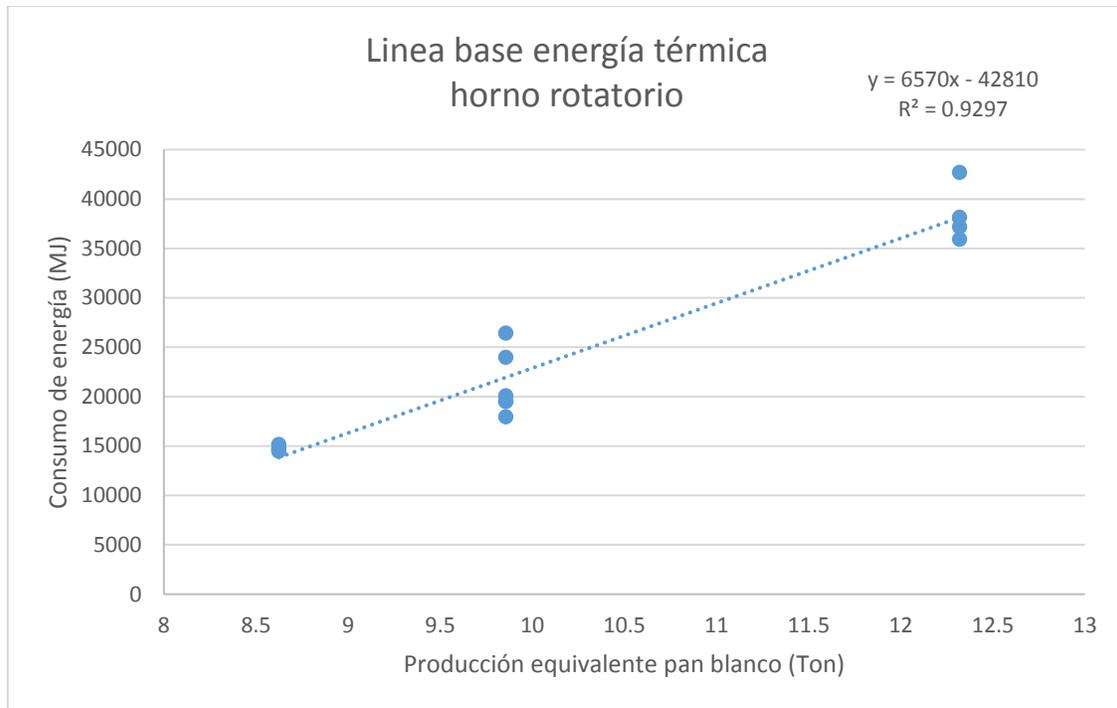
Gráfica 2. Consumo de gas L.P, en el horno para pan blanco de la panadería.

Al comparar el mes de mayo del año 2018 con el mes de mayo de 2019 se observa un incremento en el consumo de gas L.P., incrementándose de 769 litros en mayo de 2018 a un consumo de 919 litros en mayo de 2019, representando un aumento del 19.5% en consumo de combustible.

Así como también se puede observar que el mayor consumo de combustible se localiza en el mes de enero, en el cual de acuerdo a los operarios es un mes de alta producción mientras que en octubre se tiene el menor consumo de combustible, siendo este mes el de menor producción durante todo el año.

Para la realización de la línea base (gráfica 3) se recopiló información sobre el consumo de harina que se tiene en un mes en la panadería, sin embargo, no se tiene un registro detallado.

Solo se tiene una idea de forma general del número de bultos de harina que se consumen, indicando que en un mes de producción baja utilizan 7 sacos de harina de 44kg al día, un mes de producción estándar 8 sacos al día y un mes de alta producción 10 sacos de harina diarios, todo lo anterior únicamente para la producción de pan blanco.



Gráfica 3. Línea base, en el horno para pan blanco de la panadería.

1.2 Planteamiento del problema y justificación

La panadería se dedica a la elaboración de pan dulce y pan blanco, en su proceso de elaboración de pan, cuenta con dos hornos los cuales utilizan gas L.P. como combustible, siendo el proceso de horneado fundamental en el consumo de energía en el establecimiento. Sin embargo, se desconocen las condiciones actuales de los hornos, así como también su desempeño energético. De igual forma no se tienen identificadas las causas que pueden afectarlos en su funcionamiento y por consiguiente provocar complicaciones en el proceso de horneado del pan.

Por lo anterior es de gran importancia un análisis energético en los hornos para determinar las condiciones actuales de los mismos y con base en esto proponer mejoras de eficiencia energética, de igual manera se busca promover un mejor conocimiento de los hornos para aprovechar al máximo sus características en el proceso de horneado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar las condiciones térmicas actuales de los dos hornos en la panadería, utilizados en el proceso de horneado. Estableciendo las bases para recomendar medidas que mejoren su funcionamiento y se tenga un uso eficiente de la energía térmica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico energético completo en los hornos que como resultado nos permita:
 - Identificar las oportunidades de mejora en los hornos.
 - Proponer medidas de eficiencia energética, en función de las características de los hornos.
 - Realizar un análisis económico de las propuestas de ahorro y uso eficiente de la energía.

Capítulo II. Marco Teórico Conceptual

2.1 Hornos

Un horno es un dispositivo que genera calor, lo mantiene dentro de un compartimiento cerrado y tiene como objetivo aprovechar el calor generado al quemar un combustible para transformar físicamente un producto³. En un horno convencional primero se calienta el aire que está dentro del horno, posteriormente se transfiere el calor del aire al producto por convección natural, o por convección forzada con ayuda de un ventilador. El movimiento del aire en los hornos de convección forzada disminuye el tiempo de cocción del producto⁴.

En la industria panadera existen diferentes tipos de hornos, los cuales cuentan con características específicas para la elaboración de los distintos tipos de pan. Dentro de los cuales se tiene los siguientes tipos: horno rotativo, horno de columpio, horno de inducción, horno de bandejas, horno de túnel, etc. Así como también se clasifican de forma general en: eléctricos o de gas. El uso de este equipo en el proceso de la elaboración del pan puede llegar a representar las dos terceras partes del consumo de energía total utilizada en la producción de pan⁵.

2.1.1 Horno Rotatorio

También llamado tipo rack, se caracteriza por tener un carro o estante de charolas móviles (figura 5) en el cual se coloca el producto que necesita ser horneado. La cantidad de producto a hornear depende del tamaño del rack, por lo cual su diseño está basado para grandes producciones de pan.



Figura 5. Rack para horno rotativo.

³ (GIZ, 2013)

⁴ (Cengel, 2007)

⁵ (METROGAS)

El proceso de cocción se realiza por convección, el aire se calienta por medio de un intercambiador de calor y se inyecta a la cámara de cocción para que circule alrededor de las bandejas con el producto. El carro giratorio permite que el producto entre en contacto con el aire caliente sin importar la posición del carro, así como también cuenta con ventiladores en el interior del horno para crear corrientes de convección, esto reduce el tiempo de cocción⁶. Las principales ventajas de este horno son: un alto nivel de productividad, tiempos reducidos de cocción y facilidad de operación en la carga y descarga del horno.

2.2.2 Horno de columpio

En este horno los estantes están unidos a un sistema mecánico el cual asemeja una rueda de la fortuna, tiene capacidad para 4, 6, 8, 12 y 36 charolas las cuales están se encuentran unidas a los estantes de forma paralela al piso. Para la carga y descarga de este horno es necesario detener el sistema mecánico.



Figura 6. Horno de columpio

La cocción del producto se realiza por las corrientes de convección creadas dentro del horno por el movimiento de las charolas del horno⁷. Su principal ventaja es la flexibilidad que le ofrece al panadero para ocupar el espacio proporcionado por las charolas, así como también el contacto directo que puede tener con el producto mientras se realiza el proceso de horneado.

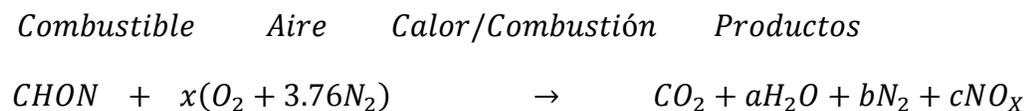
⁶ (EUROPAN, 2019)

⁷ (Donnell, 2016)

2.2 Combustión

La combustión es un proceso en el cual se llevan a cabo un conjunto de reacciones de oxidación con desprendimiento de calor. En este proceso cuando se quema un hidrocarburo, el hidrógeno contenido en éste se combina con el oxígeno del aire para producir agua, el carbón se combinará con el oxígeno del aire para formar dióxido de carbono y se liberará energía en forma de calor⁸. Durante la combustión el nitrógeno se comporta como un gas inerte y no reacciona con otros elementos químicos más que para formar una pequeña cantidad de óxidos nítricos (NO_x)⁹.

La siguiente reacción representa una reacción básica de combustión.



Donde:

C= carbón

H= hidrógeno

O= oxígeno

N= nitrógeno

Los elementos que constituyen una combustión son: combustible y comburente. El comburente empleado con mayor frecuencia es el aire. El cual se encuentra constituido principalmente de oxígeno, nitrógeno, argón y otros gases en pequeñas cantidades como: helio, neón, hidrógeno y dióxido de carbono. Sin embargo, en un análisis de combustión únicamente se consideran el oxígeno (O_2) y el nitrógeno (N_2), en base molar o volumétrica de: 21% y 79%, respectivamente¹⁰.

Existen dos tipos de reacción de combustión: completa e incompleta. En la combustión completa se obtiene como productos de la reacción dióxido de carbono (CO_2), mientras que la reacción de combustión incompleta se produce monóxido de carbono (CO) en una reacción secundaria¹¹.

La cantidad de aire (comburente) juega un papel muy importante para la determinación de una combustión completa o incompleta, debido a que para asegurar una combustión completa es necesario contar con un exceso de aire, es

⁸ (CONUEE, 2009)

⁹ (Cengel, 2007)

¹⁰ (Cengel, 2007)

¹¹ (Tapia, 2003)

importante tener una combustión completa debido a que no se tienen ventajas como: no hay generación de monóxido de carbono, se aprovecha todo el combustible y no se tiene producción de hollín.

La importancia de la de combustión es la cantidad de energía (calor) que se genera, la cual es aprovechada para otros procesos como: producir vapor, calentamiento de un corriente proceso, para calentar un equipo, etc.

2.2.1 Análisis de combustión

Existen varias formas de ver el desempeño de un horno de panadería, sin embargo, un análisis de combustión proporciona una gran flexibilidad, de tal forma que se puede adaptar a cualquier tipo horno a gas. Para el análisis de combustión frecuentemente se utilizan dos parámetros: la relación aire-combustible y el porcentaje de aire teórico.

La relación aire-combustible es simplemente el cociente de la cantidad de aire en una reacción y la cantidad de combustible, como lo establece la ecuación 1. El cociente puede ser en base molar o másica, pero suele ser expresado en base másica¹².

$$AC = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{comb}}} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

AC= relación aire combustible [=] kg aire/kg combustible

m_{aire} = masa de aire [=] kg aire

m_{comb} = masa de combustible [=] kg de combustible

El porcentaje de aire teórico es la cantidad mínima de aire que proporcionara oxígeno suficiente para la combustión completa de un combustible¹³, teniendo como productos de la reacción dióxido de carbono, agua y óxidos nítricos. En los procesos de combustión reales es común utilizar una mayor cantidad de aire para asegurar una combustión completa y a esta cantidad de aire se le conoce como exceso de aire.

El exceso de aire se expresa en términos porcentuales y se determina mediante la siguiente ecuación:

¹² (Cengel, 2007)

¹³ (Cengel, 2007)

$$\% \text{ Aire te\u00f3rico} = \frac{m_{\text{aire,alimentado}}}{m_{\text{aire,te\u00f3rico}}} = \frac{N_{\text{aire,alimentado}}}{N_{\text{aire,te\u00f3rico}}} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

$\% \text{ Aire te\u00f3rico}$ = exceso de aire [=] %

$m_{\text{aire,alimentado}}$ = masa de aire alimentado [=] kg aire alimentado

$m_{\text{aire,te\u00f3rico}}$ = masa de aire te\u00f3rico [=] kg aire te\u00f3rico

$N_{\text{aire,alimentado}}$ = moles de aire alimentado [=] kmol aire alimentado

$N_{\text{aire,te\u00f3rico}}$ = moles de aire te\u00f3rico [=] kmol de aire te\u00f3rico

Existen recomendaciones pr\u00e1cticas para la relaci\u00f3n aire-combustible y el exceso de aire, estas recomendaciones est\u00e1n en funci\u00f3n del tipo de combustible utilizado. Por ejemplo, se recomienda una relaci\u00f3n de 10 partes de aire por una de gas natural o L.P.¹⁴ y en el caso de exceso de aire para el gas L.P. se recomienda entre un 10% y 15% de exceso¹⁵. Con la ayuda de estos par\u00e1metros se puede identificar la situaci\u00f3n en la que se encuentra el quemador del horno y tomar las acciones correspondientes sobre el mismo, como pueden ser: calibraci\u00f3n, limpieza o en su defecto un replazo del mismo.

2.3 Aislamiento

Un aislamiento t\u00e9rmico es cualquier tipo de material que represente una resistencia a un flujo de calor, este flujo se presenta cuando existe una diferencia de temperatura en dos medios distintos. Los aislamientos t\u00e9rmicos act\u00faan como barreras que retardan el flujo de calor entre dos medios a diferente temperatura¹⁶.

El calor generado en un horno es absorbido por el medio que se encuentra en el horno y sus superficies, lo cual genera un incremento en la temperatura por encima de la temperatura ambiente, esta diferencia de temperatura producir\u00e1 un flujo de calor del medio caliente (horno) al medio fr\u00edo (ambiente). La funci\u00f3n del aislamiento es reducir la p\u00e9rdida de calor, teniendo un impacto en el ahorro de consumo de combustible y dinero. El aislamiento se paga por s\u00ed mismo gracias a la energ\u00eda que se ahorra, el periodo de recuperaci\u00f3n a menudo es menor de un a\u00f1o¹⁷.

Existen diferentes tipos de materiales aislantes como: vidrio, caucho, s\u00edlice, poliestireno, poliuretano, etc., en la industria panadera la lana de roca es la m\u00e1s

¹⁴ (BannerDay, 2018)

¹⁵ (Zu\u00f1iga, 2011)

¹⁶ (Cengel, 2007)

¹⁷ (CONUEE, 2009)

utilizada. Este aislamiento debe de estar colocado tanto en las paredes como en el techo del horno y es recomendable un grosor de 100-150 mm. Si las temperaturas en las paredes y en el techo se encuentran en valores de 45-50°C, es un indicativo de que el horno se encuentra mal aislado, siendo las temperaturas menores a 45°C las recomendadas¹⁸.

Es importante mencionar que existen otras ventajas de un aislamiento como son: conservación de la energía, protección y comodidad personal, mantenimiento de la temperatura de proceso, reducción del ruido y la vibración.

2.4 Factores generales

Existen otros factores los cuales intervienen en el desempeño térmico de un horno y en muchas ocasiones no son tomados en cuenta, como son:

- La puerta de los hornos debe de contar con un cristal termorefractante.
- El cierre de la puerta debe de ser hermético, con el fin de evitar pérdidas de calor.
- El material de los empaques (sellos) deben de estar en buen estado.
- Limpiar periódicamente el interior y exterior de los hornos.
- Limpiar el rack y las charolas de los hornos.
- Verificar el control de temperatura.

¹⁸ (METROGAS)

Capítulo III. Desarrollo metodológico

3.1 Desarrollo metodológico en campo

El procedimiento realizado para la evaluación térmica del horno, es el mostrado en la figura 7. Este procedimiento homogeniza los pasos a seguir en un horno de panadería, sin embargo, es importante siempre tener en cuentas las características particulares de cada horno.

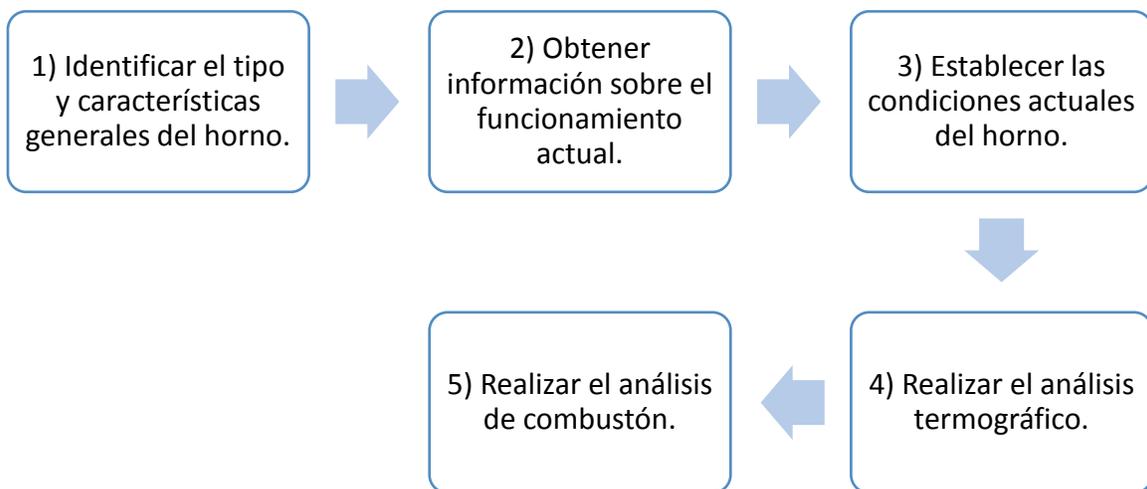


Figura 7. Diagrama de desarrollo metodológico.

1. A través de una visita a las instalaciones de la panadería, identificar el tipo de horno y sus características como son: tipo de combustible, funcionamiento, capacidad, etc.
2. Obtener información del funcionamiento actual de los hornos durante el proceso de horneado, con ayuda de una entrevista a los operarios.
3. Realizar una inspección visual del horno, en las siguientes partes: limpieza del horno, empaques del horno, condiciones de la puerta del horno y color de la flama. Con ayuda de la inspección visual establecer un panorama general del horno.
4. Llevar a cabo el análisis termográfico del horno, con ayuda de la cámara termográfica Ti-32.

5. Determinar la situación actual del proceso de combustión actual del horno mediante un análisis, utilizando el analizador PCA3 Bacharach.

3.2 Horno rotativo

3.2.1 Factores generales

Los principales factores que están involucrados actualmente en el desempeño energético de este horno, son los siguientes: los empaques de la puerta se encuentran en un mal estado, a tal grado que existe una fuga considerable por la base del horno del vapor que es inyectado en el proceso de horneado, el cual se condensa y deja restos del mismo afuera de la base (figura 8). La puerta del horno no cierra herméticamente, el cristal termorefractante de la puerta presenta una elevada temperatura en su exterior, principalmente en los costados y los controles de temperatura se encuentran en mal estado, de tal forma que la temperatura es ajustada en base a la experiencia de los operarios.



Figura 8. Restos del vapor condensado en la base del horno.

Así como también un factor muy involucrado es la falta de limpieza en las paredes del horno, el rack y las charolas donde es colocado el pan, como se puede ver en la figura 9. Este horno cuenta con un tiempo aproximado de 20 años de servicio, por lo cual la falta de mantenimiento y el tiempo de vida del horno hacen que estos factores tomen mayor importancia en el desempeño del horno.



Figura 9. Falta de limpieza en el rack.

3.2.2 Análisis termográfico

Durante el análisis termográfico se comprobó que el lugar donde se tienen los mayores inconvenientes por aislamiento del horno es en la puerta. Ya que se tienen problemas en el cristal termorefractante, en las esquinas de la puerta y aislamientos de la base del horno. El cristal termorefractante de la puerta tiene una temperatura elevada de aproximadamente de 107°C como se puede ver en la siguiente figura, resaltando el mal estado de los empaques de unión del cristal termorefractante con el horno.

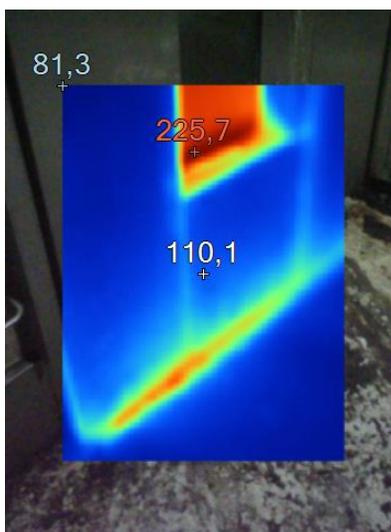


Figura 10. Cristal termorefractante.

En las esquinas de la puerta del horno se presenta un punto caliente con una temperatura de 123°C lo cual es un indicativo de que la puerta no cuenta con un cierre totalmente hermético, y es un foco de pérdida de calor, como se muestra en la siguiente figura.

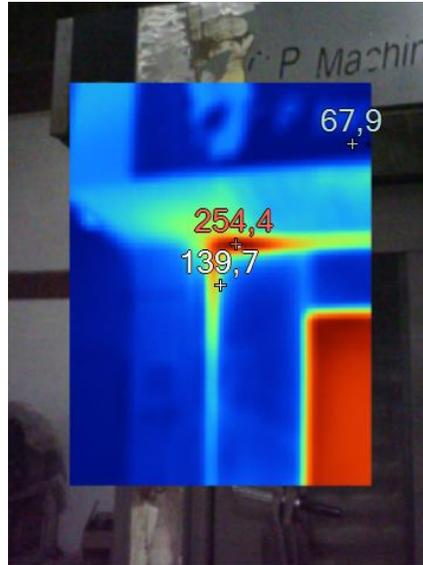


Figura 11. Esquina superior de la puerta del horno.

En el caso de las paredes laterales y el techo del horno los valores de temperatura se encuentran por debajo del rango de 45°C a 50°C establecido, teniendo un valor máximo de 35°C. Por lo cual los aislamientos dentro de las paredes y el techo se encuentran en buen estado.

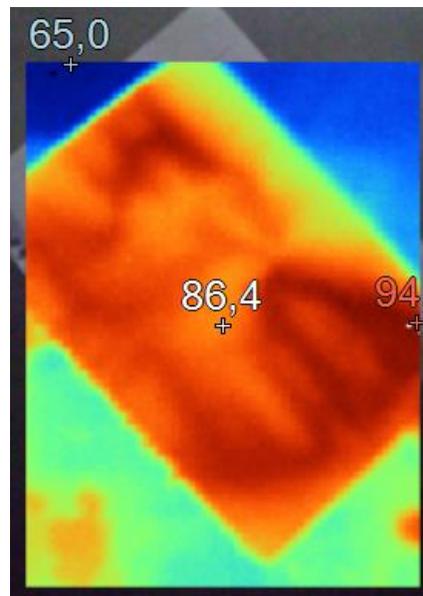


Figura 12. Pared lateral del horno.

La transferencia de calor por conducción (Ec.3¹⁹) que se presenta en el cristal termorefractante es la siguiente:

$$Q = kA * \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

k = Coeficiente de conductividad de conductividad térmica del material [=] $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

A = Área de transferencia [=] m^2

L = Espesor [=] m

$T_1 = T_2$ = Temperatura de la superficie [=] $^\circ C$

El cristal de la puerta del horno rotatorio presenta las siguientes características:

$$k = 0.78 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$T_1 = 250 \text{ } ^\circ C$$

$$T_2 = 107 \text{ } ^\circ C$$

$$L = 0.006 \text{ } m$$

$$A = 0.3 \text{ } m * 1.2 \text{ } m = 0.36 \text{ } m^2$$

Por lo tanto:

$$Q_{\text{conducción}} = 0.78 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * (0.3 \text{ } m * 1.2 \text{ } m) * \frac{(250 - 107)^\circ C}{0.006 \text{ } m} = 6692.4 \text{ } W = 6.69 \text{ } kW$$

$$Q_{\text{conducción}} = 5756.214 \text{ } kcal/h$$

Considerando que en una jornada laboral promedio el horno está encendido por 6 horas y trabaja 30 días al mes, se tiene:

$$Q_{\text{conducción}} = 1036118.547 \frac{kcal}{mes}$$

La transferencia de calor por convección (Ec.4¹⁹) que se presenta en el cristal termorefractante es la siguiente:

$$Q = hA(T_s - T_\infty) \quad (\text{Ec.4})$$

¹⁹ (Cengel, 2007)

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección [=] $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

A = Área Superficial [=] m^2

T_1 =Temperatura de la superficie [=] $^\circ C$

T_∞ =la temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie [=] $^\circ C$

El cristal de la puerta del horno rotatorio presenta las siguientes características:

$$h=20 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$T_1= 107 \text{ } ^\circ C$$

$$T_\infty=25 \text{ } ^\circ C$$

$$A= 0.3 \text{ m} * 1.2 \text{ m} = 0.36 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$Q_{convección} = 20 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * (0.3 \text{ m} * 1.2 \text{ m}) * (107 - 25) \text{ } ^\circ C = 590.4 \text{ W} = 0.5904 \text{ kW}$$

$$Q_{convección} = 507.9923 \frac{kcal}{h}$$

Considerando que en una jornada laboral promedio el horno está encendido por 6 horas y trabaja 30 días al mes, se tiene:

$$Q_{convección} = 91438.623 \frac{kcal}{mes}$$

Dando como resultado la transferencia de calor total en el horno por conducción y convección en un mes laboral de:

$$Q_T = Q_{conducción} + Q_{convección}$$

$$Q_T = 1036118.547 \frac{kcal}{mes} + 91438.623 \frac{kcal}{mes} = 1127557.17 \frac{kcal}{mes}$$

Considerando un $PC_{gas \text{ L.P}} = 6350 \frac{kcal}{l}$, se tiene un consumo de gas debido a las pérdidas por conducción y convección en el cristal de la puerta de:

$$G_v = \frac{1127557.17 \frac{kcal}{mes}}{6350 \frac{kcal}{l}} = 177.56 \frac{l}{mes}$$

3.2.3 Análisis de combustión

Con el analizador de gases se realizaron las mediciones de los gases de combustión en el escape del horno. Para este análisis se tomaron en cuenta cuatro distintas cargas en el horno, las mediciones arrojaron los siguientes resultados:

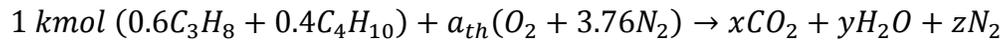
Datos	Carga 1	Carga 2	Carga 3	Carga 4
Fecha	25/05/2019	25/05/2019	25/05/2019	25/05/2019
Hora	07:26:43	07:37:13	07:44:48	07:49:39
Combustible	Prop	Prop	Prop	Prop
%O2	12.3	11.8	10.5	10.8
ppm CO	0	0	0	0
ppm CO(O2)	0	0	0	0
%EFF	79.6	80.2	81.1	81.7
%CO2	5.7	6	6.9	6.7
%EA	130	116.7	90.9	96.3
T-Stk	186	187	195	180
T-Air	23	22.8	22.5	22.3
Delta-T	***	***	***	***
Unidades Temperatura	°C	°C	°C	°C
NO	38	35	39	33
ppm NO(O2)	92	81	77	69
NO2	***	***	***	***
ppm NO2(O2)	***	***	***	***
ppm NOx	40	37	41	35
ppm NOx(O2)	96	85	81	72
SO2	0	0	0	0
ppm SO2(O2)	0	0	0	0
CO O2Ref	0	0	0	0
NOx O2Ref	0	0	0	0
SO2 O2Ref	0	0	0	0

Debido a que no se tienen partículas por millón de CO, se considera que es una reacción de combustión completa. Es importante mencionar que durante el proceso

de combustión se están produciendo NO_x , los cuales son dañinos para la salud y el medio ambiente. En el escape de los gases de combustión se encuentra una cierta cantidad de hollín, pero no se encuentra en un grado extremo.

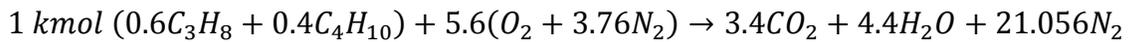
Para el análisis se consideraron los valores promedio de las 4 mediciones, los cuales son: $\%O_2 = 11.35$ y $\%CO_2 = 6.325$. Para ambos casos de cálculos de combustión teórica y real se considerará un 1 kmol como base de cálculo. La composición del gas L.P. es considerada de acuerdo a lo establecido por la hoja de datos de Petróleos Mexicanos (PEMEX)²⁰.

Para el proceso de combustión teórico:



C	$0.6(3) + 0.4(4) = x$	$x = 3.4 \text{ kmol}$
H_2	$0.6(8) + 0.4(10) = 2y$	$y = 4.4 \text{ kmol}$
O_2	$2a_{th} = 2x + y$	$a_{th} = 5.6 \text{ kmol}$
N_2	$2a_{th}(3.76) = 2z$	$z = 21.056 \text{ kmol}$

Ecuación balanceada:



Relación aire-combustible teórico:

$$PM_{aire} = 29 \text{ kg/kmol}$$

$$PM_{C_3H_8} = 44 \text{ kg/kmol}$$

$$PM_{C_4H_{10}} = 58 \text{ kg/kmol}$$

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{com}}$$

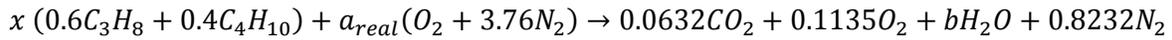
$$AC = \frac{5.6 \text{ kmol}(4.76)(29 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}})}{1 \text{ kmol} \left(0.6 \left(44 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right) + 0.4 \left(58 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right) \right)}$$

²⁰ (PEMEX, 2015)

$$AC = 15.58 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ combustible}}$$

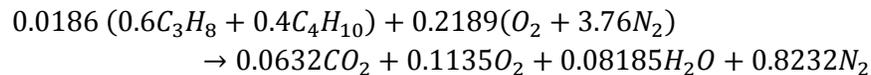
Para el proceso de combustión real:

$$\%N_2 = 100 - \%O_2 - \%CO_2 = 100 - 11.35 - 6.325 = 82.325\%$$



N_2	$a_{real}(3.76)(2) = 0.82325(2)$	$a_{real} = 0.2189 \text{ kmol}$
C	$x(0.6(3) + 0.4(4)) = 0.06325$	$x = 0.0186 \text{ kmol}$
H_2	$x(0.6(8) + 0.4(10)) = 2b$	$b = 0.08185 \text{ kmol}$

Ecuación balanceada:



$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{com}}$$

$$AC = \frac{0.2189 \text{ kmol} (4.76) (29 \frac{kg}{\text{kmol}})}{0.0186 \text{ kmol} \left(0.6 \left(44 \frac{kg}{\text{kmol}} \right) + 0.4 \left(58 \frac{kg}{\text{kmol}} \right) \right)}$$

$$AC = 32.75 \text{ kgde} \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ combustible}}$$

El analizador de gases entrega un valor de exceso de aire de $\%EA = 108.4\%$, es importante recordar que este valor es el promedio de las cuatro mediciones realizadas. Así como también, realizando una relación de la relación aire combustible teórica de $15.58 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ combustible}}$ con la real de $32.75 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ combustible}}$ se tiene un exceso de un 110%.

3.3 Horno de Columpio

3.3.1 Factores Generales

Dentro de los factores que presenta el horno de columpio se encuentran: la falta de limpieza en las paredes internas y externas, la puerta no cierra completamente, falta de mantenimiento de forma general en la parte mecánica y en los controles del horno, así como también en el quemador. La siguiente figura muestra el horno de columpio.



Figura 13. Horno de columpio.

El análisis termográfico y de combustión no se realizó, debido a que el horno de columpio presentó una falla en el sistema de encendido el día que se acudió a realizar las mediciones.

Capítulo IV. Resultados

Los resultados obtenidos del análisis del horno rotativo indican que se tienen problemas en la puerta del horno, debido a que se cuenta con pérdidas de calor a través del cristal de la puerta. Estas pérdidas se deben a que el cristal de la puerta no se encuentra en óptimas condiciones de operación (temperatura exterior mayor a 60°C²¹), se presenta una pérdida de calor de $1127557.17 \frac{kcal}{mes}$ por el cristal de la puerta y los empaques de las uniones del cristal con la puerta se encuentran en malas condiciones. Así como también, el quemador tiene un % exceso de aire superior al recomendado para gas L.P., del 10% al 15%²². Por lo cual, el quemador puede ser ajustado o reemplazado.

Para el horno de columpio no se cuentan con análisis de combustión y termográfico. Ambos hornos requieren mejoras en aspectos generales como son: limpieza de la paredes internas y externas, mantenimiento a partes mecánicas, mantenimiento a controles, cambio de empaques y limpieza en racks y charolas.

4.1 Propuestas técnicas para horno rotativo.

El horno rotativo presenta diferentes situaciones que afectan su desempeño, debido al tiempo de vida del horno, el cual es mayor a 20 años y provoca que estas situaciones se incrementen. Es importante corregirlas o reducirlas, con el objetivo de que el horno tenga un mejor desempeño.

Por lo cual las propuestas se basan en dos tipos: con inversión y sin inversión. En la tabla 2 se enlistan propuestas la cuales no requieren ninguna inversión y pueden ser implementadas por el personal de la panadería.

Tabla 2. Propuestas sin inversión.

	Área de oportunidad	Descripción	Oportunidad de mejora
1	Horno rotativo.	Falta de limpieza del horno, interna y externa. Paredes, techo, puerta y base.	Evitar que se formen incrustaciones, mayor transferencia de calor, mejor cocción del producto e higiene.

²¹ (CONUEE, 2009)

²² (Zuñiga, 2011)

		Falta de limpieza y lubricación en partes mecánicas.	Mejorar el desempeño de las partes móviles del horno.
2	Equipo auxiliar de horneado.	Falta de limpieza en equipo auxiliar, que es utilizado en el horno, racks y charolas.	Evitar que se formen incrustaciones en los racks y charolas, mejor cocción del producto e higiene.
3	Mantenimiento preventivo y correctivo.	Ausencia de un plan de mantenimiento.	Evitar fallas graves, que provoquen paros en la producción.
4	Producción.	Inexistencia de una política energética.	Crear conciencia en el personal.
		Falta de un registro detallado del consumo de gas L.P.	Tener conocimiento del suministro proporcionado por la gasera.
		Falta de programa de producción.	Disminuir el tiempo de uso y espera del horno.

La siguiente tabla contiene las propuestas para el horno rotativo, las cuales requieren inversión y están basadas en los resultados obtenidos los análisis de combustión y termográfico.

Tabla 3. Propuestas con inversión.

	Área de oportunidad	Descripción	Oportunidad de mejora
1	Quemador del horno rotativo.	Exceso de aire suministrado para la combustión.	Tener una mejor combustión y disminuir el consumo de gas L.P.

2	Cristal termorefractante de la puerta.	Cristal de la puerta en malas condiciones.	Disminuir las pérdidas de calor por el cristal de la puerta.
3	Empaques de la puerta.	No se tiene un cerrado hermético de la puerta del horno.	Evitar pérdidas de calor.

- Quemador del horno rotativo

El quemador propuesto para el horno rotativo de acuerdo con las características del quemador actual (inox free ecológico de 93.78 kW gas LP) y considerando el análisis de combustión es un: quemador Max Gas 105 P ECOFLAM (figura 14), con una potencia de 49 kW a 120 kW, para gas L.P., así como también las emisiones de NOx son ≤ 80 mg/kWh²³.



Figura 14. Quemador Max Gas 105 P.

- Cristal termorefractante y empaques.

El cristal termorefractante seleccionado tiene un espesor de 6mm suministrado por SERPAN²⁴, así como también los empaques para la puerta.

²³ (ECOFLAM, 2019)

²⁴ (SERPAN, 2019)

4.2 Análisis económico

El análisis económico se elaboró con los recibos de consumo de gas L.P. de la panadería, considerando el costo menor de gas L.P. de los recibos proporcionados, siendo este de $9.48 \frac{\$}{l}$, esto con el objetivo de hacer un análisis conservador. Por lo tanto, al mes se tiene un consumo de 177.56 litros de gas por las pérdidas del cristal y empaques de la puerta, lo que implicaría un ahorro de $1683.26 \frac{\$}{mes}$.

Así como también se considera un ahorro de un 20% por el cambio del quemador, teniendo en cuenta que se puede tener un potencial de ahorro del 5% al 25%²⁵. El menor pago por gas L.P. fue en el mes de junio de 2018 por 5984.04\$ lo cual implicaría un ahorro de $1196.88 \frac{\$}{mes}$.

La siguiente tabla muestra el análisis económico de las propuestas de mejora.

Tabla 4. Propuestas económicas.

	Periodo (Mes)	Cristal Termorefractante y Empaques	Quemador
Inversión	0	-\$ 10,000.00	-\$ 27,000.00
	1	1683.26	1196.880
	2	1683.260	1196.880
	3	1683.260	1196.880
	4	1683.260	1196.880
	5	1683.260	1196.880
	6	1683.260	1196.880
	7	1683.260	1196.880
	8	1683.260	1196.880
	9	1683.260	1196.880
	10	1683.260	1196.880
	11	1683.260	1196.880
	12	1683.260	1196.880
	13		1196.880
	14		1196.880
	15		1196.880
	16		1196.880
	17		1196.880

²⁵ (Cifuentes, 2017)

18		1196.880
19		1196.880
20		1196.880
21		1196.880
22		1196.880
23		1196.880
24		1196.880
VPN_{t=0}	426.742	-17850.276
TIR	12.91%	0.50%
RBC	1.0427	0.3389

TREMA		
real	12.00%	(para pesos constantes)

El periodo de recuperación de inversión para el cristal termorefractante y los empaques es el siguiente:

$$PR_{cristal} = \frac{\$10000}{\frac{\$}{mes} 1683.26} = 5.94 \text{ meses}$$

El periodo de recuperación de inversión para el quemador es el siguiente:

$$PR_{quemador} = \frac{\$27000}{\frac{\$}{mes} 1196.88} = 22.55 \text{ meses}$$

Conclusiones

Se determinaron las causas que afectan el desempeño térmico de los hornos de la panadería (horno rotativo y hornos de columpio) mediante un análisis de combustión, un análisis termográfico y una inspección de las condiciones generales de los hornos.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de combustión, el horno rotativo presenta un exceso de aire del 110% el cual es superior al recomendado para gas L.P. (10%-15%). Por lo cual, se recomienda la sustitución del quemador, representando un ahorro estimado de \$1 196.88 al mes por concepto de combustión.

Con base en el análisis termográfico, se determinó el cristal termorefractante se encuentra en mal estado, así como también los empaques de la puerta, ya que la temperatura exterior del cristal es 107°C superior a los 60°C recomendados. En esta situación se recomienda sustituir el cristal de la puerta y los empaques, obteniendo un ahorro de \$1683.26 mensuales.

El horno de columpio presentó una falla en el sistema de encendido por lo cual no se realizó el análisis de combustión y el análisis termográfico.

Ambos hornos presentan problemas por factores generales como: falta de limpieza interior y exterior del horno (paredes, techo, puerta y base), falta de limpieza en los materiales de horneado (racks y charolas) y mantenimiento a las partes mecánicas (limpieza y lubricación). Las condiciones anteriores pueden ser corregidas por el personal de la panadería, sin embargo, la falta de conocimiento del personal referente a la situación energética de los hornos evita que se corrijan estas situaciones. Por lo tanto, se recomienda elaborar un programa de concientización energética, el cual involucre a todo el personal de la panadería.

Se recomienda a la panadería implementar buenas prácticas como: un programa de mantenimiento, programa de producción, registro de consumos de combustible y una política energética. Es importante que se realice un seguimiento al desempeño energético de los hornos anualmente, para corregir y reducir las deficiencias que se presenten en los mismos.

Bibliografía

- BannerDay. (2018). *Manejo de Calor en los hornos de la Panadería*. Obtenido de http://www.banner-day.com/mx/images/pdfs/Spanish_Bakery_PDFs/Spanish_Bakery_Operating_Performance/Heat_Management_Part_1_es.pdf
- Behn, A. O. (2018). *THERMAL ENGINEERING LTDA*. Recuperado el 13 de Marzo de 2018, de <http://www.empresaeficiente.com/blog/calderas-industriales-las-claves-de-la-eficiencia/>
- Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de Calor y Masa*. Mc. Graw Hill.
- Cifuentes, A. S. (9 de Agosto de 2017). *CURSO SENSIBILIZACIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL CONSUMO DE ENERGÍA*. Obtenido de www.profepa.gob.mx
- CONUEE. (Octubre de 2009). *Beneficios del aislamiento térmico en la industria*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93853/aislamiento.pdf>
- CONUEE. (Octubre de 2009). *Comisión Nacional para el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía*. Recuperado el 2 de 03 de 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93861/GUIA_PAN.pdf
- CONUEE. (Octubre de 2009). *Eficiencias en calderas y combustión*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93854/Calderas_02.pdf
- Donnell, K. O. (2016). *Manual de Producción de Panadería*. Xlibris US.
- ECOFLAM. (5 de Julio de 2019). *ECOFLAM*. Recuperado el 2019 de Octubre de 19, de <https://www.ecoflam-burners.com/>
- EUROPAN. (27 de Febrero de 2019). *Tipos de hornos para panadería*. Obtenido de <https://blog.european.mx/diferentes-tipos-de-hornos-para-pan>
- Gas Natural Fenosa. (2018). *Gas Natural Fenosa*. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de <http://www.empresaeficiente.com/blog/calderas-industriales-las-claves-de-la-eficiencia/>
- GIZ. (2013). *Programa ECO crédito individualizado. Guía del participante*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de [http://dev.another.co/giz/download/biblioteca_pronama/nama_pyme/nama_pyme_piloto/GIZ%202013%20Curso%20EE%20PyME%20\(NAFIN\)%20-%20Gu%C3%ADa.pdf](http://dev.another.co/giz/download/biblioteca_pronama/nama_pyme/nama_pyme_piloto/GIZ%202013%20Curso%20EE%20PyME%20(NAFIN)%20-%20Gu%C3%ADa.pdf)
- INEGI. (2014). *Micro,pequeña, mediana y gran empresa*. Recuperado el 2 de Marzo de 2019, de

https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ce/2014/doc/infografias/inf mipymes_ce.pdf

Marcos A. Golato, F. J. (2008). *Revista industrial y agrícola de Tucumán*.

Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30182008000200003

METROGAS. (s.f.). *Manual de eficiencia energética para panaderías*. Recuperado

el 27 de Abril de 2018, de

http://www.metrogas.cl/comercio/userfiles/Manual_panaderias_metrogas_baja.pdf

PEMEX. (10 de 2015). Obtenido de

<http://www.pemex.com/comercializacion/productos/HDS/gas/HDS%20SAC%20Mezcla%20Propano-Butano%20TRI-10.pdf>

SERPAN. (2019). *SERPAN*. Obtenido de <https://www.maquinasdehacerpan.com/>

Tapia, A. A. (Diciembre de 2003). *Apuntes de Balance de Materia y Energía*.

Zuñiga, I. C. (Junio de 2011). *Sistemas de combustión*. Obtenido de

<http://www.iscontrol.com.mx/sites/default/files/pdf/CURSOCOMB.%20isa.pdf>

Anexos

Recibo de suministro de gas

ZU-GAS, S.A. DE C.V.
CARR. TIZAYUCA ZUMPANGO KM. 10 S ZUMPANGO EDO. DE MEX. C.P. 55200
TELS.: (015 91) 91 731-36, 37 Y 38 EMP: 1000-401 REG. FED. DE CAUS ZGA-720200-638
TEL.: 637 81 295 al 99

PAGARE
POR MEDIO DEL PRESENTE RECONOZCO DEBER Y ME OBLIGO A PAGAR EN ESTA PLAZA O CUALQUIER OTRA QUE SE ME REQUIERA DE PAGO LA CANTIDAD DE \$ _____

A LA ORDEN DE ZU-GAS, S.A. DE C.V. O SU ORDEN A LA VISTA Y DE NO PAGAR A ESTA FECHA ME COMPROMETO A PAGAR EL 10% DE INTERES MENSUAL SOBRE LA CANTIDAD PRINCIPAL DURANTE TODO EL TIEMPO QUE QUEDARE INSOLUTO DICHO PAGARE. MISMO QUE SUSCRIBO DE CONFORMIDAD EN:

ZUMPANGO EDO. DE MEX. A 4 de Feb de 19 1990

COMPROBANTE DE PAGO

NOMBRE: [REDACTED] ACEPTO: [Firma]

DOMICILIO: _____ FIRMA: _____

POBLACION: [REDACTED] \$ 200

FECHA	RUTA	LITROS ENTREGADOS	PRECIO
<u>4/7/19</u>	<u>5</u>	<u>203</u>	<u>9.86</u>

AUTOTANQUE No. **5**

SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO
SUBSECRETARIA DE INGRESOS
ESTADO DE MEXICO
SECRETARIA DE ECONOMIA
ZU-GAS, S.A. DE C.V.

RECEBO-PAGARE
Nº **4015**

LECTURA AL EMPEZAR EL LLENADO
LECTURA AL TERMINAR EL LLENADO
DIFERENCIA

SE DEBE DEJAR A NUESTRA DISPOSICION EL IMPORTE DE SU CONSUMO DE GAS ANTES DE INICIAR EL LLENADO

Especificaciones analizador de gases de combustión PCA3



PCA³

Analizador Portátil de Combustión

Manual de Funcionamiento y Mantenimiento
Instrucción 0024-9472
Rev. 3 – Agosto de 2014



Liderazgo en productos • Capacitación • Servicio • Confiabilidad

1.1. Especificaciones

Medición (basada en los sensores instalados)	Rango de visualización
Oxígeno	De 0.1 a 20.9%
Temperatura del gas de descarga de la chimenea	De -4 a 2,192 °F (de -20 a 1,200 °C)
Temperatura del aire ambiente/principal	De -4 a 999 °F (de -20 a 537 °C)
Monóxido de carbono (CO) (H ₂ compensado)	De 0 a 4,000 ppm
Presión/tiro	±72" H ₂ O (±179 mb)
Rango de CO alto	De 4,001 a 20,000 ppm
Óxido nítrico (NO)	De 0 a 3,000 ppm
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	De 0 a 500 ppm
Dióxido sulfúrico (SO ₂)	De 0 a 5,000 ppm

Valor calculado (basado en los sensores instalados)	Rango de visualización
Eficiencia de la combustión	De 0.1 a 100%
Exceso de aire	De 1 a 250%
Dióxido de carbono (base seca)	De 0.1 a máx. dependiente del combustible en %
NO _x (NO _x = NO + NO ₂)	De 0 a 3,500 ppm
NO _x referido al % O ₂	De 0 a 9,999 ppm
CO referido al % O ₂	De 0 a 9,999 ppm
NO referido al % O ₂	De 0 a 9,999 ppm
NO ₂ referido al % O ₂	De 0 a 9,999 ppm
SO ₂ referido al % O ₂	De 0 a 9,999 ppm



NOTA: Los cálculos se realizan únicamente cuando el nivel de oxígeno medido está por debajo de 16.0% y la temperatura de descarga del gas de la chimenea está por debajo de 2,000 °F (1,093 °C).

Lectura	Precisión del desempeño
O ₂	±0.3% O ₂ en las concentraciones reales de gas de descarga de la chimenea (mezcla de O ₂ , CO ₂ y N ₂)
CO	Superior a ±5% de la lectura o ±10 ppm entre 0 y 2,000 ppm, ±10% de la lectura entre 2,001 y 20,000 ppm.
NO	Superior a ±5% de la lectura o 5 ppm
NO ₂	Superior a ±5% de la lectura o ±5 ppm entre 0 y 500 ppm
SO ₂	Superior a ±5% de la lectura o ±10 ppm entre 0 y 2,000 ppm
Temp. del gas de desc. de la chimenea	±4 °F (±2 °C) entre 32 y 255 °F (0 y 124 °C) ±6 °F entre 256 y 480 °F (±3 °C entre 125 y 249 °C) ±8 °F entre 481 y 752 °F (±4 °C entre 250 y 400 °C)
Temp. del aire ambiente/principal	±2 °F entre 32 y 212 °F (±1 °C entre 0 y 100 °C)
Presión/tiro	±0.02 pulgadas de -1 a 1 inwc; ±2% de la lectura de -10 a 10 inwc; ±3% de la lectura de -40 a 40 inwc
Caudal del sistema con sonda	200 cc/min. mínimo

Especificaciones generales		Descripción
Dimensiones (alto x ancho x prof.)		9.0 x 3.0 x 2.5 pulg. (22.9 x 7.6 x 6.3 cm)
Peso		Analizador con baterías 1.4 lb (0.6 kg) Conjunto de manguera y sonda: 1.0 lb (0.5 kg)
Combustibles disponibles para los cálculos de combustión		<ul style="list-style-type: none"> • Gas natural • Carbón • Aceite #2 • Aceite #4 • Aceite #6 • Madera • Kerosén • Bagazo • Propano • Gas de tanque digestor
Tiempo de calentamiento		60 segundos (comprobación y puesta a cero de sensores)
Alimentación	4 baterías "AA" (desechables)	Alcalinas 10 horas de funcionamiento (min.) NiMH recargables: ... El tiempo de funcionamiento varía
	Adaptador de CA (opcional)	De 100-240 VCA; 50/60 Hz Uso continuo
Temperatura de funcionamiento		Analizador De 32 a 104 °F (de 0 a 40 °C) Punta de la sonda: 1,472 °F (800 °C) máx.
Humedad de funcionamiento		Analizador HR de 15 a 90%, sin condensar
Presión de aire de funcionamiento		Analizador atmosférica Sonda: ... 10" H ₂ O (25 mb) de tiro máx. en la punta de la sonda
Memoria		500 registros completos de pruebas de combustión 500 registros completos de pruebas de combustión registradas
Interfaces		Impresora: Comunicación por infrarrojo (IrDA) Computadora: USB 2.0 (conector mini-B)

Especificaciones analizador de cámara termográfica Ti-32

Ti32, TiR32, Ti29, TiR29, Ti27, TiR27

Manual de uso

Especificaciones generales

Temperatura

Temperatura de funcionamiento	-10 °C a 50 °C (14 °F a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	de -20 °C a 50 °C (de -4 °F a 122 °F) sin baterías
Temperatura de carga	de 0 °C a 40 °C (de 32 °F a 104 °F)

Humedad relativa del 10% al 95% sin condensación

Pantalla Pantalla LCD panorámica de diagonal de 3,7 pulgadas 640 x 480 con luz de fondo

Controles y ajustes

Escala de temperatura seleccionable por el usuario (°C/°F)
Selección de idioma
Configuración de Hora/Fecha
Selección de la emisividad
Compensación de temperatura reflejada de fondo
Corrección de transmisión
Punto caliente, frío y central de las imágenes seleccionables por el usuario
Alarma de alta temperatura (Ti32, Ti29, Ti27) o alarma de punto de condensación (TiR32, TiR29, TiR27)
Luz de fondo seleccionable por el usuario: Brillo o Auto
Opción de selección de visualización de la información

Se incluye el software SmartView® de análisis completo y generación de informes

Alimentación

Baterías	Dos paquetes de baterías inteligentes de ión de litio recargables con indicador LED de cinco segmentos para mostrar el nivel de la carga El paquete de batería de ión de litio cumple con los requisitos de la ONU del Manual de pruebas y criterios, Parte III, subpárrafo 38.3.
Duración de la batería	Más de cuatro horas de uso continuado para cada paquete de batería (con el 50% de brillo de la pantalla LCD)
Tiempo de carga de la batería	Dos horas y media para la carga completa
Carga de la batería	Cargador de batería Ti SBC3 de dos bahías: 10-15 V CC 2 A o carga del paquete de batería en el procesador con adaptador de CA incluido: 100-240 V CA 50/60 Hz, 15 V 2 A. Adaptador de carga opcional para vehículos de 12 V.
Funcionamiento de CA	Funcionamiento de CA con fuente de alimentación incluida: 110 – 240 V CA, 50/60 Hz 15 V 2 A

Thermal Imagers
Especificaciones detalladas

Ahorro de energía	Modo de reposo activado después de 5 minutos de inactividad Apagado automático después de 30 minutos de inactividad
Normas de seguridad	
CAN/CSA	C22.2 No. 61010-1-04, UL STD 61010-1 (2ª edición)
ISA	82.02.01
Compatibilidad electromagnética	Cumple con todos los requisitos aplicables de EN61326-1:2006
Vibración	0,03 g ² /Hz (3,8 grms), IEC 68-2-6
Choque	25 g, IEC 68-2-29
Caida	2 metros con lente estándar
Tamaño (altura x anchura x longitud)	27,7 cm x 12,2 cm x 17,0 cm (10,9 pulg x 4,8 pulg x 6,7 pulg)
Peso	1,05 kg (2,3 lb)
Clasificación de la caja	IP54
Garantía	2 años
Ciclo de calibración recomendado	2 años (con un funcionamiento normal y un desgaste normal)
Idiomas admitidos	alemán, checo, chino simplificado, chino tradicional, coreano, español, finés, francés, inglés, italiano, japonés, polaco, portugués, ruso, sueco y turco

Especificaciones detalladas

Mediciones de temperatura

Rango de medición de temperatura (no calibrada por debajo de -10 °C)	
Ti32, Ti29, Ti27	-20 °C a +600 °C
TiR32, TiR29, TiR27	-20 °C a +150 °C
Exactitud	±2 °C o 2%, lo que sea mayor (a 25 °C nominal)
Modos de medición	Smooth Auto-Scaling y Manual Scaling
Corrección de emisividad en pantalla	Todos los modelos
Fondo reflejado en pantalla	
Compensación de temperatura	Todos los modelos
Corrección de transmisión en pantalla	Todos los modelos

Rendimiento de formación de imágenes

Frecuencia de captura de imágenes	Rango de actualización de 9 Hz o 60 Hz dependiendo del modelo
---	---

Ti32, TiR32, Ti29, TiR29, Ti27, TiR27**Manual de uso**

Tipo de detector: matriz de plano focal (FPA), microbolómetro no refrigerado	
Ti32 y TiR32	320 X 240 píxeles
Ti29 y TiR29	280 X 210 píxeles
Ti27 y TiR27	240 X 180 píxeles
Sensibilidad térmica (DTER)	
Ti32	≤0,045 °C a 30 °C de temperatura del blanco (45 mK)
TiR32	≤0,040 °C a 30 °C de temperatura del blanco (40 mK)
Ti29	≤0,050 °C a 30 °C de temperatura del blanco (50 mK)
TiR29	≤0,045 °C a 30 °C de temperatura del blanco (45 mK)
Ti27	≤0,050 °C a 30 °C de temperatura del blanco (50 mK)
TiR27	≤0,045 °C a 30 °C de temperatura del blanco (45 mK)
Banda espectral infrarroja	8,0 μm a 14 μm (onda larga)
Cámara visual (luz visible)	2 megapíxeles
Distancia mínima de enfoque	46 cm (aprox. 18 pulg)
Lentes de infrarrojos estándar	
Campo de visión	23 ° x 17 °
Resolución espacial (IFOV)	
Ti32, TiR32	1,25 mRad
Ti29, TiR29	1,43 mRad
Ti27, TiR27	1,67 mRad
Distancia mínima de enfoque	15 cm (aprox. 6 pulg)
Lente de infrarrojos de teleobjetivo opcional	
Campo de visión	11,5 ° x 8,7 °
Resolución espacial (IFOV)	
Ti32, TiR32	0,63 mRad
Ti29, TiR29	0,72 mRad
Ti27, TiR27	0,84 mRad
Distancia mínima de enfoque	45 cm (aprox. 18 pulg)
Lente de infrarrojos de gran angular opcional	
Campo de visión	46 ° x 34 °
Resolución espacial (IFOV)	
Ti32, TiR32	2,50 mRad
Ti29, TiR29	2,86 mRad
Ti27, TiR27	3,34 mRad
Distancia mínima de enfoque	7,5 cm (aprox. 3 pulg)
Mecanismo de enfoque	Manual, capacidad de enfoque con una mano

Presentación de la imagen

Paletas

Estándar	Hierro, Azul-Rojo, Alto contraste, Ámbar, Ámbar invertida, Metal caliente, Escala de grises, Escala de grises invertida
Ultra Contrast™	Hierro Ultra, Azul-Rojo Ultra, Alto contraste Ultra, Ámbar Ultra, Ámbar invertida Ultra, Metal caliente Ultra, Escala de grises Ultra, Escala de grises invertida Ultra

Nivel y alcance

- Smooth Auto-Scaling y Manual Scaling del nivel y del alcance
- Alternancia automática rápida entre los modos manual y automático
- Cambio de escala automático rápido en el modo manual
- Alcance mínimo en el modo manual

Ti32, Ti29, Ti27	2,5 °C/4,5 °F
TiR32, TiR29, TiR27	2,0 °C/3,6 °F

Rango mínimo (en modo automático)

Ti32, Ti29, Ti27	5 °C/9,0 °F
TiR32, TiR29, TiR27	3,0 °C/5,4 °F

Información sobre IR-Fusion®

Mezcla visual e IR

Imagen en imagen (PIP)	Tres niveles de mezcla IR en pantalla mostrados en el centro de la pantalla LCD
Pantalla completa (PIP desactivado)	Tres niveles de mezcla IR en pantalla mostrados en el centro de la pantalla LCD

Alarmas de color

Alarma de alta temperatura	Seleccionable por el usuario en Ti32, Ti29, Ti27
Punto de condensación	Seleccionable por el usuario en TiR32, TiR29, TiR27

Todos los modelos permiten al usuario ajustar la paleta, la mezcla alfa, el nivel, el rango, el modo IR-Fusion®, la emisividad, la compensación de temperatura reflejada de fondo y la corrección de transmisión de las imágenes capturadas antes de almacenarlas.

Anotación de voz	60 segundos como máximo de tiempo de grabación por imagen, reproducibles en el procesador
-------------------------------	---

Captura de imágenes y almacenamiento de datos

Mecanismo de captura de imágenes, revisión y almacenamiento	Capacidad para realizar con una mano la captura de imágenes, la revisión y el almacenamiento (disparador y tres botones)
Medio de almacenamiento	Tarjeta de memoria SD (2 GB de memoria que almacenan un mínimo de 1.200 imágenes IR y visuales vinculadas completamente radiométricas (.is2) con 60 segundos de anotaciones de voz o 3.000 imágenes básicas (.bmp), transferibles a un PC mediante el lector de tarjetas USB multiformato incluido.
Formatos de archivo	No radiométricos (.bmp o .jpg) o completamente radiométrico (.is2) No se requiere software de análisis para los archivos no radiométricos (.bmp y .jpg).
Formatos de archivo de exportación con software SmartView®	JPEG, JPG, JPE, JFIF, BMP, GIF, DIP, PNG, TIF y TIFF
Revisión de la memoria	Navegación por miniaturas y selección de revisión

Hoja de seguridad gas L.P.



Hoja de Datos de Seguridad

Mezcla Propano-Butano

HDS-PEMEX-TRI-SAC-10

Núm. Versión 1.0

NOM-018-STPS-2015 DOF 09.10.2015

1. Identificador del producto

Identificador SAC	: Mezcla Propano-Butano
Otros medios de identificación	: Mezcla Propano-Butano Zona Metropolitana del Valle de México, Puebla, Toluca, Querétaro y Monterrey. Mezcla Propano-Butano resto del país.
Uso recomendado del producto químico y restricciones de uso	: Se utiliza para producir Gas LP.
Datos sobre el proveedor	
Nombre	: Pemex Transformación Industrial. Subdirección de Producción de Petrolíferos.
Domicilio	: Avenida Marina Nacional Número 329 C3, Colonia Verónica Anzures, Delegación Miguel Hidalgo, Código Postal 11300, Ciudad de México, México.
Teléfono	: 01 55 1944 2500 extensión 58226 (Área de Control Químico). Sustituir + 52 en vez de 01 en caso de llamada internacional.
Información adicional	: URL: www.pemex.com
Teléfono en caso de emergencia	: Llamar al Centro de Coordinación y Apoyo a Emergencias relacionados con la seguridad industrial, protección ambiental y seguridad física en centros de trabajo de Pemex, sus Empresas Productivas Subsidiarias y, en su caso, Empresas Filiales, disponible las 24 horas los 365 días al número telefónico 01 55 9689 6520. Sustituir + 52 en vez de 01 en caso de llamada internacional.

2. Identificación del peligro o peligros

Peligros	Clasificación SAC	Indicación de peligro
Físicos	Gases inflamables, categoría 1A.	H220 Gas extremadamente inflamable.
	Gases a presión, categoría gas licuado.	H280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.
Para la salud	Mutagenicidad en células germinales, categoría 2.	H341 Susceptible de provocar defectos genéticos por inhalación.
	Carcinogenicidad, categoría 2.	H351 Susceptible de provocar cáncer por inhalación.
Para el medio ambiente	No clasificable	No aplica

Elementos de las etiquetas del SAC
Pictograma

Palabra de advertencia : Peligro

Consejos de prudencia
General : No aplica

Prevención : (H220) P210 Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. No fumar. (H341/H351) P202 No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad. P280 Utilizar guantes, ropa de protección para la piel, equipo de protección para los ojos y zapatos de seguridad con suela

antiderrapante y casquillo de acero.

Intervención : (H220) P337 Fuga de gas inflamado: No apagar las llamas del gas inflamado si no puede hacerse sin riesgo. P381 En caso de fuga, eliminar todas las fuentes de ignición.
(H341/H351) P308+P313 EN CASO DE exposición demostrada o supuesta: consultar a un médico.

Almacenamiento : (H220) P403 Almacenar en un lugar bien ventilado.
(H280) P410 + P403 Proteger de la luz solar. Almacenar en un lugar bien ventilado.
(H341/H351) P405 Guardar bajo llave.

Eliminación : (H341/H351) P501 Eliminar el contenido o recipiente como residuo peligroso conforme a la reglamentación local vigente.

Otros peligros que no figuren en la clasificación : Puede provocar dificultades respiratorias si se inhala (asfixiante simple).

Información adicional : No aplica

3. Composición / información sobre los componentes

Nombre común : Mezcla Propano-Butano

Sinónimo(s) : No aplica.

Identidad química : Se utiliza de referencia para toda la mezcla el número CAS 68476-85-7.

Nombre químico	Número CAS	Concentración	Otros identificadores únicos
Propano	74-98-6	> 60% volumen	Número Comunidad Europea 200-827-9
n-Butano	106-97-8	< 40% volumen	Número Comunidad Europea 203-448-7
i-Butano	75-28-5		Número Comunidad Europea 200-857-2

Impurezas y aditivos estabilizadores : Azufre: Máximo 140 mg/kg, Ácido sulfhídrico: 3 a 42 mg/kg (ppm); 1,3-Butadieno: 0,07 a 0,19% volumen.

Información adicional : No disponible

4. Descontaminación y primeros auxilios

Descontaminación : No disponible

Medidas de atención necesarias en caso de

Inhalación : Retirar a la víctima lejos de la fuente de exposición, donde pueda respirar aire fresco. Si la víctima no respira, inicie de inmediato la reanimación o respiración artificial.

Vía cutánea : Se deberá rociar o empapar el área afectada con agua tibia o corriente. No se use agua caliente. Quitarse la ropa y los zapatos impregnados. Solicite atención médica inmediata.

Vía ocular : Aplicar de inmediato y con precaución agua tibia. Busque atención médica inmediata

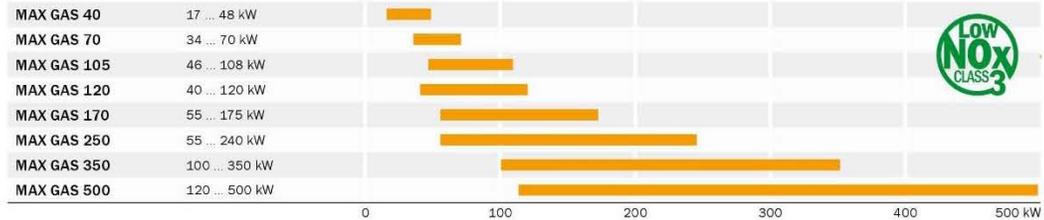
Ingestión : No disponible

Síntomas y efectos más importantes, agudos o : La salpicadura de una fuga de la mezcla provoca congelamiento momentáneo, seguido de hinchazón y

Especificaciones quemador max gas 105 P ECOFLAM

Combustible | Gama
GAS | MAX GAS

RESUMEN DE LA GAMA

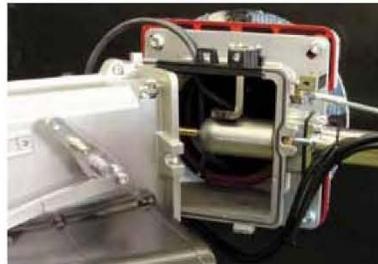


CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Modelos PAB de dos etapas disponibles con diferentes controladores de quemador, con o sin pantalla informativa digital
- Sistema de ventilación por ventilador de alta eficiencia (HPV) que permite una fácil adaptación entre quemador y caldera, incluso con una presión alta en la cámara de combustión.
- Cabezal de combustión fácil de montar y ajustar
- La brida de bisagra permite un fácil acceso al cabezal de combustión sin perder los ajustes originales (MAX GAS 350 y MAX GAS 500)
- Todos los modelos están disponibles para trabajar con una frecuencia eléctrica de 50 y 60 Hz



Sistema de ventilación por ventilador de alta eficiencia (HPV)



Brida de bisagra (MAX GAS 350 y MAX GAS 500)



CONFIGURACIONES

La gama MAX GAS está disponible en los siguientes modos de funcionamiento:

MAX GAS ... P	Una etapa Bajo NOx Clase 3	Todos los modelos
MAX GAS ... PAB	Dos etapas Bajo NOx Clase 3	MAX GAS 120...500
MAX GAS ... PR	Dos etapas progresivo/modulante mecánico Bajo NOx Clase 3	MAX GAS 350-500

Otras configuraciones disponibles:

- MAX GAS 350 y 500 PR (versiones progresiva) pueden transformarse en modulantes con un kit opcional
- Versiones LPG
- Versiones de ventilación continua
- Versiones de alta temperatura
- OEM y otras versiones especiales a petición según la factibilidad

COMBUSTIBLE

- Gas natural (G20, G25 según EN676)
- LPG

EMISIONES

Clase	NOx mg/kWh
1	170
2	120
3	80

Todos los modelos cumplen con la norma europea EN 676

CONFORMIDAD CON

Todos los productos cumplen con las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Directiva de máquinas
- 2014/30/EU Directiva de EMC
- 2014/35/EU Directiva de baja tensión
- 2016/426/EU Directiva de aparatos de gas

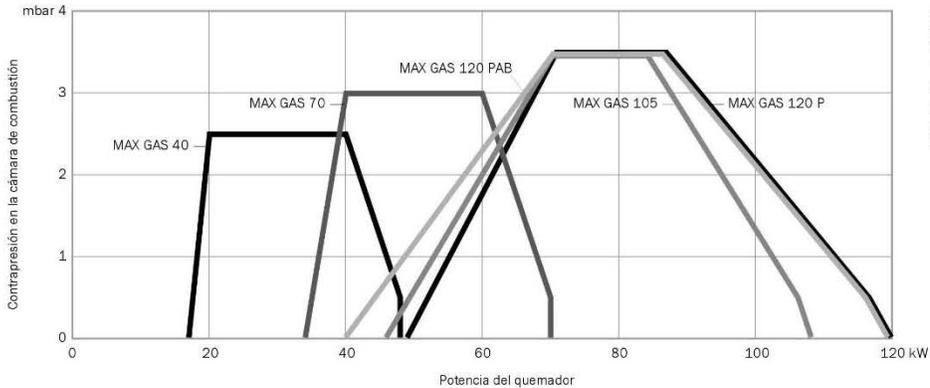


Gama | Modelos
MAX GAS 40 - 70 - 105 - 120

- Combustibles: gas natural, LPG
- Funcionamiento: una etapa; el modelo MAX GAS 120 está disponible también en funcionamiento de dos etapas
- Clase de emisión: Bajo NOx clase 3 (≤ 80 mg/kWh) según EN676



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



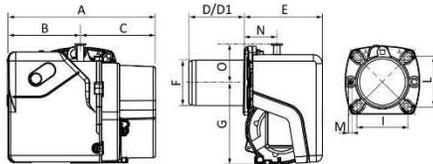
Condiciones de ensayo según EN676
 Temperatura: 20 °C
 Presión: 1013,5 mbar
 Altitud: 0 m s.n.m.

DATOS TÉCNICOS

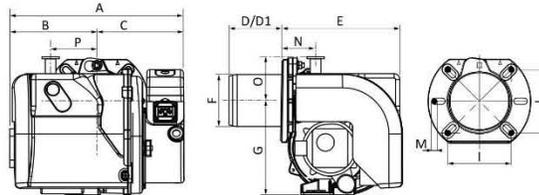
	Potencia del quemador (kW)	Alimentación eléctrica	Motor (W)	Clase NOx	Funcionamiento
MAX GAS 40 P	17 - 48	1/230V/50-60Hz	75	Clase 3	P
MAX GAS 70 P	34 - 70	1/230V/50-60Hz	75	Clase 3	P
MAX GAS 105 P	46 - 108	1/230V/50-60Hz	75	Clase 3	P
MAX GAS 120 P	49 - 120	1/230V/50-60Hz	75	Clase 3	P
MAX GAS 120 PAB	40 - 120	1/230V/50-60Hz	75	Clase 3	PAB

DIMENSIONES TOTALES

MAX GAS 40



MAX GAS 70 - 105 - 120



Medidas en mm
 Longitud del cabezal: D corto / D1 largo

	A	B	C	D	D1	E	F	G	I	L	M	N	O	P
MAX GAS 40 P	288	143	145	85	185	153	89	160	92/107	92/107	M8	54	73	-
MAX GAS 70 P	303	155	148	85	185	204	89	160	100/120	100/120	M8	52	71	82
MAX GAS 105 P	317	169	148	140	220	204	89	160	100/120	100/120	M8	52	71	82
MAX GAS 120 P	317	169	148	160	240	204	98	160	100/120	100/120	M8	52	71	82
MAX GAS 120 PAB	317	169	148	160	240	282	98	160	100/120	100/120	M8	52	71	82