



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento
de Recursos Naturales

EVALUACIÓN TÉRMICA Y DE PARÁMETROS DE
CALIDAD DEL PROCESO DE COCCIÓN EN UN HORNO
LADRILLERO MK-2

TESIS

Que para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

Presenta:

Olga Fátima López Martell

Director de tesis:

Dr. Juan Rodríguez Ramírez

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca

Junio 2016



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 22 del mes de junio del 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: "EVALUACIÓN TÉRMICA Y DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL PROCESO DE COCCIÓN EN UN HORNO LADRILLERO MK-2"

Presentado por la alumna:

López

Apellido paterno

Martell

materno

Olga Fátima

nombre(s)

Con registro:

A	1	4	0	0	2	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis


Dr. Juan Rodríguez Ramírez


Dra. Lilia Leticia Méndez Lagunas


Dr. Sadoth Sandoval Torres


Dr. Víctor Guillermo Jiménez Quero


Dr. Carlos Martínez Álvarez

EI PRESIDENTE DEL COLEGIO


Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 22 del mes de junio del año 2016, el (la) que suscribe López Martell Olga Fátima, alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A140020, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Juan Rodríguez Ramírez y cede los derechos del trabajo titulado: "EVALUACIÓN TÉRMICA Y DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL PROCESO DE COCCIÓN EN UN HORNO LADRILLERO MK-2", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó olgaf_lopezm89@outlook.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

López Martell Olga Fátima



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

Evaluación térmica y de parámetros de calidad del proceso de cocción en un
horno ladrillero MK-2
Olga Fátima López Martell

RESUMEN

Las ladrilleras son una actividad productiva con alto impacto ambiental por la emisión de contaminantes a la atmosfera. Nuevas tecnologías de hornos ladrilleros más eficientes energéticamente se hacen necesarios para hacer de este sector una actividad rentable y menos contaminante. El diseño del horno de ladrillos MK2 considera elementos para reducir la emisión de contaminantes y mejorar la eficiencia energética de la cocción de ladrillos, está formado por dos hornos circulares abovedados con chimeneas y túneles de interconexión, lo que permite su operación de forma alternada como un horno activo y un filtro de gases de combustión. El Gobierno del Estado de Oaxaca financió el Proyecto piloto para la instalación, equipamiento y pruebas de funcionamiento de dos hornos prototipo para la cocción de ladrillo en la Zona Metropolitana de Oaxaca, a partir del cual se establece como objetivo de esta investigación la de evaluar el comportamiento térmico de un horno ladrillero MK-2 y su relación con el color y la resistencia a la compresión de los ladrillos cocidos. Se realizaron dos pruebas, una en cada módulo cuando estos operan como horno activo. La temperatura (T) se midió con termopares tipo K, con aislamiento cerámico, colocados en el perímetro interno de la pared (10), distribuidos en el interior del horno (13) y un termopar embebido en un ladrillo, colocado en el centro de la carga. Se dio seguimiento a cada operación realizada durante la cocción y se midió el color y la resistencia a la compresión de los ladrillos ubicados en las inmediaciones de cada termopar del interior de la carga. Con la relación funcional de T vs el tiempo, se calculó un índice de calentamiento (IC). Con los valores de color, considerando la escala CIEL*a*b*, se calculó el índice de enrojecimiento (IR), la croma (C*) y el ángulo de tono (h). Las temperaturas fueron diferentes con relación a la distancia radial del centro del horno y a la altura de la carga. Las temperaturas mínimas de cocción en la parte superior de la carga de ladrillos solo se alcanzan después de finalizada la dosificación de combustible. Los elementos constructivos del horno MK-2 (túneles de interconexión, chimenea, y horno filtro) así como el uso del dosificador de aserrín influyen en su comportamiento térmico. El IC tuvo una correlación débil (tendencia polinómica) con relación al croma (R^2 de 87.1%), al índice de enrojecimiento (R^2 de 83.4%), y al ángulo de tono (R^2 de 71.8%) de los ladrillos cocidos. El IC no correlacionó con la resistencia a la compresión de los ladrillos cocidos. La resistencia a la compresión de los ladrillos producidos durante la cocción en el horno MK-2 fue superior al límite aceptable por la norma. La resistencia a la compresión y los componentes de color del espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cocidos en el horno MK-2 no correlacionaron.

Dirigida por:

Dr. Juan Rodríguez Ramírez

Thermal and quality parameters assessment of the firing process in a
MK-2 brick kiln
Olga Fátima López Martell

ABSTRACT

The brick industry is a productive activity with high environmental impact by the emission of pollutants into the atmosphere. New technologies of brick kilns, more efficient, are necessary to make this sector a profitable and less polluting. The MK-2 brick kiln design consider components to reduce pollutant emissions and improve the energy efficiency of firing bricks, it consists of two cylindrical domed roof kilns with chimneys and tunnels of interconnection, which allows its operation alternately as an active kiln or as an combustion gas filter. The Government of the State of Oaxaca financed the pilot project for the installation, equipment and tests of operation of two prototype kilns for fired brick in the Metropolitan Zone of Oaxaca, reason for which the objective of this research is to evaluate the thermal behavior of the brick kiln MK-2 and its relationship with the color and the compressive strength of fired bricks. Two tests were carried out, when each module operates as active kiln. The temperature (T) was measured with type K thermocouples with ceramic insulation, placed in the inner perimeter wall (10) distributed inside the kiln (13) and a thermocouple embedded in a brick placed in the center of load. It was followed every operation performed during firing, and color and compressive strength of bricks located in the vicinity of each thermocouple inside the kiln was measured. With the functional relationship of T vs time, a heating index (IC) was calculated. With color values considering the scale CIEL*a*b*; redness index (IR), chroma (C*) and hue angle (h) were calculated. Temperatures were different in relation to the radial distance from the center of the kiln and the height of the load. Minimum firing temperatures in the upper part of the load of bricks only are reached after the fuel dosage was finish. Construction elements of the MK-2 kiln (tunnels of interconnection, chimneys, and filter kiln) as well as the use of a sawdust doser influence on his thermal behavior. The IC had a weak correlation (polynomial trend) in relation to the chroma (R^2 of 87.1%), the redness index (R^2 of 83.4%), and the hue angle (R^2 of 71.8%) of fired bricks. The IC didn't correlate with the compressive strength of fired bricks. The compressive strength of the produced bricks during firing in the Mk-2 kiln was higher than the acceptable limit by the standard. The compressive strength, and color space components CIEL*a*b* of fired bricks in the MK-2 kiln didn't correlate.

Directed by:

Dr. Juan Rodríguez Ramírez

DEDICATORIAS

A mi esposo César Gustavo y mi hijo Edwin Tenoch, porque desde que llegaron a mi vida, son los motores que me impulsa a seguir adelante

A los seres que me dieron la vida, mis padres Francisco Javier y Olga. Este trabajo es solo un pequeño esfuerzo por todo lo que me han brindado

A mi hermana Monserrat y mi sobrina Zoey, por todo su cariño y amor

A mis suegros Miguel Braulio y Lidia Esther, por su aprecio y apoyo incondicional

A todas las personas que he conocido hasta este momento, las que me ayudaron y contribuyeron con esta investigación

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

Al *Instituto Politécnico Nacional - CIIDIR Unidad Oaxaca* por las facilidades brindadas en la asignación de apoyos económicos mediante el Programa *Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI)* otorgada durante los periodos: Febrero-Junio 2014, Agosto-Diciembre 2014 y Febrero-Junio 2016 y a la *Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA)*.

Al *Fondo Metropolitano de la Ciudad de Oaxaca* por el apoyo financiero, sin el cual este estudio no hubiera sido posible.

Al director de tesis *Dr. Juan Rodríguez Ramírez* y la *M. C. Laura Victoria Aquino González* por su apoyo, paciencia, atención y consejos.

A la comisión revisora: *Dr. Sadoth Sandoval Torres, Dra. Lilia L. Méndez Lagunas, Dr. Carlos Martínez Álvarez* y *Dr. Víctor Guillermo Jiménez Quero*, por sus correcciones y comentarios.

Al *Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable (IEEDS)* por la participación del "Proyecto piloto para la instalación, equipamiento y pruebas de funcionamiento de dos hornos prototipo para el cocido de ladrillo en la Zona Metropolitana de Oaxaca para la asesoría técnica a productores". A *Planeta + Limpio, S. C.* (consultoría ambiental) por su participación y el apoyo técnico en este proyecto.

A la *Dra. Alba Yadira Corral* por permitirme compartir su conocimiento técnico-científico, al igual que su entusiasmo en este proyecto. También al técnico *Emanuel Nolasco Acosta* por su colaboración y buen humor durante todo el trabajo.

Agradezco profundamente y de manera especial al *Ing. César Gustavo Morales Martínez* porque sin su apoyo, no hubiera terminado esta tesis.

Agradezco profundamente la colaboración a *todas las personas* involucradas en este proyecto, y que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ACRÓNIMOS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	2
1.2. Antecedentes	4
1.3. Planteamiento del problema	7
1.4. Hipótesis	8
1.5. Objetivos	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. ¿Qué es un ladrillo?	9
2.1.1. Materiales que conforman al ladrillo	10
2.1.2. Composición mineralógica de arcillas	10
2.2. Horno ladrillero	11
2.2.1. Origen y clasificación de los hornos ladrilleros	11
2.2.2. Horno ladrillero artesanal	13
2.3. Horno MK-2	13
2.3.1. Descripción	14
2.3.2. Funcionamiento	16
2.3.3. Comparación con otros hornos	19
2.4. Proceso de cocción	19
2.4.1. Fases que presentan el ladrillo durante el proceso de cocción	20
2.4.2. Reacción de combustión (oxidación)	22
2.4.3. Calor específico del combustible	23
2.4.4. Mecanismos de transferencia de calor	23
2.5. Medición de las temperaturas de cocción	25
2.5.1. Gráficas de temperaturas en relación al tiempo	25
2.5.2. Relación de las temperaturas con la resistencia a la compresión	29

2.6. Parámetros de calidad del producto final	30
2.6.1. Color	30
2.6.2. Resistencia a la compresión	32
3. METODOLOGÍA	33
3.1. Área de estudio	33
3.2. Desarrollo experimental	33
3.3. Medición de temperaturas	40
3.4. Medición de color	42
3.5. Medición de resistencia a la compresión	43
3.6. Análisis de datos	46
3.6.1. Temperaturas de cocción (índice de calentamiento)	46
3.6.2. Color	47
3.6.3. Determinación de la resistencia a la compresión	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Perfiles de temperaturas	48
4.2. Índice de calentamiento en ladrillos	74
4.3. Parámetros de color en ladrillos	75
4.4. Resistencia a la compresión	84
4.5. Resistencia a la compresión con relación a los parámetros de color de los ladrillos cocidos	86
4.6. Parámetros de color y resistencia a la compresión con relación al índice de calentamiento	90
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.1. Conclusiones	96
5.2. Recomendaciones	97
REFERENCIAS	99
ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Nomenclatura de las caras de un ladrillo (Aguilar, 2000)	9
Figura 2.	Emisiones a la atmósfera de un horno escocés (izquierda) y del horno MK-2 (derecha) en la Cd. de Oaxaca (Fuente propia)	14
Figura 3.	Partes que conforman el horno MK-2 (Fuente propia)	16
Figura 4.	Designación de hornos	17
Figura 5.	Dosificación de la mezcla de combustible-comburente en el hogar del horno MK-2	18
Figura 6.	Esquematación del funcionamiento del horno MK-2 (Adaptado de Lara et al., 2001)	18
Figura 7.	Diagrama del proceso de fabricación de ladrillos (Adaptado de Aguilar, 2000; Pérez et al., 2002)	20
Figura 8.	Proceso de cocción en ladrillos (Adaptado de Jones, 1996)	22
Figura 9.	Perfiles de temperatura de la prueba 1. (Adaptado del Prasertsan et al. 1996)	26
Figura 10.	Perfiles de temperaturas de la prueba 2. (Adaptado del Prasertsan et al. 1996)	27
Figura 11.	Perfiles de temperaturas de la prueba 3. (Adaptado del Prasertsan et al. 1996)	27
Figura 12.	Temperaturas durante la etapa de calentamiento con dosificación manual de aserrín. (Recopilación de Rodríguez et al. 2004)	28
Figura 13.	Temperaturas durante la etapa de calentamiento con dosificador mecánico de aserrín. (Recopilación de Rodríguez et al. 2004)	29
Figura 14.	Componentes de un sistema de color (Kennamer et al., 2008)	31
Figura 15.	Escala de color CIEL *a*b*(Konica Minolta, 2014)	32
Figura 16.	Mapa de la Región de Valles Centrales (Adaptado de INEGI, 2005)	33

Figura 17.	Diagrama de corte esquemático del llenado de ladrillos	34
Figura 18.	Acomodo de ladrillos en el nivel E	35
Figura 19.	Acomodo de ladrillos en los niveles B, C y D	35
Figura 20.	Acomodo de ladrillos en el nivel A	36
Figura 21.	Formación de huecos de acuerdo al nivel del horno	36
Figura 22.	Vista superior de los termopares ubicados en la periferia del horno	37
Figura 23.	Ubicación de termopares internos	38
Figura 24.	Distribución tridimensional de los termopares en el horno	38
Figura 25.	A) Suministro de combustible manual, B) Dosificador mecánico utilizado en la cocción	39
Figura 26.	Captura de pantalla de las mediciones de temperaturas dentro un horno MK-2	41
Figura 27.	A) Colocación de termopares en las paredes del horno, B) Sistema de adquisición de datos y C) Colocación de termopares dentro del encamado de ladrillos	41
Figura 28.	A) Uso del cepillo de alambre para homogeneizar la textura y B) Uso de la goma EVA para no dañar el lente del colorímetro	42
Figura 29.	Colocación del ladrillo en la prueba de compresión	44
Figura 30.	Prensa hidráulica utilizada en los ensayos	44
Figura 31.	Fundición del azufre con ayuda de una varilla metálica	44
Figura 32.	Engrasado de la placa, colocación de las varillas y cabeceo de una cara del ladrillo	45
Figura 33.	Fallas de un ladrillo	45
Figura 34.	Área bajo la curva con sumatorias	47
Figura 35.	Interpretación gráfica de cómo se calculó del índice de calentamiento (IC)	47
Figura 36.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_I y P_III en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga	49

Figura 37.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_VI, P_VIII y P_IX en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia derecha con respecto a la puerta de carga.	51
Figura 38.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_II y P_V en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda con respecto a la puerta de carga	52
Figura 39.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_VII y P_X en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior derecha con respecto a la puerta de carga.	53
Figura 40.	Defecto en la construcción del túnel de interconexión, se observa la formación de una pequeña bóveda.	53
Figura 41.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_I, P_III y P_IV en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga.	55
Figura 42.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_VI, P_VIII y P_IX en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia derecha con respecto a la puerta de carga.	56
Figura 43.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_II y P_V en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda con respecto a la puerta de carga.	57
Figura 44.	Perfiles de temperaturas del termopar P_X en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior derecha con respecto a la puerta de carga.	58
Figura 45.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel E (Segunda prueba experimental).	59
Figura 46.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel D	60
Figura 47.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel C	61
Figura 48.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel B	62

Figura 49.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel A	63
Figura 50.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_I, P_III y P_IV en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga.	64
Figura 51.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_VI, P_VIII y P_IX en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia derecha con respecto a la puerta de carga.	65
Figura 52.	Perfiles de temperaturas de los termopares P_II y P_V en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda con respecto a la puerta de carga.	66
Figura 53.	Perfiles de temperaturas del termopar P_X en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior derecha con respecto a la puerta de carga.	67
Figura 54.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel E (Tercera prueba experimental).	68
Figura 55.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel D	69
Figura 56.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel C	70
Figura 57.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel B	71
Figura 58.	Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel A	72
Figura 59.	Índice de calentamiento en relación con la ubicación del termopar para la 2ª y 3ª prueba experimental	74
Figura 60.	Valores del índice de enrojecimiento vs ubicación del termopar en la segunda prueba experimental	76
Figura 61.	Valores de croma vs ubicación del termopar en la segunda prueba experimental	77
Figura 62.	Valores de tono en relación con la ubicación del termopar en la segunda prueba experimental	78

Figura 63.	Valores de índice de enrojecimiento en relación con la ubicación del termopar en la tercera prueba experimental	80
Figura 64.	Valores de croma vs ubicación del termopar en la tercera prueba experimental	81
Figura 65.	Valores de ángulo de tono vs ubicación del termopar en la tercera prueba experimental	82
Figura 66.	Imágenes de ladrillos cocidos extraídos de la periferia, a) segunda prueba, b) tercera prueba	83
Figura 67.	Imágenes de ladrillos cocidos ubicados en el centro del horno: a) 2ª prueba, b) 3ª prueba	83
Figura 68.	Resistencias a la compresión vs ubicación del termopar en la 2a y 3a prueba experimental	85
Figura 69.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de enrojecimiento en la segunda prueba	86
Figura 70.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra la croma en la segunda prueba	87
Figura 71.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el ángulo de tono en la segunda prueba	87
Figura 72.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de enrojecimiento en la tercera prueba	88
Figura 73.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra la croma en la tercera prueba	89
Figura 74.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el ángulo de tono en la tercera prueba	89
Figura 75.	Ajuste de datos del índice de enrojecimiento contra el índice de calentamiento en la segunda prueba	91
Figura 76.	Ajuste de datos de la croma contra el índice de calentamiento en la segunda prueba	91
Figura 77.	Ajuste de datos del ángulo de tono contra el índice de calentamiento en la segunda prueba	92
Figura 78.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de calentamiento en la 2ª prueba	92
Figura 79.	Ajuste de datos del índice de enrojecimiento contra el índice de calentamiento en la tercera prueba	93

Figura 80.	Ajuste de datos de la croma contra el índice de calentamiento en la tercera prueba	94
Figura 81.	Ajuste de datos del ángulo de tono contra el índice de calentamiento en la tercera prueba	94
Figura 82.	Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de calentamiento en la tercera prueba	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ladrillos más comunes en Oaxaca (Aguilar, 2000)	9
Tabla 2.	Análisis de arcillas del lugar de estudio (Adaptado del IEEDS, 2015)	11
Tabla 3.	Efecto del tiempo y la temperatura en la resistencia a la compresión (Adaptado de Prasertsan & Theppaya, 1995)	30
Tabla 4.	Condiciones que afectan la apariencia del color (Adaptado de Kennamer et al., 2008)	31
Tabla 5.	Procedimiento operacional para las pruebas de cocción en el horno MK-2	34
Tabla 6.	Índice de enrojecimiento (IR), croma (C*) y ángulo de tono (h) en la segunda prueba experimental	75
Tabla 7.	Índice de enrojecimiento (IR), croma (C*) y ángulo de tono (h) en la tercera prueba experimental	79
Tabla 8.	Resistencias medias a la compresión para la 2ª y 3ª prueba experimental	84
Tabla 9.	ρ de Spearman de la segunda prueba (resistencia a la compresión con relación a los parámetros de color)	86
Tabla 10.	ρ de Spearman de la tercera prueba	88
Tabla 11.	ρ de Spearman de la segunda prueba (parámetros de color y resistencia a la compresión con relación al IC)	90
Tabla 12.	ρ de Spearman de la tercera prueba	93

ACRÓNIMOS

IEEDS	Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación
PIB	Producto Interno Bruto

1. INTRODUCCIÓN

La industria ladrillera es una actividad económica secundaria en el estado de Oaxaca que aporta el 18.42% al PIB estatal (INEGI, 2009). En la zona conurbada de la Ciudad de Oaxaca de Juárez, la actividad ladrillera se desarrolla en seis municipios: San Agustín Yatareni, San Andrés Huayapam, San Sebastián Tutla, Santa Cruz Amilpas, Santa Lucía del Camino y Tlalixtac de Cabrera. Estos son cercanos a zonas habitacionales, tienen escasez de materia prima y se emplean prácticas de producción rudimentarias.

Para la cocción de ladrillos el horno escocés es el más usado en Oaxaca. Es considerado como horno tradicional y cuenta con cuatro paredes construidas de forma permanente. El proceso de cocción del horno escocés produce emisiones contaminantes y partículas suspendidas, afectando al medio ambiente y la salud de las poblaciones aledañas a la zona donde se practica la actividad ladrillera, y al mismo tiempo afecta económicamente a las familias que dependen de esta actividad.

En el presente trabajo se aborda la temática de evaluar un horno ladrillero alternativo denominado MK-2. Este horno fue diseñado por el Dr. Robert Marquez y cuenta con un sistema de filtrado que podría reducir las emisiones de contaminantes en comparación con otros hornos. En esta investigación, se realizaron tres pruebas experimentales de cocción a un horno MK-2 construido en San Francisco Tutla, Santa Lucía del Camino. En cada prueba, se registraron las temperaturas por medio de termopares y con un sistema adquisidor de datos. Al finalizar, los ladrillos cocidos por el horno se les midieron el color y la resistencia a la compresión.

Este trabajo tiene un alcance correlacional/explicativo. Correlacional debido a que determina si existe una relación entre dos variables, una es el color y la otra, la resistencia a la compresión, para evaluar la calidad del ladrillo del proceso de cocción en un horno ladrillero MK-2. Explicativo porque pretende explicar el comportamiento térmico del horno en Oaxaca.

1.1. Justificación

Esta investigación surge del “Proyecto piloto para la instalación, equipamiento y pruebas de funcionamiento de dos hornos prototipo para el cocido de ladrillo en la Zona Metropolitana de Oaxaca”, financiado por el Fondo Metropolitano de Oaxaca. El horno MK-2 fue construido por primera vez en el estado mediante este financiamiento. Se han construido otros hornos en otros estados de la República Mexicana como Chihuahua, San Luis Potosí, Guanajuato, Estado de México, etc., tomando en consideración que el sistema de filtrado ayuda a la disminución de emisiones contaminantes, y el diseño del horno que reduce la exposición del calor al trabajador.

En Oaxaca, la mayor parte de la industria ladrillera se localiza en la zona aledaña de la Ciudad, esto provoca inconformidad en las poblaciones que viven dentro de esta zona; por la falta de normatividad en la actividad ladrillera (Blackman & Bannister, 1998; Gupta, 2003; Blackman et al., 2006) y la contaminación generada por la utilización de combustibles como neumáticos (Hoang & Nguyen, 2010; Guttikunda & Khaliqzaman, 2014). Por esta razón es necesario desarrollar y evaluar hornos “ecológicos” puesto que los hornos tradicionales son fuentes de emisiones contaminantes.

En el siguiente apartado se exponen las razones por las cuales se evalúa este horno.

- Justificación técnica
Este trabajo se realiza para identificar las zonas de distribución calorífica en un horno MK-2 y proponer prácticas de operación que logren una combustión uniforme de biomasa durante la cocción de ladrillos además de lograr una disminución de emisión de contaminantes a la atmósfera.
- Justificación social y económica
La integración del horno MK-2 como un horno alternativo trae fuente de ingresos económicos para los trabajadores que se dedican a la industria

ladrillera en la Cd. de Oaxaca (Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable, 2013). El combustible que se utiliza es residuos de la industria de madera y biomasa agrícola (Bruce et al. 2007).

- Justificación ambiental

La capacidad de carga del horno MK-2 es de 8000 ladrillos al día, esto reduce el tiempo de cocción, el combustible y las emisiones contaminantes. Cuenta con un sistema de filtrado para mitigar los daños causados por la contaminación de la combustión incompleta del combustible.

1.2. Antecedentes

La elaboración de productos cerámicos se remonta a 8000 a. C. En esta actividad se ocupan los hornos ladrilleros (Jones, 1996). En México, la fabricación artesanal de ladrillos cuenta con varias etapas, las cuales son: extracción de la materia prima, cribado, amasado, moldeado, secado, carga, cocción y descarga. La cocción consiste en someter una arcilla cerámica a la acción de calor en un horno. Los hornos ladrilleros pueden alcanzar temperaturas elevadas, desde 900 hasta 1100 °C dependiendo de las condiciones de operación. Estas temperaturas provocan cambios estructurales y químicos en arcillas, cambiando sus propiedades físicas y mecánicas (Aguilar, 2000; Olsen, 2001; Rhodes, 2004).

Los cambios estructurales y químicos dependen de la arcilla contenida en el ladrillo. Según Murad & Wagner (1998), los materiales que integran el ladrillo se convierte en compuestos como los filosilicatos u óxidos de hierro. La formación de estos compuestos depende de la combinación de los materiales como el agua, la arcilla y la materia orgánica, y del proceso de cocción de éstos.

La medición de temperaturas es un elemento básico para el estudio del proceso de cocción en hornos, esto ayuda a comprender la cocción de los ladrillos y la transferencia de calor dentro de ellos y su entorno. Prasertsan & Theppaya (1995) encontraron la temperatura mínima del proceso de cocción, esta temperatura indica el cambio de transformación de arcilla a ladrillo. Los autores suponen que alcanzado los 600 °C se pueden disminuir los tiempos de cocción, para reducir el consumo de energía y así incrementar la productividad en la fabricación de ladrillos. Mencionan que las propiedades mecánicas, como la absorción al agua y la resistencia a la compresión, no dependen del tiempo de cocción. Prasertsan et al. (1996) midieron las temperaturas de un horno de tiro horizontal con diferentes capacidades de carga (3500, 2500 y 2250 ladrillos), y concluyeron que el consumo de energía depende de las temperaturas de cocción, la combustión, el flujo de aire y la capacidad de carga del horno.

Rodríguez et al. (2004) midieron las temperaturas de un horno ladrillero escocés modificado con el uso de un dosificador mecánico, encontraron que hay un menor tiempo de cocción y una mayor distribución de temperaturas con el uso del dosificador, y además evaluaron la calidad de los ladrillos de acuerdo a la ubicación dentro del horno por percepción visual.

Los hornos ladrilleros han sido estudiados en diferentes enfoques como el modelado, la optimización, la eficiencia energética y el desarrollo de nuevos diseños. El diseño de un horno se relaciona con los costos de producción y el nivel de emisión de contaminantes (Rodríguez et al., 2004). Bruce et al. (2007) evaluaron un horno MK-2 mediante la densidad de partículas generadas por el proceso de cocción. Realizaron comparaciones de funcionamiento con hornos tradicionales y encontraron que los hornos MK-2 reducen las emisiones de contaminantes.

Monteiro & Vieira (2004) caracterizaron dos tipos de arcillas originarias del Sur de Brasil. Estos dos materiales fueron secados a 110 °C a peso constante y cocidos en un intervalo de 850 a 1200 °C. Concluyeron que ambas arcillas presentan una correlación positiva en la contracción y flexión con respecto a la temperatura de cocción.

Karaman et al. (2006) evaluaron las temperaturas de cocción, los componentes de color en el espacio CIEL*a* b* y la resistencia a la compresión de ladrillos (4 x 4 x 4 cm³) producidos en Turquía. Estos fueron cocidos en un intervalo de 700 a 1050 °C. Encontraron que existe una correlación negativa en los componentes de color L* y b* con la resistencia a la compresión a esas condiciones experimentales. Dicha correlación es muy importante, ya que en Turquía como en México se tiene la creencia que el color es un indicador de calidad.

Karaman et al. (2006) determinaron el efecto de la temperatura y tiempo de cocción sobre propiedades mecánicas y físicas como la resistencia a la compresión, la absorción, la flexión y contracción, la pérdida de peso y la densidad de los ladrillos. Concluyeron que la temperatura de cocción afecta significativamente en las propiedades físicas como la pérdida de peso y la densidad del ladrillo.

Karaman et al. (2012) determinaron la variación del color y resistencia mecánica en ladrillos a diferentes temperaturas en una mufla. Encontraron una relación negativa entre la croma (C^*) y el ángulo de tono (h) contra la temperatura de cocción.

Este trabajo se enfoca a evaluar en primer lugar, el comportamiento térmico del proceso de cocción en un horno MK-2; y posteriormente el efecto de este proceso sobre el color y la resistencia a la compresión de los ladrillos. Por otra parte, algunos investigadores han estudiado el efecto de la temperatura y el tiempo de cocción en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos.

1.3. Planteamiento del problema

Desde el aspecto económico, la producción ladrillera artesanal es uno de los principales insumos en la industria de la construcción, aun cuando existan otras alternativas de materiales como el tabicón y el block, el ladrillo sigue siendo una opción para la construcción de viviendas de interés social y desarrollo habitacional (IEEDS, 2013). En los aspectos medioambientales y de salud, la mitigación de emisiones contaminantes a la atmósfera beneficiaría a la disminución de enfermedades respiratorias en las poblaciones donde se practica la industria ladrillera (Joshi & Dudani, 2008; Guttikunda & Khaliqzaman, 2013).

El uso de tecnologías ineficientes da como resultado la emisión de contaminantes y un mayor costo de producción favoreciendo una reducción de la actividad productiva de la industria ladrillera (IEEDS, 2013). Un ejemplo de estas tecnologías son los hornos tradicionales empleados en México.

Nuevos hornos ladrilleros se están proponiendo como alternativas tecnológicas para incrementar la eficiencia energética (Gol'tsova et al., 2008) y la reducción de contaminantes a la atmosfera, sin embargo, las tecnologías emergentes deben ser evaluadas en las zonas de producción para validar el grado de mejora que prometen sus diseñadores.

En México se han construido varios prototipos de hornos MK-2, y se ha evaluado la densidad de partículas generadas en el proceso de cocción, dando buenas perspectivas para la reducción de contaminantes (Bruce et al., 2007), sin embargo no se ha realizado un análisis térmico durante la cocción y su relación con la calidad de los ladrillos producidos.

Los productores de ladrillos no tienen la certeza de si el horno MK-2 construido en San Francisco Tutla, Oaxaca ofrece mejoras con respecto al horno escocés y al horno escocés modificado que utilizan en la actualidad. El Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Oaxaca, requieren saber si es posible sustituir los hornos tradicionales por hornos MK-2 en las ladrilleras del estado de Oaxaca.

1.4. Hipótesis

- H₁) El diseño del horno MK-2 da como resultado que temperaturas sean uniformes con relación al nivel de colocación de los ladrillos. Se logran temperaturas mínimas necesarias de cocción para toda la carga de ladrillos colocados dentro del horno.
- H₂) El calor suministrado en el proceso de cocción representado por un índice de calentamiento permite evaluar el nivel de cocción y su relación con los parámetros de calidad de los ladrillos producidos en un horno MK-2.
- H₃) Existe una relación entre la resistencia a la compresión con los componentes de color del espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cocidos en un horno MK-2.

1.5. Objetivos

- Objetivo general: Evaluar el comportamiento térmico y el efecto producido en el color y la resistencia a la compresión de los ladrillos cocidos en un horno ladrillero MK-2 ubicado en San Francisco Tutla, Oaxaca.
- Objetivos específicos:
 - Evaluar el comportamiento térmico mediante la medición de las temperaturas en el interior y la periferia de un horno MK-2.
 - Analizar el color a los ladrillos cocidos en un horno MK-2 por medio de un colorímetro portátil con escala CIEL*a*b* para evaluar la calidad del producto final.
 - Determinar la resistencia a la compresión a los ladrillos cocidos en un horno MK-2 con base en las normas mexicanas ONNCCE para evaluar la calidad de los ladrillos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ¿Qué es un ladrillo?

Un ladrillo es una pieza cerámica, de forma paralelepípeda, formado por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a temperaturas de 700 hasta 1050 °C (Fig. 1). Los ladrillos se encuentran en la clasificación de productos cerámicos porosos con una absorción de agua inferior al 10% (Navarro y Amorós, 1985; Jones, 1996). El ladrillo puede utilizarse en toda clase de construcciones por su forma muy regular y fácil manejo (Aguilar, 2000; Pérez et al., 2002; Gijón & López, 2002).

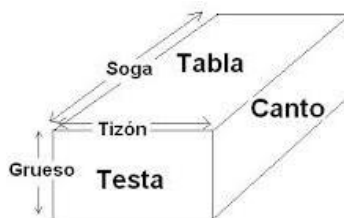


Figura 1. Nomenclatura de las caras de un ladrillo (Aguilar, 2000)

Las tierras arcillosas son aquellas materias primas existentes en la mayoría de los suelos, tienen de un 30% o más en arcilla. Durante la cocción, las arcillas cambian su estructura cristalina, transformando sus propiedades físicas como son la resistencia mecánica y térmica, la permeabilidad y el color (vitrificación). Ahora el material arcilloso se convierte en otro tipo de material con características apropiadas para la construcción de viviendas (De Monte & Díaz, 2001). En Oaxaca, existen diferentes medidas de ladrillos pero los más comunes son los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Ladrillos más comunes en Oaxaca (Aguilar, 2000)

DENOMINACIÓN	MEDIDAS NOMINALES (cm)		
	Largo	Ancho	Espesor
Normal	26.5	13.5	5.0
Tabicón	27.5	14.0	6.5
Media tabla	31.0	15.5	3.3

Para que un ladrillo se catalogue como de primera calidad, este dependerá de los materiales que lo conforman y del proceso de cocción en un horno ladrillero (Pérez et al., 2002).

2.1.1. Materiales que conforman al ladrillo

En Oaxaca, los componentes principales de un ladrillo son agua, arcilla y aserrín. La arcilla es un tipo de suelo constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados (filosilicatos), procedentes de la descomposición de rocas como el granito. Y el aserrín (o viruta) es un subproducto de la industria maderera. Este también se ocupa como combustible para la cocción de ladrillos. Según Aguilar (2000) menciona que se ocupan 380 L de aserrín, 1200 L de agua y 2375 L de arcilla para formar un millar de ladrillos aproximadamente.

2.1.2. Composición mineralógica de algunas arcillas

Existe una composición mineralógica diferente para cada tipo de suelo dependiendo del lugar de origen (Murad & Wagner, 1998). Mineralógicamente, en su mayoría, las arcillas son compuestos cristalinos (sus átomos presentan un arreglo regular, organizado y, por lo tanto, tienen ángulos fijos entre sus caras y bordes definidos), reconocidos como filosilicatos (Reyes, 2000).

Murad y Wagner (1998) explican que la calidad del ladrillo se ve afectada por la composición mineralógica de las arcillas en la producción de cerámicos. Los minerales más importantes son los que tienen alto contenido de silicatos, aluminatos y óxidos. Estos compuestos se forman a altas temperaturas a partir de reacciones de oxidación, cambiando su estructura química y cristalina. Karaman et al. (2006) mencionan que algunas muestras de arcillas tienen diferentes composiciones cuando pasan estas reacciones. Revelan que los principales minerales son: la caolinita, la illita, la clorita, la dolomita, el cuarzo, la mica, el yeso y la hematita. Dichos minerales son ricos en óxidos de silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio y potasio. También Karaman et al. (2006) mencionan que los óxidos de hierro de las mezclas de arcillas afectan mayoritariamente en la formación del color.

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de arena, limo y arcilla de los diferentes puntos de muestreo cercanos al horno MK-2 construido en San Francisco Tutla.

Tabla 2. Análisis de arcillas del lugar de estudio (Adaptado de IEEDS, 2015)

Punto de muestreo	Color en seco	Arenas %	Limos %	Arcillas %
1	Pardo fuerte	41.20	42.90	15.90
2	Amarillo parduzco	25.23	46.47	28.30
3	Amarillo	31.22	51.28	17.50

2.2. Horno ladrillero

Un horno ladrillero es una cámara donde se efectúa la cocción de ladrillos; regula y confina la combustión de los productos, resiste las presiones generadas por las altas temperaturas; sus dimensiones y geometrías están adaptadas a la velocidad de generación de energía térmica, al tipo de combustible y a la reacción de combustión. Existe una variedad de hornos de acuerdo a las necesidades de producción, combustible existente en la región, tecnología, zona geográfica y recursos económicos (Gijón & López, 2002).

Para su funcionamiento, el horno pasa por tres etapas: precalentamiento, cocción y enfriamiento; ellas deben controlarse en forma estricta para obtener productos con una mínima proporción defectuosa y reducir el impacto ambiental; todo con el máximo rendimiento posible y el mínimo consumo de combustible.

Los hornos ladrilleros ocupan el calor de la combustión de carbón, gas natural y/o madera para transformar las materias primas al producto final mediante los mecanismos de transferencia de calor, los cuales son: conducción, convección y radiación (Riojas & Rodríguez, 2004).

2.2.1. Origen y clasificación de los hornos ladrilleros

La producción de ladrillos mediante la cocción en hornos data desde 8000 a. C. Las primeras cocciones se realizaban dentro de un agujero en el suelo y a fuego abierto. Con el paso del tiempo, por la experiencia y la observación, se aprendió que el suelo

se endurecía a causa del fuego dándole dureza, resistencia e impermeabilidad (Hamilton, 1989). El desarrollo del horno ladrillero dio paso a la innovación de introducir una barrera aislante al fuego, cambiando el diseño del horno y la forma de trabajar en el proceso de cocción de las arcillas. El aumento de las temperaturas en las arcillas proporciona una distribución uniforme del calor generado por el fuego y permite un enfriamiento gradual para evitar agrietamientos o deformaciones a los productos cerámicos (Rhodes, 2004).

De acuerdo a Jones (1996) los hornos ladrilleros se han clasificado en cuatro categorías:

- I. Hornos periódicos o intermitentes. Consisten en una cámara simple. Se cargan con ladrillos crudos, los cuales son cocidos y después se descargan una vez que están fríos. Después se prepara otra carga de ladrillos crudos y se repite el proceso.
- II. Hornos semicontinuos. Son dos o más hornos interconectados por túneles para permitir que el calor de una de las cargas de ladrillo que están en enfriamiento sequen y precalienten la carga del otro horno.
- III. Hornos continuos. Son aquellos hornos donde la zona de fuego se mueve a través de los ladrillos. Los ladrillos se cargan de frente a la zona de fuego y los ladrillos de atrás se quitan. Estos hornos trabajan de día y noche y sólo se apagan para mantenimiento.
- IV. Hornos de túnel. Los ladrillos se colocan en unos carros que se mueven a través del túnel a una velocidad determinada. Este es una forma de horno continuo.

Los hornos también pueden dividirse en tres clases, de acuerdo a la dirección del fuego (producto de la combustión) que viaja a través del horno para cocer los ladrillos:

- A. Horno de tiro directo. El calor viaja naturalmente por convección, del área de combustión hacia arriba a través de los ladrillos.

- B. Horno de tiro invertido. El calor de combustión es enviado a arriba hacia abajo a través de los ladrillos.
- C. Horno de tiro horizontal. El calor de la combustión es forzado por uno de los lados a través de los ladrillos con el uso de una chimenea o un sistema de aire forzado.

2.2.2. Horno ladrillero artesanal

El horno ladrillero más usado en Oaxaca es el horno escocés, conocido también como horno tradicional, es un horno intermitente de tiro directo, cuenta con cuatro paredes, la mayor parte del horno se encuentra enterrada bajo tierra y la otra, se encuentra expuesta a la intemperie.

En Oaxaca, la fabricación de ladrillos es un proceso artesanal, es decir, el proceso de producción, desde la etapa de mezclado hasta la descarga, se realizan a mano (Aguilar, 2000; Pérez et al., 2002). En la cocción de hornos ladrilleros se operan de la misma manera. El llenado de los hornos se realiza con la ayuda de tres personas como mínimo. También, estas son las que operan el horno en la cocción de los ladrillos. Las operaciones que realizan son: encender la zona de combustión (hogar) con leña o carbón, cubrir gradualmente la carga del horno con ladrillos conforme avanza el calentamiento del horno aprovechando la transferencia de calor por convección natural y finalmente, sellar la puerta de alimentación del horno.

2.3. Horno MK-2

La Compañía eléctrica El Paso, ubicada en Texas, ingresó al programa "RetrofitProgram", cuyo objetivo fue reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera. La Compañía invirtió en el proyecto de Hornos Ecológicos a cargo de Dr. Robert Marquez y sus colegas. Ellos desarrollaron una tecnología de hornos dobles y mejoraron el diseño de Horacio González Castillo, un horno ladrillero de forma cilíndrica que tenía una mayor eficiencia térmica. El Dr. Marquez agregó al diseño un segundo módulo como horno filtro, logrando reducir las emisiones producidas por la cocción de ladrillos. Esta tecnología fue creada en la Ciudad Juárez y se

nombró horno ecológico MK-2 (González, 2010). El horno ha sido objeto de diversos estudios para corroborar la disminución de contaminantes, los cuales reportan una reducción del 53% en la cantidad de madera o combustible necesario para realizar la cocción de ladrillos crudos y un factor de densidad de partículas emitidas de 10 a 2 con el uso del horno filtro (Bruce et al., 2007). Esta disminución de partículas y cantidad de combustible se debe al funcionamiento particular del horno ecológico MK-2 con respecto a los hornos tradicionales usados en la producción del ladrillo (Figura 2).



Figura 2. Emisiones a la atmósfera de un horno escocés (izquierda) y del horno MK-2 (derecha) en la Cd. de Oaxaca (Fuente propia)

2.3.1. Descripción

Los hornos MK poseen dos módulos cilíndricos interconectados que funcionan alternadamente como horno activo y filtro. Estas interconexiones cuentan con compuertas que se abren y cierran de manera manual. Poseen techos en forma de cúpula para conservar la energía calorífica. Cada módulo tiene una chimenea lateral con una compuerta interna incluida. También cuenta con un área para colocar el combustible llamada zona de combustión u hogar. Encima del hogar se encuentran los arcos y, sobre estos, se colocan los ladrillos crudos. La capacidad máxima es de 8,000 ladrillos aproximadamente por módulo. Estas son las partes que conforman cada módulo (Figura 3):

- Zona de combustión u hogar: es un espacio vacío donde se coloca el combustible que cocerá los ladrillos.
- Puerta de carga: es la abertura donde el trabajador entra y sale apoyado de los arcos.
- Zona de carga: es el espacio donde se colocan los ladrillos para cocerse, y es el lugar donde se mueve el trabajador para acomodar los ladrillos.
- Arcos: son dovelas, que sirven de soporte para colocar los ladrillos.
- Puerta de alimentación de combustible: es la abertura donde se introduce el combustible.
- Túneles de interconexión (interconexiones): son túneles donde pasan los gases y humos de combustión del horno activo.
- Chimenea: es el conducto en donde se dirigen los gases formados por la combustión del horno activo.
- Compuertas: son dos hojas de metal giratorias sujetas a una estructura metálica de acero. Se encuentran ubicadas en la parte superior de la chimenea y en medio de los túneles de interconexión.

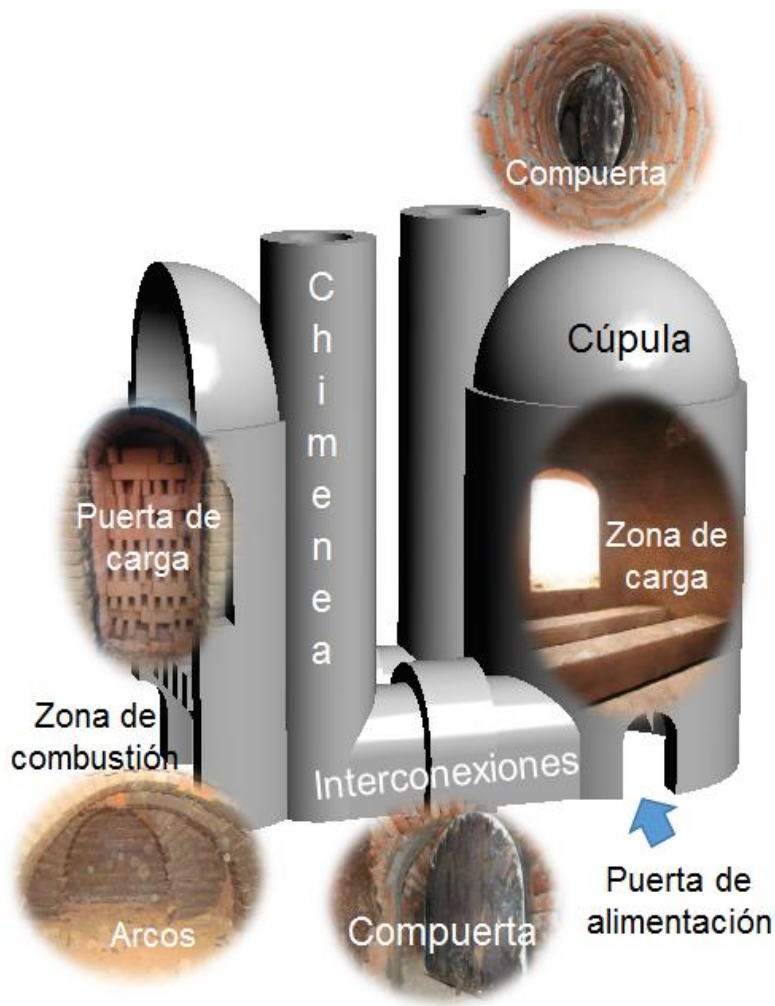


Figura 3. Partes que conforma el horno MK-2 (Fuente propia)

2.3.2. Funcionamiento

En la Figura 6 se esquematiza el funcionamiento del horno MK-2. El funcionamiento inicia con el llenado de los dos módulos con la misma cantidad de ladrillos crudos y se sellan las puertas de carga de ambos módulos con ladrillos y lodo (1). Se designa los módulos como horno filtro y horno activo (Figura 4). Se sella la puerta de combustible del horno filtro con ladrillos y lodo.



Figura 4. Designación de hornos

Se deja abierta la puerta del hogar en el módulo-horno activo para dar inicio a la cocción de ladrillos. Se deja abiertas las compuertas de la chimenea del horno activo y la compuerta de interconexión de la chimenea del horno activo con el horno filtro. Se deja cerrada la compuerta del túnel de interconexión entre el modulo activo y la chimenea del horno filtro, de preferencia se debiera sellar con ladrillo y lodo. Se inicia la cocción con el módulo asignado como horno activo (2). Durante la cocción, se suministra una mezcla de combustible-comburente al hogar del horno (3). La dosificación se dirige a la zona que el operario considera que sea conveniente agregar combustible (Figura 5). La compuerta de la chimenea del horno activo se cierra cuando la parte inferior de la carga del horno alcanza la temperatura de mínima de cocción y la parte superior de la carga es de al menos 200 °C (4). Los gases calientes se dirigen al módulo asignado como horno filtro (5). El operario debe cuidar que no se extinga la combustión en el módulo-horno activo.



Figura 5. Dosificación de la mezcla de combustible-comburente en el hogar del horno MK-2

El calor generado por el módulo-horno activo se propaga al módulo-horno filtro, logrando un secado y pre-cocimiento de los ladrillos crudos en este módulo (6). Durante el proceso de filtrado, las partículas contaminantes y el calor generados por el módulo-horno activo son liberados por la chimenea del módulo-horno filtro (7). Al terminar la cocción, se deja de alimentar combustible al hogar y se sella la puerta de alimentación del módulo-horno activo y se esperan entre dos a tres días para el enfriamiento de los ladrillos (8).

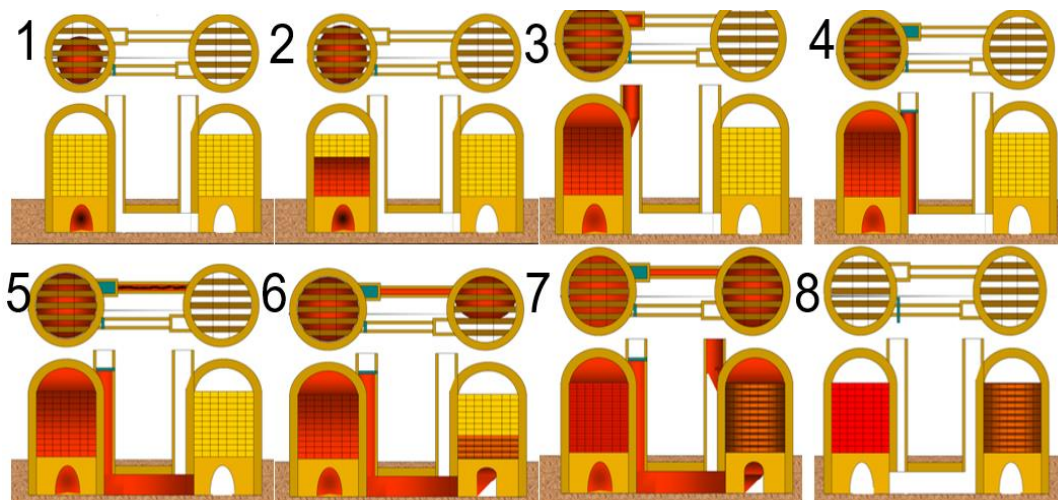


Figura 6. Esquematización del funcionamiento del horno MK-2 (Adaptado de Lara et al., 2001)

Finalmente se retiran los ladrillos cocidos del módulo-horno activo y se introducen la misma cantidad de ladrillos crudos en el módulo para continuar con la cocción de los ladrillos del módulo-horno filtro y se empieza otra vez con el funcionamiento anterior (Figura 6). Debido al pre-cocimiento de los ladrillos en la primera cocción, el tiempo de cocción y el combustible a emplear se reduce en un 50% (Marquez, 2001).

2.3.3. Comparación con otros hornos

Existen ciertas ventajas con respecto a los hornos tradicionales como:

- Ambiental: es un horno que permite evaluar las emisiones contaminantes, estas se reducen porque en un módulo se realiza la cocción de ladrillos, y en el otro funciona como filtro.
- Operacional: el proceso de cocción es más seguro que el tradicional, al reducirse el esfuerzo durante la cocción para el "tapado" y "re-direccionamiento" de los gases calientes, la operación se reduce a cerrar y abrir compuertas.
- Uso de combustible: puede operar con dosificadores de combustible fósil o con biomasa (Red Ladrilleras, 2013). Se cambia la relación aire-combustible y se incorpora una mayor presión en la admisión de aire de combustión.
- Energética: al ser hornos cerrados e interconectados, los gases calientes tienen mayor tiempo de residencia, mejorándose la eficiencia energética en comparación con los hornos tradicionales.

2.4. Proceso de cocción

La cocción es una etapa fundamental en el proceso de fabricación de ladrillos (Figura 7) que confieren al producto las propiedades físicas deseadas: resistencia mecánica, porosidad, permeabilidad y color. El proceso de cocción consta de tres etapas: precalentamiento, cocción y enfriamiento (Gijón & López, 2002; Riojas & Rodríguez, 2004; Cárdenas et al., 2011).

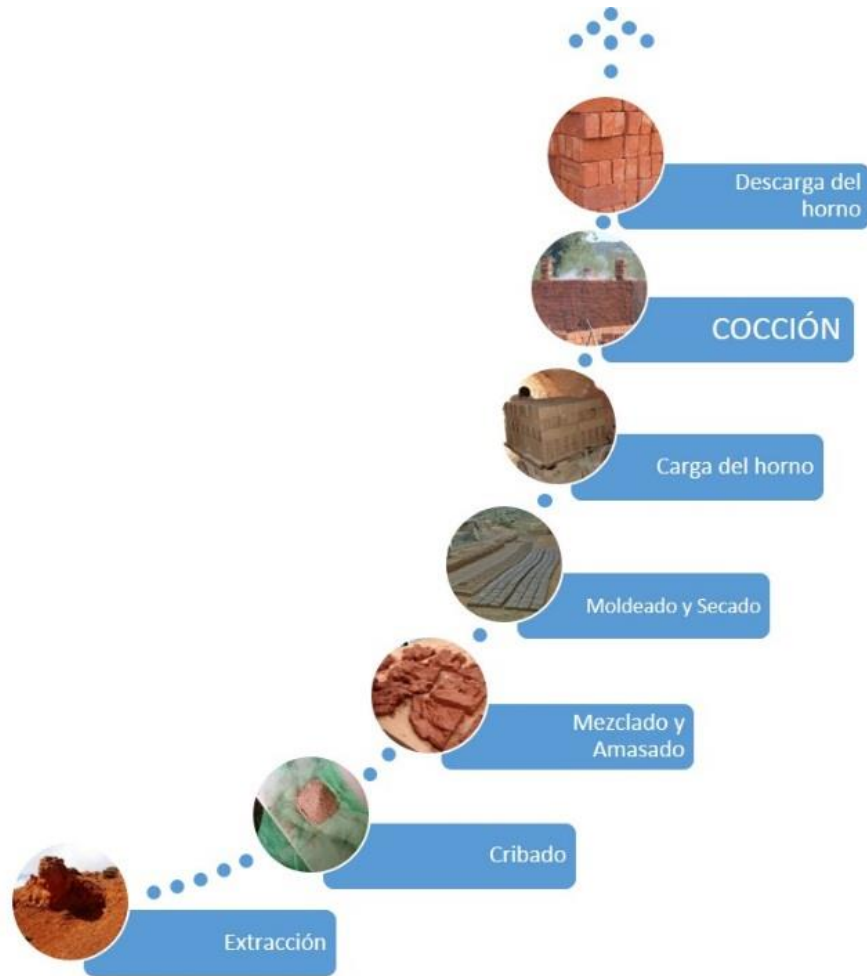


Figura 7. Diagrama del proceso de fabricación del ladrillo (Adaptado de Aguilar, 2000; Pérez et al., 2002)

2.4.1. Fases que presentan el ladrillo durante el proceso de cocción

Jones (1996) expone que es necesario saber las transformaciones que presenta el ladrillo en el proceso de cocción. Este proceso se divide en seis etapas, las cuales son el secado, evaporación, descomposición, el cambio cerámico, la cocción y la vitrificación (Figura 8).

En la etapa de secado, los ladrillos se exponen al Sol para que estos no se deformen cuando se sometan a cocción en el horno.

La evaporación es cuando los ladrillos se terminan de secar en la capa superficial. La etapa tiene lugar entre la temperatura del aire y el punto de ebullición del agua 100 °C. Por lo general, se considera que esta fase se termina a los 120 °C.

La siguiente etapa es la descomposición. Muchas arcillas contienen materia orgánica (limo) que se descompone aproximadamente a 200 °C. Hay una ligera expansión del material en el horno en esta etapa.

En el cambio cerámico, es el conjunto de uniones del agua ligada con la estructura cristalina contenida en la mezcla de arcilla. Se presenta como resultado de un cambio irreversible de la arcilla, de ladrillos crudos a cocidos. La temperatura de transformación de arcilla a ladrillo es de 573 °C.

En la cocción, el carbono y azufre presentes en las arcillas no se han oxidado. Se combinan con el oxígeno para formar monóxidos, dióxidos y trióxidos (CO, CO₂, SO, SO₂, SO₃). Este proceso requiere una temperatura mínima de 600 °C y alcanza hasta 800 °C. Las arcillas tienden siempre a oxidarse en el enfriamiento por que no son lo suficientemente aislantes para mantener el oxígeno fuera de la reacción. El efecto de está oxidación sobre el hierro en los ladrillos, es el cambio de color del material de marrón a rojizo (Karaman et al., 2006).

La vitrificación comienza aproximadamente a 800 °C. En este punto los ladrillos se hacen menos permeables por la reducción de sus estructuras cristalinas.

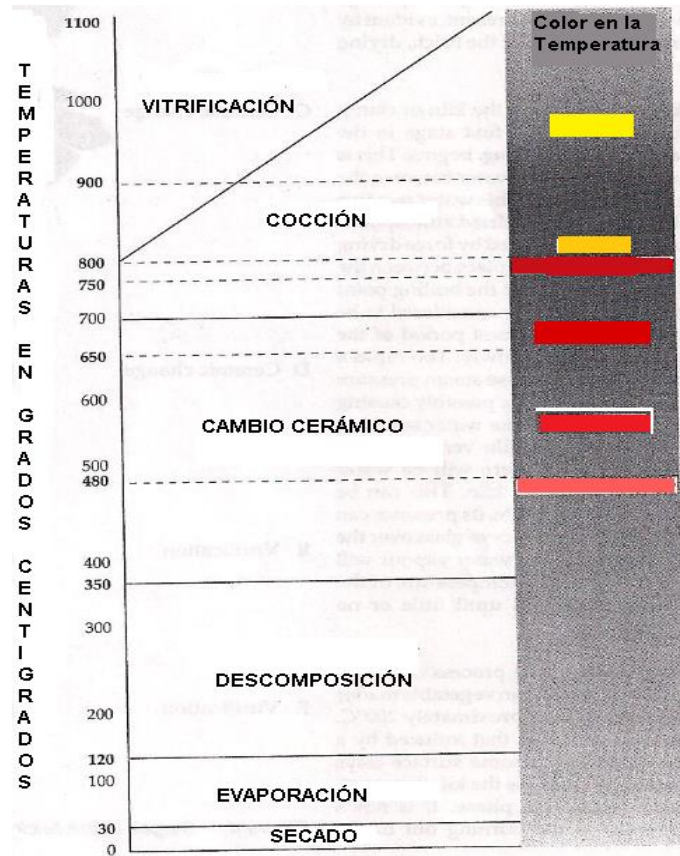
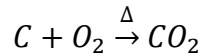


Figura 8. Proceso de cocción en ladrillos (Adaptado de Jones, 1996)

2.4.2. Reacción de combustión (oxidación)

La combustión es una reacción química y rápida de un combustible-comburente-oxígeno. Los combustibles son quemados para generar gases de dióxido de carbono y vapores de agua (CO_2 , H_2O). En su mayoría, estas reacciones son incompletas, y generan monóxido de carbono y dióxido de azufre (CO y SO_2). La importancia de estas reacciones reside en la enorme cantidad de energía que liberan.

De acuerdo con el análisis químico, pueden establecerse las ecuaciones de reacción de los componentes más importante de un combustible (Felder, 2013). Esta ecuación contiene los productos de oxidación más el calor de combustión que se libera. Para la combustión completa del carbono con formación de dióxido de carbono, se tiene:



2.4.3. Calor específico del combustible

Para determinar la cantidad de calor mínima requerida para elevar la temperatura de 25°C (temperatura ambiente promedio) a 1000°C (temperatura de vitrificación) de 5000 ladrillos crudos, se necesita saber el volumen y el tiempo de alimentación del combustible en el proceso de cocción (periodo de cocción mínimo). El combustible es aserrín con viruta.

2.4.4. Mecanismos de transferencia de calor

La transferencia de calor en un horno está relacionada al proceso de cocción de ladrillos. El calor es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. La ciencia que trata de la determinación de los gradientes de esa transferencia de energía en forma de calor es la *transferencia de calor*. Esta transferencia se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura. El calor se puede transferir en tres diferentes formas: *conducción*, *convección* y *radiación* (Kern, 2007). Enseguida se da una breve descripción de cada forma de transferencia de calor.

Conducción

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Si se llama q al calor transferido por unidad de área, la rapidez de transferencia de calor, está dada por la ley de la conducción de calor de Fourier (Kern, 2007):

$$q = -kA \frac{dt}{dx}$$

La velocidad de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de este, su espesor y el material del que este hecho, así como la diferencia de temperaturas a través de este.

Convección

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo el aire con un ventilador o el agua con una bomba. Sólo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio. En la naturaleza, la mayor parte del calor ganado por la atmósfera por conducción y radiación cerca de la superficie, es transportado a otras capas o niveles de la atmósfera por convección. Un modelo de transferencia de calor q por convección, llamado ley de enfriamiento de Newton, es el siguiente (Kern, 2007):

$$q = h A (T_2 - T_1)$$

Donde: q = cantidad de calor por convección, h = coeficiente convectivo, A =área y $T_2 - T_1$ es la diferencia de temperaturas del fluido.

Radiación

La radiación que emite la superficie, se produce a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie. La rapidez a la cual se libera energía se llama potencia de radiación q , su valor es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. Esto se conoce como la ley de Stefan-Boltzmann (Joseph Stefan, austriaco, 1835-1893; Ludwing Boltzmann, austriaco, 1844-1906), que se escribe como:

$$q = \sigma \varepsilon A (\Delta T)^4$$

Donde $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ se llama constante de Stefan-Boltzmann y ε es una propiedad radiactiva de la superficie llamada emisividad, sus valores varían en el

rango $0 < \varepsilon < 1$, es una medida de la eficiencia con que la superficie emite energía radiante, depende del material (Cengel, 2007).

Rodríguez et al. (2004) supone que los mecanismos de transferencia de calor en un proceso de cocción en un horno escocés modificado fueron identificados mediante la medición de temperaturas. Al principio de la cocción se presenta una convección natural en los ladrillos dentro de la zona de carga y las paredes del horno, por la generación de calor del combustible y el flujo de aire. En los ladrillos acomodados se presenta la conducción sólido-sólido y alrededor de ellos por radiación.

El uso del dosificador mecánico permite la reducción del tiempo de cocción y de las emisiones de contaminantes, también aumenta la transferencia de calor durante el proceso de cocción, mejorando la distribución del calor en el horno escocés. Este dosificador es operado por el trabajador, por lo tanto la rapidez de suministro y de calentamiento del combustible dependen del trabajador.

2.5. Medición de temperaturas de cocción

El perfilado térmico es un término que se usa para describir un proceso de registro e interpretación de temperaturas de los productos y del aire a través de sensores y equipos especializados.

Los datos son registrados de manera continua mediante termopares que registran las temperaturas. Se ocupa un sistema de adquisición para medir las lecturas y que se guarden en una computadora con un software compatible (Plester, 2005).

2.5.1. Gráficas de temperatura en relación al tiempo

Las gráficas que se muestran a continuación (Figuras 9 a la 13) provienen de trabajos sobre perfiles de temperaturas en el proceso de cocción de diferentes diseños de hornos ladrilleros prototipos (Prasertsan et al.1996, Rodríguez et al., 2004).

Prasertsan et al. (1996) verificaron experimentalmente un horno ladrillero de cuatro procesos, los cuales fueron: secado, precalentamiento, cocción y enfriamiento.

Estos procesos finalizaban cuando en el nivel inferior del horno, las temperaturas de cocción de los ladrillos alcanzaban 110 °C, 400 °C, 600 °C y 100 °C, respectivamente. Las tres primeras gráficas muestran los valores promedios de nueve puntos de medición por cada nivel del horno (Figuras 9 a la 11).

Se debe mencionar que el proceso de cocción en el trabajo de Prasertsan et al. (1996) corresponde a un horno de fuego cruzado horizontal, es decir, el calor de combustión es forzado por uno de los lados a través de los ladrillos con el uso de una chimenea o un sistema de aire forzado. Los niveles más cercanos a la zona de combustión fueron el superior e intermedio.

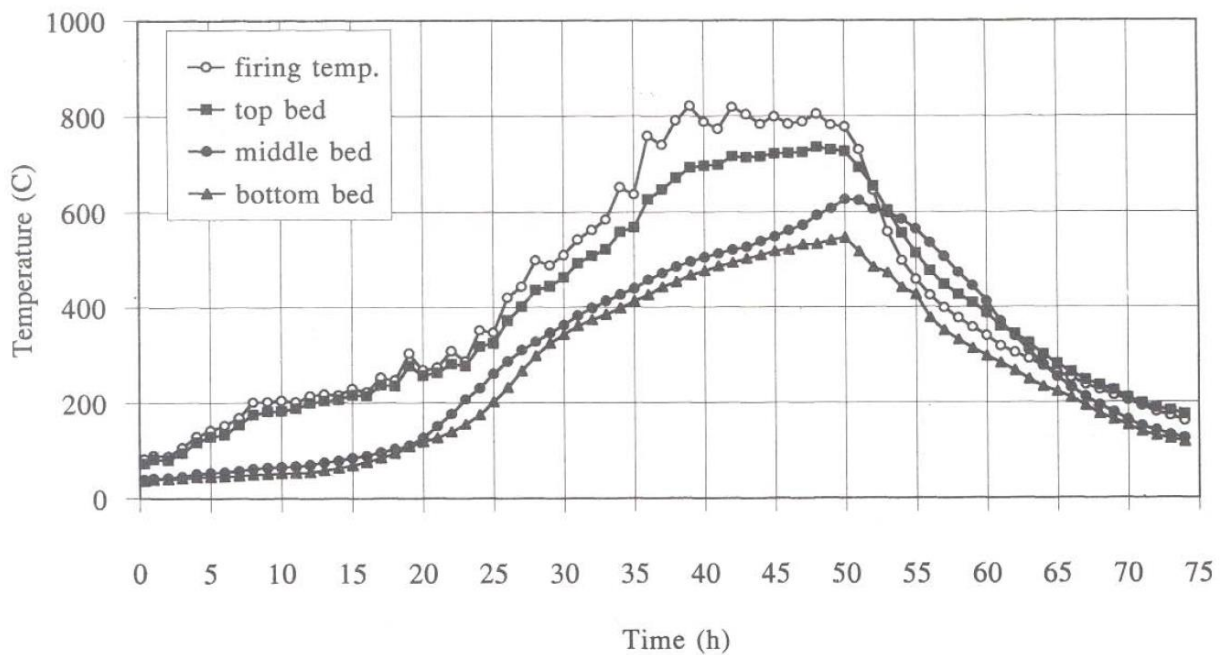


Figura 9. Perfiles de temperatura de la prueba 1. (Adaptado del Prasertsan et al. 1996)

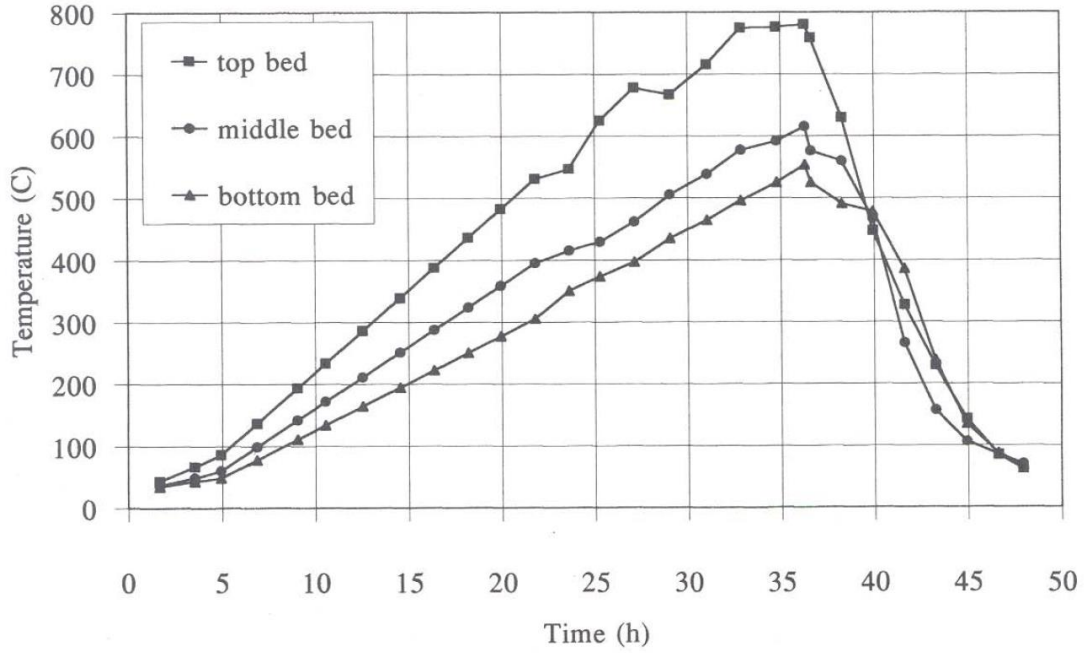


Figura 10. Perfiles de temperaturas de la prueba 2. (Adaptado del Prasertsan et al. 1996)

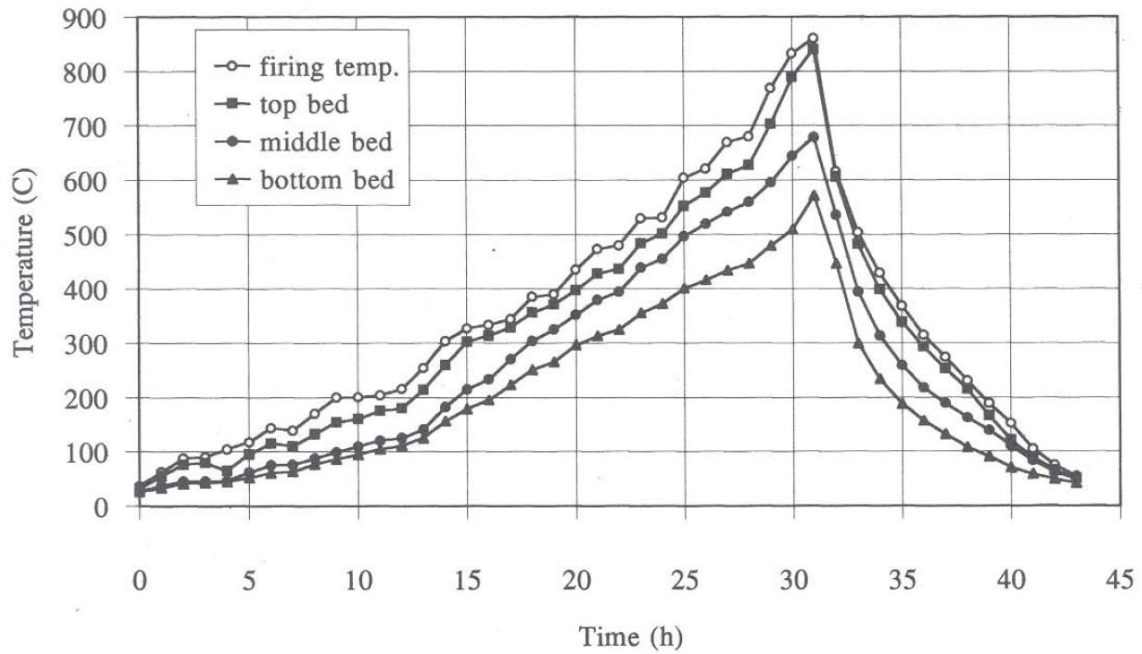


Figura 11. Perfiles de temperaturas de la prueba 3. (Adaptado del Prasertsan et al. 1996)

Se observa en las figuras que se tiene una mejor retención de energía calorífica para la prueba 1 con una duración de 13 horas aproximadamente, esto como resultado de la alta inercia térmica de ladrillos cocidos (3500 ladrillos).

Otra investigación, es la de Rodríguez et al. (2004). Ellos evaluaron la calidad del ladrillo con relación a su ubicación en un horno escocés modificado de tiro directo. En las Figuras 12 y 13, se muestran los perfiles de temperaturas obtenidos en esta investigación. La Figura 12 muestra las temperaturas durante el calentamiento con suministro de combustible (aserrín) de manera manual. Los termopares se encontraban dentro del horno. Se observan oscilaciones en el termopar T1 ya que se encontraba cercano a la puerta de alimentación; el T2 en la parte intermedia inferior, el T5 en el centro, el T8 en la parte intermedia superior y el T9 en una esquina del horno (superior). En la Figura 13 muestra las temperaturas durante el calentamiento pero con un suministro de combustible mecanizado (dosificador). Según Rodríguez et al. (2004) explican que si se alcanza una temperatura de 800 °C en el nivel central, es un indicativo que la temperatura mínima de cocción será alcanzada para todos los ladrillos dentro del horno.

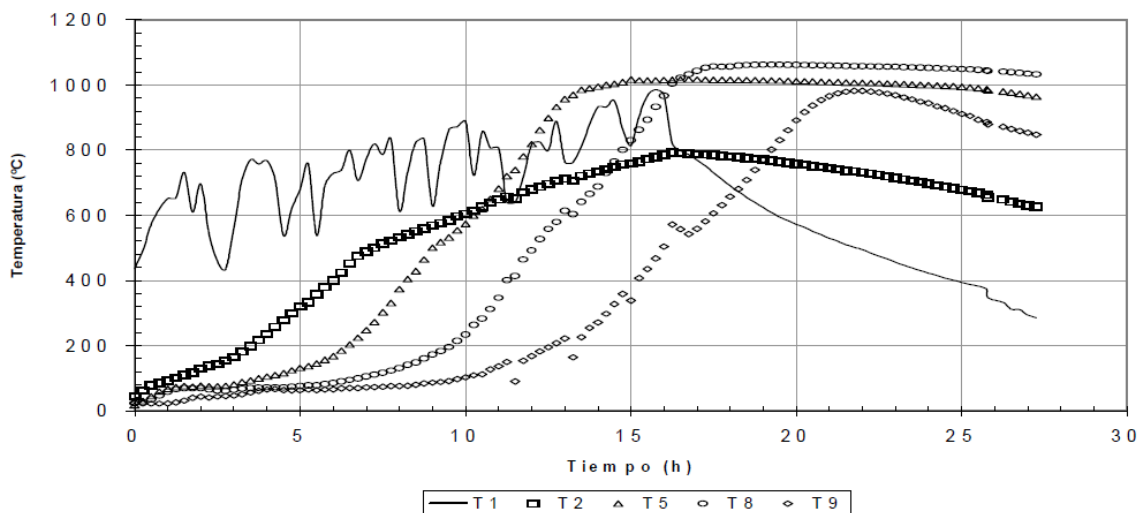


Figura 12. Temperaturas durante la etapa de calentamiento con dosificación manual de aserrín. (Recopilación de Rodríguez et al. 2004)

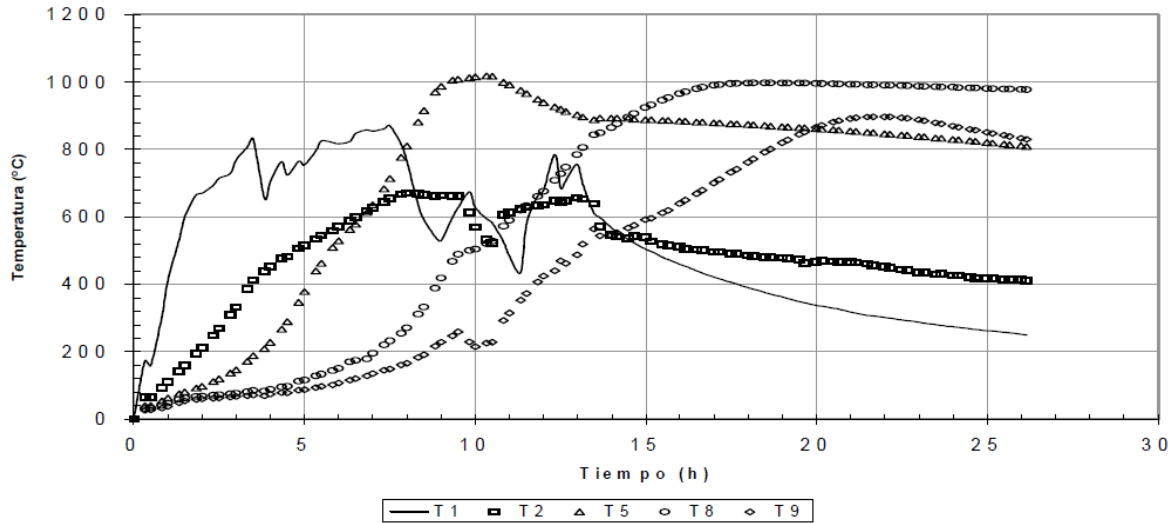


Figura 13. Temperaturas durante la etapa de calentamiento con dosificador mecánico de aserrín. (Recopilación de Rodríguez et al. 2004)

2.5.2. Relación de las temperaturas de cocción con la resistencia a la compresión

En el estudio llamado “El ahorro de energía en la fabricación de ladrillos” de Prasertsan & Theppaya (1995) mencionan que existen dos variables principales que son la temperatura y el tiempo de cocción. Ellos realizaron pruebas piloto de resistencia a la compresión a ladrillos horadados de dimensiones de 3.2 X 3.2 X 3.2 cm³. Encontrando que cuando se prolonga el tiempo de cocción, aumentaba la resistencia y se consumía más combustible, es decir, energía (Aramide, 2012). A continuación se muestran los resultados del efecto de las temperaturas de cocción con la resistencia a compresión (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto del tiempo y la temperatura en la resistencia a la compresión (Adaptado de Prasertsan & Theppaya, 1995)

Propiedad mecánica	Temperatura de cocción (°C)	Tiempo de cocción (horas)							Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	
Resistencia a la compresión (kgf/cm ²)	600	92.8	92.3	93.6	90.2	90.3	98.4	99.0	93.8
	700	103.4	105.7	110.4	111.2	109.6	109.8	112.0	108.96
	800	143.3	140.5	147.4	146.1	141.5	142.5	142.1	143.34
	900	181.2	-	178.1	-	182.6	-	185.4	181.82

En esta Tabla se puede observar que a medida que aumenta la temperatura de cocción, aumenta la resistencia a la compresión en estas condiciones de operación.

2.6. Parámetros de calidad del producto final

Este trabajo sugiere evaluar el ladrillo cocido por medio del color y la resistencia a la compresión debido a que las pruebas de medición son fácil acceso y de bajo costo.

2.6.1. Color

El color es un fenómeno de la luz o percepción visual que permite diferenciar los objetos idénticos, pero el uso de la palabra percepción visual en la definición es muy vaga, por eso es difícil para las personas examinar y estar de acuerdo con un color (Kennamer et. al., 2008). Según la teoría del color existen tres componentes para su percepción (Figura 14), y a su vez esta influencia por muchos factores (Tabla 4).



Figura 14. Componentes de un sistema de color (Kenamer et. al., 2008)

Tabla 4. Condiciones que afectan la apariencia del color (Adaptado de Kenamer et. al., 2008)

CONDICIÓN	AFECTA
Fuentes de iluminación	Luz solar, fluorescente, tungsteno, etc.
Diferencias de observador	La sensibilidad, la visión, la edad, el daltonismo, forma del ojo
Diferencias de tamaños	Colores que cubren grandes áreas parecen más brillantes y vivos
Diferencias de fondos	La diferencia del fondo puede aclarar u opacar un objeto
Diferencias direccionales	Ángulo del observador puede parecer que cambia de color

El color es una cuestión de percepción e interpretación individual por eso se han desarrollado sistemas numéricos para cuantificar el color, y se define como la energía radiante del espectro visible (380 a 770 nm) que detecta la retina humana. Kenamer et al. (2008) mencionan que la escala de color CIEL*a*b* es un sistema versátil por su simplicidad y uniformidad en el espectro de colores, esto ha facilitado el desarrollo de instrumentos como los colorímetros, estos satisfacen las necesidades de los programas de calidad particularmente en las industria de construcción y alimentaria.

El espacio de color CIEL*a*b* utiliza coordenadas cartesianas (Figura 15) es actualmente el más recomendado para medir el color en alimentos pero en esta ocasión se propone medir el color de un material de construcción. En este espacio L* denota luminosidad en una escala de 0 (negro) a 1 (blanco); la coordenada a*, el color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) y la coordenada b*, el color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos) (Karaman et al., 2006).

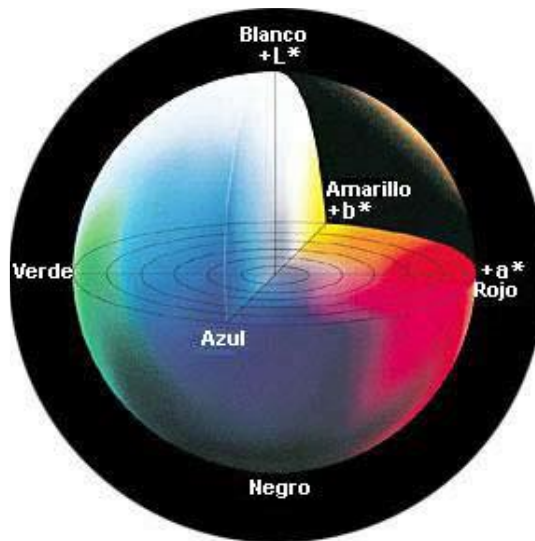


Figura 15. Espacio de color CIE L*a*b*(Konica Minolta, 2014)

El color es uno de los indicadores utilizados para seleccionar el producto al finalizar la cocción. Karaman et al. (2012) determinaron el efecto de la temperatura de cocción en la formación de color; evaluaron la relación entre la resistencia a la compresión y el color de ladrillos; y encontraron una relación inversa entre el ángulo de tono (h) y la temperatura de cocción. El ángulo de tono fue el parámetro más significativo para describir la resistencia a la compresión y fue el indicador de calidad en los ladrillos.

2.6.2. Resistencia a la compresión

Este trabajo se basa en las normas mexicanas del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE). La resistencia a la compresión es un ensayo técnico que determina la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión (NMX-C-036-ONNCCE-2005. Industria de la construcción – Mampostería – Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines – Método de ensayo). De acuerdo con la norma, la resistencia mínima de ladrillos producidos de forma artesanal es de 60 kgf/cm² (NMX-C-404-ONNCCE-2005).

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

San Francisco Tutla, está situada en la región de los Valles Centrales. Esta agencia pertenece al municipio de Santa Lucía del Camino (INEGI, 2010). La ubicación geográfica se muestra sombreado en color rojo (Figura 16), el lugar donde se realizaron las pruebas experimentales.

Los terrenos donde fue construido el horno están ubicados en la Cuarta Privada de Surcos y el predio ubicado en la primera Privada de Surcos Largos S/N en San Francisco Tutla (IEEDS, 2015).

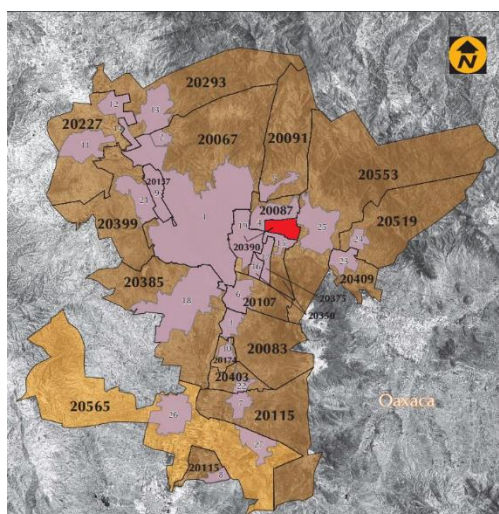


Figura 16. Mapa de la Región de Valles Centrales (Adaptado de INEGI, 2005)

3.2 Desarrollo experimental

Se efectuaron tres pruebas de cocción a mediados de septiembre y a principios de octubre de 2014 en un horno MK-2 supervisadas por el Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (IEEDS) y la Dra. Alba Corral. Esta institución proporcionó el uso de un dosificador mecánico durante los experimentos. Las operaciones técnicas fueron realizadas por los trabajadores de la Asociación de Ladrilleros del Estado de Oaxaca. El llenado del horno fue hecho por trabajadores de la asociación.

En la Figura 17 se presenta un diagrama de un corte esquemático tridimensional del llenado.

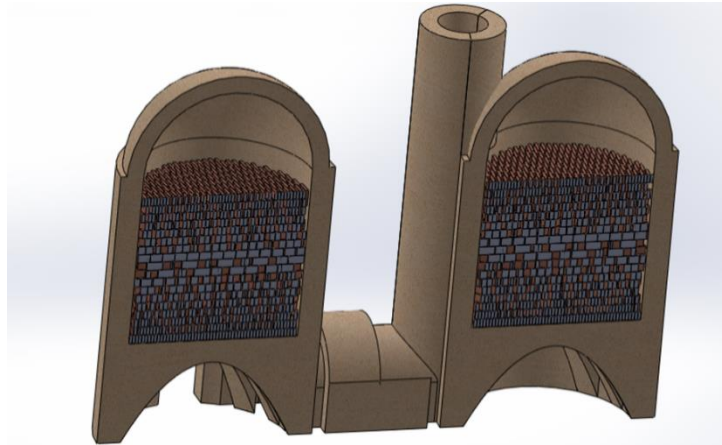


Figura 17. Diagrama de corte esquemático del llenado de ladrillos.

Los ladrillos utilizados en las pruebas provinieron de diferentes bancos de arcillas, cercados a San Francisco Tutla. La dimensión del ladrillo fue de 26 cm x 13 cm x 5 cm en promedio. El primer lote fue de 5000, el segundo fue de 7200 y el tercero de 7250 ladrillos. Cada prueba tuvo un procedimiento operacional distinto (Tabla 5).

Tabla 5. Procedimiento operacional para las pruebas de cocción en el horno MK-2

	1ª prueba	2ª prueba	3ª Prueba
Número de ladrillos	5000	7200	7250
Volumen del aserrín/viruta utilizado (m³)	8	10.5	9
Tiempo de alimentación del aserrín/viruta (h)	7.7	12.5	12.8

La colocación de los ladrillos fue de canto. Dentro del horno, los ladrillos se ordenaron de la siguiente manera: El llenado se dividió en cinco secciones asignándoles una letra para cada nivel, donde el nivel E comienza en la parte superior de los arcos. La manera en que se acomodaron los ladrillos se observa en la Figura 18.



Figura 18. Acomodo de ladrillos en el nivel E

Los niveles B, C y D fueron acomodados como se muestran en la Figura 19. Los ladrillos fueron colocados en hileras alternadas, dejando espacio entre cada ladrillo. La dirección de la hilera es perpendicular a la hilera anterior.



Figura 19. Acomodo de ladrillos en los niveles B, C y D

En el nivel A, los ladrillos fueron colocados de dos formas: de canto y sardinal (un ladrillo a lado del otro) para acomodar la misma cantidad de ladrillos en ambos módulos (Figura 20).



Figura 20. Acomodo de ladrillos en el nivel A

Conforme se llenaba el horno de ladrillos, los 14 termopares fueron distribuidos dentro del horno, 13 termopares fueron ubicados a partir de la 4^a hilera respecto a la base de la puerta de carga. El 14^a termopar se insertó en un ladrillo crudo localizado en el centro del horno. Todos los termopares se colocaron en los huecos formados por el acomodo transversal en donde fluyeron los gases de combustión (Figura 21).

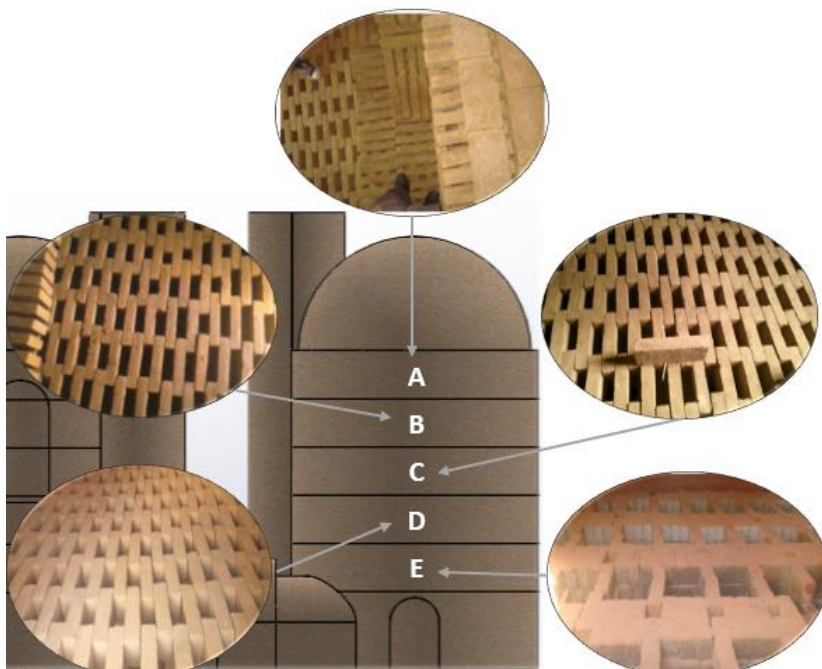


Figura 21. Formación de huecos de acuerdo al nivel del horno

En las Figuras 22 y 23 se observan las ubicaciones en vista superior de la periferia e interior del horno, respectivamente. Se identificó con la letra P los termopares de la pared, además, de un consecutivo en número romano. El orden de los termopares de la periferia fue a partir de la ubicación de la puerta de alimentación y se incrementó en orden contrario al de las manecillas del reloj (Figura 22). La coordenada Z indica la altura con relación al arco central del horno. La coordenada X y Y indica la ubicación con relación al centro de la circunferencia del horno. Para identificar los termopares internos se utilizó la misma nomenclatura excepto la primera letra. Esta letra indicaba los niveles del horno, A para la superior y E para la inferior (Figura 23). Algunas distancias (en cm) eran negativas porque la referencia fue con respecto a la base de los arcos y el centro de la circunferencia de la carga (Figura 24); la ubicación de los termopares se realizó en la parte inferior (colinda con el hogar), centro (parte media) y superior (colindancia con cúpula).

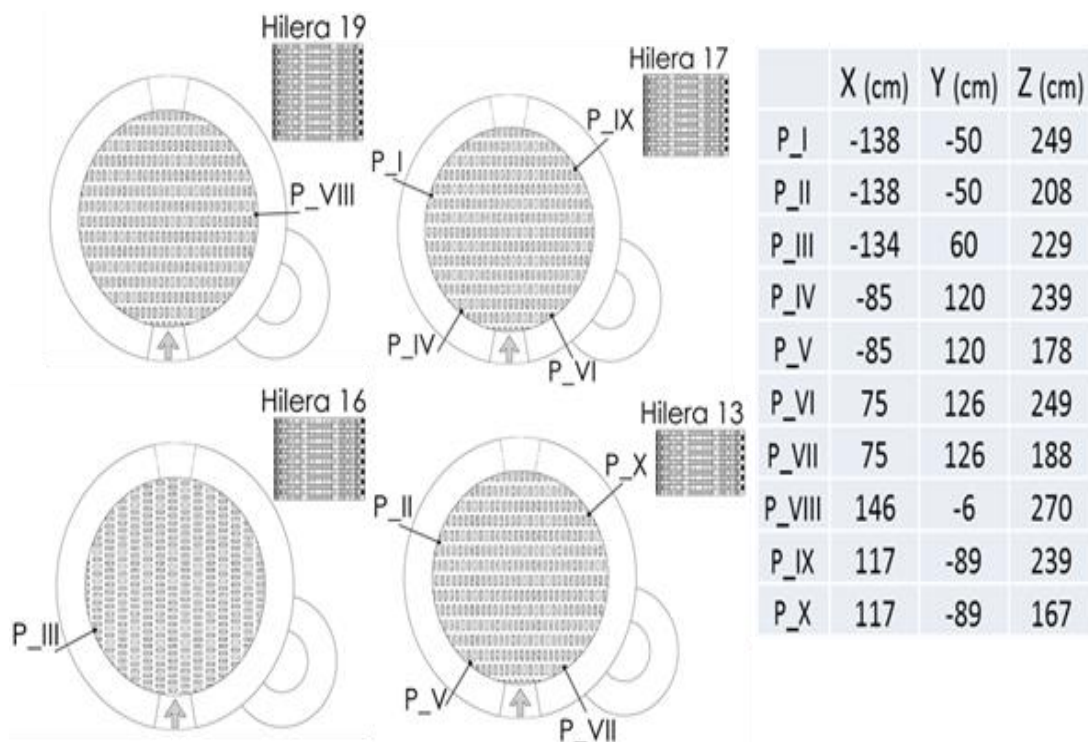


Figura 22. Vista superior de los termopares ubicados en la periferia del horno

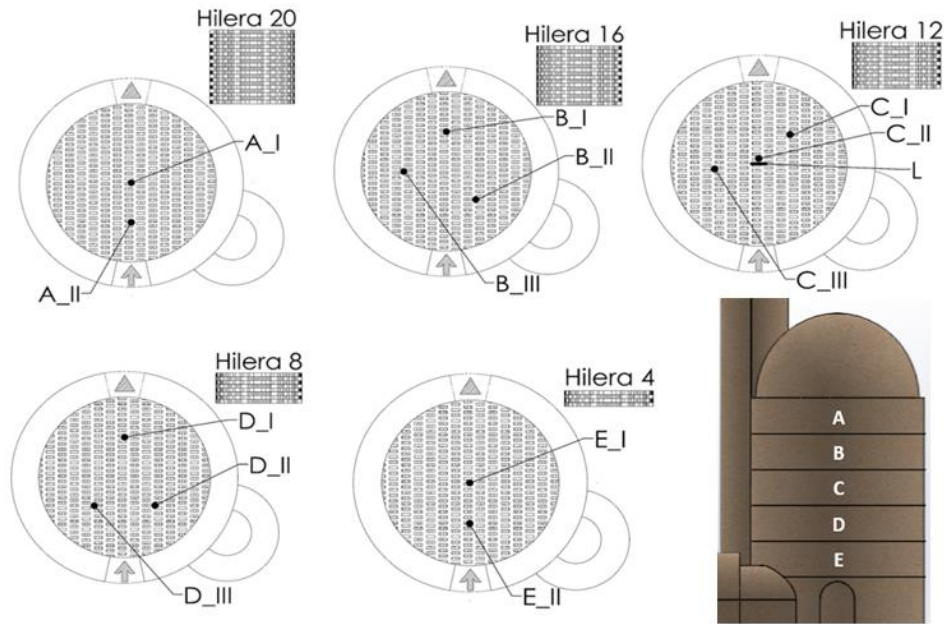


Figura 23. Ubicación de termopares internos.

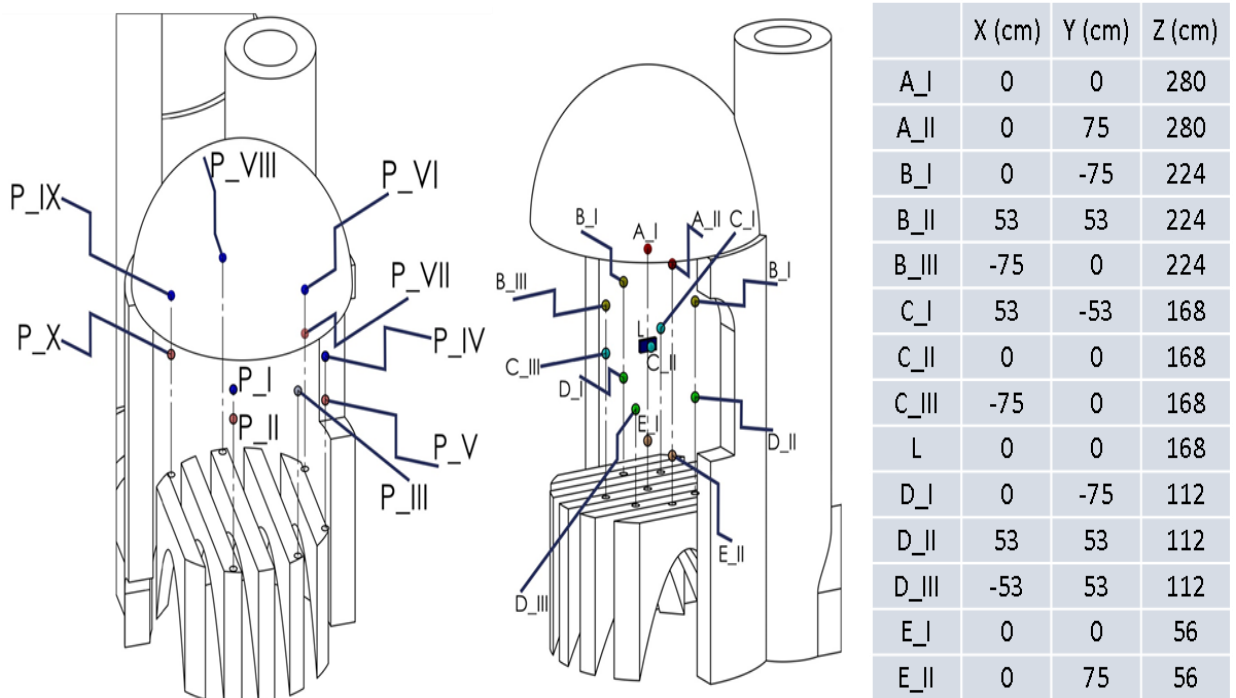


Figura 24. Distribución tridimensional de los termopares en el horno

Se utilizó aserrín como combustible para alimentar el hogar. Al inicio de la cocción, se suministró de manera manual el combustible. La medición de las temperaturas

se realizó en el módulo ubicado al norte del área de estudio. En la primera prueba solo se midieron las temperaturas de la periferia del horno. Para la segunda y tercera prueba se midieron las temperaturas internas y de la periferia. A partir de la segunda prueba se añadió el aserrín de dos maneras: manual y mecánica.

Al comienzo de las primeras dos horas de las pruebas experimentales se distribuyó el combustible de manera manual con la ayuda de una cuchara de jardinería (Figura 25A). Para la distribución mecánica del combustible se utilizó un dosificador de aserrín de aire a presión, este dispositivo tiene varios elementos: un ventilador centrífugo, una tolva de alimentación de combustible y un ducto de mezcla combustible-comburente. La alimentación de combustible fue controlado por los trabajadores, ellos se basan en la inspección visual de los arcos calientes para saber la cocción de los ladrillos (producción artesanal).

El aserrín se coloca en la tolva, y un rotor introduce el aserrín a la corriente de aire suministrado por un ventilador centrífugo de alta presión y caudal variable (Figura 25B). El dosificador mecánico fue utilizado en periodos de tiempo variables entre cada prueba. En la primera prueba, se ocupó el dosificador pasadas dos horas de cocción por un periodo de operación de 1.5 hora. En la segunda prueba de cocción se ocupó el dosificador durante periodos cortos de operación (1 a 1.5 horas) y en la tercera prueba, los tiempos fueron más prolongados (2 a 3 horas).

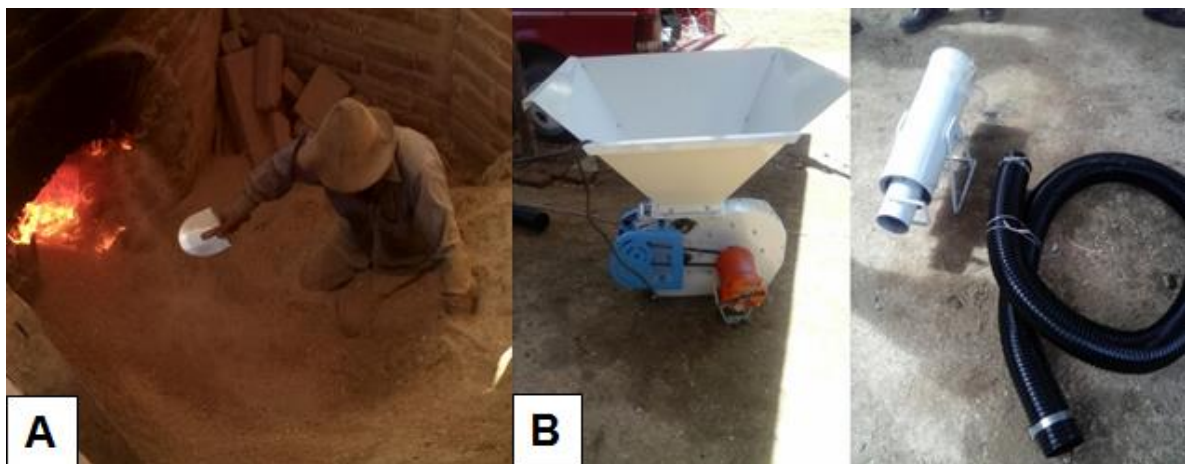


Figura 25. A) Suministro de combustible manual, B) Dosificador mecánico utilizado en la cocción

Para conocer el calor específico del combustible se utilizó la cantidad de aserrín mínima y tiempo mínimo del proceso de cocción; el cual fue de 8 m³ y 9 horas, respectivamente. Diego et al. (1999) determinó la densidad ($\rho_{\text{aserrín}} = 192.33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) y el poder calorífico del aserrín ($\text{PCI}_{\text{aserrín}} = 4290 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 17.95 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$). Con los datos experimentales y la densidad del combustible, se puede calcular la masa del combustible de la siguiente manera: $m_{\text{aserrín}} = (8 \text{ m}^3) \left(192.33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 1538.64 \text{ kg}$. Finalmente se obtiene la cantidad de calor para elevar de 25 a 1000 °C, que es el producto de la masa y del poder calorífico del combustible:

$$q = (m \cdot \text{PCI})_{\text{aserrín}} = (1538.64 \text{ kg} \cdot 17.95 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}})_{\text{aserrín}} = 27618.59 \text{ MJ}$$

Para saber la cantidad de energía mínima por hora en el proceso de cocción, se divide entre el tiempo mínimo de alimentación de combustible, el cual fue de 8 horas:

$$\frac{q}{h} = \frac{27618.59 \text{ MJ}}{8 \text{ h}} = 3452.32 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$$

3.3 Medición de temperaturas

Se midieron los perfiles de temperatura del proceso de cocción de ladrillos para evaluar el comportamiento térmico de un horno MK-2 siguiendo el procedimiento empleado por Rodríguez et al. (2004) (Fig. 26). Se utilizando termopares tipo K (-200 a 1250 °C), elaborados con alambres de cromel- alumel con aislamiento de fibra cerámica, con terminales de cerámica y puntas soldadas. La instalación de los termopares se realizó antes de la cocción y se verificaron las mediciones de temperaturas durante el proceso de cocción. Se colocaron 10 termopares en la periferia del horno, estos fueron introducidos en un tubo de acero galvanizado con diámetro de media pulgada. (Figura 27A) y 14 termopares dentro del encamado de ladrillos (Figura 27C). La distribución de los termopares internos se realizó de tal manera que se tuviera una cobertura total en el horno. Las temperaturas se registraron cada 5 minutos con un sistema de adquisición de datos MAC 14 Marca Cole-Parmer (Figura 27B). Con las mediciones se evaluó el comportamiento térmico

en la periferia del horno, de acuerdo con el diseño prototipo, el combustible y las operaciones realizadas por los trabajadores, es decir, por las condiciones de operación. Al finalizar el proceso de cocción, se esperaron dos días para descargar los ladrillos cocidos. En la segunda y tercera prueba, se muestrearon tres ladrillos por cada sensor colocado dentro del horno. Después, a los ladrillos cocidos se les midió color y resistencia a la compresión.



Figura 26. Captura de pantalla de las mediciones de temperaturas dentro un horno MK-2

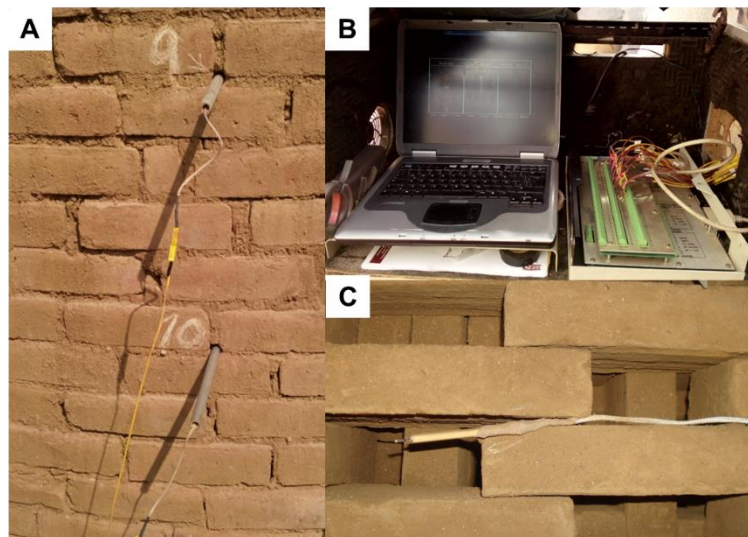


Figura 27. (A) Colocación de termopares en las paredes del horno, (B) Sistema de adquisición de datos y (C) Colocación de termopares dentro del encamado de ladrillos

3.4 Medición de color

El color de los ladrillos cocidos se determinó utilizando un colorímetro portátil para medición de color reflejado, MiniScan EZ-4500L HunterLab, empleando el iluminante D65 (luz de día), el ángulo de observación de 2° y el espacio de color CIELAB ($L^*a^*b^*$). Las mediciones se realizaron para cada ladrillo muestreado. Para homogeneizar la textura del ladrillo se utilizó un cepillo de alambre (Figura 28A) y se quitaron los residuos del ladrillo. Después se midió de la parte del ladrillo llamada tabla y se usó goma EVA, para no dañar el equipo (Figura 28B). Se realizaron tres disparos en promedio procurando medir la representatividad del color total del ladrillo.

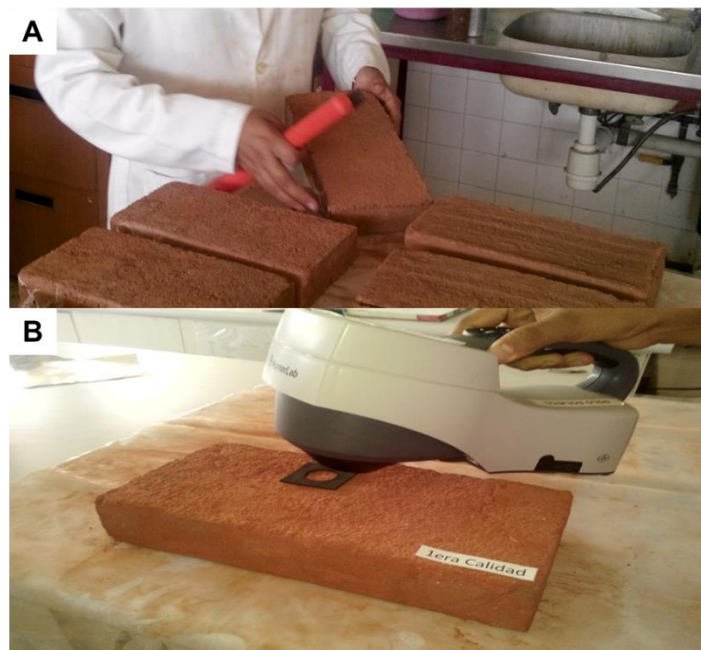


Figura 28. (A) Uso del cepillo de alambre para homogeneizar la textura y (B) Uso de la goma EVA para no dañar el lente del colorímetro

Para analizar el color del producto final en el proceso de cocción, se utilizaron las ecuaciones basadas en el espacio CIEL^{*}a^{*}b^{*} (Karaman et. a., 2012). Se calcula con las siguientes ecuaciones, la croma (C^*), el ángulo de tono (h) y el índice de enrojecimiento (IR):

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

$$IR = \frac{L \cdot C^* \cdot 10^{8.2}}{b^* \cdot L^6} \quad (3)$$

3.5 Medición de resistencia a la compresión

Las mediciones de la resistencia a la compresión se realizaron mediante ensayos mecánicos (Figura 29) con base en la norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE-2004. También se determinaron las dimensiones del largo, ancho y alto de cada ladrillo muestreado (NMX-C-038-ONNCCE-2005).

La prueba consiste en tomar la carga máxima de N (kgf) dividida entre el área transversal del ladrillo, es decir, el área total de una sección perpendicular a la dirección de la carga. (Figuras 30):

$$R = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Donde:

R Es la resistencia a la compresión en MPa (kgf/cm²).

F Es la carga máxima en N (kgf)

A Es el área transversal del espécimen (cm²)



Figura 29. Colocación del ladrillo en la prueba de compresión



Figura 30. Prensa hidráulica utilizada en los ensayos

El procedimiento del ensayo de la resistencia a la compresión fue el siguiente:

- Se deposita en un recipiente de aluminio, la cantidad suficiente de azufre en polvo para cabecear el ladrillo. Después el recipiente se coloca en una parrilla de calentamiento a fuego lento para que el azufre se derrita, se mueve constantemente con una varilla metálica para que no se queme el reactivo (Figura 31).



Figura 31. Fundición del azufre con ayuda de una varilla metálica

- Previamente se coloca diesel o lubricante para automóviles con una brocha de pintura en una placa metálica, el ladrillo se encuadra con 4 varillas de corte cuadrado, de acuerdo a su tamaño. Una vez derretido el azufre, este se coloca rápidamente, en el encuadre de las varillas

pareciendo este un molde cabeceador (Figura 32). La cantidad vertida de azufre depende de este encuadre, con una variación de 0.5 cm aproximadamente con respecto a la tabla del ladrillo.



Figura 32. Engrasado de la placa, colocación de las varillas y cabeceo de una cara del ladrillo.

- La colocación del ladrillo debe hacerse cuidadosamente, ya que el azufre derretido es cáustico y su solidificación es rápida.
- Posteriormente, se repite el proceso de vertido y la colocación pero en la cara contraria del ladrillo.
- Cabeceados todos los ladrillos, se procede a ensayarlos en la prensa hidráulica. Los datos expresados son en kilogramos fuerza (kgf).
- La presión se debe detener cuando en el ladrillo, aparece la primera falla en el canto (Figura 33)



Figura 33. Fallas de un ladrillo

3.6 Análisis de datos

Las temperaturas registradas por el sistema de adquisición de datos del proceso de cocción se integraron en una hoja de cálculo de Excel® a partir de donde se obtuvieron las gráficas experimentales. Para verificar si existe una relación en la resistencia a la compresión y los componentes de color del espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cocidos por el horno MK-2 se realizó un análisis de correlación (ρ de Spearman) y posteriormente un análisis de regresión polinomial (Marques de Cantú, 1991) con el software estadístico Minitab 17®.

3.6.1. Temperaturas de cocción e índice de calentamiento

Para la primera prueba se analizaron las temperaturas registradas de los termopares en la periferia del horno, en la segunda y tercera prueba se analizaron tanto las temperaturas registradas en la periferia y el interior del horno. Las temperaturas de cocción de cada prueba experimental se evaluaron mediante la ubicación y el estado físico del termopar (análisis causa-efecto). También se mencionan las similitudes y diferencias de evaluaciones térmicas de otros hornos ladrilleros con respecto al trabajo.

Se propuso un índice de calentamiento (IC), el cual consiste en calcular las áreas bajo las curvas de temperaturas contra el tiempo de cocción (Figura 34), con la finalidad de cuantificar el calor total registrado por cada termopar. En la figura 35 se muestra la interpretación gráfica del cálculo numérico del índice de calentamiento por medio de sumatorias de áreas. Se tiene la gráfica de temperaturas registradas por el termopar $[f(x)]$ con un intervalo de tiempo $[t_i, t_{i+1}]$; este intervalo se divide en Δt . Para el presente trabajo, el índice de calentamiento de cada termopar, se calculó de la siguiente forma:

$$IC = \sum_{i=0}^n (T_i)(t_i - t_{i-1}) + \frac{(T_i - T_{i-1})(t_i - t_{i-1})}{2} \quad (5)$$

Donde T_i , T_{i-1} indican las temperaturas registradas por el termopar en el subíndice i y en el subíndice $i-1$; y t_i , t_{i-1} indican los tiempos de cocción en el subíndice i y en el subíndice $i-1$. Las unidades son $^{\circ}\text{C}$ por h (horas).

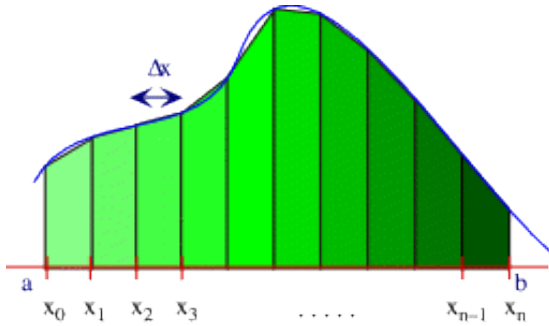


Figura 34. Área bajo la curva

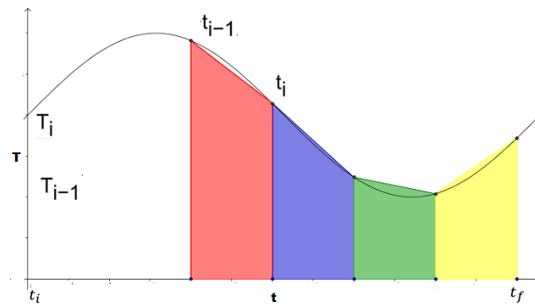


Figura 35. Interpretación gráfica de cómo se calculó del índice de calentamiento (IC)

3.6.2. Color

Los colores de los ladrillos cocidos se analizaron mediante el cálculo del índice de enrojecimiento, la croma y el ángulo de tono (Recopilado de Karaman et al. 2012) con las ecuaciones 1, 2, y 3 respectivamente. Se realizó un ANOVA unifactorial y una prueba de Dunnett con un nivel de significancia del 5%; donde el nivel de control fue el ladrillo catalogado como primera calidad.

3.6.3. Determinación de la resistencia a la compresión

Se determinaron las resistencias a la compresión de los ladrillos cocidos por el horno mediante la ecuación 4 (Recopilada de la NMX-C-036-ONNCCE-2004). Se realizó una comparación con la resistencia mínima de acuerdo con la NMX-C-404-ONNCCE-2005.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Perfiles de temperaturas

En las figuras siguientes se reportan los gráficas de temperatura contra el tiempo de las tres pruebas. En la mayoría de las figuras, se observan un gran número de oscilaciones en los tiempos iniciales durante el proceso de cocción debido a la forma manual de suministro de combustible. En la primera prueba experimental se registraron las temperaturas en la periferia del horno activo. La duración del suministro del combustible fue de 7.7 horas. Al inicio de la cocción se hizo de manera manual. Después de las primeras dos horas de suministro, se utilizó el dosificador mecánico. Durante las pruebas experimentales se alternaba el uso del dosificador y el suministro manual del combustible por el trabajador.

Para evaluar las temperaturas cercanas a la periferia del horno, se asignaron cuatro zonas: superior e intermedia izquierda, superior e intermedia derecha, inferior izquierda e inferior derecha (respecto a la puerta de carga, ver Figura 3). En la Figura 36, se muestran los perfiles de temperaturas de los termopares P_I y P_III en la zona superior e intermedia izquierda.

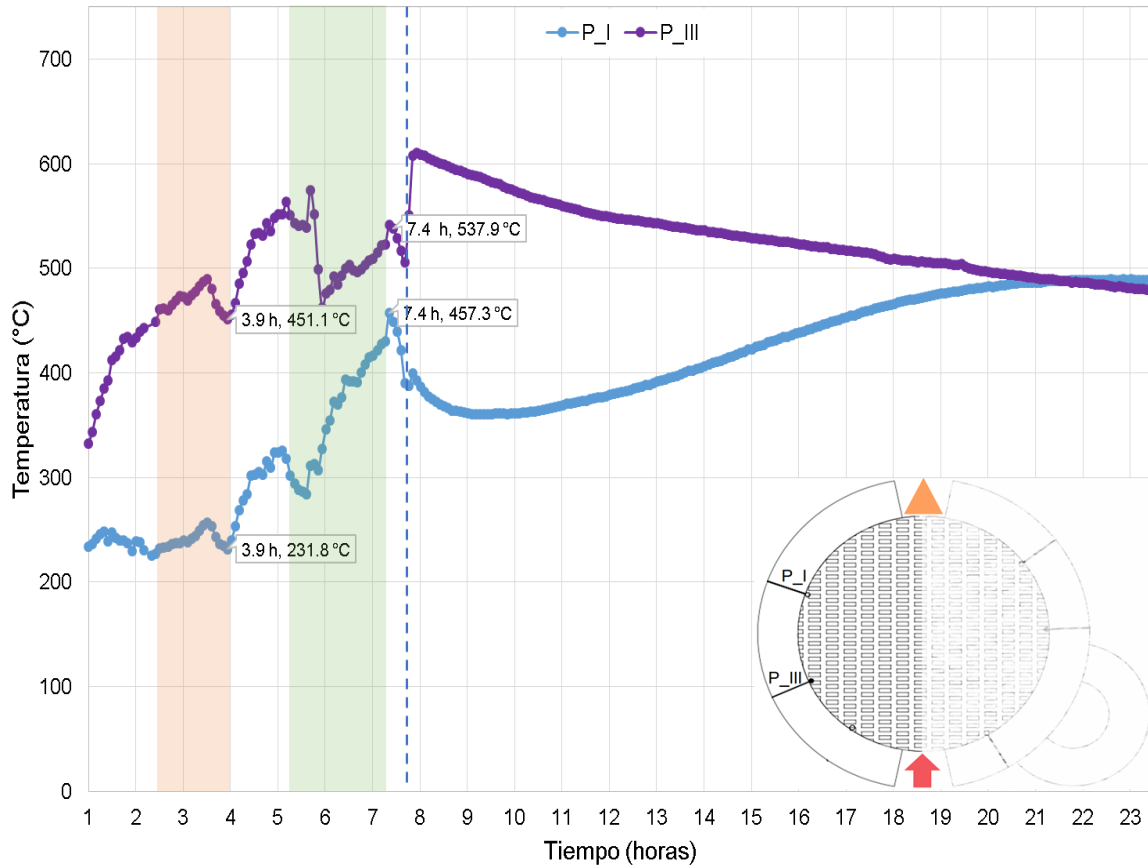


Figura 36. Perfiles de temperaturas de los termopares P_I y P_III en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga.

En las figuras 36-39, se muestran unas franjas naranjas, estas señalan el periodo de operación del dosificador mecánico, se observan descensos de temperatura a las 3.9 horas debido a que se suspende el funcionamiento de este dosificador. Después de una hora y media de haber ocupado el dosificador se alterna el suministro manual de combustible. La franja verde señala que a partir de las 5.2 horas se utilizó el horno filtro. Después de unas horas se vuelve operar pero sin el horno filtro (compuerta cerrada).

En la Figura 36, la temperatura en P_I es mayor que en P_III indicando que el calor es mayor cerca de la puerta de alimentación de combustible que alejada de la puerta. El operario tratará de distribuir el calor hacia la zona cercana al termopar P_III. El operario retira los termopares P_IX y P_X para verificar la propagación del

calor dentro del horno. Después que se termina de suministrar el combustible (en la figura 37, a las 7.4 horas) se observa un descenso de temperatura y posteriormente las temperaturas dentro del horno se empiezan a equilibrar. Lo anterior se observa en todos los perfiles de temperaturas (Figuras 38 y 39).

En la Figura 37, se muestran los termopares de la zona superior derecha, P_VI es el termopar que se encuentra entre la chimenea y la puerta de carga. El termopar P_VIII se encuentra también cercano a la chimenea y por último el termopar P_IX ubicado cerca de la puerta de alimentación y de la interconexión del horno filtro. Las temperaturas menores se dan cerca de puerta de alimentación de combustible y las temperaturas mayores se dan en la parte posterior del hogar, siendo diferente a lo presentado en los termopares P_I y P_III. Se observa en esta figura que a partir de las 7.4 horas, existe un descenso de temperaturas de un intervalo de 100 °C aproximadamente en los termopares P_VI, P_VIII y P_IX, luego que pasaron 10 horas después de finalizar la dosificación de combustible, las temperaturas de estos termopares tienden a 500 °C en promedio.

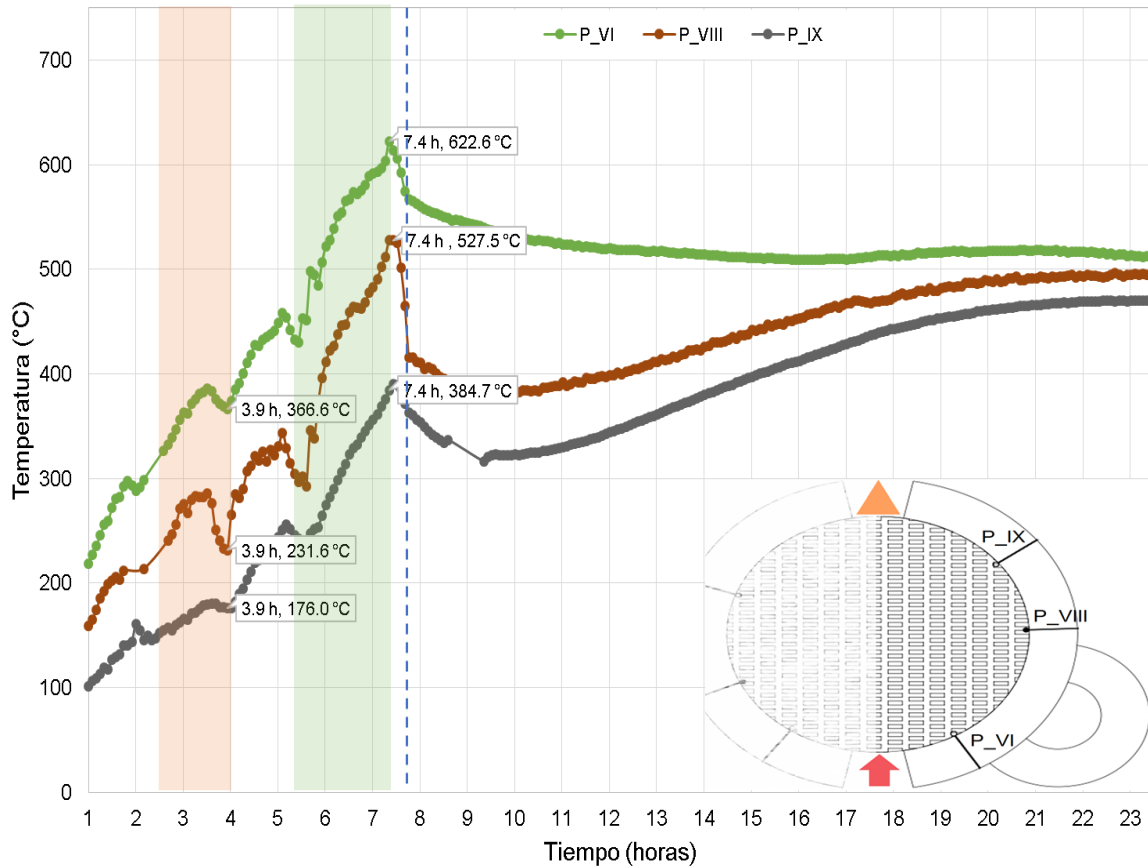


Figura 37. Perfiles de temperaturas de los termopares P_VI, P_VIII y P_IX en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia derecha con respecto a la puerta de carga.

Se observa en la Figura 38, que los termopares P_II y P_V presentan oscilaciones a partir de 5.2 horas transcurridas. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda, muy cercanos a la zona de combustión. Se debe mencionar que el operario arrojaba el combustible hacia esa zona, tratando de distribuir de manera uniforme el flujo de calor.

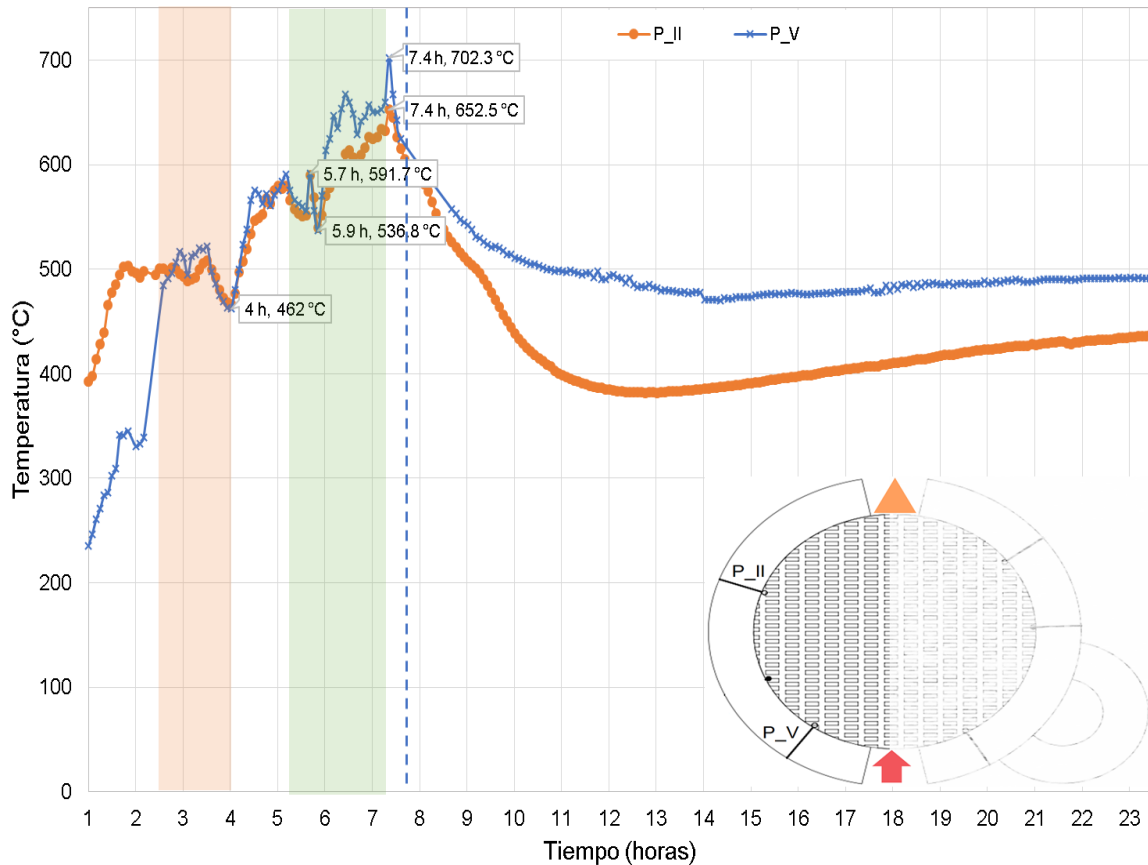


Figura 38. Perfiles de temperaturas de los termopares P_II y P_V en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda con respecto a la puerta de carga.

En la Figura 39, los termopares P_VII y P_X se encuentran en la zona inferior derecha a lado de la chimenea. En ambos termopares se puede observar que tiene una similitud de tendencia, pero que cada termopar registra un perfil de temperaturas con una diferencia de 400 °C. En la zona en donde se encontraba el termopar P_X, se ubica la boca del túnel de interconexión (Figura 40), la cual puede afectar la transferencia de calor y provocar un descenso en la temperatura en esta posición. De igual manera que en los otros termopares, después que pasaron 10 horas, las temperaturas de los termopares P_II, P_V, P_VII y P_X tiende a un intervalo de 450~500 °C.

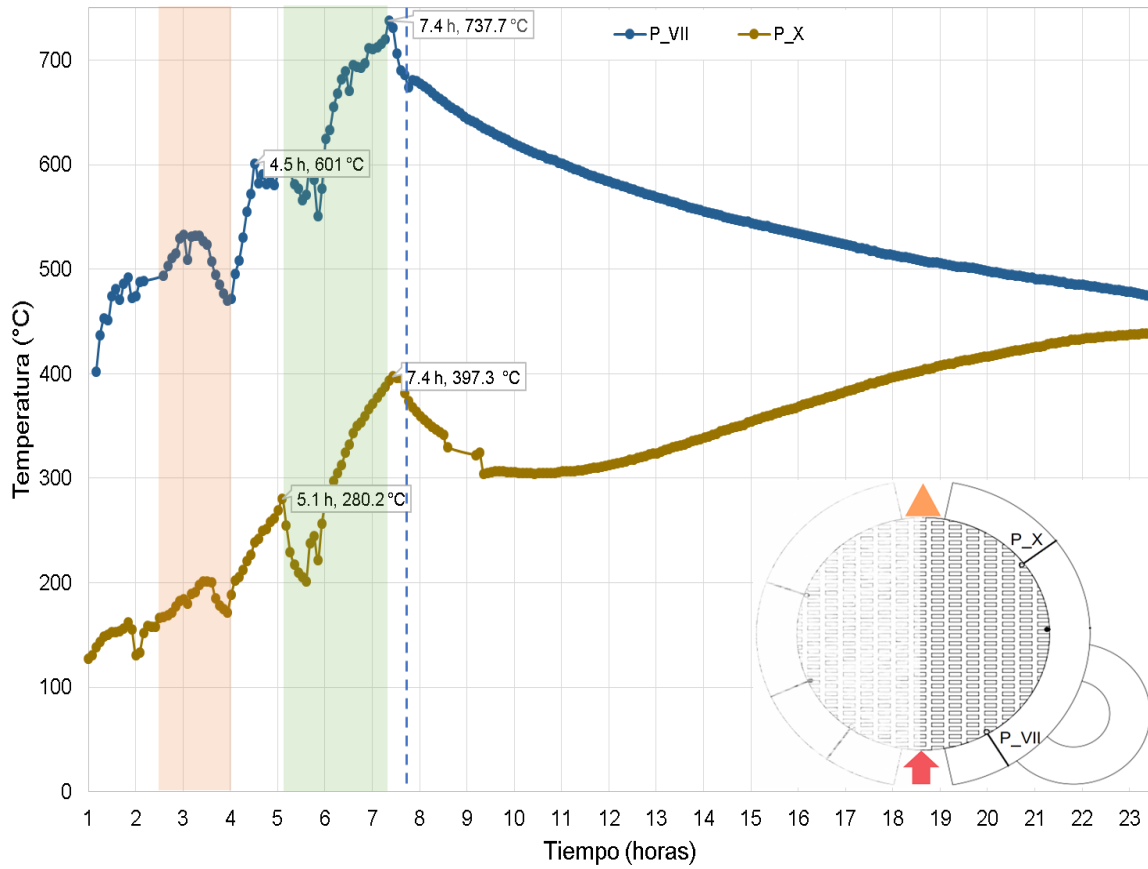


Figura 39. Perfiles de temperaturas de los termopares P_VII y P_X en la primera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior derecha con respecto a la puerta de carga.



Figura 40. Defecto en la construcción del túnel de interconexión, se observa la formación de una pequeña bóveda.

En las Figuras 41-44, se muestran los perfiles de temperaturas en la periferia del horno. La segunda prueba experimental del proceso de combustión duró 12.5 horas, la línea punteada color azul indica el tiempo en que se dejó de suministrar aserrín dentro de la zona de combustión, es decir, se sella la puerta de alimentación. Las franjas naranjas indican el tiempo, el cual se utilizó el dosificador mecánico con intervalos de una hora y, de una hora y media. Las franjas verdes señalan el uso del horno filtro durante la cocción.

Para la segunda prueba, la Figura 41 se ilustran los perfiles de temperaturas de los termopares P_I, P_III y P_IV, se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga. En esta prueba se comenzó suministrando, de manera manual, el combustible hasta 6.3 horas, cada hora se dejaba de suministrarlo. Las operaciones para utilizar el horno filtro eran variables, se abría la compuerta de la interconexión (horno filtro) y después se cerraba la compuerta de la chimenea del horno activo. Se observa, que cuando se mantenía abierta la compuerta de la interconexión del horno filtro y/o cerrada la compuerta de la chimenea del horno activo, se presentaba un descenso de temperaturas en la mayoría de los perfiles de temperaturas de esta prueba.

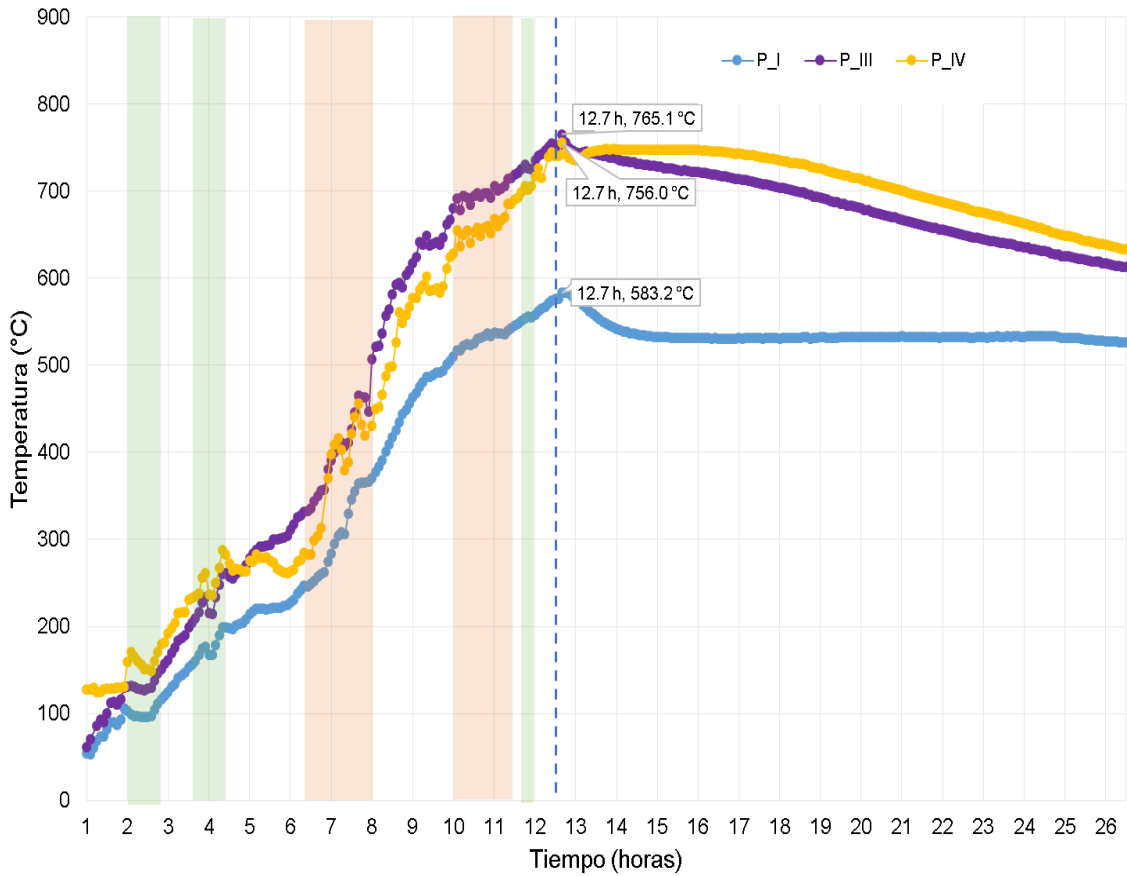


Figura 41. Perfiles de temperaturas de los termopares P_I, P_III y P_IV en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga.

En la Figura 42, se observa que el termopar P_IX tiene una diferencia de temperaturas de 100 °C aproximadamente en relación con el P_VIII, esto es porque el operario con frecuencia retira el termopar P_VIII para inspeccionar el comportamiento térmico de los ladrillos en esa zona. También, se observa que minutos después (12.7 horas) sellada la zona de combustión, existe una pequeña alza de temperaturas. Esta característica se presenta en la mayoría de los perfiles tanto en los termopares internos como los ubicados en la periferia del horno (Figuras 41-49).

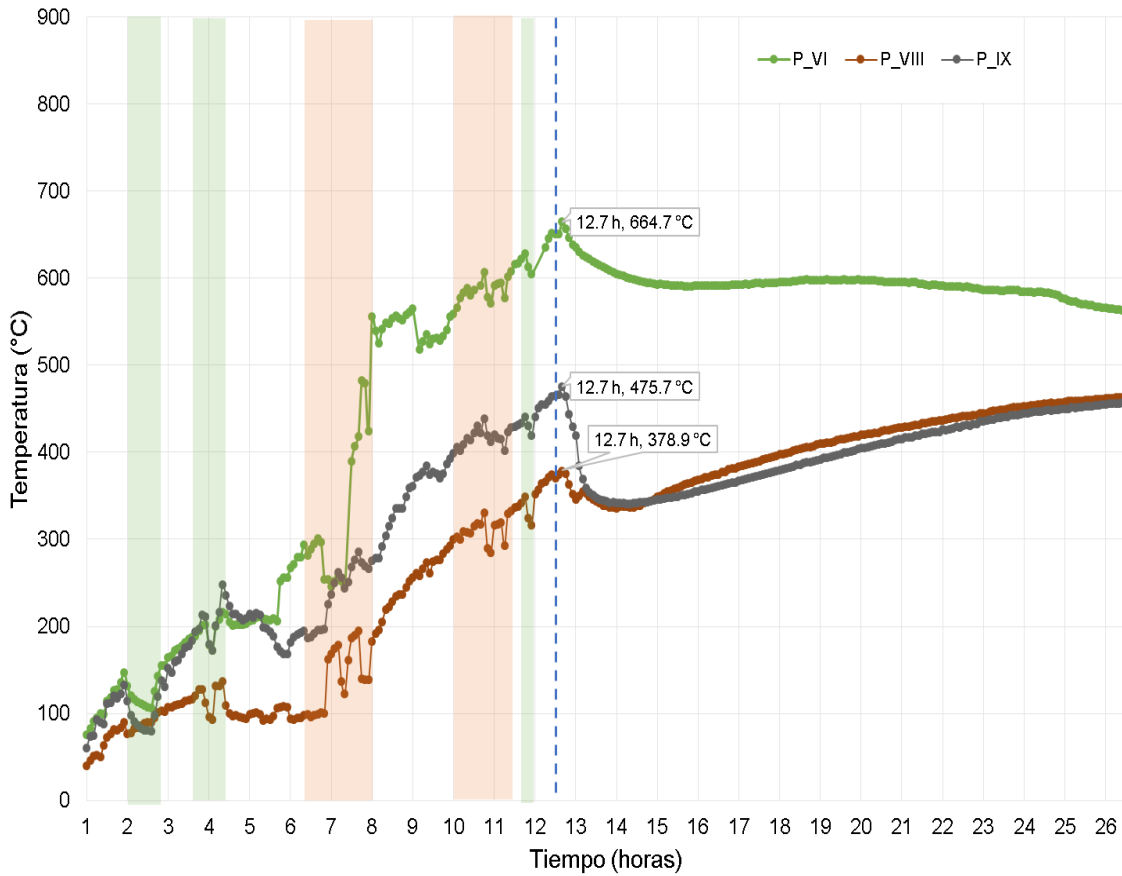


Figura 42. Perfiles de temperaturas de los termopares P_VI, P_VIII y P_IX en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia derecha con respecto a la puerta de carga.

Los perfiles de los termopares P_II y P_V tienden hacia la temperatura mínima de cocción cuando pasaron 22 horas aproximadamente (Figura 43). El termopar P_V fue el que alcanzó una mayor temperatura de 837.2 °C a las 12.4 horas, debido a que el operario suministraba más combustible a esa zona. Él trataba de esparcir el aserrín hacia atrás, para después utilizar una pala y llevar el combustible hacia adelante (esta acción se llama rescoldar).

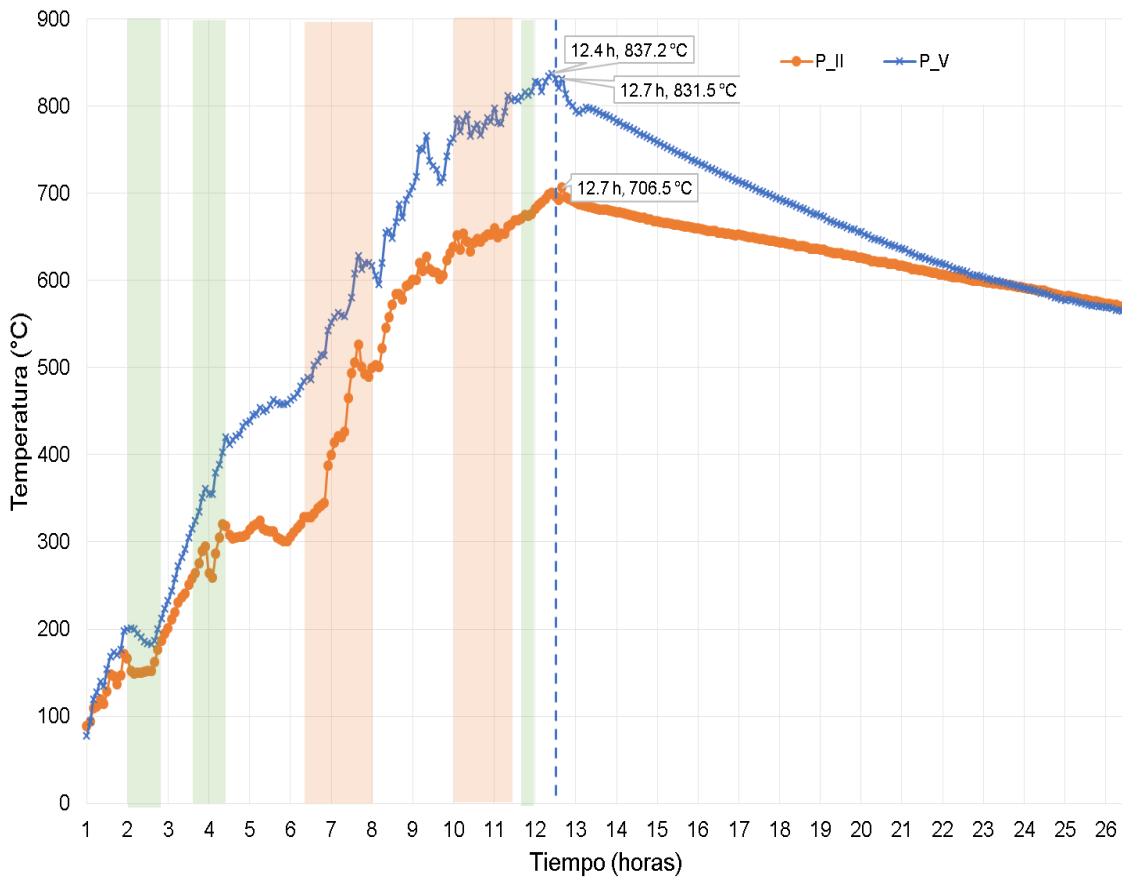


Figura 43. Perfiles de temperaturas de los termopares P_II y P_V en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda con respecto a la puerta de carga.

En las Figuras 42 y 44 se muestran un descenso de temperaturas después de haber sellado la puerta de alimentación en los termopares P_VIII, P_IX y P_X, la causa de esta curvatura se debe a la tendencia del equilibrio térmico.

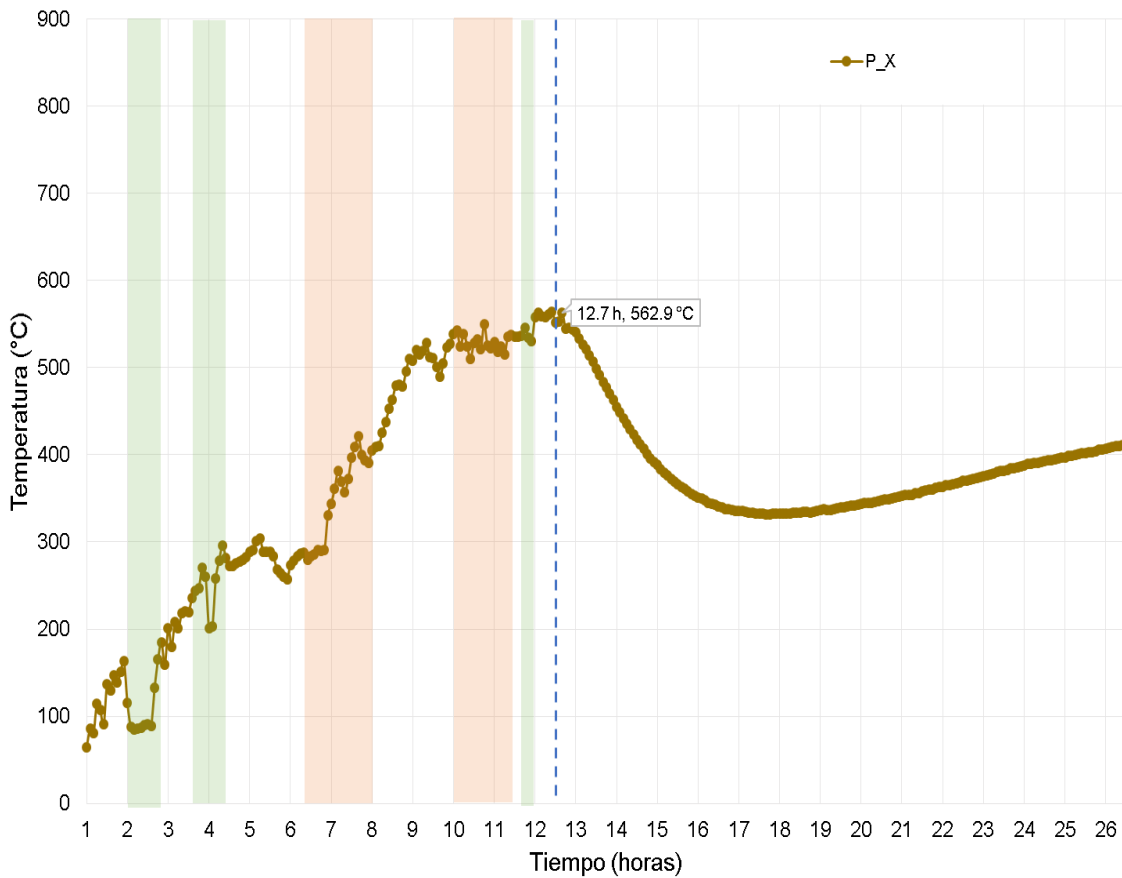


Figura 44. Perfiles de temperaturas del termopar P_X en la segunda prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior derecha con respecto a la puerta de carga.

A partir de la segunda prueba se tienen los registros de temperaturas de los termopares internos. En la Figura 45, la temperatura registrada por el termopar E_II presenta oscilaciones, este se encontraba ubicado cercano a la zona de combustión y registraba gradientes mayores de temperatura que los otros termopares (hasta 1020 °C). De igual manera, se muestran con franjas naranjas y verdes, el uso del dosificador mecánico y el horno filtro respectivamente

También se observa que el termopar E_I hay un ascenso de temperaturas a partir de las 13 horas de cocción. Esto se puede deber a la inercia térmica del sistema además de la transferencia de calor de los ladrillos hacia su entorno y a los gases calientes que ascienden a los niveles superiores del horno. El termopar T_interno monitorea la temperatura interna del ladrillo. De forma análoga, según Rodríguez et

al. (2004) si este termopar interno alcanzaba una temperatura de 800 °C o mayor, en el nivel central, era un indicador que la temperatura mínima de cocción sería alcanzada en los ladrillos dentro del horno.

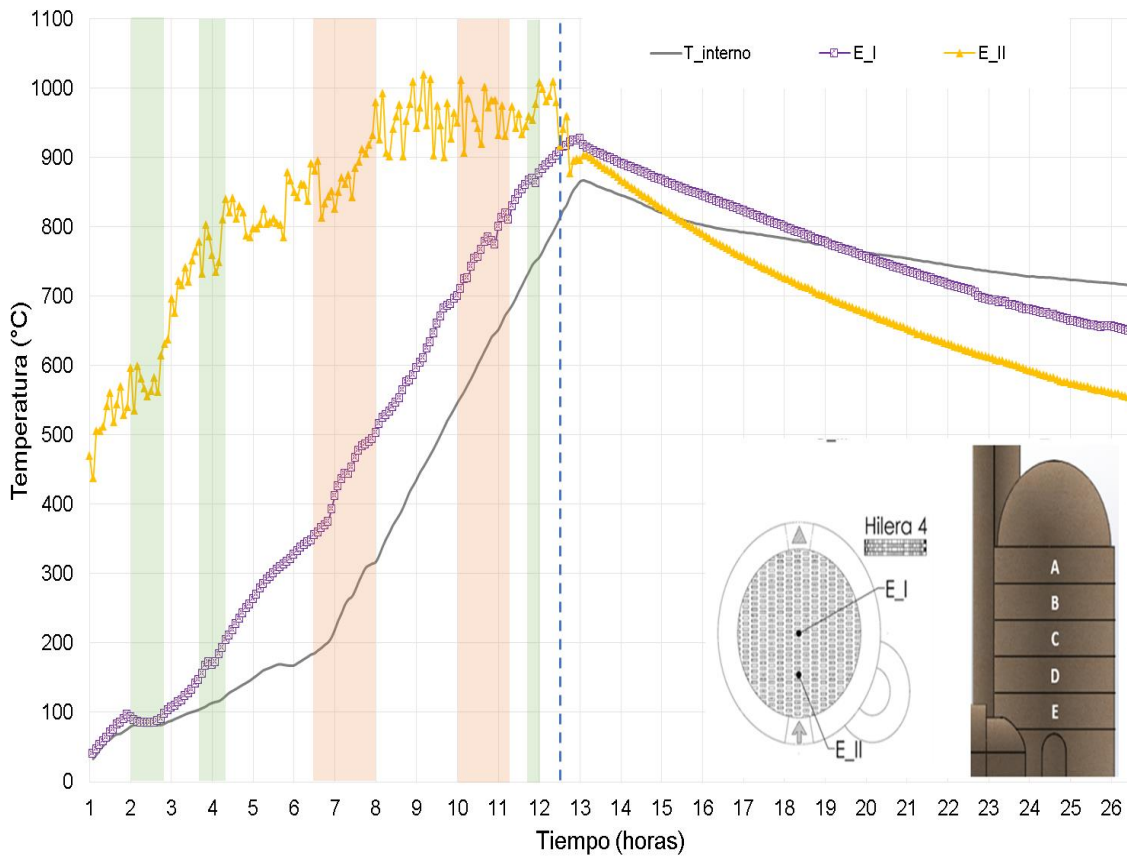


Figura 45. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel E (Segunda prueba experimental).

Los termopares DII y D_III presentan altas temperaturas registradas muy similares a los termopares E_I y E_II, porque estaban ubicados en la misma zona pero en un nivel superior (Figura 46).

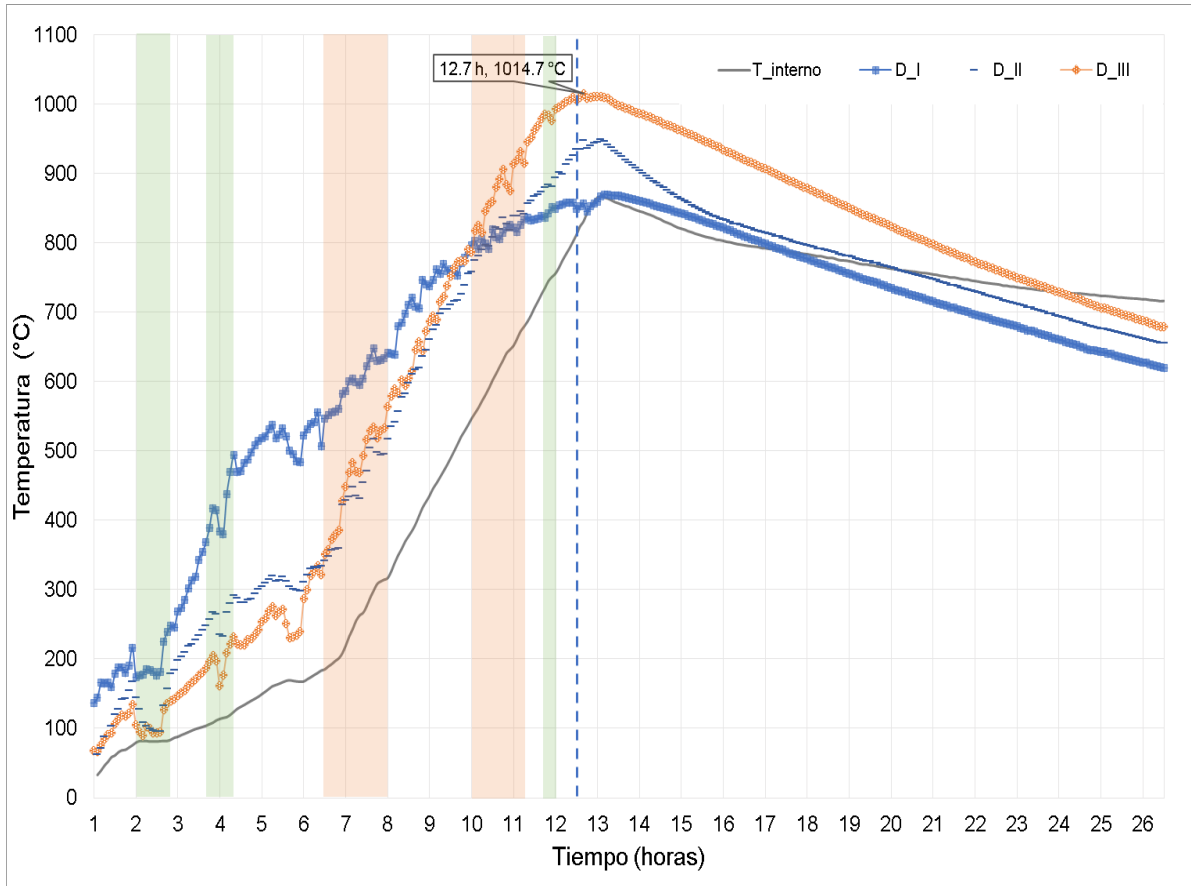


Figura 46. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel D

A partir del nivel C, se observa descensos de temperaturas principalmente en los termopares C_I y B_II, debido al defecto del túnel de conexión excepto por los termopares C_III y B_III, esto se debe a la rapidez de propagación de la energía calorífica según la combustión.

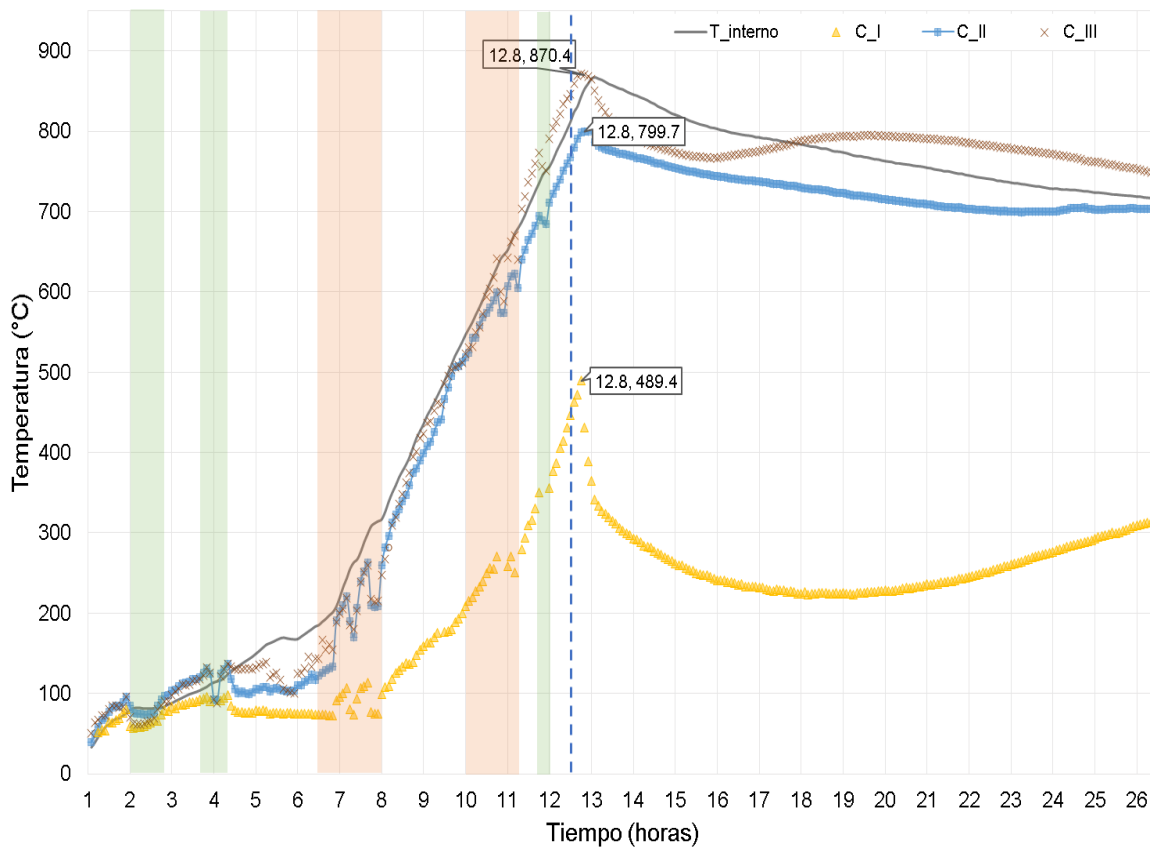


Figura 47. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel C

A las 12.8 horas, el termopar C_II señala 799.7 °C y el termopar B_I, 763.6 °C, estas temperaturas indican que la energía calorífica formada por la combustión no se propaga con la misma intensidad por todo el horno (Figuras 47 y 48).

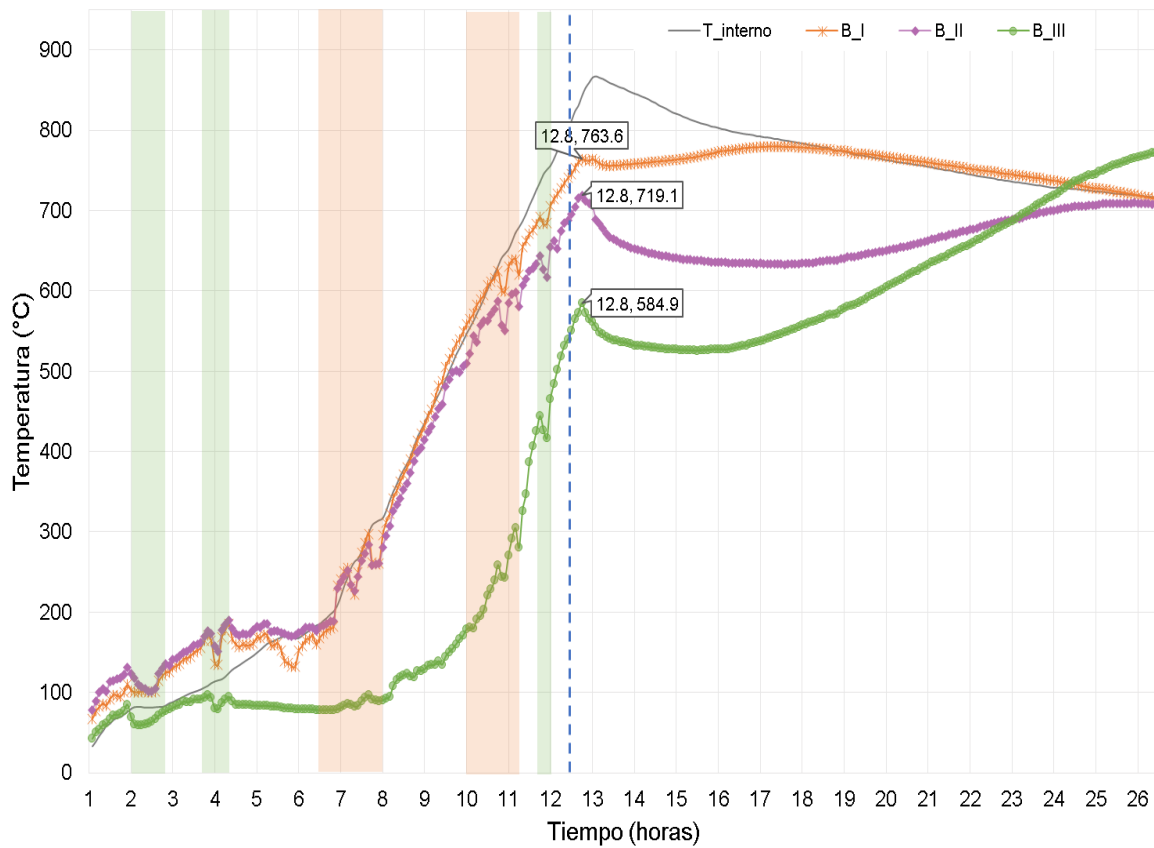


Figura 48. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel B

Para los niveles superiores, los termopares A_I y A_II, al finalizar la cocción, tuvieron una temperatura tendiente a los 600 °C. En el termopar A_I hay un aumento de temperatura a las 12.8 horas de una temperatura de 132.7 °C, esto por la rapidez de propagación energética (Figura 49).

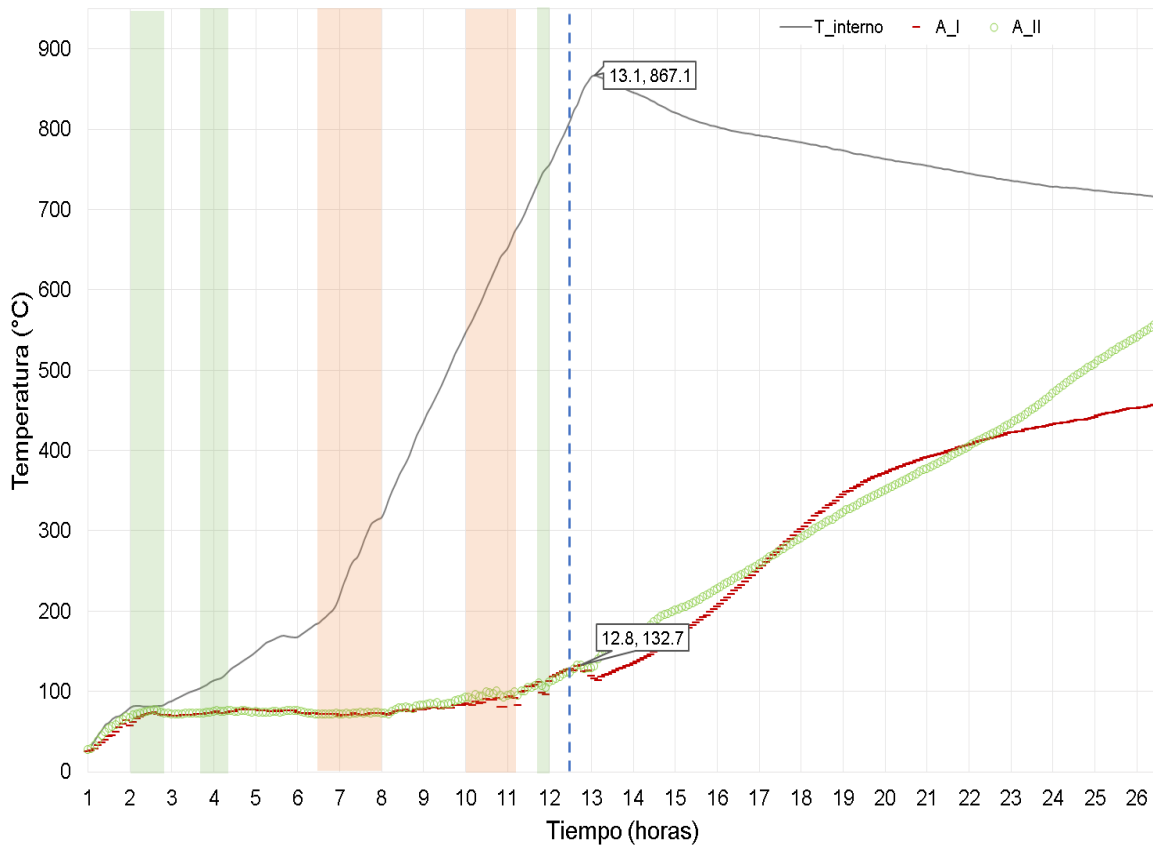


Figura 49. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel A

A continuación, se ilustran los perfiles de temperaturas de los termopares en la periferia del horno para la tercera prueba experimental (Figuras de la 50 a la 53). El suministro del aserrín fue manual como en las anteriores pruebas, la diferencia en esta prueba fue que los periodos de tiempo en el uso del dosificador fueron más prolongados (2-3 horas), casi al término de la prueba el dosificador mecánico y el horno filtro se operaron al mismo tiempo, indicado por una franja café. En las gráficas, se observan las disminuciones de oscilaciones en las temperaturas de cocción de los perfiles de esta prueba. El operario tenía la habilidad de distribuir con mayor uniformidad el combustible por medio del dosificador, luego que se dejaba de usarse, se presentaban perturbaciones en las gráficas. Esto también pasaba por el uso del horno filtro.

En la Figura 50, se presentan mayores temperaturas registradas por el termopar P_IV debido al uso de dosificador mecánico, este tiene mayor flujo de aire y mayor alcance de colocación del combustible. Al igual que el termopar P_VI (Figura 51), este presenta la misma tendencia, ambos termopares se encuentran cercanos a la puerta de carga.

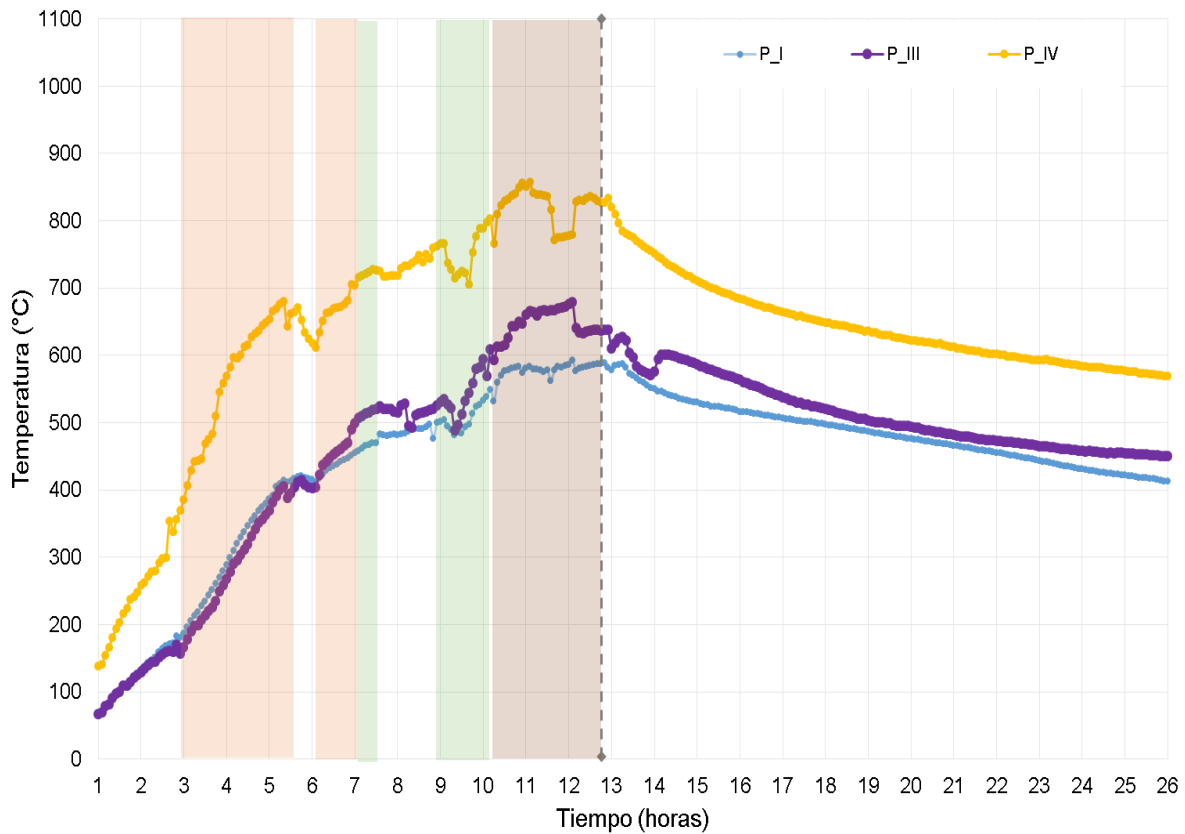


Figura 50. Perfiles de temperaturas de los termopares P_I, P_III y P_IV en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia izquierda con respecto a la puerta de carga.

Las temperaturas bajas de cocción se presentan en los termopares P_VIII y P_IX, P_V y P_VII debido a la cercanía con el defecto de construcción del túnel de interconexión. (Figuras 51, 52 y 53).

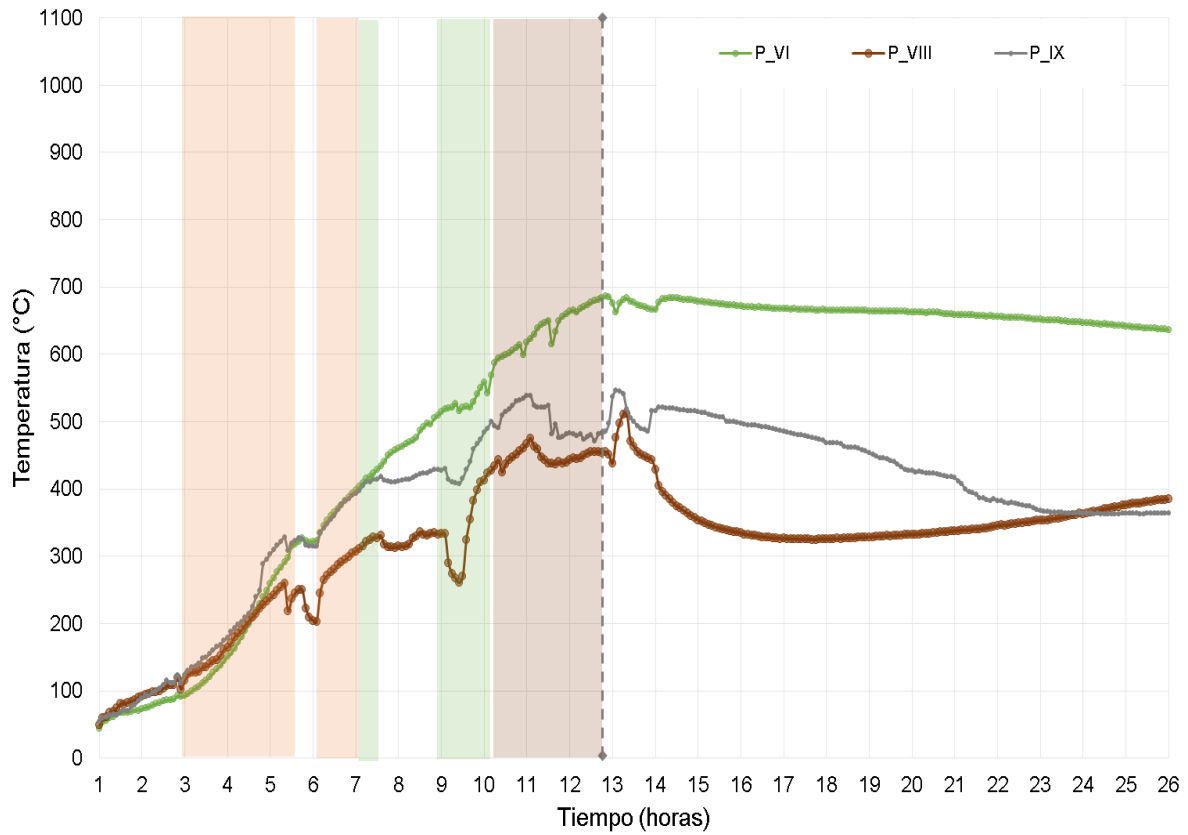


Figura 51. Perfiles de temperaturas de los termopares P_VI, P_VIII y P_IX en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona superior e intermedia derecha con respecto a la puerta de carga.

Los termopares P_II y P_X registran temperaturas que oscilan entre los 700 y los 800 °C aproximadamente, valores intermedios respecto a las otras temperaturas de la periferia (Figuras 52 y 53).

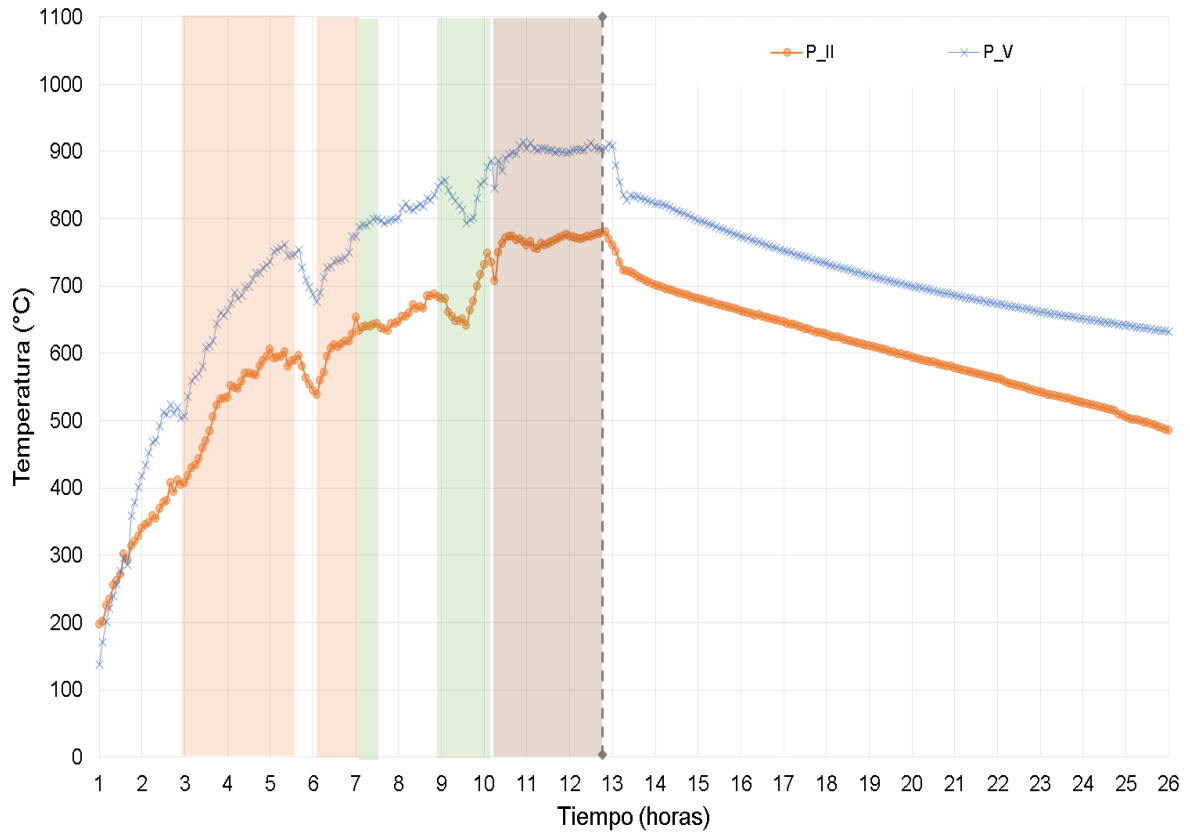


Figura 52. Perfiles de temperaturas de los termopares P_II y P_V en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior izquierda con respecto a la puerta de carga.

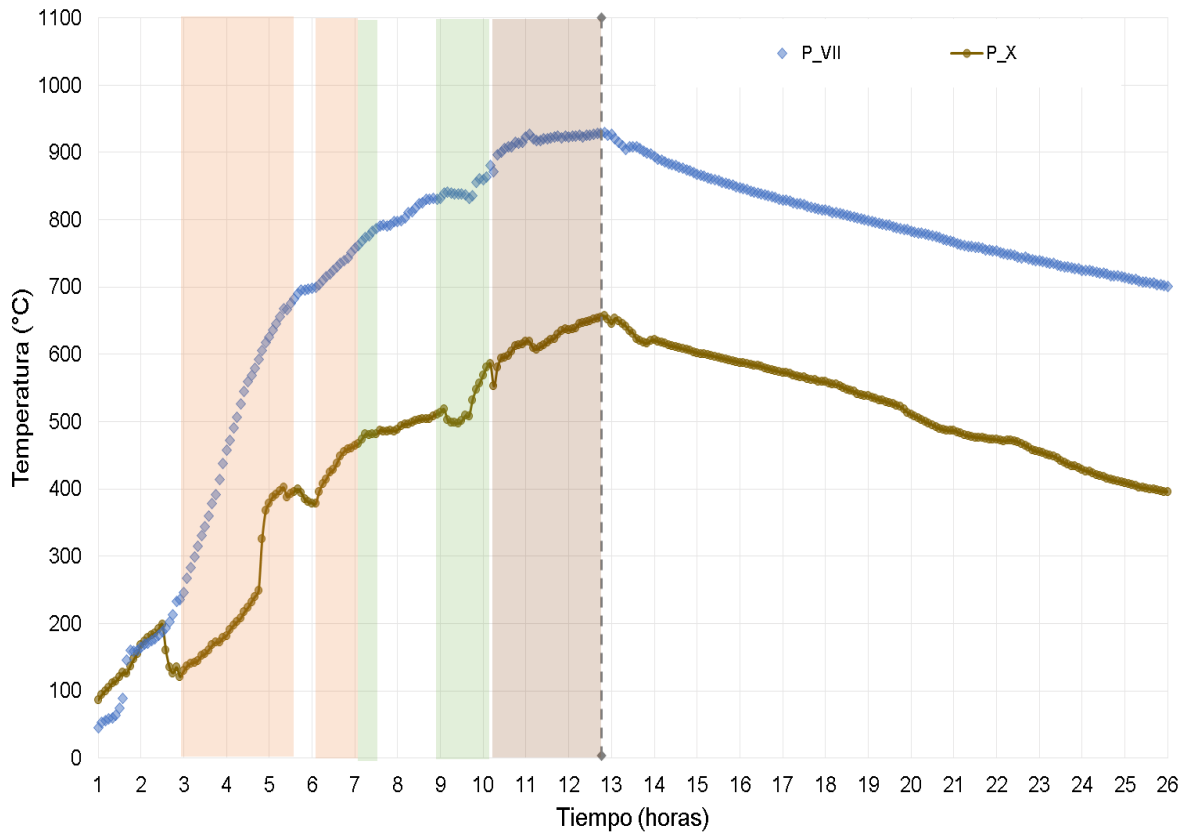


Figura 53. Perfiles de temperaturas del termopar P_X en la tercera prueba experimental. Estos termopares se encuentran en la zona inferior derecha con respecto a la puerta de carga.

Las mediciones de temperaturas en la periferia fueron de gran utilidad para los operarios, gracias al uso de los tubos de acero galvanizado en donde se encontraban los termopares. Se observaba la cocción interna de los ladrillos, cuando los termopares de la periferia eran removidos. Esto no sucedió en los estudios de Prasertsan & Theppaya (1995), Prasertsan et al. (1996) y Rodríguez (2004). En estos trabajos, la colocación de termopares era al inicio de la cocción y permanecía fija debido al diseño del horno respectivo. En Rodríguez (2004), los termopares fueron fijados en las cercanías del horno, conforme avanza el proceso de cocción tradicional, los operarios comienzan con el "tapado" y "re-direccionamiento" con ladrillos para que aumente la transferencia de calor en el horno escocés. En las pruebas del horno MK-2 no eran necesarias estas acciones

debido a que la verificación del aumento de las temperaturas era mediante los termopares colocados alrededor del horno.

Para la tercera prueba experimental, los perfiles de temperaturas registradas por los termopares internos son presentados a continuación. En la Figura 54, se presentan menor variabilidad en las temperaturas de los termopares E_I y E_II, con la ayuda del dosificador mecánico se pudo mantener un incremento de temperatura estable.

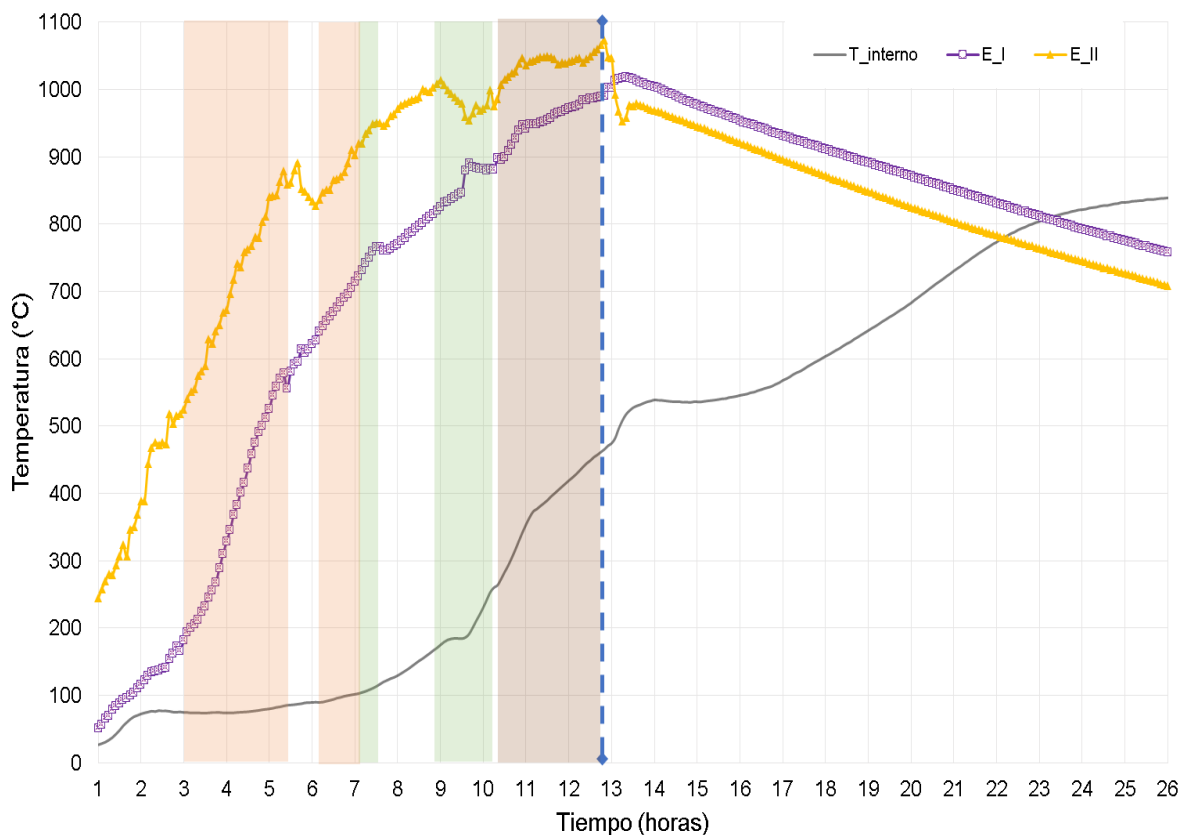


Figura 54. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel E (Tercera prueba experimental).

De manera análoga, las temperaturas registradas por el termopar interno ubicado en el centro del horno, monitoreaba la temperatura interna de los ladrillos en promedio. Se observa que el termopar interno no alcanza la temperatura de 800 °C

como en el caso de la segunda prueba, debido al mayor control en la distribución del combustible.

El flujo del combustible fue de 3.35~5 kg/h en promedio. Los operarios observaban el estado físico en el que se encontraban los arcos, después regulaban la válvula mezcladora del combustible-comburente del dosificador.

En la Figura 55, los termopares D_I y D_III presentan una situación similar a la de los termopares del nivel E. Los termopares del nivel C se observan incrementos de temperaturas después de que finaliza el suministro de combustible.

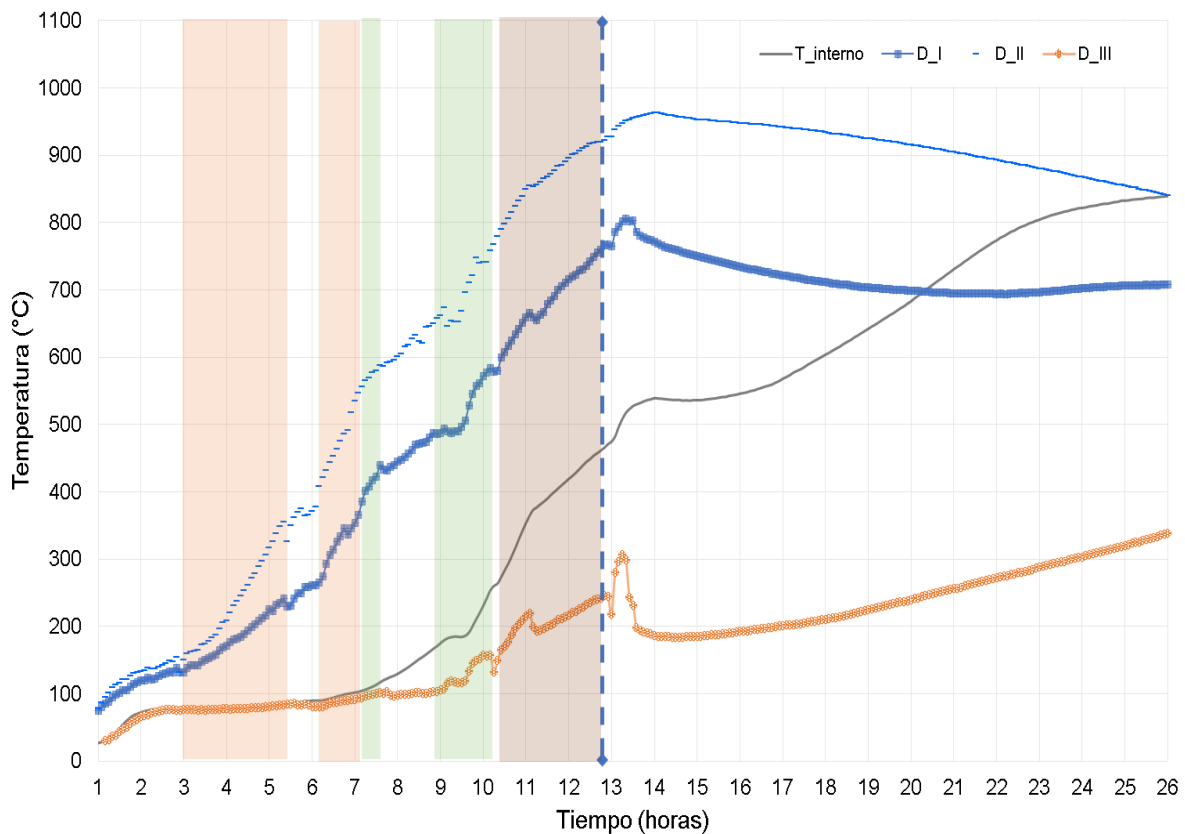


Figura 55. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel D

Para las Figuras 56 – 58, son notorias las perturbaciones en la medición de las temperaturas internas, ya que estas no alcanzaron la temperatura de 800 °C. La causa se le atribuye a varios eventos: antes de sellar la puerta de alimentación, los operarios rescoldan la zona de combustión; otra fue que estaba otro operario abriendo paulatinamente la compuerta de la chimenea del horno activo, propiciando un cambio en la densidad del flujo interno de aire del horno. Todos estos cambios provocan que exista un aumento en la temperatura de estos termopares cercanos a la compuerta de la chimenea.

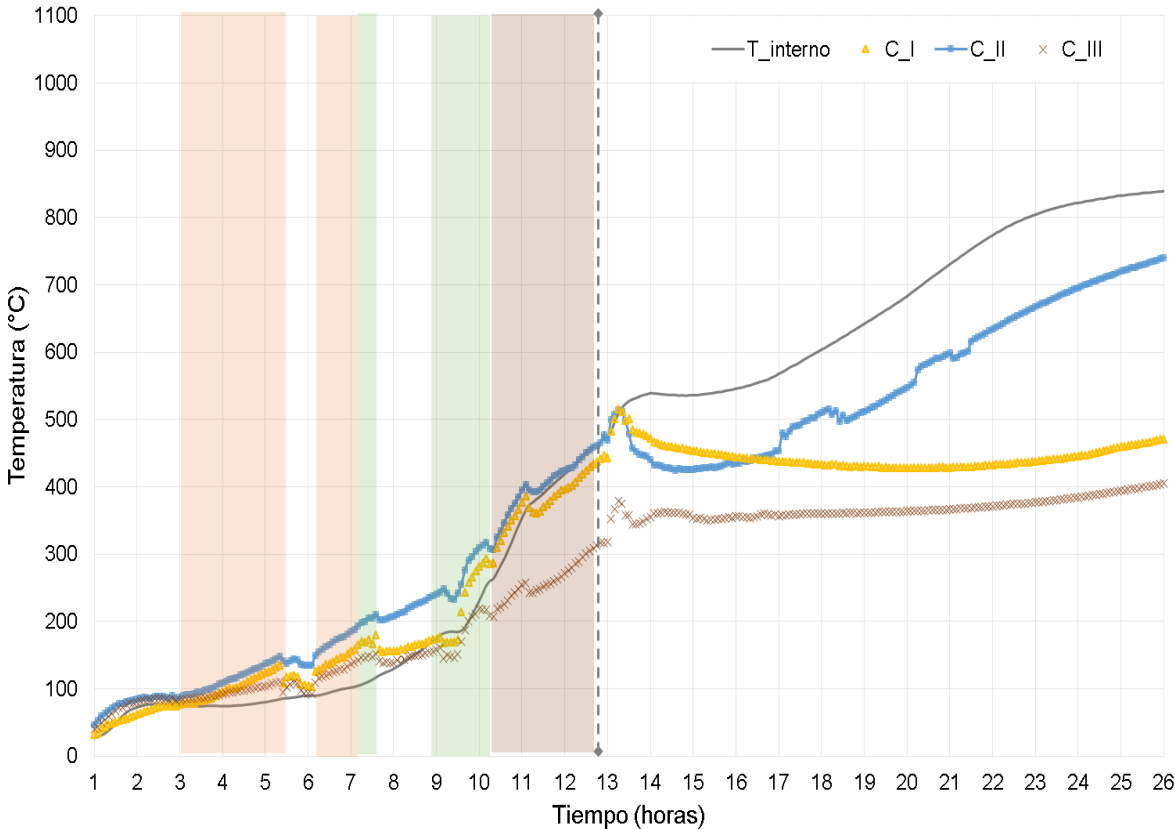


Figura 56. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel C

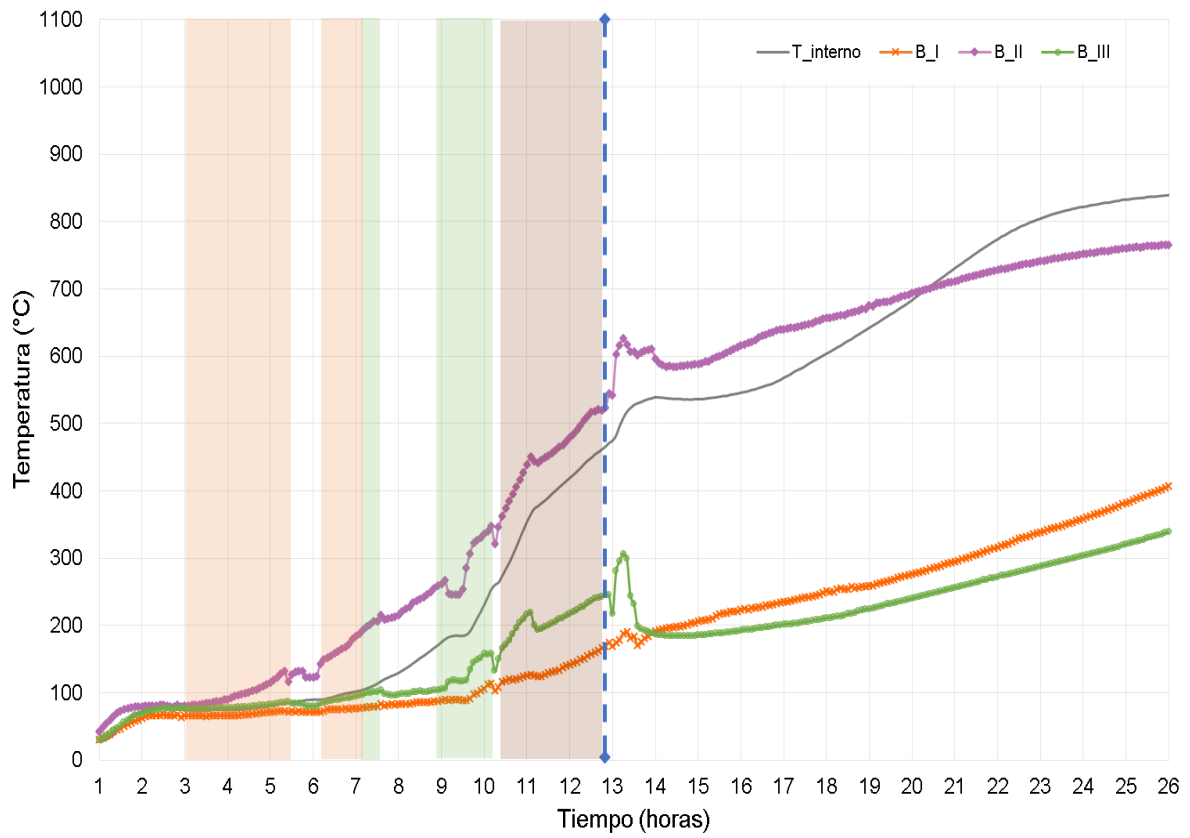


Figura 57. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel B

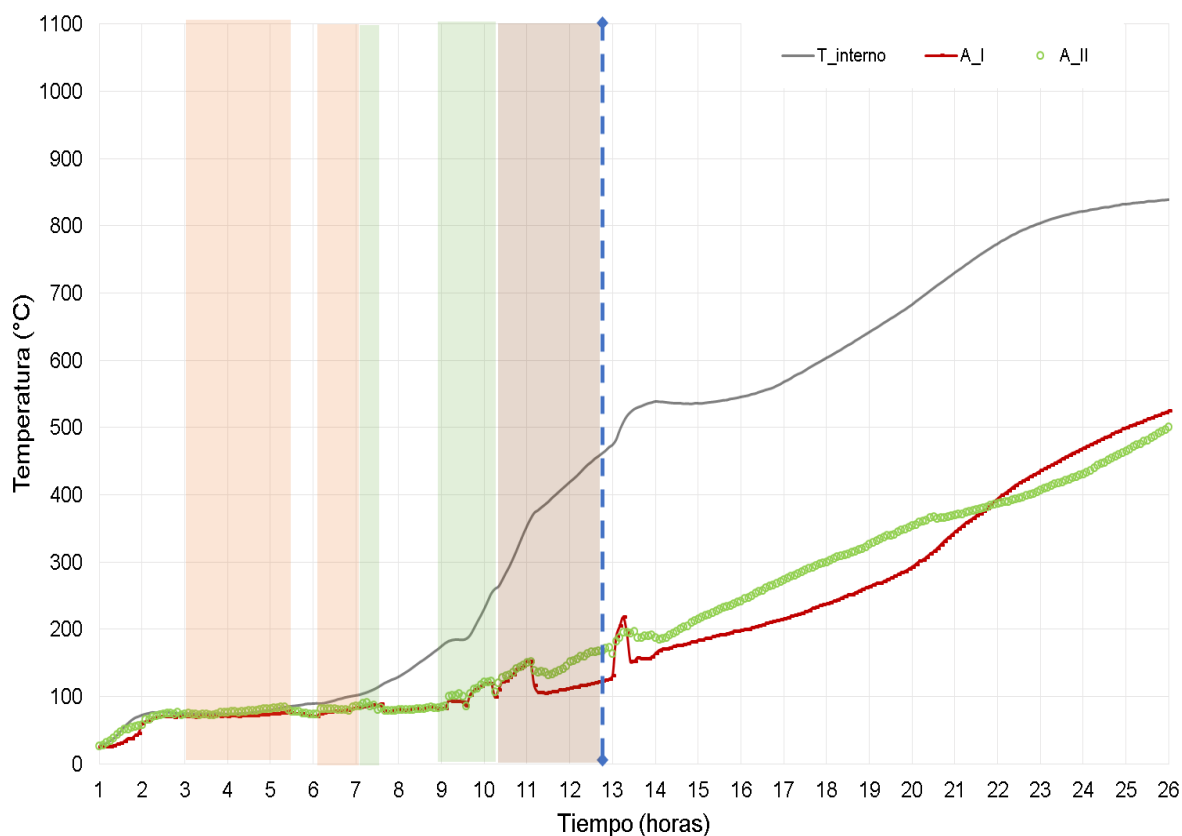


Figura 58. Perfiles de las temperaturas registradas por los termopares internos en el nivel A

Las temperaturas de la periferia son menores en comparación con las que se manifiesta en las temperaturas internas. Se presentan que las mayores temperaturas fueron registradas por los termopares del nivel E, con un máximo de 1050 °C.

De acuerdo con Prasertsan & Theppaya (1995), se llevan a cabo las transformaciones de arcillas a ladrillos a una temperatura de 600 °C. En las pruebas realizadas en el horno MK-2, se lograron estas transformaciones, ya que la mayoría de los perfiles de temperaturas alcanzaron dicha temperatura, sobrepasándola. Ellos mencionan que en la práctica, la temperatura del horno debe de estar por encima de 600 °C para tener un adecuado gradiente de temperatura y transferir calor al interior de los ladrillos.

La cúpula del horno MK-2 da como resultados que a medida que la temperatura del aire caliente aumenta, el calor se propaga en todo el horno subiendo a la cúpula y una vez que se finaliza el suministro de combustible al hogar las temperaturas en las diferentes zonas del horno disminuyen y tienden a equilibrarse.

En el estudio de Prasertsan et al. (1996) se presenta mayores temperaturas en las zonas cercanas al hogar y aumentan después de cierto tiempo durante el proceso de cocción, además, al término del suministro de combustible solo se presenta un descenso de temperatura.

Existen ciertas similitudes con Prasertsan et al. (1996) y Rodríguez et al. (2004) en las temperaturas del horno, todas alcanzan la temperatura mínima de cocción (600 °C). En la primera prueba, el operario se familiarizaba con el funcionamiento del horno activo y de los mecanismos que se realizan durante el uso del horno filtro. Cada proceso de cocción entre hornos ladrilleros es diferente porque la prioridad del operario es de alcanzar la temperatura mínima de cocción en todas las evaluaciones térmicas realizadas.

Comparando con Rodríguez et al (2004), se observa que cuando se utiliza el dosificador mecánico existe un aumento en las temperaturas de cocción, confirman sus resultados con este trabajo. La diferencia en el uso del dosificador mecánico fue la combinación del horno filtro. Estas pruebas varían en el uso del dosificador mecánico, en la primera prueba muestra que después de las primeras cinco horas de cocción en el horno se ocupa por un periodo prolongado (2~2.25 horas). En la segunda prueba, los tiempos fueron más cortos pero más consecutivos y por último, en la tercera prueba antes de terminar de suministrar el aserrín, se utilizó el dosificador mecánico en conjunto con el horno filtro.

La alta inercia térmica producida por este horno se comprueba que a pesar de los descensos de las temperaturas, el diseño del horno en cuestión tiende a regular las temperaturas de cocción para que exista una distribución uniforme de calor en los ladrillos.

4.2 Índice de calentamiento en ladrillos

En la Figura 59 se señala la estimación total de las áreas bajo las curvas de temperaturas en la segunda y tercera prueba experimental calculada por la ecuación 5, es decir, el índice de calentamiento (IC). Estos valores son las estimaciones del calor suministrado por el horno MK-2 en las pruebas. El índice de calentamiento oscila en el rango de 5,078.76-19,110.01 °C·h para la segunda prueba experimental.

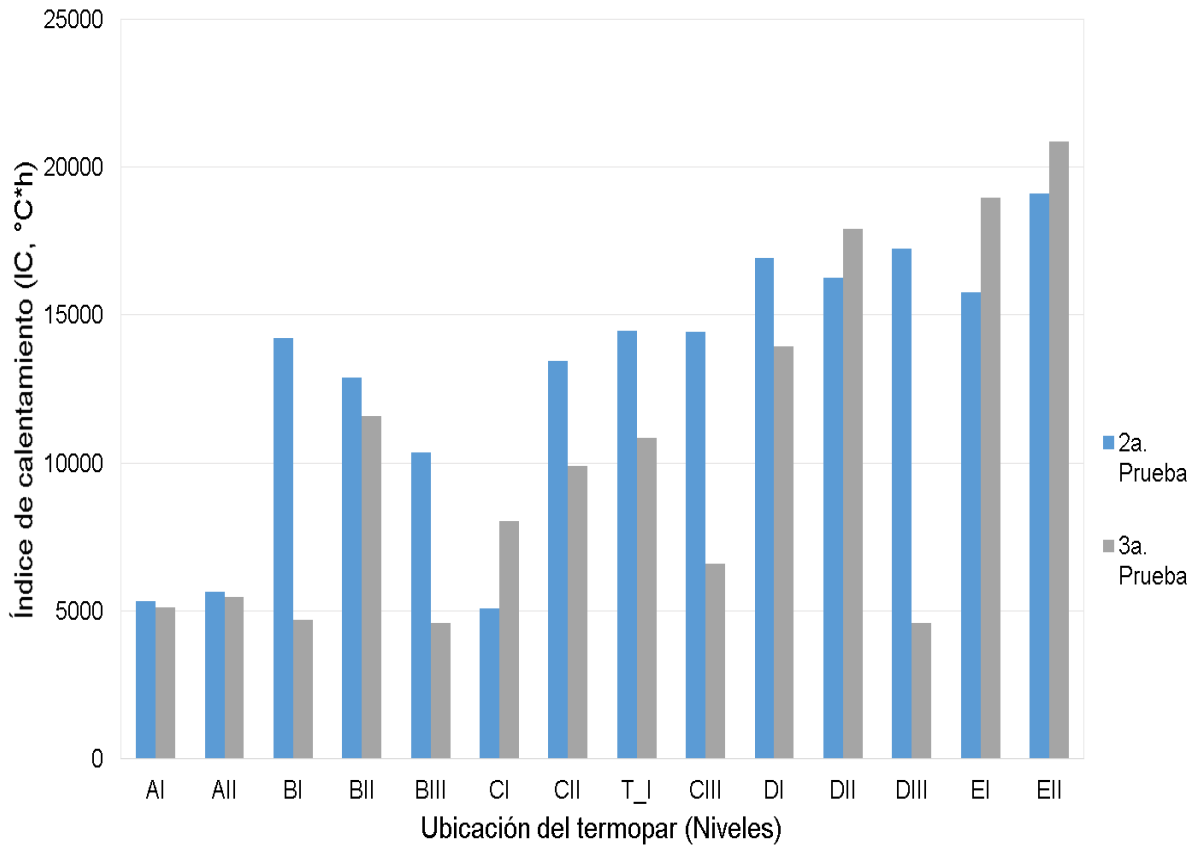


Figura 59. Índice de calentamiento en relación con la ubicación del termopar para la 2ª y 3ª prueba experimental

Para la tercera prueba, el índice de calentamiento oscila en el rango de 4,590.76-20,875.74 °C·h. Se observan que los índices de calentamiento disminuyeron en la tercera prueba experimental debido a que se suministraba el combustible de una manera uniforme por una mayor distribución del calor por parte de las operaciones de los trabajadores. También se observan que en los índices de calentamiento de los termopares AI, A_II, B_I, B_III y D_III son menores en comparación con la

segunda prueba experimental debido al acomodo de los ladrillos y al estado físico de los termopares. Esto es el resultado de que se usará menos energía calorífica en la cocción para la tercera prueba.

En la comparación de cada índice de calentamiento calculado, se distingue que en la segunda prueba existió una mayor cantidad de energía calorífica durante el proceso de cocción; esto se debe a que en la primera prueba, los ladrillos se catalogaron de tercera calidad, por lo cual en la segunda prueba se aumentó el suministro de combustible para así obtener una calidad mejor en los ladrillos.

4.3 Parámetros de color en ladrillos

En este apartado se presentan los datos analizados de color en los ladrillos cocidos por el horno MK-2 en la segunda prueba experimental, con base a las ecuaciones 1, 2 y 3 con respecto a la escala CIEL *a*b* (Karaman et. a., 2012). Se muestra en la Tabla 6 los valores medios de índice de enrojecimiento (IR), croma (C*) y ángulo de tono (h) en la segunda prueba experimental.

Tabla 6. Índice de enrojecimiento (IR), croma (C*) y ángulo de tono (h) en la segunda prueba experimental

Termopar	Índice de enrojecimiento (IR)	Croma (C*)	Ángulo de tono (h)
A_I	1.10 ± 0.12	32.46 ± 1.58 ^A	56.20 ± 1.64
A_II	1.17 ± 0.14	33.02 ± 1.00 ^A	56.55 ± 0.04
B_I	0.99 ± 0.12	33.26 ± 0.66 ^A	55.45 ± 1.36
B_II	1.10 ± 0.14	32.31 ± 1.56 ^A	55.66 ± 3.48
B_III	1.00 ± 0.10	33.14 ± 0.80 ^A	53.91 ± 1.09
C_I	0.98 ± 0.04	30.59 ± 1.22 ^A	58.98 ± 0.17
C_II	0.90 ± 0.08	30.43 ± 1.16 ^A	58.11 ± 1.61
C_III	1.04 ± 0.06	31.33 ± 1.68 ^A	55.53 ± 1.92
D_I	0.87 ± 0.12	32.24 ± 0.84 ^A	56.37 ± 0.80
D_II	0.76 ± 0.17	28.21 ± 1.18	59.41 ± 1.77
D_III	1.42 ± 0.40	27.08 ± 0.82	51.69 ± 2.99 ^A
E_I	0.77 ± 0.04	22.99 ± 2.57	62.77 ± 1.52
E_II	1.08 ± 0.08	26.60 ± 0.75	54.06 ± 1.59

^A Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

El IR indica la combinación de baja luminosidad (L^*), valores altos de a^* y bajos de b^* (matices rojizos). En la industria ladrillera, para que un ladrillo se catalogue como de primera calidad, los valores del IR deben oscilar entre el rango de 1.70-2.70 (Karaman et al., 2012). La mayoría de los datos presentados en la Figura 60, excepto el valor del termopar D_III, tienen valores menores de IR con respecto al ladrillo de primera calidad. Se encontró diferencia significativa en las medias de IR con relación al ladrillo control, lo cual señala que los ladrillos no son de primera calidad, sino que son ladrillos de segunda y tercera calidad.

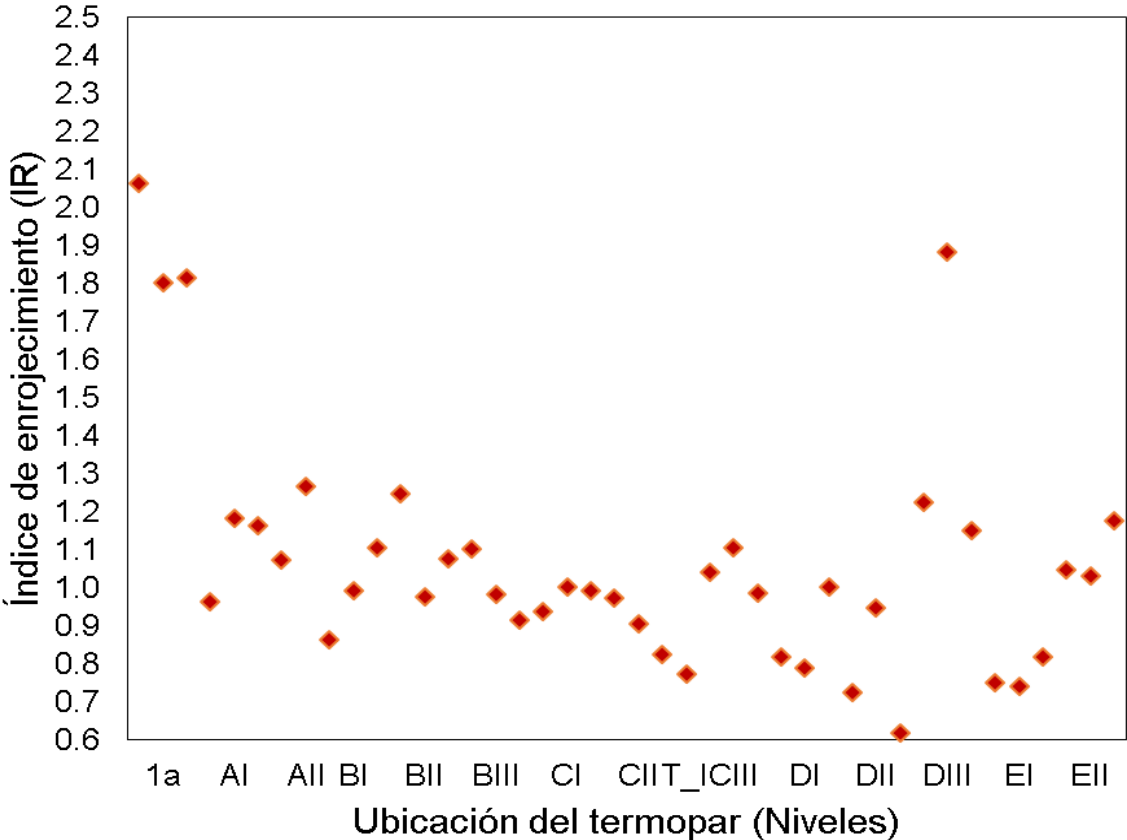


Figura 60. Valores del índice de enrojecimiento vs ubicación del termopar en la segunda prueba experimental

En la Figura 61, se muestran los valores de C^* , los cuales indica la intensidad de color de los ladrillos cocidos, se observan que los valores están cercanos al valor de C^* del ladrillo control. Los valores menores de croma se encuentran en los niveles C, D y E. En la investigación de Karaman et al. (2012) se muestra que los

valores de C^* disminuyen a medida que aumenta la temperatura de cocción. Se infiere para este trabajo que existe una similitud debido a que las altas temperaturas (800-1050 °C) estaban cercanas a la zona de combustión (Niveles inferiores C, D y E).

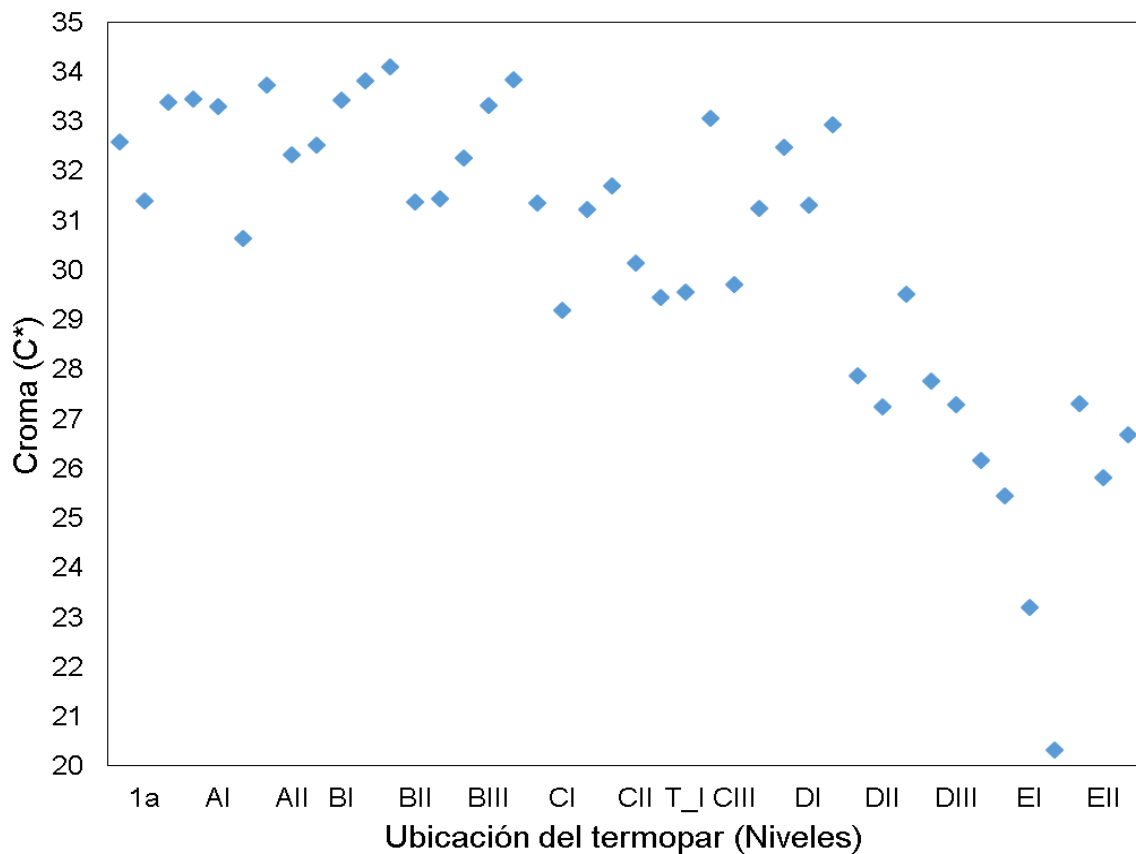


Figura 61. Valores de croma vs ubicación del termopar en la segunda prueba experimental

En la Figura 62 se observan los valores de h para la segunda prueba. De acuerdo con las comparaciones de la prueba de Dunnett, la única media cercana al valor medio del ladrillo control fue el del termopar D_III, lo cual indica que se encontró una diferencia significativa en los demás valores de h . No se encontró relación entre los valores medios del IR, C^* y h con relación a la ubicación del termopar.

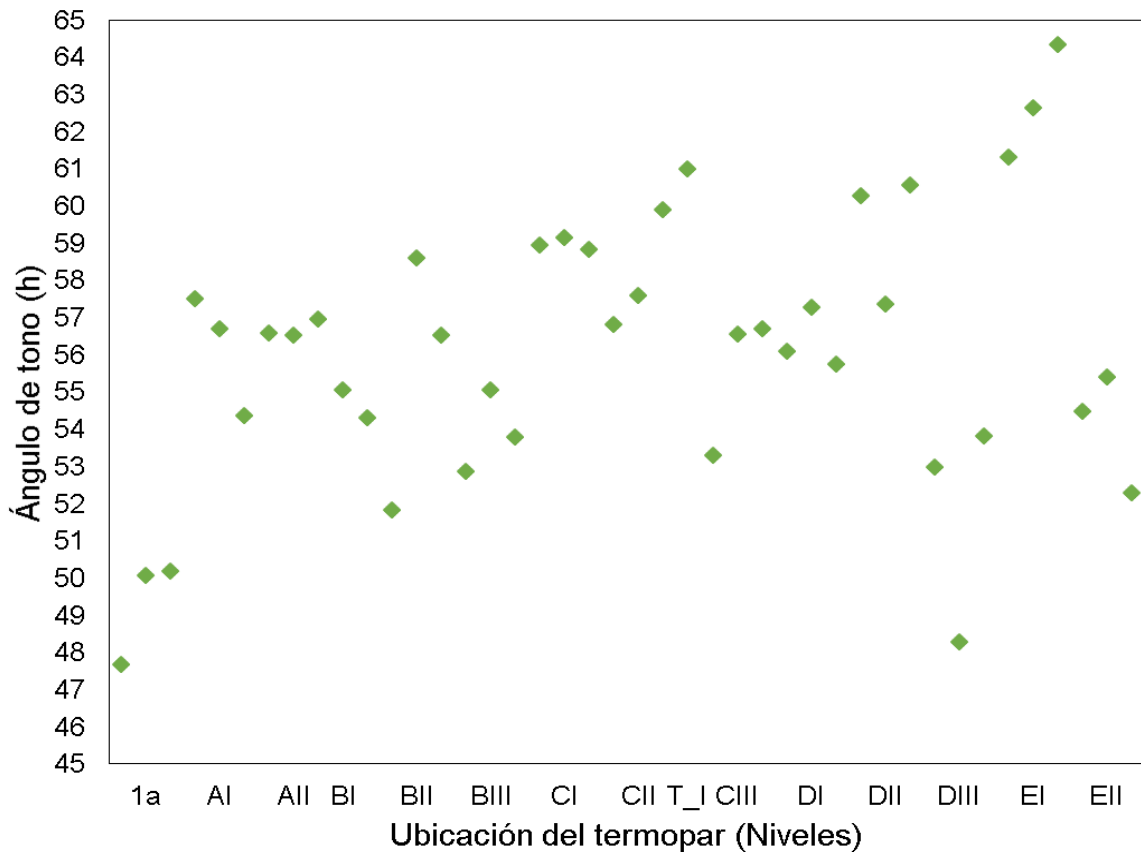


Figura 62. Valores de tono en relación con la ubicación del termopar en la segunda prueba experimental

Para la tercera prueba, se muestran los valores medios de índice de enrojecimiento, croma y ángulo de tono con relación a la ubicación del termopar (Tabla 7). En la Figura 63, se observan que existen más valores de índice de enrojecimiento en el rango de 1.70-2.70 en comparación con la segunda prueba. Esto indica que hay más ladrillos de primera calidad para la tercera prueba. Karaman et al. (2006 y 2012) analizó la relación entre la resistencia a la compresión y los componentes de color en los ladrillos. En este estudio, el color se define generalmente por el ángulo de tono y croma. Ellos encontraron que a medida que aumentaban las temperaturas de cocción se obtienen índices de enrojecimiento altos, es decir, los valores más altos de a^* y b^* identifican a los ladrillos con un color más intenso y corresponden a temperaturas mayores de 950 °C. Los altos valores de índice de enrojecimiento

corresponden a las altas temperaturas detectadas por los termopares D y E. En esta investigación se encontró una leve similitud con Karaman et al. (2012) sobre el aumento del índice de enrojecimiento.

Tabla 7. Índice de enrojecimiento (IR), croma (C*) y ángulo de tono (h) en la tercera prueba experimental

Termopar	Índice de enrojecimiento (IR)	Croma (C*)	Ángulo de tono (h)
A_I	1.46 ± 0.09	32.27 ± 0.90	55.80 ± 0.09
A_II	1.36 ± 0.03	33.48 ± 1.19	55.92 ± 0.54
B_I	1.27 ± 0.04	30.99 ± 1.19	56.21 ± 0.62
B_II	1.34 ± 0.12	32.16 ± 0.51	52.50 ± 0.74
B_III	1.28 ± 0.05	32.22 ± 0.53	55.13 ± 0.62
C_I	1.30 ± 0.10	29.83 ± 0.61 ^A	57.00 ± 0.22
C_II	1.34 ± 0.04	31.34 ± 1.33	53.43 ± 0.38
C_III	1.31 ± 0.12	31.07 ± 1.04	54.37 ± 0.91
D_I	0.94 ± 0.09	28.93 ± 1.04 ^A	57.69 ± 0.62
D_II	1.92 ± 0.68 ^A	29.50 ± 1.61 ^A	48.73 ± 2.31
D_III	1.21 ± 0.15	32.19 ± 0.83	54.46 ± 0.37
E_I	2.02 ± 0.36 ^A	25.27 ± 1.04 ^A	49.13 ± 3.13
E_II	2.30 ± 0.34 ^A	23.58 ± 0.71	48.14 ± 1.43

^A Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control

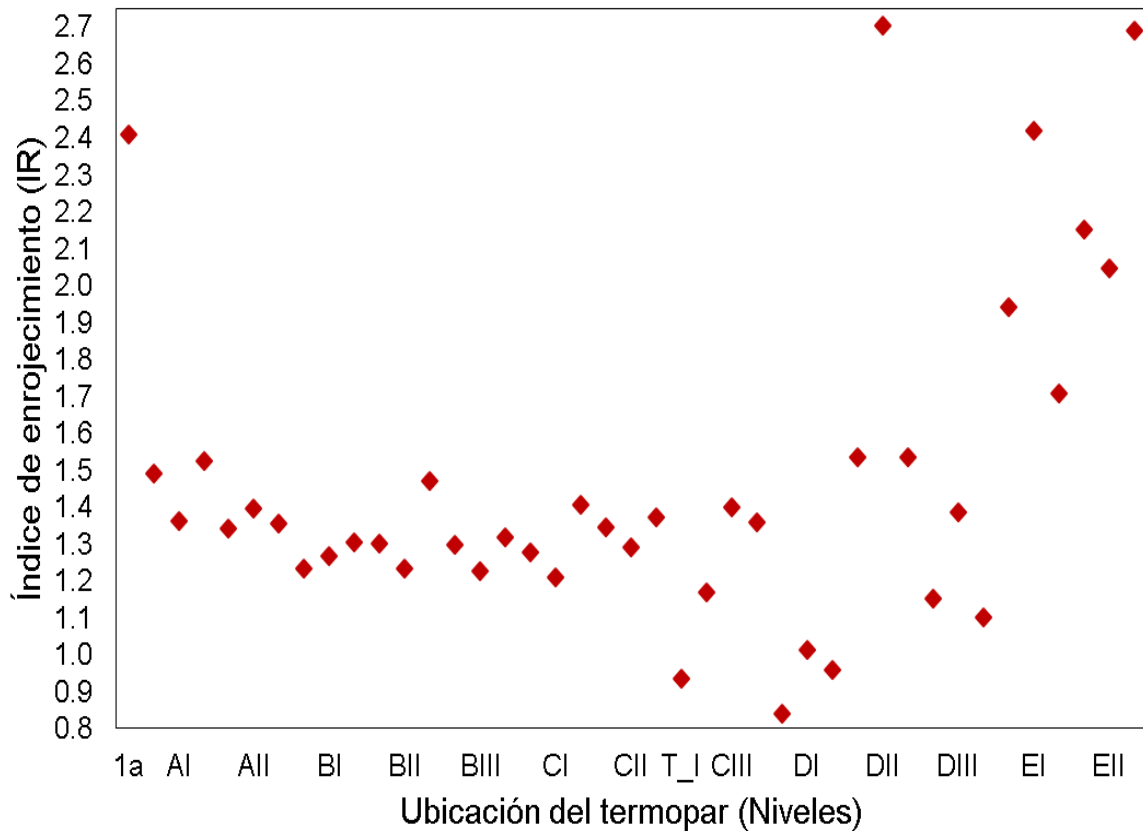


Figura 63. Valores de índice de enrojecimiento en relación con la ubicación del termopar en la tercera prueba experimental

En la Figura 64, se muestran los valores de croma con relación a la ubicación del termopar en la tercera prueba, se observan que los valores son más dispersos con el valor medio de croma del ladrillo control. A diferencia de la segunda prueba, los valores menores de croma se encuentran en el nivel E y en el nivel D (D_III).

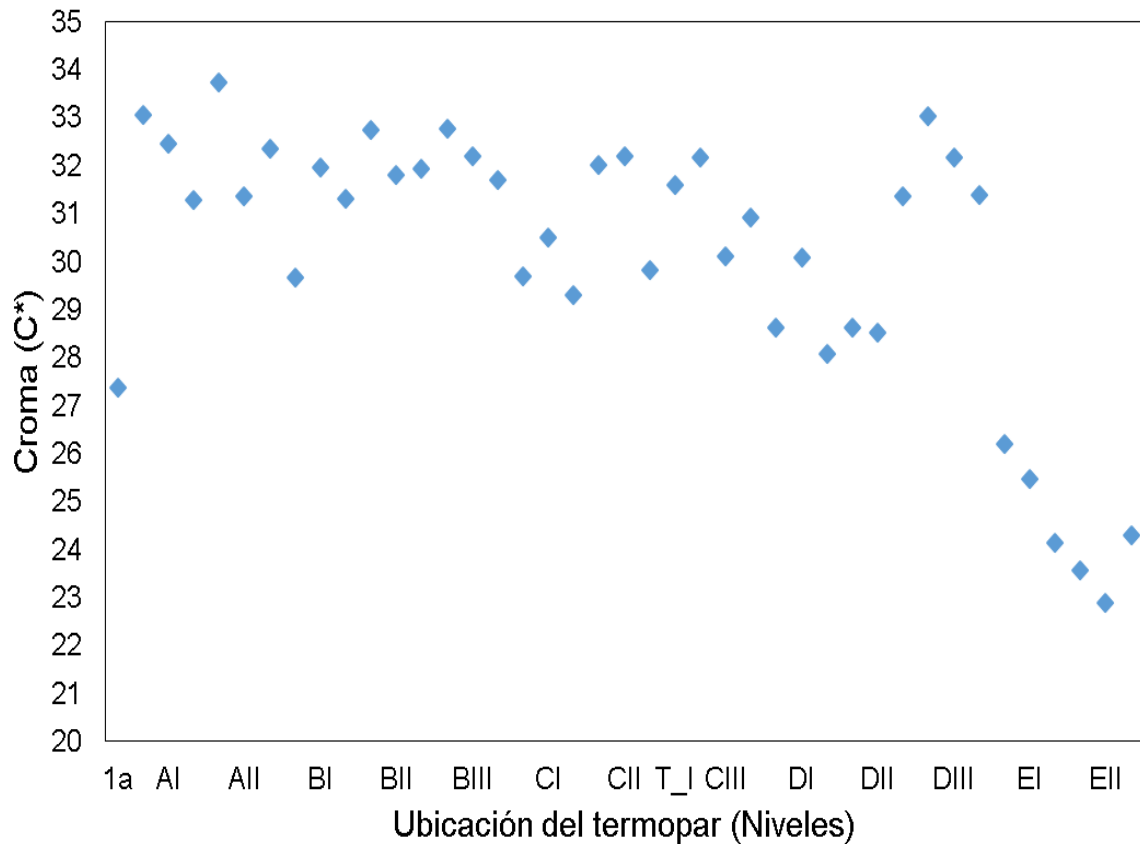


Figura 64. Valores de croma vs ubicación del termopar en la tercera prueba experimental

En la Figura 65 se observan los valores de h para la tercera prueba. De igual manera, no se encontró relación entre los valores medios del IR, C* y h contra la ubicación del termopar. También se realizaron comparaciones de la prueba de Dunnett con un valor medio de control (ladrillo de primera calidad), encontrándose que para esta prueba existen valores de h cercanos al ladrillo control, lo cual indica que hay un mayor número de ladrillos de primera calidad. Posteriormente se analiza la correlación de los parámetros de calidad (color y resistencia a la compresión) con el índice de calentamiento.

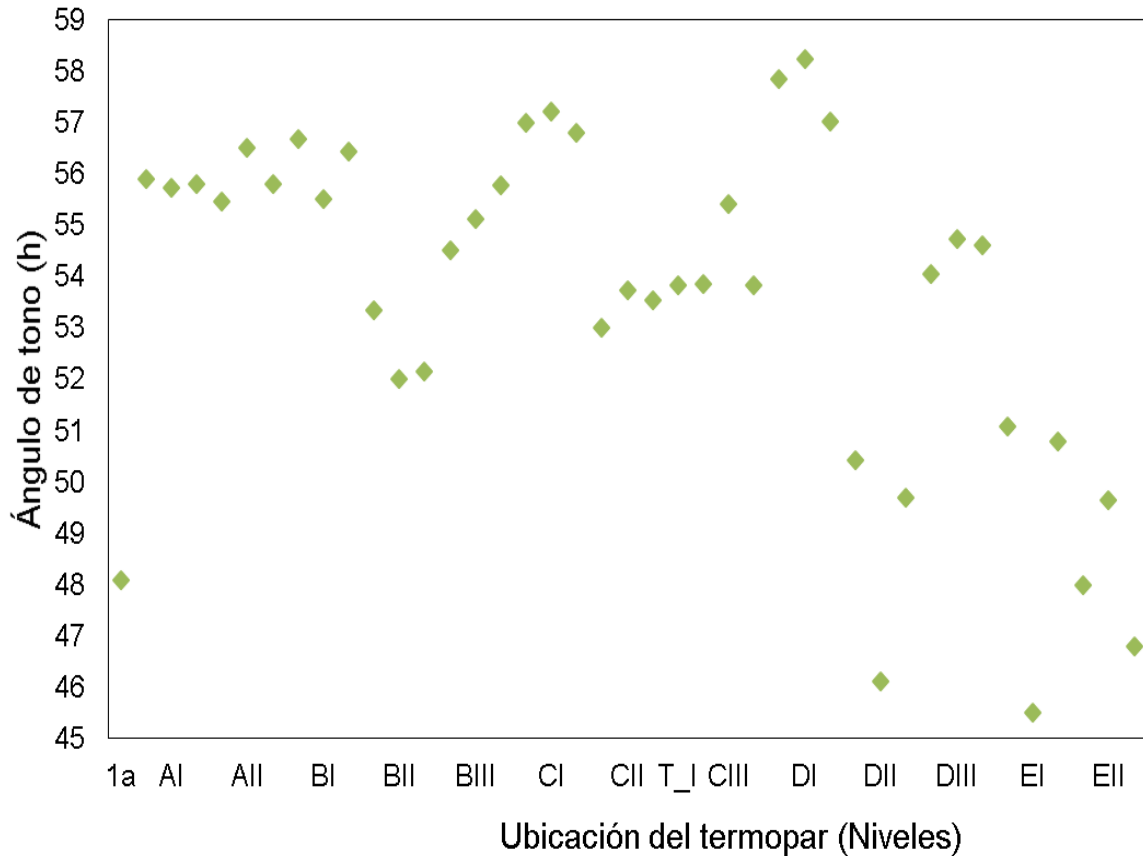


Figura 65. Valores de ángulo de tono vs ubicación del termopar en la tercera prueba experimental

Rodríguez et al. (2004), se realizó una revisión de los ladrillos cocidos en las diferentes zonas donde fueron ubicados los termopares, encontrando ladrillos con tonos rojizos intensos cerca del centro del horno modificado. Para este trabajo de investigación no sucedió lo mismo ya que presentó mucha variabilidad de valores de IR, C* y h contra la ubicación del termopar. También se debe que el trabajador usaba de manera diferente el horno entre prueba, mejorando la distribución del combustible.

En la interpretación física, se hicieron cálculos para recrear el color a partir de los componentes en la escala CIEL*a*b*obtenidos por el software EasyRGB® (Anexos 11 y 12). La percepción del color se dificulta debido a la similitud de colores, la incidencia luminosa y la variación de tonalidades dentro del mismo ladrillo. De igual forma, se obtuvo una evidencia fotográfica de los ladrillos ubicados en la periferia e

interior del horno y no se puede distinguir diferencia entre cada color de ladrillo, debido a la similitud de la apariencia (Figuras 66 y 67).

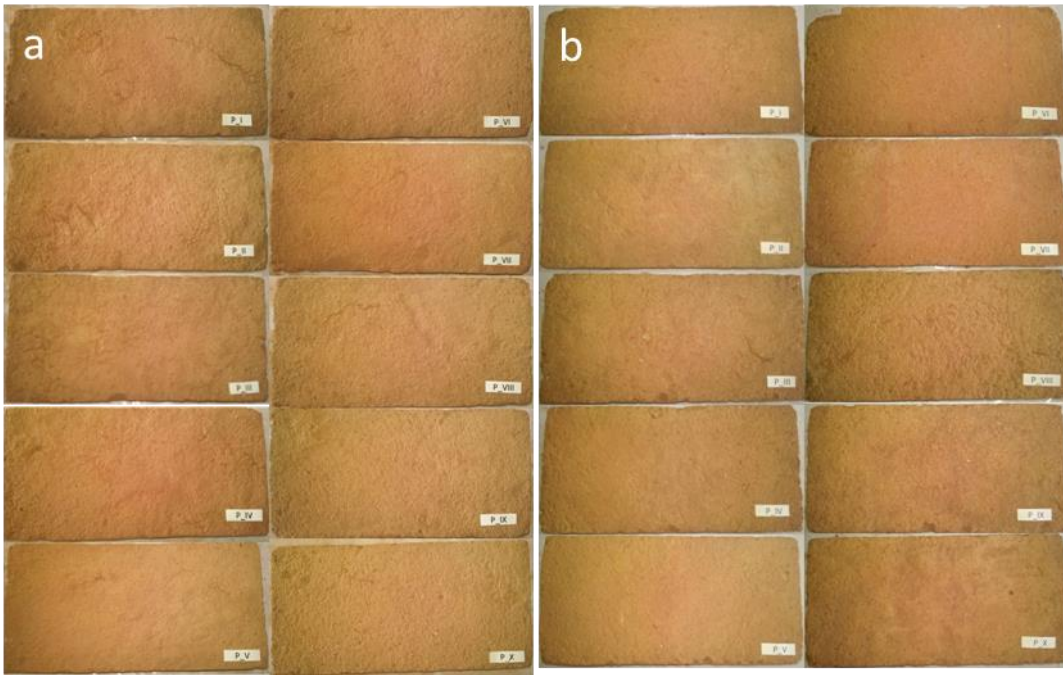


Figura 66. Imágenes de ladrillos cocidos extraídos de la periferia, a) segunda prueba, b) tercera prueba

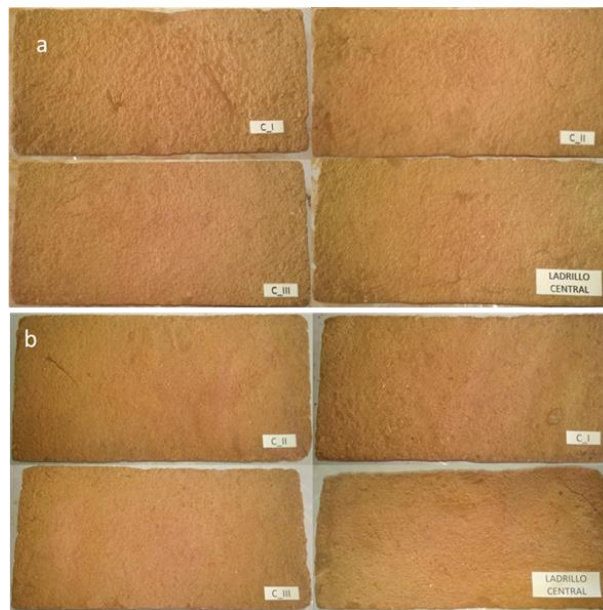


Figura 67. Imágenes de ladrillos cocidos ubicados en el centro del horno: a) 2ª prueba, b) 3ª prueba

4.4 Resistencia a la compresión

La Figura 68 muestra las resistencias a la compresión obtenidas de los ladrillos de la segunda y tercera prueba. De acuerdo con la NMX-C-404-ONNCCE-2005, la resistencia mínima de ladrillos producidos de forma artesanal es de 60 kgf/cm².

En la Tabla 8 se observan que las resistencias a la compresión obtenidas en el estudio son mayores que la resistencia mínima según la norma.

Tabla 8. Resistencias medias a la compresión para la 2ª y 3ª prueba experimental

Termopar	2a. prueba exp.	3a. prueba exp.
	Resistencia a la compresión (RC, kgf/cm ²)	
A_I	95.13 ± 37.81	88.28 ± 13.31
A_II	137.19 ± 8.35	114.77 ± 20.28
B_I	127.05 ± 11.82	104.39 ± 11.69
B_II	114.02 ± 28.75	155.79 ± 7.71
B_III	175.16 ± 16.87	117.73 ± 10.92
C_I	66.27 ± 1.71	89.77 ± 2.97
C_II	118.50 ± 40.60	152.57 ± 10.39
C_III	108.74 ± 15.97	141.56 ± 21.06
D_I	161.69 ± 20.75	119.30 ± 6.68
D_II	164.10 ± 14.70	132.05 ± 7.33
D_III	137.32 ± 26.49	130.06 ± 7.45
E_I	165.99 ± 6.28	153.40 ± 6.04
E_II	135.04 ± 25.99	124.91 ± 3.05

En la Figura 68 se grafican los valores de resistencia a la compresión de ladrillos de la segunda y tercera prueba, se señala con una línea punteada azul la resistencia mínima. No se identifica una relación clara entre los valores medios de la resistencia a la compresión con relación a la ubicación del termopar. Las resistencias en los niveles inferiores (C, D y E) tiene valores muy altos debido a que los ladrillos ubicados a esos niveles estaban muy cercanos a la zona de combustión para la segunda prueba. En la tercera prueba, se presentan valores altos de resistencias en la mayoría de los niveles excepto en los termopares A_I y C_I. Karaman et al. (2006) mencionan que algunas propiedades mecánicas son influenciadas por las

temperaturas de cocción como la contracción y la absorción de agua. Para la resistencia a la compresión menciona que cuando aumenta la temperatura de cocción, este también aumenta. Este incremento se logra observar levemente debido a que los termopares ubicados en los niveles inferiores registraban mayores temperaturas en el proceso de cocción.

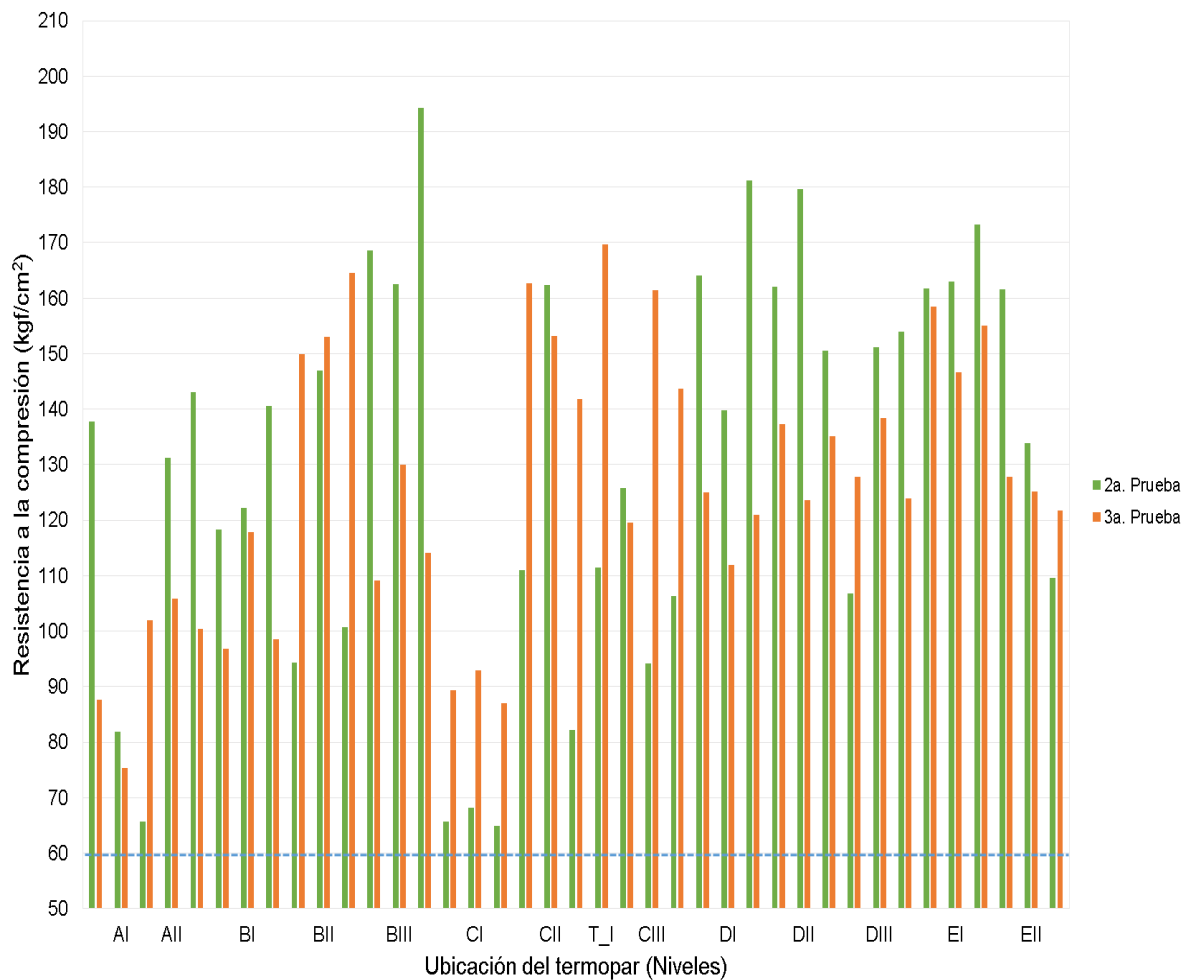


Figura 68. Resistencias a la compresión vs ubicación del termopar en la 2a y 3a prueba experimental

4.5 Resistencia a la compresión con relación a los parámetros de color de los ladrillos cocidos

En esta sección, se evalúan los parámetros de calidad mediante el análisis de correlación y posteriormente, con un análisis de regresión polinomial en cada prueba experimental. Los valores de ρ de Spearman se muestran en la Tabla 9. La inexistencia de las correlaciones se distingue de acuerdo al ajuste de datos por la regresión polinomial entre los parámetros de calidad para la segunda prueba (Figuras 69,70 y 71).

Tabla 9. ρ de Spearman de la segunda prueba

Correlación	ρ de Spearman
Resistencia a la compresión contra IR	-0.348
Resistencia a la compresión contra C*	-0.096
Resistencia a la compresión contra h	0.034

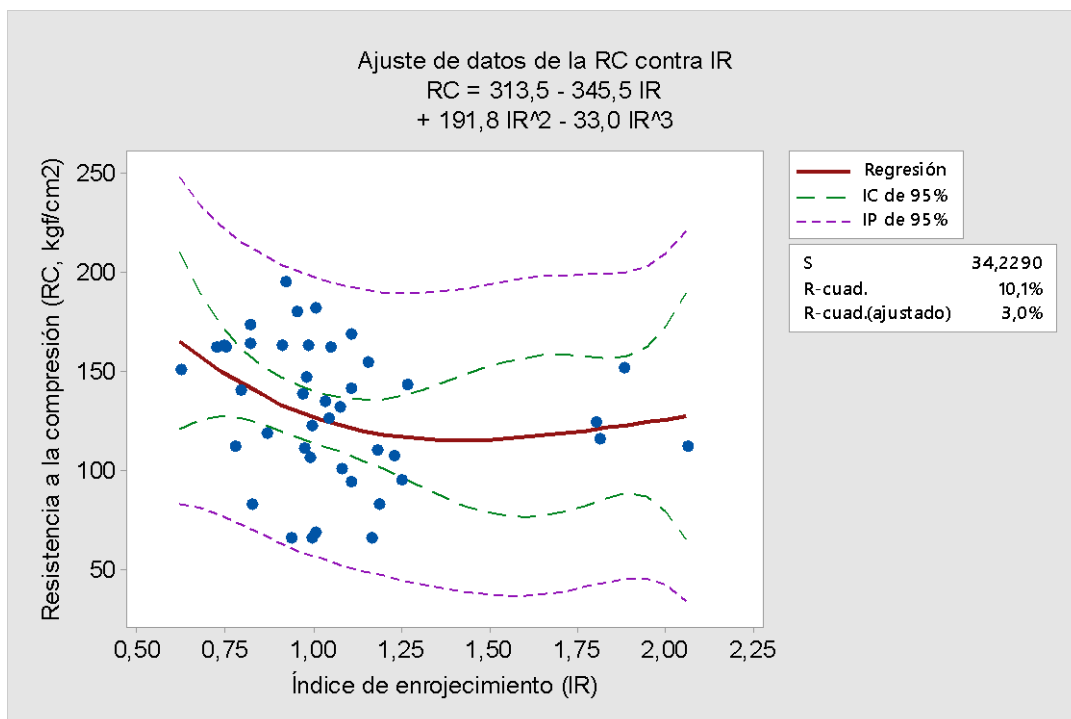


Figura 69. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de enrojecimiento en la segunda prueba

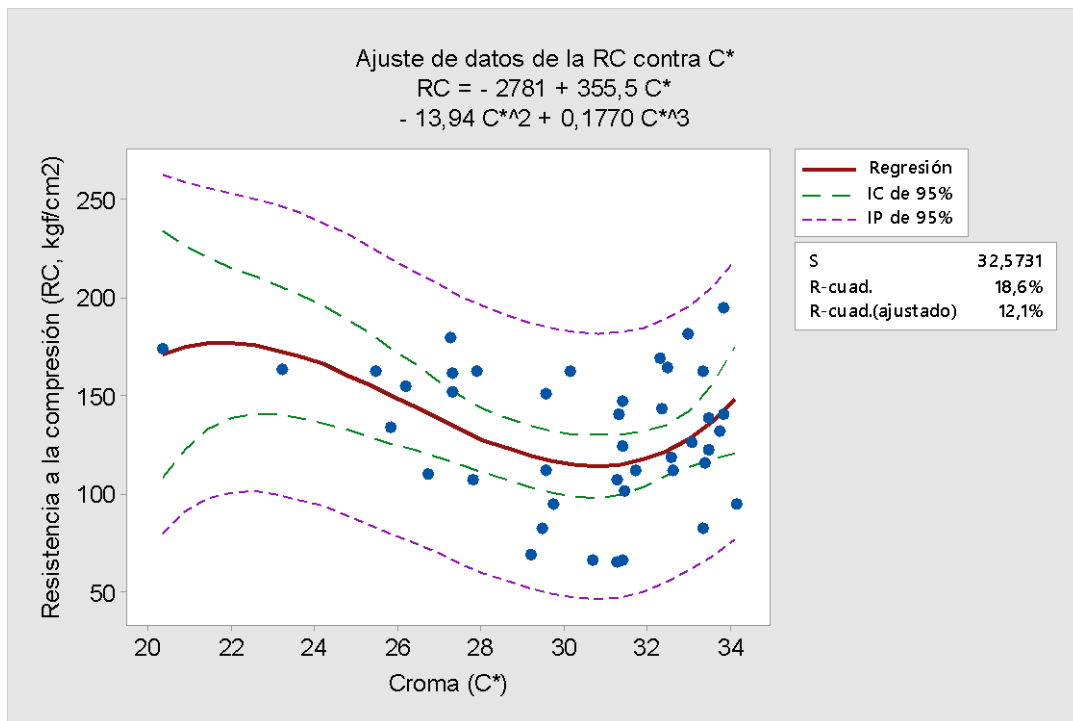


Figura 70. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra la croma en la segunda prueba

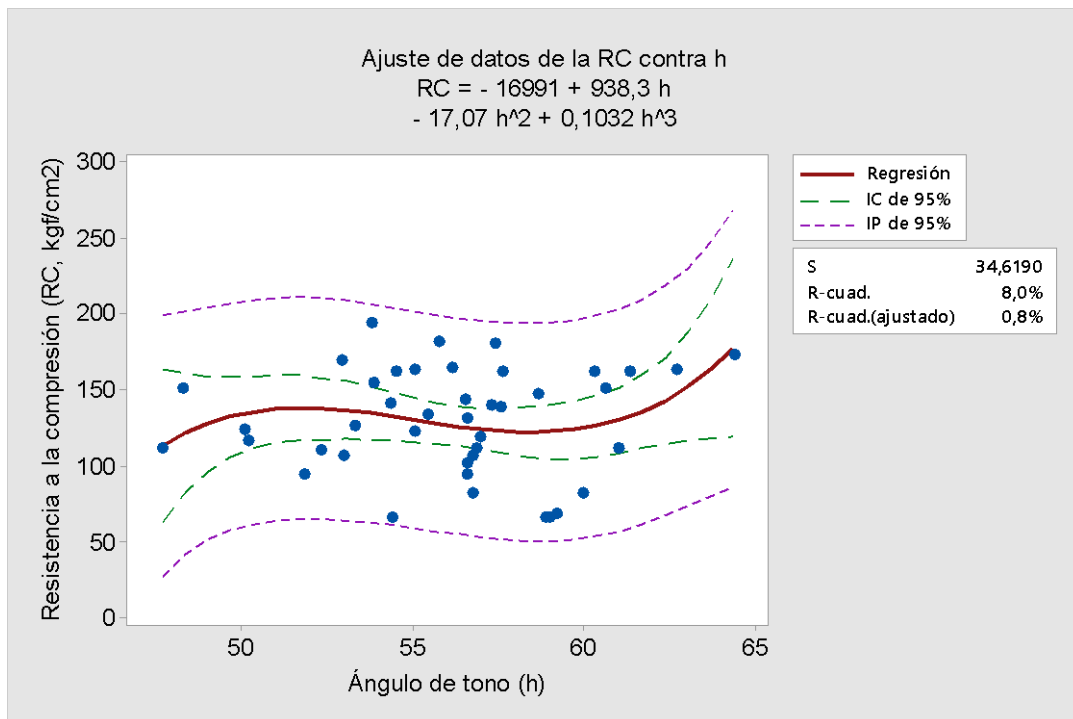


Figura 71. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el ángulo de tono en la segunda prueba

Para la segunda prueba, no existe relación entre la RC vs IR, la RC vs C* y la RC vs h.

Igual sucedió para la tercera prueba, se tiene una correlación nula para la relación de RC vs IR y RC vs C*. Pero en la relación de RC vs h se obtiene una correlación baja negativa, esto se puede observar en el ajuste de datos por la regresión polinomial entre los parámetros de calidad para la tercera prueba (Figuras 72,73 y 74). Los valores de ρ de Spearman se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. ρ de Spearman de la tercera prueba

Correlación	ρ de Spearman
Resistencia a la compresión contra IR	0.271
Resistencia a la compresión contra C*	-0.132
Resistencia a la compresión contra h	-0.656

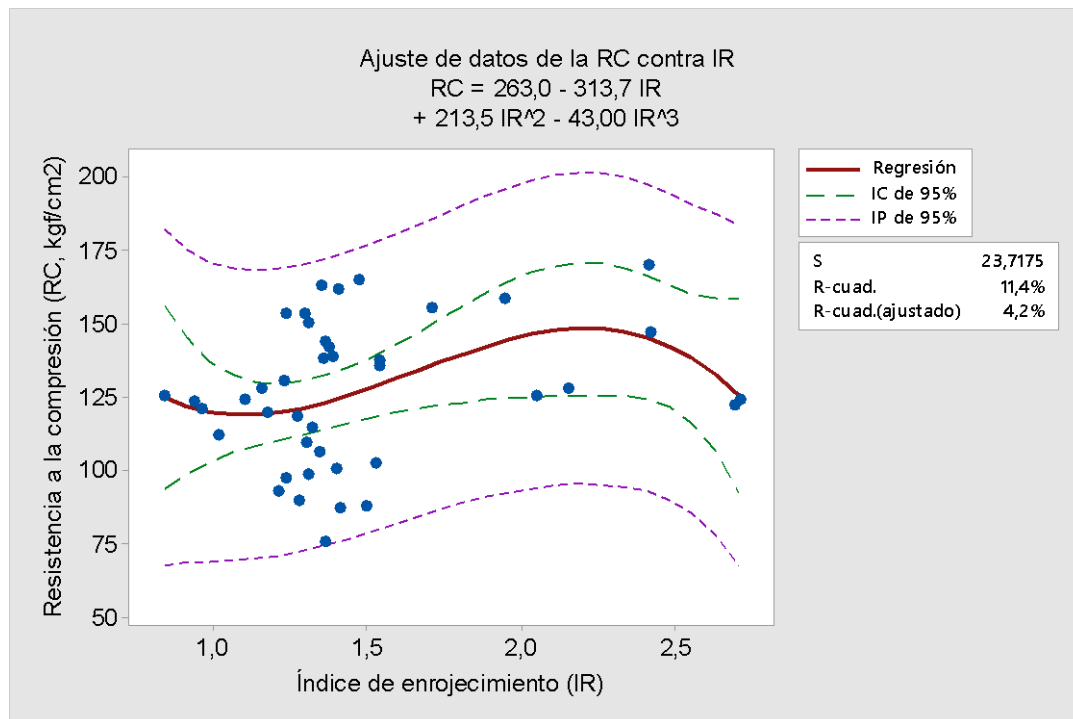


Figura 72. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de enrojecimiento en la tercera prueba

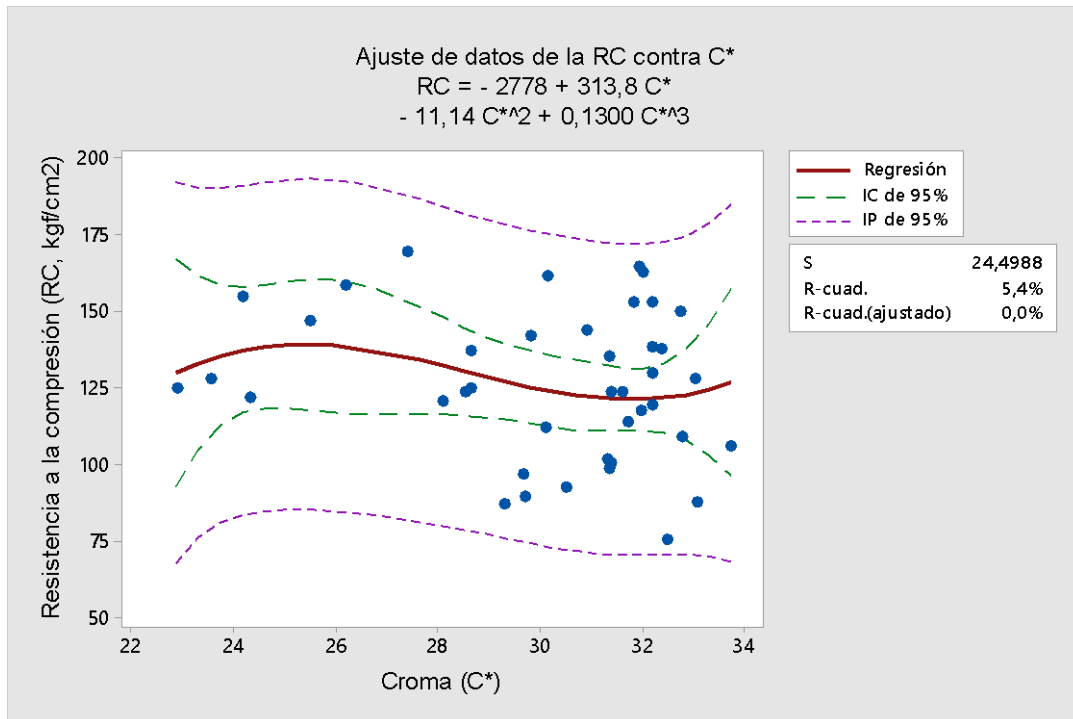


Figura 73. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra la cromía en la tercera prueba

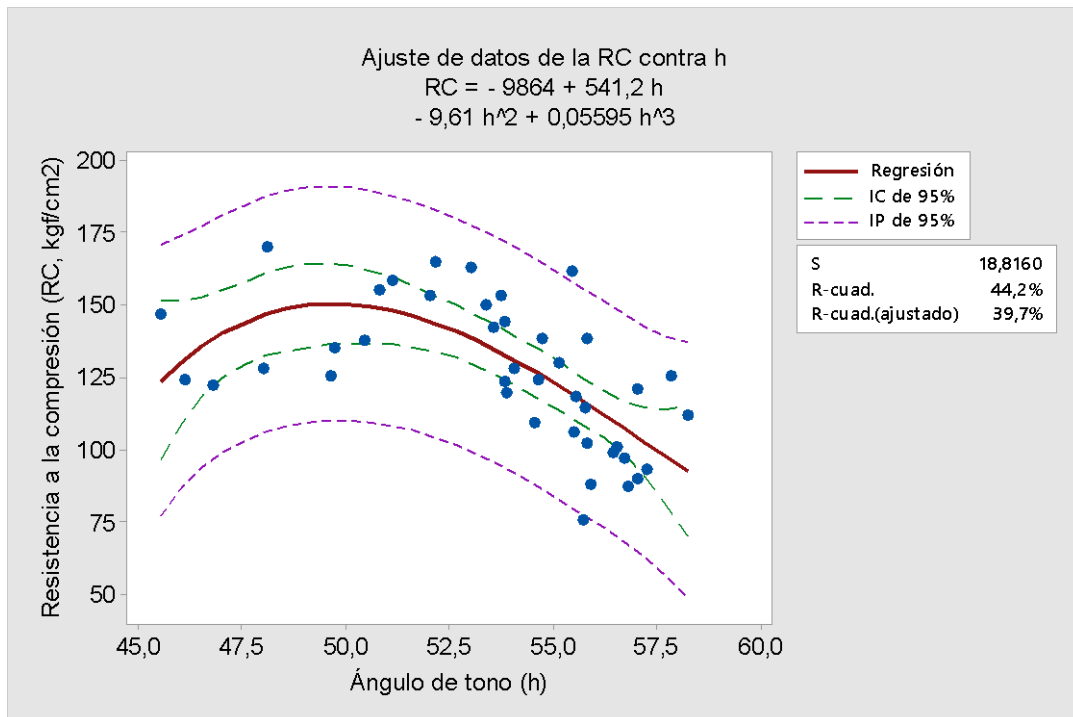


Figura 74. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el ángulo de tono en la tercera prueba

De acuerdo con los estudios de Karaman et al. (2006 y 2012), ellos encontraron una buena correlación entre la resistencia mecánica y los parámetros de color (IR, C* y h), con un coeficiente de correlación de 0.93 ($R^2=0.88$) para el h y una regresión polinomial de segundo grado. En cambio, para este estudio no se encontró ninguna buena relación entre la resistencia a la compresión y los parámetros de color. No se puede comparar el trabajo de Karaman et al. (2012) debido a que se mantuvo un incremento constante en las temperaturas de cocción y en este estudio no se pudieron controlar las temperaturas en el horno ladrillero.

Se observa levemente que hay una tendencia de que las temperaturas de cocción, si tienen un efecto directo positivo en la resistencia a la compresión pero cuando estas son analizadas por separado en este estudio.

4.6 Parámetros de color y resistencia a la compresión con relación al índice de calentamiento

En esta sección, se evalúan los parámetros de calidad contra el índice de calentamiento propuesto mediante el análisis de correlación y posteriormente, con un análisis de regresión polinomial en cada prueba experimental. Los valores de ρ de Spearman se muestran en la Tabla 11.

La inexistencia de las correlaciones se analizó de acuerdo al ajuste de datos por la regresión polinomial entre los parámetros de calidad contra el índice de calentamiento de la segunda prueba (Figuras 75-78).

Tabla 11. ρ de Spearman de la segunda prueba

Correlación	ρ de Spearman
IR contra IC	-0.231
C* contra IC	-0.653
h contra IC	-0.130
RC contra IC	0.468

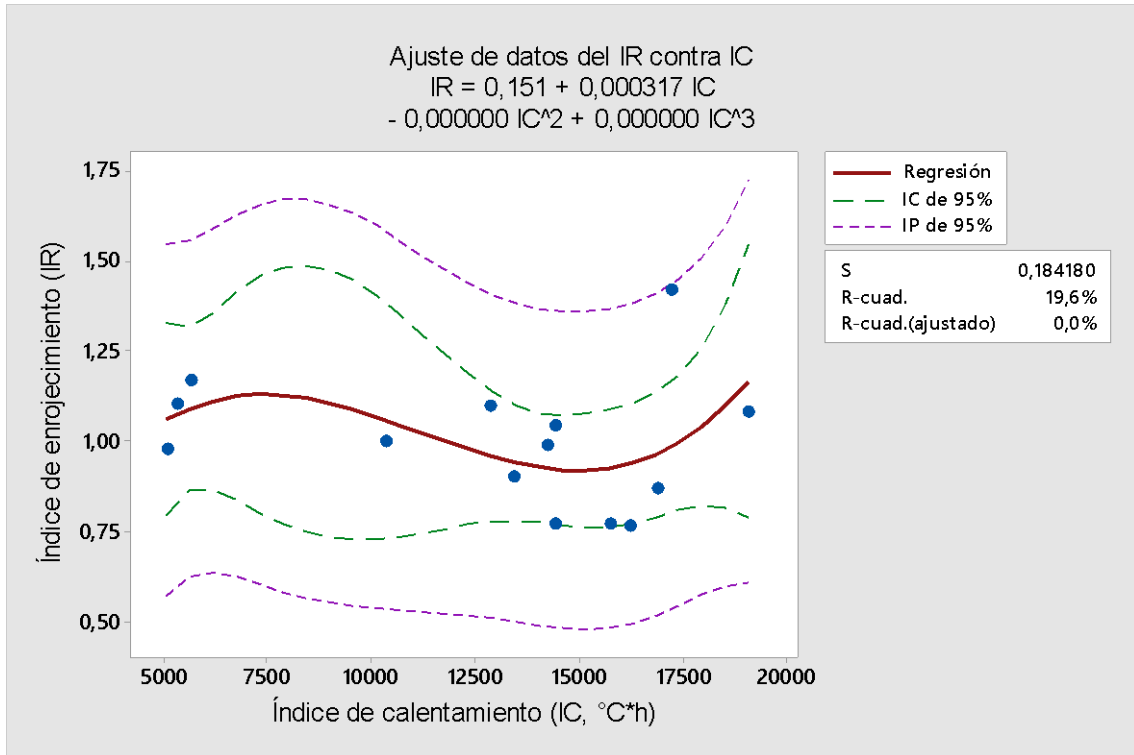


Figura 75. Ajuste de datos del índice de enrojecimiento contra el índice de calentamiento en la segunda prueba

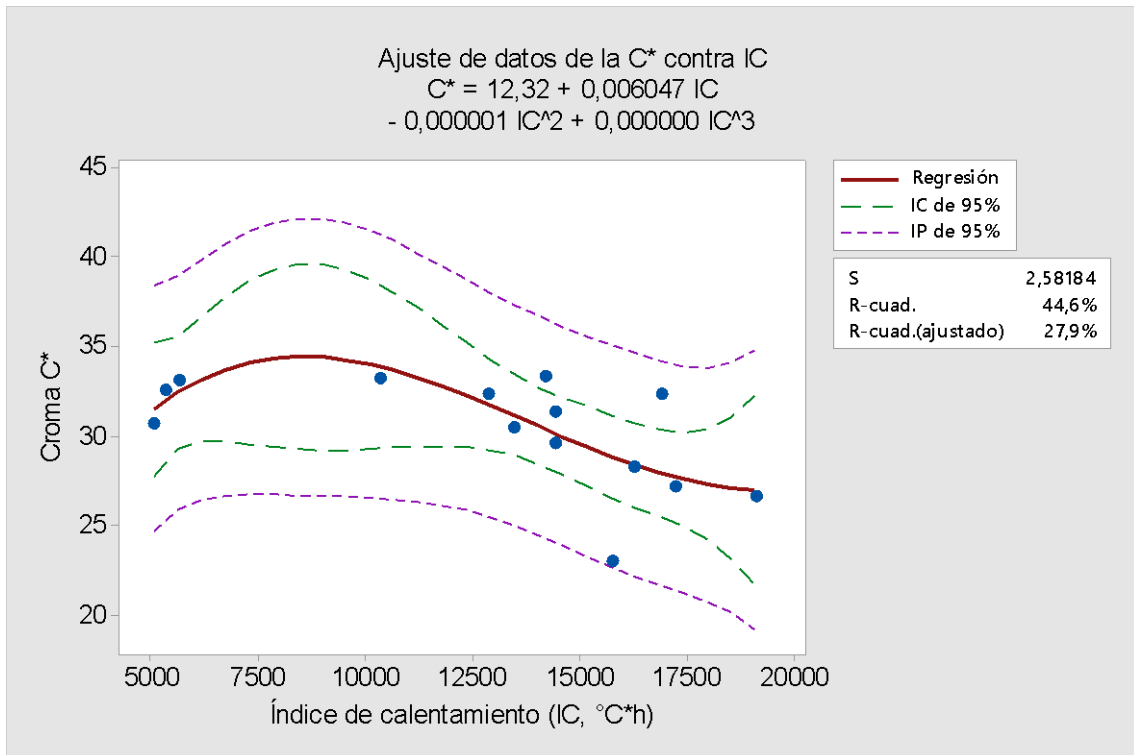


Figura 76. Ajuste de datos de la cromina contra el índice de calentamiento en la segunda prueba

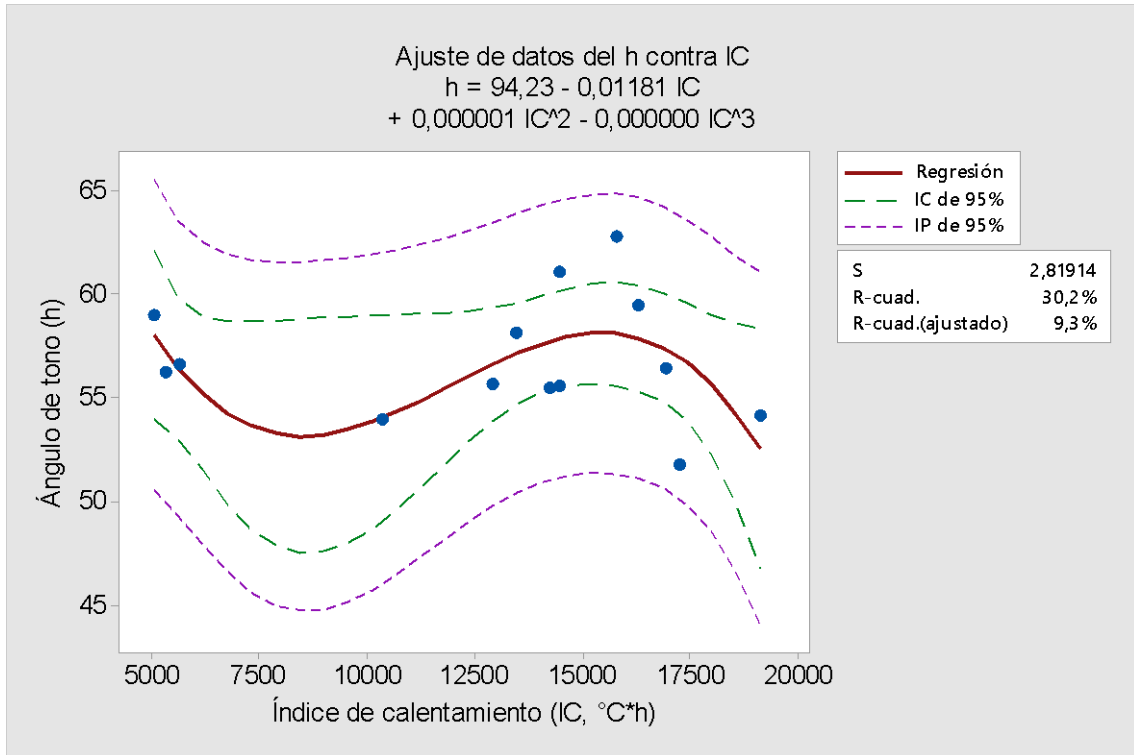


Figura 77. Ajuste de datos del ángulo de tono contra el índice de calentamiento en la segunda prueba

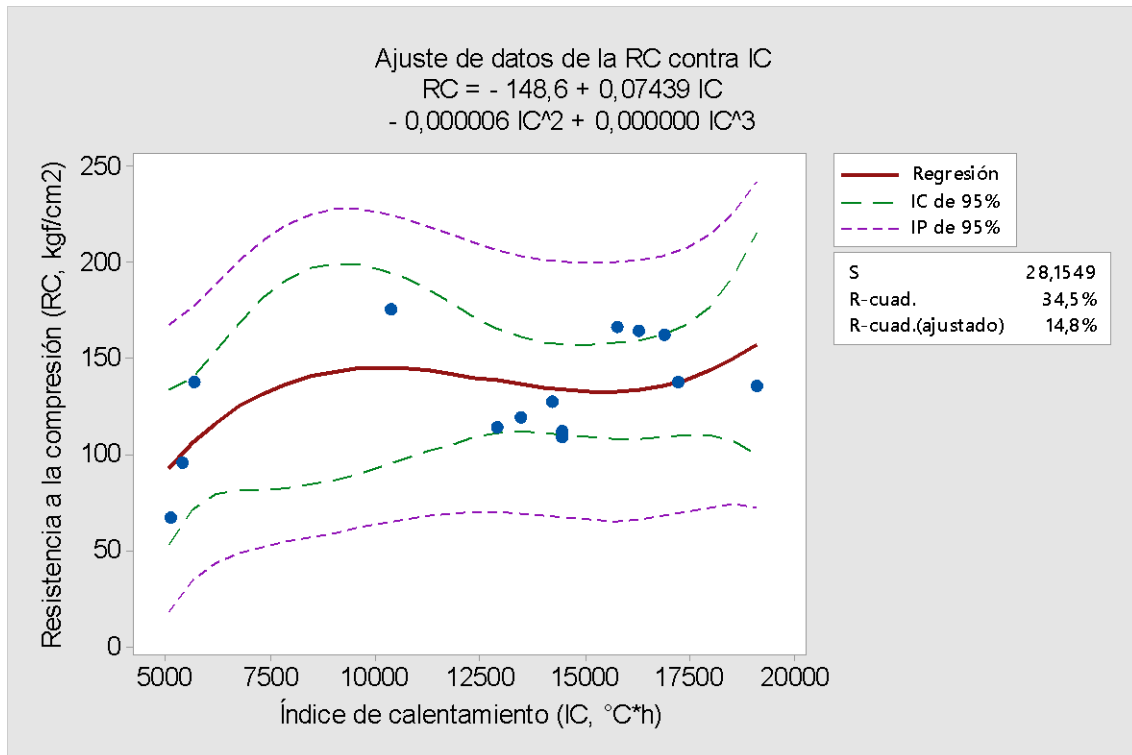


Figura 78. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de calentamiento en la 2ª prueba

Para la tercera prueba se encontraron dos buenas correlaciones inversas (negativas) para C* y h contra el IC, lo que indica que si existe al menos una relación en los parámetros de color con respecto al IC. Para el análisis de regresión polinomial cúbico, los datos de la relación positiva del IR contra IC se obtuvo un coeficiente de determinación (R²) de 83.4% y de la relación negativa de la C* vs IC un R² de 87.1%. En cambio para la relación negativa del h contra IC se obtuvo un R² de 71.5%. (Figuras 79-82)

Tabla 12. ρ de Spearman de la tercera prueba

Correlación	ρ de Spearman
IR contra IC	0.473
C* contra IC	-0.745
h contra IC	-0.582
RC contra IC	0.486

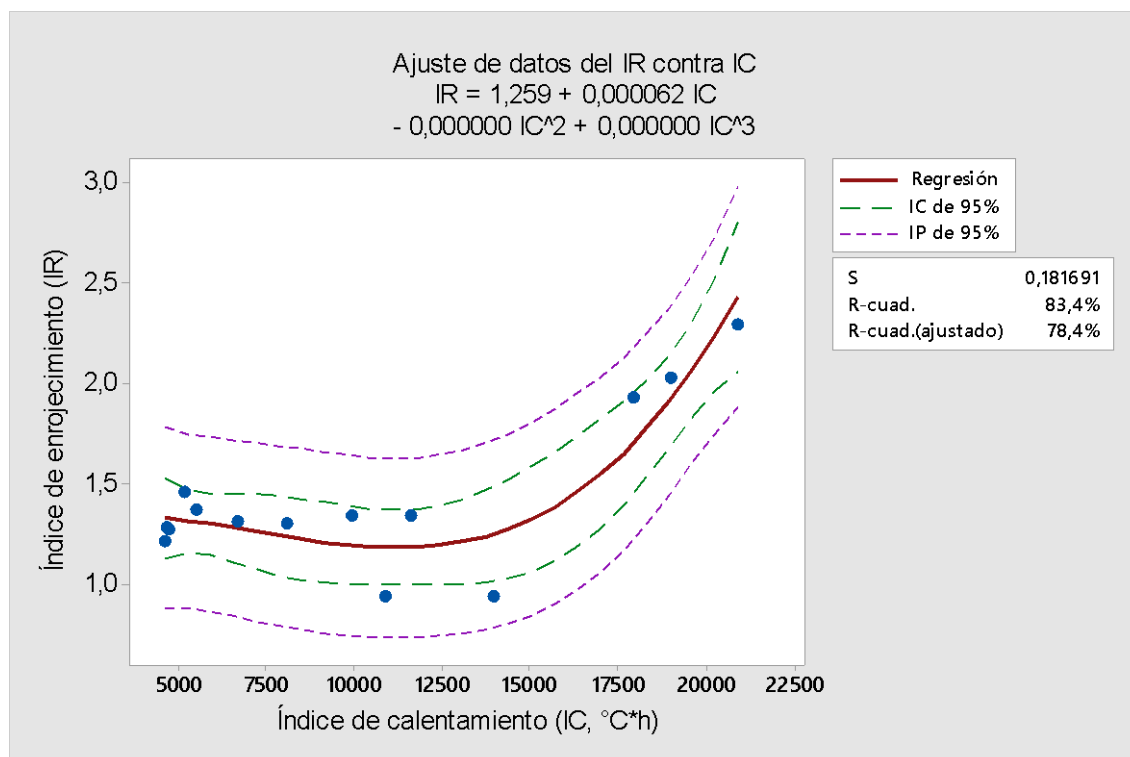


Figura 79. Ajuste de datos del índice de enrojecimiento contra el índice de calentamiento en la tercera prueba

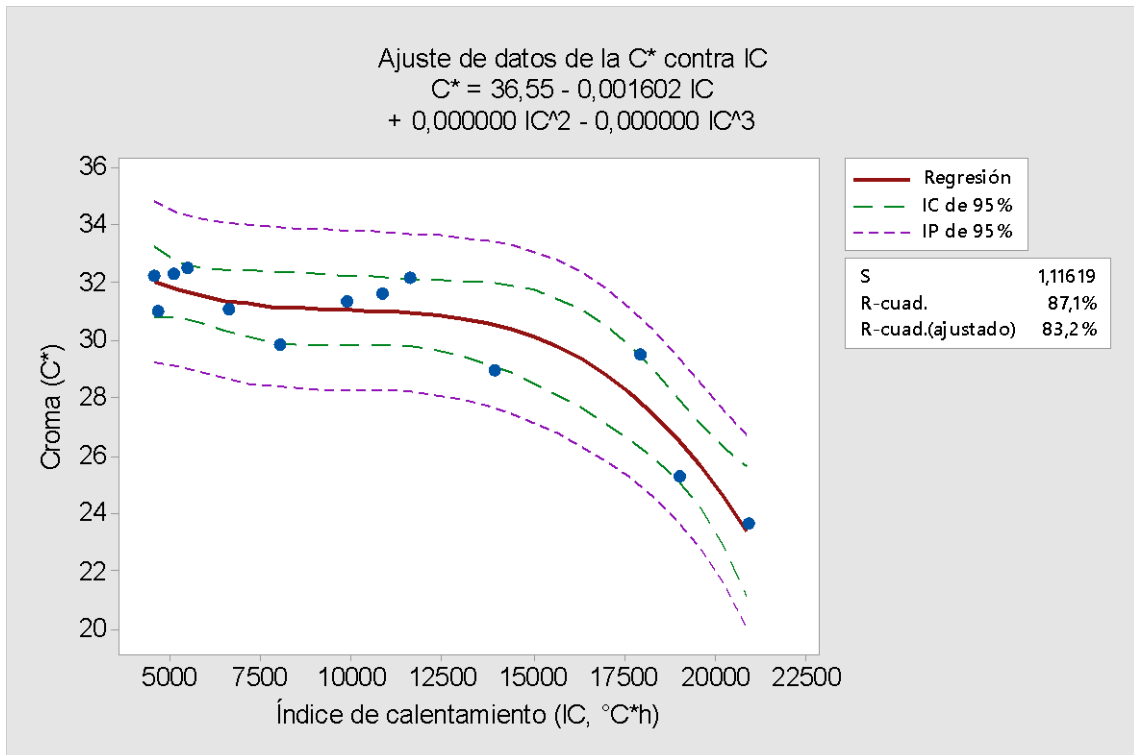


Figura 80. Ajuste de datos de la croma contra el índice de calentamiento en la tercera prueba

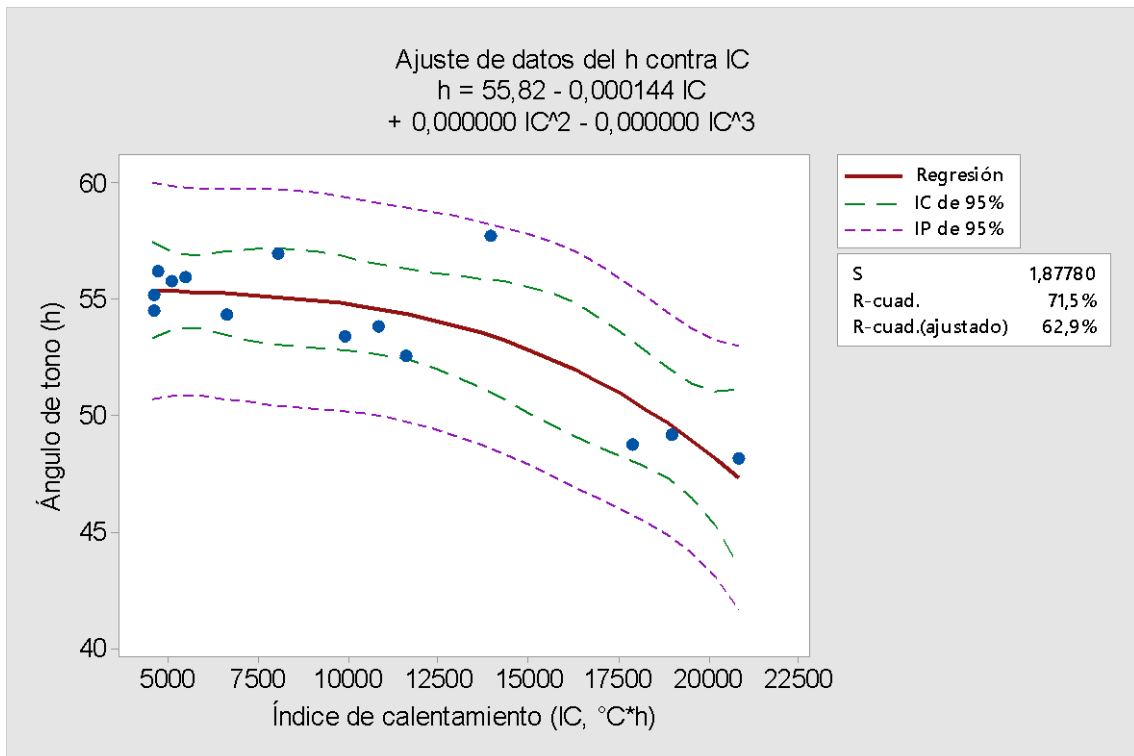


Figura 81. Ajuste de datos del ángulo de tono contra el índice de calentamiento en la tercera prueba

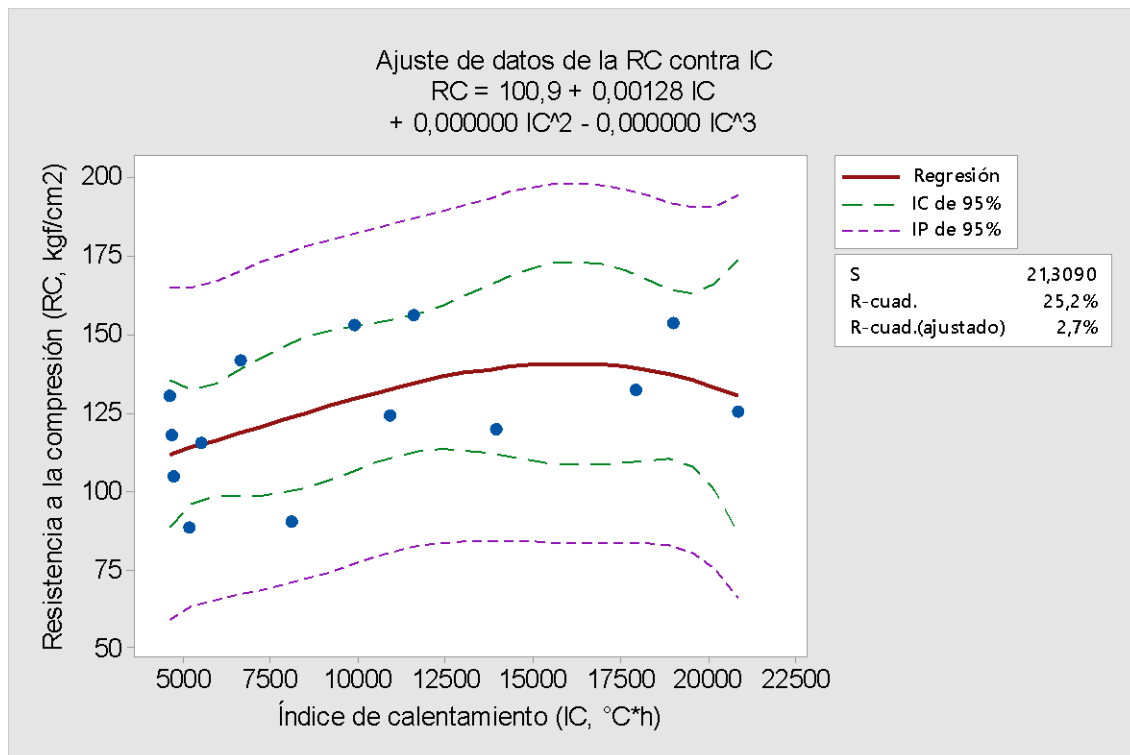


Figura 82. Ajuste de datos de la resistencia a la compresión contra el índice de calentamiento en la tercera prueba

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En Oaxaca, existe la necesidad de mejorar la industria ladrillera. Nuevas tecnologías como los hornos ladrilleros deben ser evaluados para su incorporación en este sector productivo. En el presente trabajo se evaluó experimentalmente el comportamiento térmico del horno MK-2, así como las características de los ladrillos producidos. El proceso de cocción en un horno ladrillero es complejo por lo que las siguientes conclusiones tienen el propósito de orientar la toma de decisiones en el *Proyecto piloto para la instalación, equipamiento y pruebas de funcionamiento de dos hornos prototipo para el cocido de ladrillo en la Zona Metropolitana de Oaxaca* financiado por el Gobierno de Oaxaca.

- El comportamiento térmico de las zonas de combustión y de carga de los módulos del horno MK-2 no son similares. Las temperaturas cambian con relación a la distancia radial del centro del horno y a la altura de la carga. Las temperaturas mínimas de cocción en la parte superior de la carga de ladrillos solo se alcanzan después del sellado de la puerta de alimentación (finalización de la dosificación de combustible).
- El empleo del horno filtro y el uso del dosificador afectan la distribución y los niveles de temperatura dentro del horno de cocción.
- Los elementos constructivos del horno MK-2 (túneles de interconexión, chimenea, y horno filtro) influye en su comportamiento térmico. La bóveda del túnel de interconexión que se “proyecta” en la zona de combustión reduce la temperatura dentro del horno en donde ésta se ubica.
- El índice de calentamiento, que es un medio para valorar el nivel de cocción de los ladrillos, tiene una correlación débil (tendencia polinómica) con relación al croma (R^2 de 87.1%), al índice de enrojecimiento (R^2 de 83.4%), y al ángulo de tono (R^2 de 71.8%) de los ladrillos cocidos.

- La resistencia a la compresión de los ladrillos producidos durante la cocción en el horno MK-2 son superiores al límite aceptable por la norma. El índice de calentamiento no correlaciona con la resistencia a la compresión de los ladrillos cocidos.
- La resistencia a la compresión y los componentes de color del espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cocidos en el horno MK-2 (análisis de correlación ρ de Spearman), no se correlacionan.

5.2 Recomendaciones

Se propone la modificación del prototipo del horno MK-2 para mejorar su desempeño: retirar la bóveda del túnel de interconexión que se proyecta dentro del hogar, sellar el túnel de interconexión que corresponda con ladrillo y lodo para evitar cavidades como zona de “amortiguamiento térmico”, aumentar la altura entre la base del hogar (cenicero) y los arcos, para uniformizar el flujo de calor, aumentar el tiro de la chimenea y establecer los criterios para operar con el horno filtro y con ello evitar fogonazos en dirección de los operarios.

Con las modificaciones y recomendaciones sugeridas anteriormente, realizar pruebas de cocción siguiendo un protocolo preestablecido de quema y evaluar la calidad de los ladrillos producidos.

Se recomienda realizar un estudio para el cálculo de la eficiencia energética mediante un balance de energía y masa del proceso de cocción. Se debe tener en cuenta que para este tipo de estudio es necesario la cuantificación de biomasa al momento que se esté suministrando y al consumirse.

Estudiar el ahorro energético así como la emisión de contaminantes durante todo el proceso de cocción de ladrillos.

De acuerdo con los resultados del trabajo, se propone analizar la información obtenida empleando coordenadas cilíndricas con visualización dinámica en 3D, para entender la dinámica de calentamiento dentro del horno MK-2.

También es recomendable estudiar el proceso de cocción mediante dinámica de fluidos computacional (CFD). Este análisis permite una simulación de la dinámica de los gases de combustión y de la transferencia de calor. Además es posible el cálculo de las fuerza de los gases dentro del horno

REFERENCIAS

- Aguilar, M. (2000). Diseño de un horno ladrillero mejorado. Oaxaca, México: IPN-CIIDIR Oaxaca.
- Aramide, F. O. (2012). Effect of Firing Temperature on Mechanical Properties of Fired Masonry Bricks Produced from Ipetumodu Clay. *Leonardo Journal of Sciences*. 21(1), 70-82.
- Blackman, A. & Bannister, G. J. (1998). Community Pressure and Clean Technology in the Informal Sector: An Econometric Analysis of the Adoption of Propane by Traditional Mexican Brickmakers. *Journal of Environmental Economics and Management*. 35(1). 1-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/jeem.1998.1019>
- Blackman, A., Newbold, S., Shih, J. S. & Cook, J. (2006). The Benefits and Costs of Informal Sector Pollution Control: Mexican Brick Kilns. *Environment and Development Economics*. 11(5). 603-627. DOI: 10.1017/S1355770X06003159
- Bruce, C. W., Corral, A. Y., & Lara, A. S. (2007). Development of Cleaner-Burning Brick Kilns in Ciudad Juarez, Chihuahua, México. *Journal of the Air & Waste Management Association*.
- Cárdenas, B., Aréchiga, U., Munguía, J. L., Márquez, C., & Campos, A. (2011). Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire: segunda etapa. Informe Final del Convenio de Colaboración INE/ADA-110071. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, 54 pp.
- Cengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Diego, N. F., Martínez A. C. & Rodríguez R.J. (1999). Informe técnico final del proyecto "Desarrollo de un Prototipo de Horno para la Cocción de Ladrillos con Tecnología Limpia". Instituto Estatal de Ecología del Estado de Oaxaca.
- De Monte, D. P., & Díaz, O. E. (2011). La industria ladrillera: Actividad milenaria, millonaria y postergada. El estado de la clase trabajadora, en la provincia de Buenos Aires", 118 pp.
- Felder, R. (2013). Principios elementales de los procesos químicos. México: Limusa Wiley.
- Gijón, N., & López, S. (2002). Mejoramiento del proceso de cocción del ladrillo rojo utilizando el principio de tiro invertido. Oaxaca, México: IPN-CIIDIR Oaxaca.

Gol'tsova, O. B., Klekovkin, V. S. & Tenenev, V. A. (2008). Development and approval of a mathematical model of a brick firing kiln. *Glass and Ceramics*. 65(1). 100-103. DOI: 10.1007/s10717-008-9025-2

González, P. C. (2010). La introducción de hornos ecológicos en una comunidad ladrillera: factores de adopción y resistencia al cambio tecnológico. Tijuana, México: El Colegio de la Frontera Norte.

Gupta, J. (2003). Informal labour in brick kilns: need for regulation. *Economic and Political Weekly*. 3282-3292.

Guttikunda, S. K. & Khaliquzzaman, M. (2014). Health benefits of adapting cleaner brick manufacturing technologies in Dhaka, Bangladesh. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 7(1). 103-112. DOI: 10.1007/s11869-013-0213-z

Hamilton, D. (1989). *Alfarería y Cerámica*. España: Ediciones CEAC.

Hoang, A. L. & Nguyen, T. K. (2010). Integrated assessment of brick kiln emission impacts on air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*. 171(1), 381-394. DOI: 10.1007/s10661-009-1285-y

Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. (2012). Acuerdo del IEEDS de Oaxaca, mediante el cual se emiten normas reglamentarias relativas al funcionamiento de hornos de cocción de ladrillos y cerámicas en el estado de Oaxaca. Oaxaca, México: Talleres Gráficos de Gobierno del Estado. Recuperado de <http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/>

Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. (2013). Estudio de Factibilidad Legal, Ambiental, Social y Económica para reducir o evitar las emisiones a la atmósfera del Sector Ladrillero en la Zona Metropolitana de Oaxaca, Diagnóstico Legal. México: PRETIUM Consultoría y Estrategia.

Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable. (2015). Informe final del proyecto piloto para la instalación, equipamiento y pruebas de funcionamiento de dos hornos prototipo para el cocido de ladrillo en la Zona Metropolitana de Oaxaca para la asesoría técnica a productores.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). Anuario estadístico de Oaxaca. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Aee07/info/oax/mapas.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). Aportación del PIB estatal en las actividades secundarias. Oaxaca. Recuperado de

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/economia/default.aspx?tema=me&e=20>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Información por entidad-Oaxaca. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/default.aspx?tema=me&e=20>

Jones, T. (1996). *The Basic of Brick kiln Technology*. Alemania: Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft GmbH Braunschweig. (pp. 5)

Joshi, S. K. & Dudani, I. (2008). Environmental health effects of brick kilns in Kathmandu valley. *Kathmandu University Medical Journal*. 6(21). 3-11.

Karaman, S., Gunal, H. & Ersahin, S. (2006). Assessment of clay bricks compressive strength using quantitative values of colour components. *Construction and Building Materials*. 20(5), 348-354

Karaman, S., Erşahin, S. & Gunal, H. (2006). Firing Temperature and Firing Time Influence on Mechanical and Physical Properties of Clay Bricks. *Journal of scientific and Industrial Research*. 65(2), 153-160.

Karaman, S., Gunal, H. & Gokalp, Z. (2012). Variation of clay brick colors and mechanical strength as affected by different firing temperatures. *Scientific Research and Essays*. 7(49), 4208-4212.

Kenamer, G., Bricks, B., Frederic, A., Frederic, G. & Frederic, J. (2008). Compresión y control Del color: Manteniendo la imagen de sus productos. *Konica Minolta SENSING AMERICAS*. SENSING.KONICAMINOLTA.COM.MX

Kern, D. Q. (2007). *Procesos de Transferencia de Calor*. México: Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V.

Konica Minolta. (2014). Comunicación precisa de los colores. Espacio de color CIELAB. Recuperado de <http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part1/07.html>

Lara, A., Bruce, C., Ávila, L., & Corral, A. Y. (2001). Operación y mantenimiento de los hornos ladrilleros tipo MK-2 (presentación). Derechos reservados a NMSU.

Marques de Cantú, M. J. (1991). *Probabilidad y estadística para ciencias Químico-Biológicas*. México. Editorial MC-Graw Hill Interamericana, 425-428

Monteiro, S. N. & Vieira, C.M.F. (2004). Influence of firing temperature on the ceramic properties of clays from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Applied Clay Science*. 27(1), 229-234. DOI: 10.1016/j.clay.2004.03.002

Murad, E. & Wagner, U. (1998). Clay and clay minerals: The firing process. *Hyperfine Interactions*. 117, 337-356.

Navarro Enrique, J.E. & Amorós, J.L. (1985). Tecnología cerámica. Vol. I. Introducción a la tecnología cerámica. Materias primas cerámicas. Instituto de Química Técnica. Univ. de Valencia. 155 pp

NMX-C-036-ONNCCE-2004."Industria de la construcción – bloques, tabiques, tabicones y adoquines – Resistencia a la compresión – método de prueba"

NMX-C-038-ONNCCE-2005."Industria de la construcción – Determinación de las dimensiones de ladrillos, tabiques, bloques y tabicones para la construcción"

NMX-C-404-ONNCCE-2005."Industria de la construcción- Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – Especificaciones y métodos de prueba"

Oba, R., Possamai, T. S. & Nicolau, V: P: (2014). Thermal analysis of a tunnel kiln used to produce roof tiles. *Applied Thermal Engineering*. 65(1), 59-65. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.10.063>

Olsen, F. L. (2001). The Kiln Book: Materials, Specifications & Construction. U.S.A.: The Back Country. Recuperado de <http://www.amazon.com/The-Kiln-Book-Specifications-Construction/dp/0873419103>

Pérez, E., García, S., & Rendón, J. M. (2002). Alternativas para el mejoramiento en la fabricación de ladrillos en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de licenciatura. Oaxaca, México: IPN- CIIDIR Oaxaca.

Plester, D. (2005). Temperature Profiling; A Global View. *Special Section: Brick & Clay Record. Ceramic Industry*.83-86.

Prasertsan, S. and Theppaya, T. (1995). A study toward energy saving in brick making-Part 1: Key parameters for energy saving, RERIC Int. Energy J. 17(2), 143-154.

Prasertsan, S., Theppaya, T., Prateepchaikul G. and Kirirat, P. (1996). A study toward energy saving in brick making-Part 3: Experiment verification and operation strategy, RERIC Int. Energy J., 18(2), 113-128.

Prasertsan, S., Theppaya, T., Prateepchaikul G. and Kirirat, P. (1997). Development of an energy-efficient brick kiln. *International Journal of Energy Research*. 21(15), 1363-1383. DOI: 10.1002/(sici)1099-114x(199712)21:15<1363::aid-er336>3.0.co;2-9

Red Ladrilleras, Red de información de productores de ladrillos. (2013). Recuperado el 29 de Octubre de 2013, de http://www.redladrilleras.net/development/index.php?rl=c4ef352f74e502ef5e7bc98e6f4e493d&id_cat=1

Reyes Jaramillo, I. (2000). Las arcillas: barro, creación, vida y arte. *ContactoS* 36. 24-32.

Rhodes, D. (2004). Hornos para ceramistas. Barcelona, España: CEAC.

Riojas, O. A. & Rodríguez, N. E. (2004). Características de hornos para productos cerámicos del Parque Minero Industrial, El Mochuelo Localidad 19 de Bogotá, D.C. *Tecnura*, 24-31.

Rodríguez, J., Diego, F., Martínez, C., Méndez, L. L., & Aguilar, M. (2004). Perfiles de temperaturas en un horno ladrillero. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 209-217.

ANEXOS

Anexo 1.	Temperaturas registradas en la periferia del horno (1ª prueba exp. 18/09/2014)	105
Anexo 2.	Temperaturas registradas en la periferia del horno (2ª prueba exp. 24/09/2014)	112
Anexo 3.	Temperaturas registradas en la periferia del horno (3ª prueba exp. 01/10/2014)	120
Anexo 4.	Temperaturas registradas en el interior del horno (2ª prueba exp. 24/09/2014)	128
Anexo 5.	Temperaturas registradas en el interior del horno (3ª prueba exp. 01/10/2014)	133
Anexo 6.	Operaciones realizadas durante el proceso de cocción (1ª prueba exp. 18/09/2014)	141
Anexo 7.	Operaciones realizadas durante el proceso de cocción (2ª prueba exp. 24/09/2014)	143
Anexo 8.	Operaciones realizadas durante el proceso de cocción (3ª prueba exp. 01/10/2014)	146
Anexo 9.	Mediciones de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cercanos a los termopares ubicados en la periferia del horno MK-2	147
Anexo 10.	Mediciones de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cercanos a los termopares ubicados en el interior del horno MK-2	150
Anexo 11.	Promedios de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos ubicados en la periferia del horno	154
Anexo 12.	Promedios de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos ubicados en el interior del horno MK-2	156
Anexo 13.	Resistencias a la compresión (RC, kgf/cm ²) para la 2ª y 3ª prueba experimental	158

ANEXOS

Anexo 1. Temperaturas registradas en la periferia del horno (1ª prueba exp. 18/09/2014)

Tiempo (horas)	Posición									
	P_I	P_II	P_III	P_IV	P_V	P_VI	P_VII	P_VIII	P_IX	P_X
1.0	233.7	392.8	332.3	387.0	235.3	218.3		159.3	101.4	127.3
1.1	236.4	397.5	343.8	423.2	246.7	226.9		164.6	106.3	131.0
1.2	241.9	413.8	360.8	438.3	260.7	235.7	402.3	174.5	109.0	138.3
1.3	245.5	428.0	373.0	453.3	270.7	245.6	437.1	185.4	113.4	143.1
1.3	248.1	439.6	385.5	469.4	283.7	255.7	453.3	192.4	119.1	148.8
1.4	238.9	465.5	392.6	457.8	285.9	259.6	450.9	199.1	117.3	150.5
1.5	247.2	477.7	412.2	488.8	302.5	271.9	473.9	202.2	126.7	152.5
1.6	242.5	485.3	415.7	25.5	309.0	280.2	480.8	206.2	129.3	152.7
1.7	239.5	494.4	421.8	25.8	241.5	282.2	470.5	203.5	131.9	153.8
1.8	240.0	502.2	433.1	26.6	341.1	292.6	486.2	212.0	140.5	156.4
1.8	237.1	503.0	434.8	25.9	345.3	297.8	492.2	222.5	140.4	161.9
1.9	229.6	498.3	429.1		118.1	293.2	472.5	194.7	143.6	155.4
2.0	238.6	496.6	433.9	72.8	290.8	288.5	474.0	165.1	160.8	130.3
2.1	238.3	492.1	439.9	478.8	333.1	292.0	487.4	192.1	154.9	133.6
2.2	230.8	498.2	442.7	476.0	338.8	298.8	488.5	213.9	145.7	152.3
2.3									149.5	158.5
2.3	225.4								145.5	158.0
2.4	227.0	494.4	449.0	487.4					147.4	158.2
2.5	232.5	500.9	460.7						151.9	166.4
2.6	233.4	500.5	461.4	355.2	484.6	326.5	494.0		154.7	167.2
2.7	234.2	497.8	460.1	355.2	490.9	332.4	503.3	240.7	157.3	169.1
2.8	236.7	501.1	465.2	358.4	496.5	339.3	510.4	246.2	154.8	171.4
2.9	236.9	500.2	469.6	364.4	506.1	346.7	515.3	256.3	159.9	177.7
2.9	237.5	495.7	473.3	375.2	517.1	356.1	529.4	271.1	162.3	182.7
3.0	239.8	493.2	473.0	379.4	511.1	363.4	532.5	275.5	166.2	184.3
3.1	238.5	488.3	469.3	375.8	494.3	362.2	509.2	266.6	165.3	180.4
3.2	241.4	490.6	474.2	382.4	512.8	371.6	531.1	279.9	170.7	189.3
3.3	243.7	492.3	477.8	386.3	514.0	376.2	532.0	283.1	171.6	191.4
3.4	249.1	500.0	483.1	389.9	520.1	380.5	532.4	282.2	175.5	197.6
3.4	253.9	505.8	486.9	391.2	518.7	383.0	527.1	282.7	178.6	201.5
3.5	257.0	508.2	489.8	394.1	521.8	386.1	523.4	286.1	179.1	201.4
3.6	253.8	499.6	480.6	387.6	497.7	383.8	507.8	276.7	180.7	200.6
3.7	242.9	491.8	465.6	372.1	486.2	375.5	494.3	250.6	180.0	184.8
3.8	236.2	480.0	459.0	364.3	475.4	371.7	485.2	240.5	177.2	178.0
3.9	234.5	472.6	454.5	359.1	469.1	368.7	476.5	233.0	176.6	174.7
3.9	231.8	468.0	451.1	354.7	463.1	366.6	469.8	231.6	176.0	171.9

4.0	239.4	466.2	455.6	359.8	462.0	374.3	471.5	265.7	175.8	188.1
4.1	253.4	476.5	466.8	368.9	480.4	385.1	495.6	284.9	182.4	202.2
4.2	268.9	497.1	485.1	380.2	499.7	391.1	508.0	281.9	189.7	205.8
4.3	278.5	507.4	495.6	390.4	523.5	400.8	530.1	290.3	195.1	212.5
4.4	284.4	519.0	506.3	400.5	538.3	410.5	554.9	307.2	203.3	220.5
4.4	301.7	533.7	522.6	414.4	565.6	418.6	571.7	311.7	211.2	226.6
4.5	302.3	546.8	532.9	423.9	575.4	427.5	601.0	321.7	219.8	239.0
4.6	305.6	549.4	533.7	425.3	571.8	426.8	582.1	317.2	221.7	241.8
4.7	302.7	552.5	531.4	427.7	563.0	433.1	590.4	326.0	226.2	250.1
4.8	315.1	567.4	543.5	433.7	572.2	435.0	581.0	316.0	229.7	251.5
4.9	309.5	563.0	535.7	431.7	561.1	437.6	583.7	327.1	232.1	258.3
4.9	323.6	575.2	548.5	438.3	571.4	441.6	580.6	321.9	238.2	261.9
5.0	323.9	579.8	551.7	444.2	575.8	448.9	594.2	330.7	243.8	269.2
5.1	325.2	577.4	551.7	448.0	584.0	458.7	606.1	343.6	251.2	280.2
5.2	318.1	580.1	563.2	456.4	590.8	454.4	607.7	328.8	255.7	255.1
5.3	301.9	566.3	550.6	445.3	575.6	442.3	592.8	314.9	251.9	229.4
5.4	294.2	557.9	543.3	437.3	566.4	433.1	581.1	304.7	246.0	217.4
5.4	288.3	553.2	540.3	431.3	563.0	429.8	577.2	296.8	242.2	209.8
5.5	286.2	550.6	541.3	431.2	560.2	453.2	566.3	302.0	239.1	205.3
5.6	284.3	551.8	538.6	431.0	555.9	451.7	570.9	292.7	235.8	200.9
5.7	311.0	589.9	574.6	471.4	591.7	498.4	601.6	346.3	247.8	238.2
5.8	313.2	568.2	551.4	463.0	556.1	495.2	585.9	338.2	251.4	244.7
5.9	306.6	539.4	499.3	429.4	536.8	484.2	550.6	371.7	253.7	221.7
5.9	327.6	551.3	462.8	453.4	570.2	507.0	576.9	396.4	264.7	256.2
6.0	345.9	570.4	476.1	480.9	613.3	522.1	614.7	411.5	274.5	278.9
6.1	355.0	577.8	479.8	494.5	624.4	527.8	633.4	422.3	282.3	288.6
6.2	372.4	595.1	491.9	506.0	646.5	538.6	655.3	426.9	290.4	296.9
6.3	369.6	587.5	484.9	507.9	635.2	550.4	668.3	437.6	298.4	304.6
6.4	376.9	595.0	493.4	517.8	653.3	554.3	681.5	446.5	306.1	312.8
6.4	394.1	610.3	500.2	525.8	666.8	565.6	689.2	447.6	314.0	324.5
6.5	392.3	614.0	503.6	527.7	659.4	567.0	651.0	458.7	322.9	331.9
6.6	392.1	607.1	497.9	523.8	648.4	574.1	695.7	463.9	328.9	343.3
6.7	391.0	599.5	496.6	519.7	628.6	571.9	693.5	463.8	332.5	350.0
6.8	400.7	609.4	499.3	521.1	641.9	575.8	692.9	462.8	339.0	353.5
6.9	408.0	616.6	503.1	524.5	645.6	580.4	696.6	468.6	344.9	359.3
6.9	415.1	626.6	507.2	530.7	657.3	589.2	711.5	478.0	351.6	366.4
7.0	416.7	624.6	509.5	530.8	650.6	591.5	711.0	483.2	356.3	371.7
7.1	422.0	626.5	514.9	533.5	650.6	593.4	712.0	490.8	361.6	377.2
7.2	427.8	634.1	522.2	543.8	652.8	596.8	715.4	502.4	369.3	382.0
7.3	430.1	632.5	522.6	545.8	659.9	603.4	720.0	511.5	375.5	387.3
7.4	457.3	652.5	541.6	567.5	702.3	622.6	737.7	527.9	384.7	393.7

7.4	448.7	645.3	537.9	562.0	667.5	614.0	730.8	527.5	389.9	397.3
7.5	439.9	626.4	529.2	548.3	642.3	606.5	706.3	525.3	389.4	396.3
7.6	421.6	615.6	516.9	537.4	625.1	592.4	690.3	501.4	385.4	395.9
7.7	389.9	604.9	505.5	521.8	465.6	574.3	685.7	465.2	371.2	381.9
7.8	387.6	588.0	550.6	493.5	163.5	566.9	674.2	415.5	363.2	373.9
7.9	399.4	590.3	607.8	488.8	189.8	565.6	681.1	416.0	360.5	368.1
7.9	393.0	587.3	610.1	484.1	199.1	562.9	679.8	411.8	356.4	363.5
8.0	386.7	584.4	609.0	419.6	198.4	560.3	677.7	410.4	353.3	359.6
8.1	382.1	581.2	607.4	491.5	205.2	557.9	675.0	404.3	349.2	355.7
8.2	377.8	574.2	605.2	488.4	209.5	555.6	672.0	406.5	345.3	352.3
8.3	374.7	564.0	603.9	480.0	198.8	554.5	669.1	404.5	341.9	349.4
8.4	372.1	553.7	602.1	471.6	187.0	553.0	665.7	400.8	339.1	346.4
8.4	369.7	545.5	600.4	465.9	184.7	551.4	663.0	396.9	336.5	343.9
8.5	368.0	538.2	599.2	460.3	184.8	550.3	660.2	395.4	334.4	341.8
8.6	366.6	531.6	597.4	454.4	183.9	549.1	657.4	279.6	337.0	329.7
8.7	364.3	525.7	595.8	450.3	557.2	546.4	654.6	384.9		
8.8	363.8	520.7	594.1	445.8	553.0	547.6	652.1	383.8		
8.9	363.2	515.7	593.2	441.6	547.7	546.5	649.8	382.0		
8.9	362.3	511.2	591.7	437.1	545.0	545.0	646.3	381.8		
9.0	361.5	507.5	590.3	433.7	542.2	544.4	643.7	382.2		
9.1	360.8	503.7	589.4	430.4	537.7	543.6	641.4	382.5		
9.2	360.6	500.8	588.1	428.6	531.0	542.3	639.7	379.8	187.1	222.3
9.3	360.8	496.1	587.0	427.0	529.9	541.1	637.6	381.0	294.0	294.2
9.4	360.3	490.6	585.4	424.6	526.0	539.9	635.3	381.1	316.5	304.1
9.4	360.5	484.1	584.0	422.8	523.2	538.2	633.0	381.4	320.8	305.3
9.5	360.3	478.0	582.7	421.3	521.2	537.0	631.1	382.2	322.3	305.8
9.6	361.0	470.9	581.7	419.4	522.2	536.6	629.2	380.7	322.8	306.4
9.7	361.4	464.4	580.3	417.6	520.4	526.7	626.9	378.9	322.5	306.5
9.8	361.7	456.5	578.1	416.8	517.5	532.0	625.1	381.2	322.2	306.6
9.9	360.2	450.2	576.6	415.0	513.8	532.2	623.4	381.3	322.4	305.9
9.9	361.0	444.0	575.4	413.8	513.8	531.0	621.7	382.3	322.4	305.9
10.0	361.0	438.5	573.7	412.4	510.7	530.3	619.6	383.4	323.0	305.9
10.1	361.4	433.8	572.5	411.1	509.8	528.7	617.7	382.5	322.5	305.2
10.2	362.4	429.0	570.8	410.3	508.4	529.2	615.8	384.0	322.9	305.1
10.3	362.6	425.1	569.8	409.3	506.4	529.1	614.5	383.9	324.0	304.9
10.4	362.8	421.4	568.1	408.3	504.4	528.3	612.7	383.8	324.5	304.6
10.4	363.4	418.3	567.3	407.5	505.2	527.4	611.4	384.0	324.9	304.4
10.5	364.2	415.1	566.0	407.3	503.5	528.1	609.6	383.8	325.0	304.8
10.6	364.7	412.3	565.0	406.4	501.7	527.2	608.3	386.6	326.2	305.0
10.7	365.3	408.8	563.2	405.5	499.5	527.1	606.2	386.7	326.1	304.8
10.8	366.7	406.8	563.1	405.0	499.7	526.3	605.1	388.1	327.5	305.0

10.9	367.6	402.8	561.7	404.8	498.2	524.7	603.9	388.9	328.1	305.3
10.9	368.5	400.6	560.7	404.0	498.9	525.4	602.1	388.2	329.0	305.6
11.0	369.4	398.4	559.8	403.6	497.9	523.6	601.0	391.9	329.8	306.5
11.1	370.3	396.9	558.4	403.1	497.3	524.0	599.3	388.3	331.0	306.6
11.2	370.7	395.0	557.6	402.7	499.1	523.6	597.8	390.4	332.2	306.8
11.3	371.4	393.6	556.5	402.0	497.4	522.0	596.2	392.8	333.1	307.0
11.4	372.1	392.3	555.8	401.6	496.0	522.7	595.0	391.6	334.1	307.4
11.4	373.4	390.7	554.6	401.5	494.9	521.0	593.5	392.3	334.9	307.8
11.5	373.2	389.7	553.8	400.8	496.4	522.0	591.7	395.9	336.0	308.7
11.6	374.6	388.3	552.6	400.4	496.0	520.7	590.2	395.2	337.5	308.9
11.7	375.5	387.6	551.8	400.6	492.2	520.7	589.2	395.6	338.8	309.8
11.8	376.5	386.8	550.9	399.9	497.6	520.5	587.5	397.2	339.2	309.8
11.9	377.0	386.4	550.4	368.9	490.4	519.8	586.3	398.2	341.2	310.6
11.9	377.3	385.3	549.8	347.7	490.0	519.1	585.2	397.2	342.4	311.4
12.0	378.9	384.6	549.0	341.8	493.7	520.4	583.6	398.3	344.0	312.6
12.1	379.8	383.8	548.2	339.0	494.8	519.5	582.3	399.2	345.4	313.1
12.2	380.9	383.6	547.6	339.0	491.8	518.5	581.0	401.1	346.7	314.3
12.3	382.1	383.2	547.2	338.3	490.9	518.4	579.7	399.4	347.9	315.1
12.4	383.0	382.8	546.8	338.3	487.0	518.4	578.4	402.1	349.4	316.0
12.4	383.4	382.4	546.4	338.2	491.6	518.6	577.0	402.9	351.1	317.5
12.5	385.1	382.5	546.0	338.9	485.4	518.4	576.0	404.7	352.6	318.1
12.6	386.3	382.2	545.6	338.3	482.6	518.6	574.8	405.1	354.4	319.3
12.7	386.8	382.1	544.8	338.3	483.3	517.8	573.6	406.7	355.4	320.6
12.8	388.7	381.9	543.8	338.1	482.6	517.1	572.0	408.2	357.0	321.0
12.9	388.7	382.1	543.7	338.4	485.2	516.9	570.9	408.6	358.6	322.6
12.9	390.4	382.1	543.4	337.6	482.4	518.0	570.1	411.4	359.9	323.5
13.0	391.6	381.8	542.8	337.1	481.9	517.0	568.6	411.3	361.5	324.1
13.1	392.7	382.2	542.2	337.7	479.6	517.3	567.4	413.6	363.4	325.6
13.2	394.0	382.4	541.5	338.2	480.3	516.9	566.6	412.8	364.4	326.8
13.3	395.1	382.9	541.1	338.5	479.7	516.1	565.2	414.2	366.1	328.2
13.4	396.3	383.0	540.2	338.3	478.9	515.9	564.3	416.5	368.2	329.4
13.4	397.5	383.4	539.5	338.8	478.6	515.5	563.3	415.9	369.1	330.2
13.5	398.9	383.6	539.0	338.6	477.2	515.5	561.7	418.4	370.9	331.2
13.6	400.7	384.1	538.8	339.5	478.1	516.2	561.0	419.5	372.3	332.5
13.7	401.7	384.3	537.8	340.0	476.7	514.9	559.6	422.3	373.6	333.5
13.8	402.1	384.5	537.7	340.0	477.7	514.8	558.6	422.3	375.0	335.6
13.9	403.4	384.5	536.6	339.9	478.2	514.2	557.2	423.7	377.1	336.3
13.9	405.1	385.3	536.4	340.5	477.7	514.2	556.7	422.7	378.6	337.4
14.0	406.7	386.0	536.0	341.1	471.2	514.5	555.3	426.2	380.2	339.1
14.1	408.1	385.8	534.7	342.1	470.5	513.8	554.1	426.8	381.5	339.9
14.2	409.6	386.4	534.6	343.2	470.5	513.6	553.2	429.8	382.9	341.4

14.3	410.8	386.8	534.2	343.5	470.6	513.1	552.1	429.9	384.2	342.7
14.4	411.6	387.7	533.6	344.8	469.9	512.4	551.2	430.2	385.7	344.7
14.4	413.6	387.6	532.6	345.2	472.5	512.3	550.3	431.4	387.3	345.5
14.5	414.7	388.3	532.2	345.8	472.1	512.1	549.0	432.8	388.8	346.4
14.6	415.8	388.6	531.4	347.1	471.3	511.9	548.5	435.5	389.7	348.4
14.7	417.6	389.0	531.0	346.3	473.5	511.9	547.4	433.4	391.6	349.3
14.8	418.9	389.6	530.2	347.2	473.1	511.4	546.6	436.6	392.7	350.3
14.9	420.3	390.0	530.1	346.5	473.5	511.4	545.8	436.6	394.5	351.3
14.9	422.3	390.9	529.6	348.7	473.8	511.2	545.2	437.4	396.0	353.5
15.0	422.9	391.2	529.0	347.7	473.5	511.0	544.0	441.8	396.9	354.0
15.1	424.9	391.3	528.5	348.6	475.0	510.8	543.2	441.0	398.9	356.0
15.2	426.2	392.0	527.9	348.5	474.9	510.7	542.3	442.9	400.1	356.8
15.3	427.1	392.6	527.5	349.1	476.2	510.1	541.5	443.1	401.6	358.7
15.4	429.0	393.5	527.2	349.9	476.2	510.5	541.1	447.5	402.5	359.6
15.4	429.8	393.9	526.9	348.9	476.5	510.6	539.6	445.7	403.8	360.5
15.5	431.3	393.9	526.2	350.0	476.1	510.4	538.8	447.2	405.3	361.7
15.6	432.7	394.9	525.7	350.4	476.5	510.0	538.0	447.6	406.4	363.1
15.7	434.4	395.8	525.4	351.1	476.3	510.1	537.2	446.9	408.2	364.2
15.8	434.8	396.1	525.2	351.1	477.0	510.3	536.5	450.8	409.5	365.4
15.9	436.5	396.4	524.3	352.0	477.3	509.6	535.6	450.2	410.5	366.5
15.9	438.0	396.9	523.6	351.8	476.8	509.5	534.2	452.0	411.6	367.4
16.0	438.6	397.6	523.0	352.8	476.6	508.9	533.6	453.5	412.6	369.1
16.1	439.9	398.5	522.8	353.6	476.3	509.3	533.0	454.2	414.2	370.3
16.2	441.6	398.8	522.2	353.5	476.2	509.4	532.1	456.1	415.3	371.3
16.3	442.3	398.4	521.2	353.8	476.3	508.9	530.9	457.3	417.0	372.0
16.4	444.2	399.4	521.3	354.4	476.5	509.6	530.3	458.3	418.4	373.9
16.4	444.6	400.1	520.6	354.9	476.4	509.2	529.2	458.5	419.0	374.3
16.5	446.0	401.0	520.2	355.8	477.0	509.6	528.6	460.5	420.5	375.8
16.6	447.2	401.9	519.9	356.9	477.2	509.8	527.7	462.3	422.0	377.2
16.7	448.5	401.7	519.0	356.8	477.1	509.9	526.7	463.6	423.4	378.1
16.8	449.8	402.6	518.4	357.6	477.9	509.8	525.8	464.7	424.6	379.2
16.9	450.9	403.2	518.1	358.5	478.4	510.2	525.4	463.3	425.7	380.6
16.9	452.4	403.4	517.8	358.0	477.7	510.2	524.1	465.9	427.2	381.7
17.0	452.9	404.4	517.3	359.5	478.7	509.5	523.4	467.4	428.3	383.2
17.1	454.6	404.8	516.9	360.5	478.7	510.3	522.8	467.5	430.1	384.2
17.2	455.0	405.3	516.3	360.3	478.8	510.1	521.5	469.7	430.8	385.1
17.3	456.9	405.8	516.1	360.0	478.5	510.5	520.5	469.9	432.2	386.2
17.4	458.0	406.6	515.6	361.6	479.1	511.0	519.8	469.2	433.5	387.3
17.4	459.3	407.0	514.8	363.0	479.8	511.5	518.9	468.7	435.4	389.1
17.5	460.0	407.3	514.5	363.7	481.5	511.7	518.0	467.6	437.2	390.7
17.6	461.5	407.2	513.4	364.9	477.4	512.6	517.2	469.6	438.2	391.0

17.7	462.4	407.3	511.7	365.8	477.5	513.0	515.8	468.9	439.3	392.5
17.8	463.0	408.7	511.1	366.7	478.3	513.3	515.4	470.0	440.7	393.6
17.9	464.5	408.9	509.5	366.3	484.7	513.7	514.1	469.8	441.3	394.3
17.9	465.4	409.2	508.8	367.6	479.4	512.7	513.9	471.0	442.7	395.8
18.0	465.8	410.4	508.9	368.7	484.3	513.8	513.3	473.9	443.0	396.8
18.1	467.4	410.6	508.1	369.5	481.2	513.0	512.5	475.1	443.8	397.4
18.2	468.4	411.2	507.6	369.9	485.6	514.3	511.8	476.7	445.0	398.6
18.3	469.0	411.7	507.5	370.9	484.1	513.4	511.3	475.4	445.8	399.8
18.4	469.9	412.0	507.2	371.3	486.3	513.8	510.8	476.1	446.7	400.4
18.4	470.5	412.9	506.5	372.0	482.4	514.7	510.1	477.2	447.6	401.4
18.5	470.8	413.6	506.0	372.3	485.9	515.7	509.1	479.8	448.4	402.3
18.6	471.6	413.7	506.5	373.0	483.2	515.1	508.4	479.1	449.4	403.2
18.7	472.8	414.2	505.6	373.9	487.0	515.0	507.8	478.9	450.3	404.2
18.8	473.2	414.4	505.7	374.0	485.0	516.0	506.9	482.4	451.0	404.8
18.9	474.3	415.6	505.3	375.2	487.2	515.7	506.7	479.7	451.8	405.7
18.9	475.3	416.0	504.8	376.3	486.0	516.2	506.1	479.5	452.8	406.7
19.0	475.8	417.0	504.8	377.0	485.1	516.1	505.4	482.4	453.2	407.7
19.1	476.5	417.8	505.2	377.4	485.1	517.1	505.0	482.6	453.9	408.4
19.2	476.9	417.9	504.0	377.9	486.6	517.2	504.3	484.0	454.8	409.8
19.3	477.4	417.8	503.6	377.7	484.5	517.4	503.3	482.8	455.3	409.5
19.4	478.1	419.0	503.6	378.8	485.9	517.0	502.6	483.4	455.9	411.0
19.4	478.8	419.8	503.9	380.0	485.8	517.9	502.5	484.0	456.6	412.0
19.5	479.5	420.5	501.5	381.0	486.5	517.1	502.1	486.9	457.4	412.8
19.6	479.9	420.5	499.7	380.9	485.5	516.0	501.2	486.8	457.6	412.7
19.7	480.7	421.2	498.8	381.6	485.8	516.5	501.2	487.3	458.6	413.9
19.8	481.3	421.9	498.6	382.6	486.5	516.5	500.3	486.6	459.7	415.0
19.9	480.9	422.1	497.7	382.6	486.4	516.9	499.3	487.0	459.7	415.7
19.9	482.0	422.9	497.1	383.7	488.7	516.8	499.1	489.9	460.4	416.4
20.0	482.5	422.9	496.4	383.4	486.5	517.4	498.1	488.5	461.1	416.7
20.1	482.4	423.2	495.7	384.8	486.7	518.0	497.4	487.6	461.6	417.4
20.2	483.2	424.3	495.3	385.7	489.1	517.5	497.1	490.4	461.6	418.4
20.3	483.5	424.4	494.9	385.5	486.8	517.8	496.1	487.8	462.3	418.7
20.4	483.9	425.3	494.6	386.3	488.8	518.0	495.7	488.6	462.6	419.8
20.4	484.2	425.4	493.9	386.7	489.3	517.9	495.0	491.1	463.0	420.5
20.5	485.1	425.5	493.6	387.3	488.6	518.1	494.5	491.3	463.6	421.5
20.6	485.0	426.3	493.0	388.3	490.0	517.9	494.2	493.0	463.9	422.0
20.7	486.1	426.2	492.8	388.2	489.1	518.5	493.4	489.6	464.7	422.3
20.8	485.9	427.0	492.0	389.7	487.4	518.2	492.9	490.0	465.3	423.3
20.9	485.9	426.8	491.5	389.3	488.2	517.9	492.0	491.6	465.3	423.8
20.9	486.5	427.9	491.6	390.2	488.1	518.1	491.7	491.7	465.5	425.2
21.0	486.1	427.5	490.8	389.6	488.4	518.2	490.6	491.4	465.5	425.8

21.1	486.7	428.4	490.1	391.0	489.4	518.2	490.6	493.5	466.3	426.1
21.2	487.3	429.1	490.0	392.2	490.3	517.7	490.0	492.0	467.1	427.0
21.3	487.7	429.4	489.3	392.5	490.2	517.6	489.4	491.6	466.8	428.0
21.4	487.7	430.1	489.5	393.4	490.6	517.7	489.2	493.0	467.4	429.0
21.4	488.2	430.2	489.2	393.9	490.5	518.5	488.5	492.4	467.7	429.5
21.5	487.9	430.6	488.3	393.6	490.1	517.0	487.9	493.1	467.7	430.2
21.6	488.0	430.9	488.3	394.3	490.4	517.6	487.4	492.9	468.3	431.2
21.7	488.3	420.0	477.7	394.0	489.8	516.4	486.5	493.6	467.8	431.3
21.8	488.8	428.6	486.1	395.4	490.4	517.1	486.2	494.5	468.4	432.4
21.9	488.5	430.0	486.8	395.2	489.9	516.6	485.5	492.6	468.6	432.6
21.9	489.1	430.3	486.1	396.2	490.1	516.5	485.2	493.6	468.9	432.9
22.0	489.2	431.0	486.0	396.1	491.3	516.9	485.0	493.0	469.1	433.7
22.1	489.0	431.4	486.0	396.4	491.6	516.1	484.3	494.5	469.0	434.0
22.2	489.0	431.8	485.6	396.6	491.6	516.5	483.9	493.9	469.6	434.5
22.3	489.3	431.7	484.9	396.5	491.3	516.2	483.2	494.3	469.5	434.4
22.4	489.0	432.5	484.6	397.1	491.4	515.1	482.7	493.2	469.7	435.0
22.4	489.1	432.4	484.2	397.1	491.3	515.8	482.2	492.5	469.8	435.3
22.5	489.2	432.6	483.7	397.8	491.5	514.7	481.5	493.4	469.8	435.9
22.6	489.3	432.9	483.2	398.2	491.6	515.0	481.3	494.6	470.1	435.7
22.7	489.1	433.5	482.3	398.3	491.3	513.9	480.4	496.2	469.7	436.1
22.8	489.1	434.0	482.8	399.3	491.9	514.1	480.3	494.8	470.4	436.9
22.9	489.5	434.2	482.2	399.4	491.6	514.0	479.4	492.9	470.4	437.0
22.9	488.8	434.3	481.5	399.9	491.3	512.7	478.2	494.5	469.6	437.2
23.0	489.5	435.5	481.4	400.4	492.0	513.3	478.2	494.4	470.3	437.7
23.1	488.8	434.9	480.2	399.8	491.1	512.8	477.3	495.6	469.9	437.7
23.2	489.1	435.7	480.2	400.9	491.8	512.3	476.6	495.0	470.5	437.9
23.3	489.1	436.3	480.0	401.3	491.5	512.0	476.0	495.3	470.5	438.4
23.4	488.8	436.2	479.6	400.8	491.3	512.7	475.0	494.4	470.3	438.2
23.4	488.9	436.6	479.4	401.3	491.5	511.9	474.3	493.8	470.0	438.2
23.5	488.5	436.9	478.8	401.8	491.2	512.2	473.1	494.8	470.4	438.6

Anexo 2. Temperaturas registradas en la periferia del horno (2ª prueba exp. 24/09/2014)

Tiempo (horas)	Posición									
	P_I	P_II	P_III	P_IV	P_V	P_VI	P_VII	P_VIII	P_IX	P_X
1.0	54.2	89.2	61.3	128.1	77.7	75.5		39.7	59.9	64.7
1.1	53.5	93.7	70.0	127.2	93.7	82.5		46.5	73.5	85.5
1.2	60.7	109.7		129.5	119.9	91.0	102.5	51.2	74.3	80.2
1.3	68.8	111.7	85.7	124.1	127.5	94.9	117.4	51.8	92.5	114.3
1.3	73.6	119.8	92.8	124.7	139.5	99.9	127.3	50.5	90.4	106.7
1.4	73.6	114.2	90.2	128.1	135.2	99.2	124.2	63.1	87.4	90.4
1.5	81.4	128.2	100.6	128.4	154.5	114.3	143.0	73.0	111.1	136.9
1.6	89.8	147.9	112.7	128.2	167.9	118.2	144.1	76.6	112.4	129.8
1.7	89.9	146.3	113.8	128.8	173.6	126.6	153.8	81.5	120.1	146.8
1.8	86.8	137.3	110.0	129.7	170.8	127.1	155.1	80.3	117.3	138.7
1.8	93.1	146.7	116.0	130.1	176.9	135.4	160.7	84.2	122.5	150.6
1.9	106.6	171.9	129.3	130.5	198.3	147.4	175.0	89.6	133.2	163.1
2.0	103.6	166.2	130.7	159.7	200.3	132.1	168.9	76.5	114.5	114.9
2.1	99.5	152.4	131.9	170.8	201.4	120.5	163.5	77.5	98.4	87.7
2.2	97.3	148.8	130.8	165.8	199.9	116.2	159.0	82.6	91.2	85.0
2.3	97.1	150.5	128.8	160.2	194.4	113.2	153.4	83.8	86.6	85.4
2.3	96.2	150.3	127.9	156.5	190.6	111.1	149.7	85.8	82.4	86.3
2.4	96.2	151.6	126.8	151.3	185.9	109.3	146.4	88.6	80.5	89.5
2.5	96.1	151.7	128.3	150.8	183.9	107.6	143.1	90.2	80.8	90.7
2.6	96.6	151.9	129.8	149.4	183.1	106.4	141.6	89.6	80.0	89.4
2.7	104.5	162.1	137.4	160.3	187.2	125.1	163.5	95.1	98.0	132.3
2.8	111.3	177.0	145.6	170.4	200.2	142.9	176.8	100.6	119.2	165.0
2.8	116.5	186.5	151.3	179.8	212.6	155.2	192.0	103.6	138.2	185.0
2.9	120.7	194.8	157.4	181.2	223.7	155.3	186.3	102.2	130.9	158.9
3.0	124.8	200.6	161.8	191.6	233.0	164.4	207.4	107.2	151.8	200.9
3.1	130.4	211.5	169.2	198.0	243.4	166.6	206.6	106.8	146.8	179.9
3.2	134.2	219.1	175.6	204.5	257.7	172.7	226.0	109.6	159.5	208.6
3.3	141.2	230.4	184.1	215.6	272.8	174.8	228.6	110.5	161.1	201.2
3.3	143.9	236.2	187.2	216.7	282.4	178.0	236.5	111.1	168.7	218.1
3.4	146.8	241.3	189.6	216.2	291.5	181.7	241.7	114.3	175.3	220.0
3.5	152.6	251.5	199.0	230.6	304.7	185.3	250.2	115.0	177.4	219.5
3.6	156.4	257.8	204.4	232.5	315.1	188.2	257.1	116.3	183.8	235.4
3.7	160.3	264.7	209.1	234.8	324.8	189.2	264.3	120.3	193.8	243.8
3.8	167.0	275.0	216.0	237.5	334.5	194.4	269.1	127.5	196.9	247.0
3.8	174.8	289.8	227.8	255.8	351.0	201.3	287.0	127.6	213.2	270.2
3.9	176.8	295.3	233.2	261.1	361.0	202.3	291.7	112.8	211.1	260.5
4.0	167.7	264.0	214.8	236.6	355.2	178.7	279.0	96.2	179.5	201.3
4.1	167.3	259.2	213.9	235.3	354.9	172.2	275.0	93.0	172.6	202.8

4.2	179.1	287.1	233.3	249.8	379.8	199.9	291.7	131.7	200.6	257.9
4.3	189.6	304.6	247.8	267.0	388.3	208.6	305.4	131.4	216.6	278.9
4.3	198.5	320.3	260.3	287.5	402.7	216.6	318.3	136.4	247.9	296.1
4.4	199.3	318.7	261.1	282.7	420.6	214.4	318.9	109.1	236.2	281.2
4.5	198.0	307.7	257.0	272.2	412.3	204.7	314.8	99.7	223.1	272.8
4.6	197.3	303.8	255.6	264.0	417.3	200.9	314.8	96.6	214.3	272.2
4.7	200.9	304.7	259.8	266.8	421.4	201.9	315.5	97.6	214.4	275.9
4.8	203.6	306.3	263.2	265.8	423.7	202.2	316.6	96.4	210.3	277.1
4.8	204.5	306.0	265.5	263.3	433.0	202.0	317.8	95.1	207.6	279.2
4.9	207.7	308.2	270.7	263.5	436.8	202.6	318.8	94.4	208.8	282.6
5.0	213.9	314.1	278.7	275.8	438.9	206.2	321.3	98.8	214.5	288.5
5.1	217.0	318.1	283.4	274.9	445.8	207.0	322.2	99.7	210.4	290.3
5.2	220.2	320.8	287.5	282.2	447.2	210.2	324.6	101.3	215.3	300.8
5.3	220.9	324.7	292.2	278.6	454.3	211.2	327.1	98.9	213.0	304.3
5.3	220.5	315.4	292.2	278.3	450.3	209.1	324.7	92.1	199.4	288.6
5.4	219.4	313.0	293.1	279.1	451.6	208.3	324.5	94.4	198.2	288.9
5.5	220.6	312.5	293.7	275.8	457.5	207.7	324.1	93.1	194.3	288.9
5.6	221.7	312.3	300.0	273.1	462.7	209.2	324.1	97.1	189.2	283.2
5.7	221.5	305.0	299.8	266.0	460.4	205.7	319.2	105.9	176.3	268.8
5.8	221.8	302.5	300.8	264.1	458.3	252.4	341.2	107.4	171.0	264.4
5.8	223.1	301.3	301.8	262.3	458.4	255.7	351.1	107.9	168.6	260.1
5.9	224.1	300.6	303.7	261.7	459.3	256.1	352.8	106.8	167.9	257.6
6.0	227.3	306.5	311.0	263.7	463.3	266.9	361.3	93.9	181.5	273.5
6.1	230.5	311.4	317.0	265.6	465.9	270.9	365.7	93.2	187.6	278.9
6.2	238.2	316.7	325.8	274.5	470.7	279.3	371.0	94.6	191.3	284.0
6.3	241.3	320.2	327.4	276.9	478.4	279.6	378.0	94.9	192.7	286.4
6.3	246.8	329.0	331.9	285.0	484.8	294.3	391.4	97.7	195.1	287.7
6.4	246.0	328.1	332.8	283.1	488.6	282.1	393.6	99.2	187.1	279.9
6.5	248.8	328.7	335.4	283.1	486.6	288.3	391.3	96.2	188.1	283.3
6.6	252.3	332.5	343.9	299.3	502.8	294.9	407.0	98.2	191.7	286.2
6.7	256.8	338.3	349.5	303.8	507.4	300.9	410.0	98.7	195.5	291.0
6.8	259.9	341.8	355.7	313.0	515.0	297.3	410.7	101.2	195.8	289.8
6.8	262.7	345.0	357.2		514.2	254.5	394.2	100.6	196.9	290.4
6.9	274.6	388.1	380.0	370.7	542.4	254.3	457.5	162.4	225.7	330.6
7.0	283.7	399.6	390.6	398.1	551.4	246.3	474.2	168.5	237.1	344.1
7.1	295.0	414.5	400.4	408.8	557.7	251.7	484.2	174.7	249.6	361.1
7.2	304.2	421.7	408.7	416.3	563.2	259.6	490.5	179.0	262.3	381.9
7.3	307.8	420.3	410.9	402.6	560.1	252.2	478.5	137.3	256.0	369.7
7.3	306.2	426.3	406.5	379.5	558.6	245.5	472.0	122.4	244.2	357.1
7.4	329.8	464.9	410.8	388.2			294.6	161.6	251.1	372.8
7.5	345.4	493.2	426.6	421.4	580.7	389.9	488.4	186.3	268.2	396.9

7.6	355.5	506.3	445.8	440.9	608.4	407.5	502.7	190.1	276.4	409.4
7.7	364.0	526.7	465.6	455.7	628.5	418.6	510.5	194.7	285.2	421.0
7.8	365.5	500.9	463.0	431.2	613.1	482.9	502.7	140.0	272.9	400.4
7.8	364.9	492.4	462.9	419.7	620.6	479.6	499.5	138.9	269.3	394.1
7.9	366.0	489.9	446.9		620.4	423.9	403.8	138.5	266.5	391.1
8.0	370.4	499.5	506.8	430.6	616.8	556.2	506.2	183.0	275.8	404.9
8.1	377.4	503.1	521.2	449.4	605.5	539.9	504.3	192.2	278.5	409.5
8.2	383.4	500.6	522.3	452.3	595.7	525.1	498.7	196.2	278.1	410.2
8.3	390.8	522.8	536.5	466.1	620.4	541.5	523.3	205.4	292.3	425.0
8.3	400.7	545.6	557.1	487.6	654.6	549.1	549.9	219.4	304.5	437.4
8.4	409.0	558.5	564.0	498.2	657.1	547.8	558.2	222.1	315.0	452.7
8.5	417.2	572.4	581.3	498.4	648.9	553.9	578.3	228.7	324.8	463.2
8.6	425.1	584.3	592.5	526.1	667.0	556.4	591.2	234.7	335.5	479.7
8.7	434.1	584.3	594.2	561.2	687.7	553.9	587.0	237.0	335.7	480.7
8.8	443.4	578.6	590.0	548.4	671.8	552.0	577.6	237.2	335.5	478.2
8.8	449.2	593.3	603.9	557.5	692.9	558.1	599.6	244.7	348.5	495.4
8.9	456.2	596.0	609.0	567.2	700.1	561.1	607.0	252.0	359.2	510.4
9.0	463.1	601.1	616.9	576.9	707.5	565.0	613.6	256.2	361.5	507.5
9.1	468.7	600.8	624.1	577.6	719.5		568.9	260.8	371.4	520.5
9.2	475.3	620.2	642.1	586.4	751.9	517.7	562.5	258.1	373.2	515.5
9.3	480.7	611.2	638.4	591.1	749.2	527.6	557.9	266.1	377.5	519.3
9.3	486.5	627.0	649.2	601.8	765.6	535.1	562.9	273.5	384.7	528.5
9.4	486.1	613.1	637.0	585.3	737.6	523.8	533.8	261.1	374.7	512.1
9.5	489.0	609.9	639.3	586.3	731.5	530.1	542.4	275.0	377.4	511.5
9.6	491.3	609.4	641.9	588.1	727.6	531.5	542.7	276.4	375.3	500.8
9.7	491.8	602.0	638.2	583.9	713.1	527.9	537.9	276.4	370.7	489.3
9.8	493.8	605.8	646.4	590.7	717.8	533.6	544.7	283.5	375.5	504.9
9.8	500.5	623.3	661.5	611.4	742.7	541.0	568.2	288.9	386.1	523.0
9.9	505.2	631.5	667.3	624.7	758.7	555.9	587.2	292.4	392.3	527.8
10.0	509.6	638.1	680.2	628.3	763.2	558.7	618.9	299.5	399.0	538.9
10.1	516.9	651.8	691.9	654.3	785.3	566.4	663.1	302.8	406.3	543.0
10.2	516.9	635.4	678.2	636.5	771.1	577.7	672.4	300.3	401.7	523.8
10.3	522.0	654.3	694.7	650.1	782.8	583.1	683.1	308.7	408.9	539.1
10.3	524.5	644.7	692.2	654.5	790.0	588.2	684.2	308.1	416.0	524.7
10.4	522.9	633.1	684.7	640.5	766.1	580.4	669.2	307.0	413.7	510.1
10.5	525.8	643.7	694.9	652.9	774.4	586.8	675.1	315.4	422.3	528.6
10.6	530.6	647.2	697.3	658.3	779.7		645.1	318.3	430.5	532.8
10.7	531.1	645.1	693.2	648.9	766.8	591.4	676.5	317.1	422.6	521.0
10.8	533.6	650.0	697.9	658.0	777.6	606.5	692.8	331.0	438.8	549.5
10.8	536.9	653.2	698.1	659.9	786.7	578.4	689.6	289.7	419.7	525.2
10.9	533.3	653.3	692.8	651.4	782.5	570.8	686.2	285.0	412.2	522.1

11.0	537.2	659.9	705.6	667.6	798.1	591.9	693.9	316.0	420.4	529.7
11.1	536.4	649.4	700.4	660.0	780.8	593.3	688.4	317.4	416.6	517.9
11.2	536.7	654.2	703.1	665.9	779.9	594.2	687.5	318.9	415.1	524.8
11.3	535.8	654.0	705.8	670.3	793.8	577.5	695.4	293.0	402.1	515.4
11.3	539.3	661.5	713.5	685.7	811.6	602.3	627.6	329.8	423.6	535.6
11.4	542.4	664.4	715.3	685.6	806.8	607.8	698.8	332.4	428.3	537.3
11.5	545.9	668.7	719.2	691.0	809.1	615.6	661.6	337.0	429.8	535.1
11.6	547.9	669.6	720.7	692.7	806.9	617.0	657.1	338.2	431.3	535.3
11.7	550.7	671.2	725.0	698.5	810.6	622.6	661.7	341.9	433.8	536.5
11.8	553.6	675.4	730.1	706.0	815.8	628.8	668.5	348.8	440.4	545.5
11.8	555.9	673.9	725.8	702.2	812.8	613.2	677.9	324.6	430.7	534.9
11.9	555.1	675.9	725.2	705.8	817.1	604.5	690.5	316.0	418.8	530.7
12.0	558.3	682.8	735.5	716.8	828.1		647.7	351.5	440.9	558.3
12.1	561.6	686.9	740.1	726.7	827.1		717.4	357.2	450.7	562.7
12.2	564.9	689.5	742.8	715.1	817.4		480.2	363.8	454.8	558.9
12.3	567.5	693.1	746.9		827.9	635.5	534.5	366.5	454.8	557.5
12.3	571.3	698.5	751.1	739.1	834.0	645.6	763.7	370.8	458.6	560.8
12.4	574.5	700.3	755.0	744.4	837.2	651.6	771.3	374.1	463.8	564.1
12.5	576.5	697.0	753.1	740.9	831.7	650.3	768.5	370.7	465.3	552.3
12.6	576.1	692.8	752.2	740.2	821.1	650.6	763.4	374.8	466.4	552.4
12.7	583.2	706.5	765.1	756.0	831.5	664.7		378.9	475.7	562.9
12.8	583.5	695.9	755.6	742.4	814.0	657.0		375.6	463.8	544.7
12.8	582.6	693.3	749.7	738.5	804.2	646.9		362.7	444.2	546.1
12.9	578.7	691.2	747.1	736.6	800.7	638.4		351.6	429.5	543.9
13.0	576.2	689.8	744.9	735.6	794.7	635.4		345.5	419.0	540.5
13.1	573.0	687.6	743.7	736.2	792.2	630.3		350.3	384.4	533.7
13.2	569.2	686.1	745.0	739.9	795.3	626.5		355.5	368.9	526.6
13.3	566.1	685.4	745.6	742.6	798.2	624.6		352.9	358.9	520.8
13.3	562.4	684.6	744.0	744.1	797.9	621.7		349.1	354.3	513.7
13.4	558.8	683.1	743.1	745.4	796.3	619.1		346.2	350.5	506.6
13.5	555.9	682.6	742.7	746.4	795.0	617.3		343.7	347.9	499.3
13.6	552.4	681.6	741.9	746.7	793.0	614.8		341.6	345.9	491.9
13.7	550.0	680.9	741.0	747.4	790.9	612.8		339.1	344.4	484.0
13.8	548.2	681.6	740.5	748.3	789.8	611.0		338.6	343.9	477.5
13.8	545.7	680.3	738.0	748.1	787.1	608.5		336.4	342.1	470.0
13.9	543.7	679.7	738.0	748.2	785.2	606.7		336.9	342.6	462.8
14.0	541.9	678.4	737.3	748.1	782.7	605.1		335.7	341.7	455.4
14.1	540.3	678.1	735.3	748.1	781.2	603.6	672.0	337.6	341.9	448.8
14.2	539.1	676.8	734.5	747.9	778.6	602.9	589.1	337.6	341.8	442.1
14.3	538.2	676.5	734.6	747.8	776.8	600.8	547.5	337.3	341.1	435.7
14.3	536.9	675.5	733.4	747.3	774.9	599.6	482.3	336.3	341.1	429.2

14.4	536.4	674.3	733.5	747.4	772.6	599.0	434.1	336.2	341.5	422.9
14.5	535.2	673.1	731.8	747.3	770.6	598.0	407.4	338.4	342.0	417.2
14.6	534.8	671.9	731.2	747.6	768.3	596.8	405.0	339.2	342.6	411.9
14.7	534.1	671.7	730.0	747.6	766.8	595.7	376.0	341.7	342.7	406.9
14.8	533.8	670.5	729.9	747.2	764.8	594.8	373.5	343.1	343.2	401.4
14.8	533.3	670.0	729.2	747.5	762.7	594.2	367.6	343.9	343.8	396.3
14.9	532.9	668.5	729.0	747.7	760.4	593.9	367.6	346.1	345.0	391.7
15.0	532.5	668.2	728.2	747.8	758.9	593.1	405.0	348.5	345.4	388.2
15.1	532.8	667.1	728.0	747.9	756.7	593.1	441.4	349.6	346.3	383.7
15.2	532.2	666.1	726.1	747.6	754.6	592.3	389.0	352.8	346.7	379.9
15.3	532.1	665.8	726.5	747.5	752.7	592.7	362.6	355.2	348.3	376.2
15.3	531.8	665.4	725.8	747.6	751.0	591.9	371.8	356.0	347.9	372.4
15.4	531.9	664.1	724.9	747.3	748.7	591.8	367.3	358.0	348.8	369.4
15.5	531.5	663.6	724.4	747.3	747.0	591.5	373.7	358.8	349.3	365.7
15.6	531.7	662.7	723.2	747.5	744.8	591.3	386.1	360.7	351.1	362.9
15.7	531.2	662.2	723.8	747.2	743.4	591.0	367.7	363.0	351.4	360.7
15.8	531.4	661.8	722.7	747.2	741.5	591.0	386.4	364.0	352.2	358.0
15.8	531.6	660.5	722.4	747.2	739.0	590.8	395.8	365.4	353.2	355.5
15.9	531.2	660.4	722.5	747.2	737.8	591.7	370.4	367.4	354.7	353.4
16.0	531.5	659.5	721.8	747.3	735.8	591.6	386.3	368.5	355.5	351.3
16.1	531.3	658.7	721.2	747.1	733.8	591.7	386.3	369.3	356.6	349.5
16.2	531.3	658.2	720.9	746.9	732.3	591.2	354.0	371.3	357.0	347.6
16.3	531.0	657.1	720.0	746.1	729.7	591.3	341.3	371.7	357.9	344.9
16.3	530.7	656.4	719.2	745.9	727.8	591.4	275.0	372.9	358.7	343.5
16.4	531.2	656.5	718.7	745.9	726.5	591.1	219.3	374.6	360.1	342.8
16.5	530.6	655.1	718.1	745.4	724.2	591.7		374.8	360.7	340.7
16.6	530.8	654.7	717.2	745.1	722.4	592.0		377.0	362.0	339.5
16.7	530.6	654.0	716.7	744.5	720.6	591.9		377.7	362.8	338.2
16.8	530.6	654.2	716.3	744.5	719.4	592.0		380.0	363.9	338.1
16.8	530.7	653.0	715.4	743.9	717.3	592.7		381.2	365.3	337.0
16.9	530.6	651.8	714.2	743.0	714.9	592.2		381.3	365.7	336.0
17.0	531.1	652.3	714.2	743.1	714.4	592.7		383.7	367.0	335.9
17.1	530.7	651.3	713.1	742.3	712.3	592.6		384.5	367.9	335.2
17.2	531.0	651.0	712.9	742.0	710.9	593.3		385.6	369.6	334.9
17.3	531.0	650.2	712.0	741.3	708.9	593.1		386.9	370.2	333.9
17.3	531.0	649.2	711.1	741.0	706.9	593.5		387.9	371.4	333.6
17.4	530.9	648.3	710.4	740.2	705.1	594.3		389.0	372.3	332.9
17.5	531.1	647.3	709.4	739.6	703.2	594.4		390.0	373.3	332.7
17.6	530.9	647.4	708.2	738.7	701.8	593.8		391.6	374.3	332.6
17.7	531.1	646.3	707.9	738.3	700.0	594.7		392.3	375.3	331.9
17.8	531.1	645.6	707.1	737.8	698.4	595.0		393.5	376.4	331.9

17.8	531.6	645.2	706.1	737.5	696.9	594.8		394.9	377.5	332.5
17.9	531.2	644.9	704.9	736.4	695.0	594.9		395.8	378.4	332.6
18.0	530.8	643.8	704.2	735.5	693.5	595.9		397.5	379.7	332.3
18.1	531.0	643.6	703.3	734.6	691.8	595.3		398.2	380.4	332.8
18.2	531.1	642.7	702.4	734.0	690.0	595.6		399.0	381.7	332.9
18.3	531.0	641.8	701.4	732.8	688.3	596.0		400.2	382.2	332.3
18.3	531.4	641.8	701.0	732.7	687.1	596.5		401.7	383.9	333.5
18.4	531.5	639.9	699.6	731.9	685.0	597.2	219.1	402.4	385.2	333.2
18.5	531.6	639.4	698.8	731.0	683.5	597.2	219.8	403.5	385.7	333.2
18.6	532.2	639.9	698.3	731.0	682.7	597.5	356.2	405.3	387.7	334.7
18.7	532.4	638.7	696.9	729.9	680.7	598.3	439.6	406.0	388.3	334.7
18.8	530.9	636.7	695.2	727.8	677.9	597.6	513.7	406.2	388.8	334.0
18.8	531.1	636.6	693.7	727.1	676.2	597.4	610.2	406.7	389.9	334.4
18.9	531.8	636.7	693.8	726.6	675.8	597.9	687.7	409.0	391.1	335.4
19.0	532.0	635.9	692.8	725.7	674.1	597.8	784.5	409.8	392.2	336.4
19.1	532.4	635.5	691.8	725.3	672.8	598.0	864.6	410.6	393.6	337.2
19.2	531.7	633.2	690.3	722.9	670.1	598.3		411.1	393.8	336.4
19.3	531.2	632.0	688.4	722.0	668.0	597.6		410.8	394.5	336.9
19.3	531.6	631.4	687.6	721.1	666.9	597.5		412.2	395.4	337.4
19.4	531.7	631.1	687.0	720.3	665.3	597.6		413.9	396.7	338.6
19.5	532.1	631.0	685.9	719.4	663.5	597.9		414.8	397.8	339.6
19.6	532.7	629.8	685.2	718.2	662.5	598.7		415.5	399.4	339.8
19.7	532.6	629.8	683.8	717.9	660.7	598.0		416.4	399.7	340.7
19.8	532.4	628.7	682.9	716.3	659.2	597.8		417.1	401.2	341.4
19.8	532.6	628.4	682.3	715.4	658.4	597.8		418.6	402.1	342.1
19.9	532.7	626.6	681.0	714.5	656.4	598.5		418.7	403.6	342.9
20.0	532.6	626.4	679.9	713.8	655.4	598.2		420.2	404.6	343.9
20.1	532.5	625.2	678.4	712.2	653.1	597.4		420.7	405.1	344.5
20.2	532.8	624.1	678.0	711.6	651.5	598.1		421.5	406.5	344.8
20.3	532.3	622.7	675.8	709.6	649.1	597.3		421.4	406.9	345.0
20.3	532.9	622.2	675.4	708.7	647.8	597.5		421.9	407.9	345.9
20.4	532.8	621.6	674.3	708.3	646.4	596.4		422.8	408.8	346.8
20.5	532.9	621.1	673.5	707.3	645.3	596.7		424.3	410.0	348.0
20.6	532.8	620.7	672.6	706.1	643.9	595.9		424.9	410.5	348.7
20.7	532.5	619.4	671.1	704.5	641.8	595.7		425.3	411.5	349.4
20.8	532.2	619.0	670.1	703.5	640.9	596.0		426.1	412.6	349.5
20.8	532.9	618.6	669.6	702.7	639.7	596.0		427.0	413.9	351.1
20.9	532.9	617.6	668.4	701.6	638.0	595.2		428.3	414.9	352.3
21.0	533.1	616.7	667.4	700.8	636.4	595.7		428.9	415.6	352.9
21.1	532.9	615.9	666.4	699.6	635.1	595.7		429.8	416.8	354.0
21.2	532.9	614.6	665.1	697.8	632.8	594.9		429.7	417.4	354.3

21.3	532.7	613.5	664.2	697.1	630.9	595.5		430.1	417.7	354.4
21.3	532.7	612.6	663.0	695.8	629.3	595.2		431.4	419.0	356.0
21.4	532.2	611.9	661.6	694.3	627.7	593.2		431.8	419.7	356.4
21.5	532.3	611.6	661.2	694.0	627.0	593.3		433.3	421.1	358.1
21.6	532.5	611.0	660.4	692.9	625.6	593.0		433.7	421.6	359.0
21.7	532.0	609.7	658.6	691.4	624.0	591.9		434.4	422.4	360.0
21.8	532.4	608.7	658.0	690.7	622.5	592.7		435.3	423.4	360.5
21.8	532.5	609.0	657.7	690.0	621.5	592.3		436.0	423.4	362.6
21.9	531.9	607.4	656.0	688.4	620.0	591.4	598.6	436.7	423.4	362.7
22.0	532.3	607.4	655.8	687.5	618.9	591.4	680.1	436.9	426.2	363.4
22.1	532.2	606.3	654.6	686.8	617.7	590.7	791.7	437.4	425.8	364.8
22.2	532.0	605.4	653.5	685.4	615.7	590.9	705.2	438.3	426.3	365.4
22.3	532.0	604.1	652.5	684.3	614.1	591.0	694.7	439.2	427.8	366.4
22.3	532.2	603.7	651.7	683.4	613.2	590.8	676.1	439.8	429.5	367.5
22.4	532.0	603.6	651.0	682.2	612.0	590.5	673.2	440.6	428.9	368.5
22.5	532.2	602.9	649.8	680.9	610.8	589.7	666.8	441.3	430.4	369.9
22.6	532.2	602.3	649.2	679.9	609.5	590.7	669.4	441.9	431.8	370.5
22.7	531.6	600.4	647.3	678.4	607.3	590.0	658.5	441.7	430.7	371.3
22.8	531.7	599.7	646.6	676.9	605.7	588.9	652.3	442.8	432.6	371.9
22.8	532.2	599.5	646.2	676.6	605.5	588.7	656.1	443.2	432.9	373.3
22.9	532.0	599.4	645.7	676.0	604.7	587.5	640.4	444.7	435.3	374.4
23.0	532.0	598.3	644.8	675.3	603.6	586.9	638.4	444.8	435.4	375.0
23.1	531.9	597.6	643.5	673.8	602.2	586.3	641.3	445.0	436.1	376.3
23.2	532.2	597.6	642.9	673.4	601.9	586.6	631.8	446.8	437.7	377.8
23.3	532.1	597.1	642.3	671.7	600.2	586.1	622.7	447.3	437.7	378.8
23.3	533.1	597.0	642.0	671.6	600.1	586.4	616.2	448.2	439.3	380.0
23.4	532.7	596.1	641.0	670.7	598.6	585.9	604.9	448.3	439.7	381.5
23.5	532.6	595.7	640.1	669.3	597.8	585.9	605.9	449.3	440.5	381.8
23.6	533.1	594.6	639.4	668.2	596.4	586.1	599.3	449.7	441.0	383.0
23.7	532.9	594.8	639.0	667.2	596.0	586.0	590.0	450.7	442.4	384.2
23.8	533.4	593.5	638.2	666.0	594.5	586.3	578.8	451.4	442.4	384.9
23.8	533.3	592.9	637.0	664.9	593.6	586.2	570.4	451.5	443.2	385.6
23.9	532.8	592.2	636.2	663.6	592.5	584.7	571.3	452.4	443.7	386.8
24.0	532.9	591.6	635.6	662.8	591.3	584.9	561.4	452.6	444.5	387.7
24.1	533.8	591.0	635.0	661.8	590.5	584.2	552.5	453.3	445.2	389.2
24.2	533.1	590.2	633.7	660.2	589.6	584.4	548.7	453.7	445.4	389.6
24.3	533.7	589.8	633.0	659.5	588.1	583.6	535.9	453.9	446.4	390.5
24.3	533.5	588.5	632.4	658.0	587.3	584.3	542.6	455.2	447.1	391.1
24.4	534.0	588.4	631.9	657.4	586.0	584.4	540.9	455.4	447.3	392.1
24.5	533.9	588.5	631.3	656.1	585.5	583.1	542.0	456.2	448.0	393.0
24.6	534.0	586.9	629.9	655.0	584.0	583.2	540.7	456.4	448.7	393.9

24.7	533.3	585.9	628.5	653.0	581.9	582.2	539.5	456.5	448.2	394.1
24.8	533.0	584.4	627.2	651.9	580.8	581.5	537.3	456.5	448.6	394.3
24.8	532.5	583.7	627.0	650.9	579.9	580.1	535.5	457.0	449.2	395.7
24.9	531.8	582.7	625.8	649.7	578.8	577.6	524.9	457.2	449.6	396.6
25.0	531.4	581.8	625.1	648.7	577.7	575.8	517.7	457.7	450.0	397.3
25.1	531.7	581.9	625.0	648.5	578.1	574.8	533.5	458.7	450.4	398.8
25.2	531.8	581.1	624.3	647.6	577.2	573.5	544.4	458.8	451.5	399.3
25.3	531.3	580.0	623.3	646.4	576.0	572.9	561.7	458.7	451.4	399.8
25.3	531.0	579.5	622.6	645.3	575.3	571.4	577.9	458.9	451.4	400.8
25.4	530.4	578.8	621.8	643.7	574.1	570.4	603.3	459.5	451.8	401.6
25.5	529.8	578.0	621.2	642.9	572.9	570.3	601.3	459.7	452.5	402.2
25.6	529.9	577.4	620.5	642.8	572.3	569.7	637.1	459.8	453.1	402.5
25.7	529.1	576.7	619.5	641.5	570.9	568.9	611.0	459.9	453.4	403.3
25.8	528.4	576.2	619.1	640.6	571.5	567.3	593.3	460.7	453.5	404.4
25.8	528.6	575.3	618.7	640.0	570.7	567.2	517.5	461.1	454.3	405.6
25.9	528.3	574.7	617.6	639.3	569.8	566.5	546.7	461.6	454.7	406.4
26.0	527.6	573.4	617.1	638.2	569.0	565.8	543.1	461.7	455.3	407.0
26.1	527.6	572.8	616.4	637.3	568.9	565.5	524.7	462.4	456.0	408.1
26.2	527.0	572.3	615.4	636.2	567.8	565.0	509.6	462.4	456.0	408.7
26.3	527.1	571.8	614.4	635.5	566.6	563.7	510.5	462.7	456.2	409.7
26.3	526.3	570.7	613.8	634.4	565.9	563.8	520.6	463.3	456.4	410.2
26.4	526.1	570.2	612.9	633.8	564.9	562.7	523.3	463.3	456.9	410.7
26.5	526.0	570.2	612.6	633.1	564.6	562.8	516.0	463.8	457.7	411.9

Anexo 3. Temperaturas registradas en la periferia del horno (3ª prueba exp. 01/10/2014)

Tiempo (horas)	Posición									
	P_I	P_II	P_III	P_IV	P_V	P_VI	P_VII	P_VIII	P_IX	P_X
1.0	66.81	197.91	66.58	138.61	137.36	44.55	45.39	49.59	55.10	86.17
1.1	70.19	201.23	69.36	140.86	171.49	52.74	53.13	59.36	59.87	93.83
1.2	78.70	225.01	78.94	154.75	201.59	56.10	56.38	61.06	60.90	100.12
1.3	82.92	234.20	81.76	166.65	221.74	60.46	58.92	67.87	63.40	104.61
1.3	91.07	255.50	90.95	180.81	239.77	61.78	59.89	69.77	65.20	111.98
1.4	93.90	262.64	97.55	193.61	256.43	65.20	63.55	74.55	64.49	114.03
1.5	98.35	271.43	100.48	203.25	276.27	68.00	73.98	80.58	68.25	121.12
1.6	107.47	301.07	109.12	217.02	296.21	67.31	88.91	80.30	71.65	127.22
1.7	108.44	292.89	109.26	224.32	286.32	67.92	145.62	82.29	69.80	125.51
1.8	115.79	313.64	114.95	237.01	358.54	69.42	159.85	84.25	76.85	136.85
1.8	122.74	319.81	120.78	241.21	377.79	71.45	158.37	85.99	79.17	146.77
1.9	127.44	328.71	125.18	248.77	400.93	71.05	160.86	89.74	84.45	155.08
2.0	132.77	340.59	129.48	258.75	417.80	72.51	164.26	91.69	88.98	167.62
2.1	138.06	344.96	134.80	263.27	433.57	74.74	169.13	94.01	93.32	173.43
2.2	142.83	348.03	139.82	271.71	451.78	76.13	171.42	95.87	92.81	178.39
2.3	146.71	358.35	143.57	277.99	468.70	78.70	174.72	98.52	97.53	183.41
2.3	151.44	354.79	145.64	279.33	470.93	80.63	177.27	98.46	99.45	185.39
2.4	159.21	369.38	152.03	291.67	492.62	82.62	182.31	99.65	103.65	191.98
2.5	163.72	378.68	155.47	298.90	511.67	84.48	188.46	103.84	109.26	198.71
2.6	168.41	381.06	159.75	299.63	509.01	86.28	193.26	107.15	115.45	160.11
2.7	170.72	407.98	161.19	353.55	523.55	86.26	202.41	108.50	111.52	135.28
2.8	171.59	393.68	159.61	338.56	511.04	87.22	213.16	108.45	111.78	126.57
2.8	182.71	411.04	169.75	357.14	519.57	92.32	233.46	118.87	123.85	134.92
2.9	180.77	404.30	157.19	369.54	504.37	90.97	235.79	102.41	111.77	121.05
3.0	187.35	407.27	166.92	386.08	507.03	92.51	245.79	115.37	122.87	129.74
3.1	195.81	418.43	177.90	406.74	535.35	95.96	266.74	124.19	130.24	137.09
3.2	205.44	430.11	189.58	429.18	559.55	99.73	283.17	126.82	135.33	140.69
3.3	212.98	434.17	197.54	442.01	565.23	103.75	298.48	127.93	136.87	142.24
3.3	218.65	442.84	199.15	443.49	570.57	106.46	314.83	129.08	140.11	144.82
3.4	227.77	458.42	206.90	445.92	580.37	111.93	330.63	134.97	147.92	152.33
3.5	234.68	470.13	214.08	468.41	608.73	116.00	343.94	135.62	149.91	154.46
3.6	243.29	484.77	220.52	475.46	611.33	121.19	360.48	139.88	155.18	160.79
3.7	251.84	504.79	226.07	484.03	619.15	126.83	378.02	144.25	160.51	167.71
3.8	260.30	522.97	234.91	510.44	644.55	132.00	391.63	145.98	165.18	172.05
3.8	269.81	532.07	249.18	546.10	660.52	137.33	414.70	152.26	168.04	171.79
3.9	279.82	533.19	259.26	558.53	656.09	143.86	437.58	161.04	174.98	178.70
4.0	288.56	533.98	268.62	569.77	664.33	151.01	457.13	164.36	178.55	182.02
4.1	298.91	552.05	279.19	582.41	674.28	155.70	472.15	170.33	187.60	190.63

4.2	309.69	549.23	290.55	597.37	690.58	163.35	491.04	180.04	192.90	197.29
4.3	319.62	547.47	295.53	595.32	681.53	171.69	506.31	184.91	198.85	202.73
4.3	329.19	558.19	303.75	601.69	686.81	179.67	526.34	190.75	202.12	207.70
4.4	337.95	569.50	311.02	613.60	697.63	189.21	544.37	197.88	209.25	216.80
4.5	346.12	569.71	319.60	615.04	699.31	198.91	559.47	204.06	215.01	223.39
4.6	354.15	569.31	331.40	627.07	710.48	208.72	569.09	209.84	225.43	231.95
4.7	360.87	567.76	341.65	633.44	718.98	218.35	579.66	214.85	239.16	240.20
4.8	369.21	580.93	350.67	636.52	719.48	228.63	593.11	221.81	249.23	248.81
4.8	374.39	589.06	357.04	644.56	727.12	239.21	605.42	228.18	288.64	324.88
4.9	379.58	594.84	363.25	649.07	730.82	248.33	616.95	233.43	295.54	367.17
5.0	386.29	606.29	369.47	654.09	735.92	259.99	626.13	237.72	303.54	378.68
5.1	391.26	592.70	381.99	665.92	751.09	267.94	636.11	242.83	310.27	388.07
5.2	405.40	593.82	390.80	669.73	754.01	276.53	645.74	248.76	315.90	391.96
5.3	408.80	595.26	400.28	676.18	756.45	283.65	655.92	253.65	321.76	397.17
5.3	414.40	602.40	405.81	680.64	761.35	290.78	667.31	259.96	327.58	401.98
5.4	410.90	581.08	388.35	643.45	744.68	297.61	667.14	218.69	308.87	388.28
5.5	412.60	589.13	395.04	661.24	745.45	314.99	675.57	236.47	319.53	392.94
5.6	416.40	590.33	404.34	664.90	747.04	317.97	681.93	245.14	323.39	396.03
5.7	418.85	596.86	411.78	671.57	754.33	321.93	690.42	250.52	327.49	399.65
5.8	421.27	581.12	414.41	653.16	727.13	326.65	695.77	250.10	325.92	394.04
5.8	417.53	563.01	407.50	634.14	709.18	322.49	695.20	222.17	316.70	384.43
5.9	416.16	553.71	403.60	625.14	697.96	320.88	696.87	209.67	315.09	380.44
6.0	415.01	545.41	403.39	617.67	687.14	321.99	697.90	204.59	314.73	379.00
6.1	411.94	538.65	404.00	611.24	676.94	323.41	699.09	202.17	314.47	377.80
6.2	417.10	560.08	422.94	634.14	690.48	334.85	703.13	245.13	334.70	395.72
6.3	423.24	571.48	436.78	651.96	712.70	345.44	710.14	264.45	341.21	407.51
6.3	428.55	595.25	442.80	662.56	727.73	352.70	715.45	271.14	347.74	414.49
6.4	432.37	607.60	447.40	664.16	728.97	359.32	719.17	276.09	355.03	424.30
6.5	435.80	612.53	453.12	670.06	735.91	365.10	724.05	280.43	360.09	428.17
6.6	438.00	609.84	457.69	671.77	737.86	370.66	729.43	287.21	369.65	438.36
6.7	441.58	613.71	460.97	672.84	739.38	375.73	734.76	290.81	376.60	448.84
6.8	444.24	617.23	465.64	676.39	742.47	381.82	738.80	294.72	382.90	455.52
6.8	446.74	617.36	470.00	682.18	749.80	387.02	743.70	299.65	385.57	459.38
6.9	451.17	628.41	490.24	705.12	774.11	392.56	751.24	304.10	389.88	460.72
7.0	455.49	653.46	499.64	703.75	774.20	398.07	757.96	307.28	393.52	463.96
7.1	457.32	633.42	506.90	716.33	787.49	403.38	761.23	311.28	397.24	466.86
7.2	462.11	638.51	509.60	718.87	790.14	409.14	767.93	314.71	404.74	473.79
7.3	465.21	639.69	514.35	721.96	790.17	414.87	773.20	321.18	410.68	481.27
7.3	466.83	640.38	515.60	724.41	795.26	418.65	776.79	323.63	410.57	479.87
7.4	469.31	642.30	519.23	727.68	799.40	422.88	783.28	328.00	413.58	481.14
7.5	469.28	643.93	520.13	726.77	800.34	428.47	787.18	327.16	413.55	480.97

7.6	482.97	637.44	524.64	725.97	796.84	434.38	790.23	330.38	418.60	486.91
7.7	481.19	636.58	519.99	717.05	793.13	441.15	791.49	316.99	412.98	486.06
7.8	479.91	633.85	520.72	717.65	796.11	449.35	790.76	313.63	411.04	485.78
7.8	482.11	643.42	520.13	718.65	799.07	453.71	792.16	313.10	410.16	487.05
7.9	482.36	644.39	516.94	719.27	798.88	457.19	797.24	312.62	409.83	485.79
8.0	481.51	646.56	515.09	719.06	801.34	460.22	797.10	314.75	411.43	487.60
8.1	483.15	654.06	526.03	729.29	815.58	463.58	798.95	313.94	413.37	493.32
8.2	483.96	654.52	528.70	733.86	822.56	466.54	802.77	314.62	414.18	496.35
8.3	486.43	660.12	495.47	732.63	814.58	469.02	811.17	317.45	413.57	496.03
8.3	488.95	671.57	492.32	736.85	813.05	472.12	812.30	326.69	416.62	498.41
8.4	490.58	666.33	511.27	741.00	816.83	475.89	816.68	329.95	419.55	500.67
8.5	490.28	668.50	513.77	748.49	821.31	486.42	823.63	336.23	422.28	502.38
8.6	490.14	667.12	514.69	738.57	818.99	491.71	825.13	332.43	422.86	503.74
8.7	492.88	685.19	516.00	750.64	830.48	497.61	831.00	330.40	423.31	503.54
8.8	497.02	684.96	519.43	743.64	827.84	496.52	830.61	333.60	425.61	504.46
8.8	476.62	687.65	520.51	759.55	835.42	504.69	832.12	334.12	429.22	508.27
8.9	500.00	683.34	525.92	762.77	847.36	509.53	831.04	332.71	428.69	510.89
9.0	501.38	680.67	531.66	766.10	853.55	513.98	831.88	332.87	427.83	513.48
9.1	503.73	680.66	534.59	766.46	857.24	518.91	839.61	333.44	429.70	518.41
9.2	494.13	661.32	526.56	737.82	842.15	519.69	841.40	290.13	413.68	502.50
9.3	489.92	655.19	521.56	728.53	833.22	520.70	839.91	274.30	410.74	498.73
9.3	481.75	647.53	488.27	714.34	826.02	526.87	838.70	267.08	409.00	498.29
9.4	485.01	648.21	496.04	719.63	819.77	515.86	838.74	260.63	407.88	496.97
9.5	484.65	650.38	512.50	725.71	813.64	520.66	838.97	270.02	415.89	500.90
9.6	493.06	642.04	532.07	722.88	793.48	522.05	837.64	324.01	429.04	508.66
9.7	497.30	663.84	543.82	705.75	798.90	521.49	832.18	354.08	440.28	507.68
9.8	512.74	676.66	559.27	753.17	800.84	529.42	835.24	382.44	459.30	531.78
9.8	523.91	700.12	579.60	776.79	830.06	540.58	856.02	397.57	466.40	547.74
9.9	526.60	716.35	582.23	788.18	851.92	550.01	860.22	409.61	473.90	556.66
10.0	533.01	731.38	594.31	788.44	856.03	558.42	859.73	413.26	484.47	568.73
10.1	538.49	748.37	569.34	798.06	877.19	542.78	864.08	423.54	489.74	580.44
10.2	548.79	734.78	609.56	802.90	885.25	568.33	880.76	427.21	499.75	585.74
10.3	531.99	708.12	592.93	766.06	845.37	586.62	871.97	434.51	493.31	552.81
10.3	559.76	750.23	613.39	810.08	885.88	594.01	896.32	442.79	491.26	580.39
10.4	570.51	763.49	613.47	823.31	871.45	596.96	899.84	424.79	509.52	593.73
10.5	576.05	770.31	615.29	829.11	890.48	598.78	905.45	436.41	514.34	595.33
10.6	578.28	773.36	626.81	832.27	894.69	601.30	908.83	443.75	517.94	597.42
10.7	580.03	774.05	643.83	837.56	898.30	605.27	908.32	446.58	524.19	604.84
10.8	582.37	768.33	642.94	840.61	896.83	609.56	914.34	451.23	529.96	612.36
10.8	583.38	769.89	649.37	849.20	907.76	613.44	913.74	455.83	531.40	613.37
10.9	574.59	766.22	647.52	855.57	913.92	599.39	914.69	460.95	534.50	614.76

11.0	580.31	760.90	660.08	850.88	904.87	617.77	922.43	466.75	538.93	619.28
11.1	583.27	765.65	666.24	857.62	912.40	623.40	926.83	475.52	538.59	618.44
11.2	579.11	756.94	664.00	841.18	904.35	629.87	919.68	463.11	523.20	609.16
11.3	578.65	754.55	658.61	839.26	901.18	638.98	917.88	458.84	520.80	607.12
11.3	577.52	762.60	665.28	839.06	904.72	643.90	917.67	447.30	521.18	610.66
11.4	575.57	760.23	666.57	838.07	904.63	646.92	920.27	443.55	520.67	613.16
11.5	577.54	763.65	665.52	835.70	902.22	649.98	919.68	438.26	523.85	617.64
11.6	562.29	765.95	666.61	816.60	901.69	615.14	921.15	437.84	481.88	621.97
11.7	577.84	768.17	667.05	772.16	898.95	633.41	922.39	436.47	496.08	623.55
11.8	583.04	771.16	669.33	775.23	899.83	649.67	924.58	440.11	475.95	629.93
11.8	582.42	773.19	670.52	775.26	898.71	656.06	921.84	438.12	477.42	634.35
11.9	584.11	776.49	671.87	776.34	898.30	659.71	924.12	439.53	480.86	637.34
12.0	585.27	773.18	675.80	778.21	899.62	663.35	923.14	443.43	482.68	636.06
12.1	593.06	772.13	679.71	779.75	901.21	665.36	924.13	445.73	481.81	636.99
12.2	577.17	770.66	641.03	828.19	902.44	662.11	924.13	445.09	479.21	639.30
12.3	580.19	769.78	634.70	831.27	903.21	667.62	924.91	445.81	480.88	645.87
12.3	581.84	770.89	632.90	829.47	901.22	670.22	923.14	449.19	473.69	646.52
12.4	583.20	773.26	636.07	833.30	907.42	673.77	925.22	453.00	476.87	648.40
12.5	584.06	773.33	636.72	836.00	912.48	676.46	925.99	454.50	479.75	649.34
12.6	586.50	775.84	638.01	834.35	905.74	679.14	927.37	454.58	471.19	652.37
12.7	587.07	776.95	637.73	830.22	904.36	680.81	928.37	455.08	480.98	653.45
12.8	587.66	778.97	637.10	827.39	903.69	683.65	928.55	454.23	482.58	654.84
12.8	588.77	780.56	638.72	827.05	903.96	686.45	928.89	455.42	485.07	656.83
12.9	582.30	769.22	637.83	833.62	911.58	685.55	925.55	451.01	497.18	651.89
13.0	577.42	760.43	610.63	820.59	908.06	675.54	927.09	438.07	536.68	645.18
13.1	585.11	750.81	618.77	809.84	878.80	662.75	920.89	476.06	546.03	653.64
13.2	586.52	735.65	624.36	797.23	854.47	675.61	915.33	497.60	545.28	649.28
13.3	587.08	723.19	627.44	784.96	835.11	681.39	909.19	510.90	541.48	644.80
13.3	582.33	722.44	621.73	780.57	828.11	683.04	904.57	512.02	517.85	641.68
13.4	572.95	720.33	604.00	778.21	834.35	678.70	908.57	471.22	505.83	634.19
13.5	569.70	718.33	597.72	775.14	832.58	676.71	908.30	463.58	500.50	631.43
13.6	565.44	713.84	583.85	770.08	832.48	673.78	907.73	455.01	493.31	622.97
13.7	561.95	710.86	578.85	766.03	830.24	671.55	905.53	450.43	489.71	619.61
13.8	559.25	708.55	576.22	762.88	828.99	670.26	902.19	448.08	487.59	617.69
13.8	555.49	706.18	573.39	758.42	826.85	668.49	899.47	445.74	485.49	615.71
13.9	551.78	704.01	570.25	755.49	824.47	666.84	897.58	443.60	515.21	620.33
14.0	550.22	701.47	575.70	751.45	821.93	666.56	893.77	428.64	516.43	620.98
14.1	546.55	699.64	595.04	746.14	821.84	677.41	889.72	404.32	521.14	618.67
14.2	545.89	697.58	600.55	743.55	821.22	681.89	888.48	396.21	521.05	617.36
14.3	543.63	696.16	601.16	739.18	819.47	682.94	885.86	390.45	520.45	615.88
14.3	541.37	694.08	601.55	735.03	817.40	684.06	883.68	384.98	520.11	613.25

14.4	539.93	692.54	599.60	732.01	814.70	683.17	882.37	379.10	519.39	611.87
14.5	538.34	690.85	598.07	729.65	812.07	683.08	880.46	374.01	518.15	611.00
14.6	535.02	688.72	596.19	724.80	809.88	682.48	877.62	371.44	516.99	609.32
14.7	534.40	687.22	594.13	722.34	807.52	681.49	876.51	367.26	516.80	607.98
14.8	532.44	685.96	592.52	719.02	805.55	681.24	873.90	364.03	516.34	606.51
14.8	532.36	684.21	590.29	716.89	802.93	680.44	872.37	360.46	515.90	605.07
14.9	530.02	682.34	588.95	712.82	800.64	680.16	869.89	357.79	515.27	603.73
15.0	529.93	680.59	586.14	710.40	797.06	678.92	867.68	353.56	514.40	601.85
15.1	528.30	679.51	584.36	707.50	796.41	678.14	865.50	351.32	513.56	600.64
15.2	526.78	678.05	582.41	705.88	794.31	677.54	864.72	349.05	512.75	600.12
15.3	526.33	676.14	580.38	702.51	792.13	676.65	861.90	346.76	511.01	598.74
15.3	524.34	675.35	578.46	700.48	790.43	675.86	860.55	345.10	509.37	597.81
15.4	524.19	673.76	576.45	699.02	788.20	675.50	859.26	343.06	508.01	596.59
15.5	523.71	671.96	574.74	696.64	785.92	675.00	857.77	341.76	506.59	595.03
15.6	522.77	671.08	572.66	694.23	784.65	674.78	855.49	340.37	506.15	593.87
15.7	520.68	669.55	570.71	692.84	781.97	673.54	854.12	339.04	500.56	592.86
15.8	521.49	667.62	569.30	691.11	780.21	673.26	852.63	338.04	499.66	591.30
15.8	519.40	666.30	567.43	688.85	777.98	672.75	851.19	336.28	499.58	590.21
15.9	518.34	664.66	565.66	685.31	775.92	672.33	848.57	335.71	499.02	589.08
16.0	516.36	663.09	563.89	683.73	774.10	671.70	846.93	334.20	497.90	587.74
16.1	515.91	661.84	560.50	683.20	772.22	670.95	846.01	332.57	496.44	587.07
16.2	515.56	660.25	558.72	681.03	770.31	670.60	844.73	332.07	495.09	586.37
16.3	514.47	659.08	556.48	679.35	768.59	670.00	842.91	331.10	494.42	584.91
16.3	513.78	656.37	554.65	676.12	766.78	669.67	840.91	330.26	494.17	583.59
16.4	513.02	656.68	552.96	675.71	765.26	669.85	840.12	329.55	493.63	583.11
16.5	511.52	655.10	550.82	673.54	763.56	669.70	838.46	328.68	492.69	581.68
16.6	511.17	653.30	548.46	671.66	761.28	668.99	836.74	328.17	492.34	579.47
16.7	510.52	651.92	546.10	671.44	759.44	668.76	835.91	327.59	490.48	578.60
16.8	509.62	650.79	543.69	669.80	757.40	667.85	834.06	326.66	489.50	576.34
16.8	508.16	649.33	542.24	667.54	756.57	668.26	832.69	327.44	487.98	575.88
16.9	507.26	647.40	539.68	665.75	754.09	667.71	830.84	325.93	486.64	573.76
17.0	506.53	646.60	537.95	664.66	752.82	667.55	829.70	326.36	485.34	572.89
17.1	505.49	644.61	536.55	663.68	750.58	667.73	829.06	325.88	484.44	572.42
17.2	504.78	643.11	533.78	661.23	749.19	666.87	827.35	325.68	483.24	570.79
17.3	504.02	642.27	532.73	660.32	747.75	667.26	825.51	326.00	481.97	568.88
17.3	502.78	640.01	530.13	658.41	746.11	667.09	824.43	325.75	480.66	567.71
17.4	502.81	638.82	529.16	658.59	744.31	666.55	823.34	324.91	479.54	566.60
17.5	501.93	636.56	527.49	657.12	742.51	666.23	822.19	325.17	478.59	565.71
17.6	501.20	635.47	526.98	654.88	741.26	666.52	820.46	325.46	477.43	563.91
17.7	500.84	633.30	524.47	654.51	739.05	665.93	819.03	324.57	475.92	562.40
17.8	499.72	631.45	524.05	652.28	737.45	665.65	817.78	324.52	475.01	562.06

17.8	499.05	630.41	522.60	651.90	736.18	665.56	816.03	325.51	473.33	559.81
17.9	498.16	629.95	521.42	649.48	735.20	665.89	815.10	325.48	472.08	558.92
18.0	497.01	628.37	520.28	648.55	733.58	665.67	814.21	325.48	468.50	558.92
18.1	496.57	625.70	518.62	648.54	731.60	665.66	813.00	325.40	468.85	556.77
18.2	495.39	624.44	518.08	645.69	730.17	665.19	810.88	325.58	468.60	555.02
18.3	494.71	623.96	515.75	646.01	729.10	665.36	810.83	326.20	468.12	554.90
18.3	493.75	622.29	514.51	644.83	727.17	664.91	809.24	326.10	467.38	553.30
18.4	493.45	620.04	512.20	644.09	725.84	665.18	807.73	326.74	463.35	550.14
18.5	492.07	618.45	511.11	642.85	724.58	665.31	807.05	326.58	461.76	548.19
18.6	490.79	617.66	510.26	640.19	722.98	665.03	805.12	326.52	461.27	545.77
18.7	490.85	615.86	508.11	640.62	721.29	664.80	803.91	326.80	462.19	544.75
18.8	489.61	614.33	506.08	639.44	720.61	664.85	802.55	327.73	460.23	541.51
18.8	488.57	613.20	506.03	638.60	718.37	664.59	801.31	327.61	457.82	540.18
18.9	487.89	612.02	506.14	635.90	717.38	664.63	800.08	328.23	455.91	538.43
19.0	486.79	611.21	503.61	636.17	716.05	664.24	798.72	328.65	453.16	538.05
19.1	485.74	610.15	501.42	633.89	714.69	664.27	797.48	328.82	450.82	535.78
19.2	484.65	608.20	500.40	633.87	713.14	664.25	796.65	329.17	448.43	534.55
19.3	483.83	606.80	500.72	631.25	711.57	664.00	794.53	329.21	445.67	532.15
19.3	482.87	605.26	500.83	630.64	710.45	663.83	793.46	329.76	446.07	531.26
19.4	481.74	603.92	499.72	629.51	709.30	663.92	792.44	330.44	443.86	529.71
19.5	480.93	601.81	498.83	629.98	707.81	663.89	791.59	330.12	441.53	527.46
19.6	480.03	601.42	496.65	627.50	706.54	663.50	789.78	330.67	439.92	526.00
19.7	479.37	599.74	495.48	626.69	705.21	663.98	788.72	331.45	436.66	524.12
19.8	478.69	598.78	494.80	625.57	703.93	663.87	787.42	331.12	432.45	522.15
19.8	477.64	596.79	495.12	624.59	702.65	663.32	785.96	331.51	428.87	517.95
19.9	476.44	596.10	495.28	623.90	701.36	663.06	784.80	331.90	427.03	513.68
20.0	475.89	593.90	493.59	622.84	700.00	663.08	783.27	331.86	426.69	510.48
20.1	474.99	592.78	492.68	621.86	698.72	663.18	782.03	332.61	424.55	508.00
20.2	474.44	591.80	492.07	620.88	697.66	663.06	780.73	332.79	425.66	505.45
20.3	473.29	590.50	490.41	621.02	696.34	662.33	779.61	333.00	424.79	502.72
20.3	472.44	588.86	489.20	619.45	695.33	661.25	778.36	333.59	423.93	499.66
20.4	472.15	587.86	488.13	619.52	694.17	662.12	777.40	333.81	422.86	497.23
20.5	471.05	586.69	487.17	618.12	693.12	662.17	776.11	334.22	423.04	495.19
20.6	469.78	585.14	486.26	616.71	691.84	661.98	774.96	335.27	422.13	491.78
20.7	469.52	583.51	485.64	617.67	690.63	661.42	773.72	335.73	420.78	489.44
20.8	468.66	582.51	484.85	616.02	689.46	660.26	770.54	335.58	418.91	488.22
20.8	468.04	581.10	484.09	614.89	688.33	659.93	769.76	336.41	418.14	486.53
20.9	466.94	580.29	482.85	613.43	687.29	659.33	768.10	337.04	418.26	486.22
21.0	465.92	578.55	481.83	612.77	686.26	659.17	767.13	337.76	416.66	486.92
21.1	465.29	577.06	481.27	610.27	684.97	659.11	764.49	338.07	411.63	484.28
21.2	464.34	575.33	479.97	610.26	683.72	658.81	763.22	339.00	407.13	482.26

21.3	463.40	574.17	479.89	608.59	682.98	658.65	762.03	338.48	398.96	480.24
21.3	462.50	572.99	479.13	607.48	681.85	658.32	760.88	338.88	395.81	478.56
21.4	461.50	571.56	478.06	607.12	680.77	658.33	759.71	339.54	394.37	478.13
21.5	460.49	569.98	476.91	606.69	679.60	657.74	758.45	340.55	392.04	476.62
21.6	459.52	568.72	476.16	605.72	678.40	657.20	758.48	340.30	386.87	476.16
21.7	459.00	567.91	475.63	604.33	677.95	657.18	757.06	341.66	386.12	475.85
21.8	457.94	565.92	474.79	604.13	676.37	656.54	755.53	341.89	383.68	475.00
21.8	457.18	565.31	474.46	602.80	675.82	656.72	754.60	343.31	382.84	474.10
21.9	456.29	563.50	473.72	602.99	674.71	656.26	753.92	344.38	385.13	473.79
22.0	455.39	561.73	472.89	602.01	673.65	656.00	753.21	345.06	381.97	473.03
22.1	454.61	560.32	472.97	600.95	672.80	655.65	751.68	346.24	381.91	472.19
22.2	453.17	557.87	472.18	600.51	671.41	655.07	750.27	345.72	379.66	470.74
22.3	452.34	555.98	471.86	598.76	670.36	655.25	748.40	346.28	378.76	472.07
22.3	451.69	554.62	470.99	598.25	669.49	655.03	748.18	347.44	379.48	472.57
22.4	450.80	553.23	470.39	597.86	669.10	654.64	746.60	348.50	378.00	471.18
22.5	449.81	552.09	470.05	597.01	668.10	654.65	745.07	349.39	376.85	470.05
22.6	448.56	550.06	469.51	595.91	667.06	654.19	743.79	349.72	375.88	467.22
22.7	447.75	548.47	468.71	596.03	666.03	653.59	743.85	350.21	374.99	464.84
22.8	446.45	546.53	467.99	594.45	664.79	653.16	741.50	350.86	374.62	461.25
22.8	445.96	545.54	467.42	593.82	663.93	652.52	740.26	351.75	371.88	458.17
22.9	444.32	543.48	466.79	593.04	662.57	651.73	738.95	352.85	368.77	455.81
23.0	443.66	542.24	465.41	593.45	661.83	651.36	739.15	353.05	367.37	455.01
23.1	442.32	541.06	465.44	592.91	660.85	651.10	737.86	353.45	366.24	453.53
23.2	441.35	538.88	464.76	593.88	659.74	650.92	736.36	353.92	366.14	451.13
23.3	440.15	538.11	464.00	592.11	658.96	650.29	734.63	355.04	365.50	449.28
23.3	439.08	536.76	463.07	592.40	658.31	650.44	734.78	355.99	365.22	448.64
23.4	438.17	535.93	462.81	590.93	657.48	650.04	732.90	356.45	365.25	445.58
23.5	436.55	534.53	461.63	589.46	656.58	649.14	731.40	357.58	364.70	441.59
23.6	435.85	533.27	461.29	588.04	655.66	649.09	730.32	357.96	364.43	439.02
23.7	434.96	532.38	460.83	587.80	654.98	648.63	729.56	359.25	364.04	436.69
23.8	433.80	530.72	460.17	587.00	654.10	648.25	728.45	360.69	363.89	434.45
23.8	432.79	529.21	459.52	585.99	652.94	647.89	727.71	361.19	363.88	433.43
23.9	431.80	527.37	458.96	585.86	652.31	648.05	727.66	363.24	363.82	431.51
24.0	430.68	526.26	457.99	584.25	651.69	647.07	725.28	362.99	363.35	428.73
24.1	429.97	525.20	457.15	583.33	650.55	646.73	724.12	363.80	363.51	426.59
24.2	428.86	523.80	457.83	583.22	649.72	646.26	724.38	364.78	363.26	425.54
24.3	427.98	522.57	457.31	582.85	648.91	645.88	723.34	366.07	363.02	423.22
24.3	427.43	521.67	457.13	582.88	648.08	645.34	722.27	366.76	363.34	421.16
24.4	426.21	519.67	456.27	582.24	647.07	644.69	720.89	368.21	362.69	419.07
24.5	425.74	518.41	455.22	581.48	646.31	644.72	720.33	370.06	363.01	417.59
24.6	424.63	517.10	454.62	580.16	645.77	644.12	719.43	370.32	362.41	415.25

24.7	424.59	515.91	455.37	579.70	645.45	643.86	717.20	372.10	362.87	413.85
24.8	423.59	513.98	454.95	578.91	644.51	643.29	716.18	373.48	363.03	412.26
24.8	422.77	509.81	455.21	578.53	643.27	643.27	716.53	373.39	363.01	411.09
24.9	422.14	507.32	455.09	578.34	642.93	642.78	716.03	375.58	363.31	410.24
25.0	421.73	505.34	454.54	577.29	641.94	641.94	714.60	376.04	363.48	408.82
25.1	420.75	502.64	454.21	576.17	641.39	641.46	712.80	376.87	363.51	407.11
25.2	420.14	501.11	454.10	575.35	640.57	640.71	711.38	377.92	363.26	405.64
25.3	419.77	500.67	453.59	575.41	639.40	640.55	711.88	378.42	363.39	405.05
25.3	418.42	499.70	452.96	573.64	638.20	639.71	708.98	378.44	363.12	402.54
25.4	418.23	497.93	452.62	573.52	637.64	639.37	707.99	379.55	363.07	401.55
25.5	417.69	497.04	452.45	573.27	637.32	639.41	707.44	380.82	363.70	400.94
25.6	416.85	494.98	451.68	572.50	635.76	638.50	706.23	381.49	363.72	399.59
25.7	416.13	493.41	451.55	572.15	635.19	638.15	705.73	382.30	363.22	399.02
25.8	414.76	491.34	451.11	570.79	634.40	637.28	703.90	383.17	363.43	397.72
25.8	414.10	489.10	451.03	570.78	633.44	637.12	703.45	383.37	363.93	396.69
25.9	413.13	487.21	450.64	569.82	633.21	636.81	702.19	384.29	363.69	396.08
26.0	412.41	484.85	450.43	569.11	632.20	636.09	701.17	384.87	364.19	395.94

Anexo 4. Temperaturas registradas en el interior del horno (2ª prueba exp. 24/09/2014)

t (h)	Posición													Int
	A_I	A_II	B_I	B_II	B_III	C_I	C_II	C_III	D_I	D_II	D_III	E_I	E_II	
1.0	25.0	27.0							136.8		68.4		470.6	
1.1	26.0	28.0	67.3	78.1	42.4		39.5	50.9	143.8	61.5	67.0	39.9	438.2	32.9
1.2	28.3	32.4	76.5	89.4	50.2		49.0	64.0	165.5	71.4	75.5	46.4	505.9	39.1
1.3	32.6	38.0	82.2	100.1	54.2	51.4	58.5	66.7	165.2	88.3	85.0	53.4	506.3	46.4
1.3	35.7	44.7	86.1	105.1	59.6	55.0	67.0	72.2	166.3		90.5	58.7	511.9	51.9
1.4	39.6	49.4	84.0	101.3	61.0	53.8	69.7	72.3	158.9	103.5	93.4	63.1	542.2	58.5
1.5	43.3	53.4	91.7	113.9	66.7	64.7	77.0	80.1	178.4	119.2	106.9	71.4	561.4	61.0
1.6	44.8	56.1	96.8	114.8	71.9	63.7	82.8	84.9	187.5	127.2	113.9	75.2	518.6	65.7
1.7	49.3	58.5	96.1	116.9	71.8	67.4	84.6	85.0	187.8	141.2	118.9	83.2	545.0	68.4
1.8	55.3	62.1	95.0	118.3	73.4	69.5	84.1	82.6	180.4	142.7	117.9	85.0	570.3	69.3
1.8	58.7	64.4	100.4	122.5	77.3	75.4	89.3	83.2	190.4	154.5	122.0	90.2	529.3	72.4
1.9	63.6	68.1	109.7	131.6	84.8	79.9	95.7	95.9	216.5	166.8	134.7	96.8	540.5	75.7
2.0	56.9	66.7	102.9	123.1	69.7	59.4	84.1	70.4	173.5	143.9	105.4	93.1	597.2	79.5
2.1	61.7	69.7	100.6	118.2	60.8	57.0	75.9	62.2	175.8	127.2	94.6	89.1	535.4	81.7
2.2	66.2	71.9	100.2	110.6	59.1	57.6	74.6	61.4	177.4	108.9	89.3	86.8	599.3	82.0
2.3	68.5	73.0	101.2	107.1	59.6	58.3	74.3	61.9	184.7	102.7	102.2	85.4	582.4	81.9
2.3	69.9	74.1	100.9	104.5	60.4	59.7	73.6	62.8	183.3	98.8	99.9	84.9	567.9	81.1
2.4	71.6	74.9	99.9	101.6	61.7	61.5	73.5	64.5	182.0	96.7	93.9	84.8	556.7	81.2
2.5	72.6	75.4	99.6	101.0	63.5	63.9	74.2	65.9	176.7	95.1	93.5	85.0	563.3	81.2
2.6	73.2	76.4	101.4	104.9	67.3	65.4	74.3	68.6	181.7	94.9	95.0	85.6	583.4	81.6
2.7	71.3	75.4	114.0	123.1	71.5	65.6	84.2	80.1	224.9	132.9	127.3	87.2	562.4	82.0
2.8	70.4	73.4	120.7	130.0	74.2	74.0	92.8	85.2	238.5	156.6	135.4	90.9	615.1	82.1
2.8	69.9	72.7	124.8	135.3	76.5	79.1	97.3	90.2	247.5	179.4	139.5	97.8	631.8	83.8
2.9	70.0	72.1	125.9	133.8	78.7	77.9	98.1	90.1	245.9	184.2	142.1	102.8	637.5	86.6
3.0	69.2	71.9	131.0	141.6	80.8	83.4	103.5	97.7	267.9	198.4	147.4	107.3	696.5	88.0
3.1	68.6	71.4	133.1	142.6	83.3	81.2	104.7	102.0	274.0	202.8	150.6	109.7	676.0	90.5
3.2	69.6	71.5	136.0	145.9	84.9	85.7	108.7	105.7	285.1	210.0	155.7	114.2	722.5	92.5
3.3	70.0	71.7	141.4	150.3	88.5	85.8	112.5	111.8	302.4	218.4	161.6	117.7	715.8	94.7
3.3	70.1	72.0	142.7	151.4	87.7	87.3	113.3	110.1	313.4	220.8	166.3	123.5	741.6	96.9
3.4	70.2	72.2	144.9	154.3	88.3	88.7	114.2	110.9	318.8	227.7	170.8	128.0	721.4	99.0
3.5	70.7	72.7	149.8	158.9	91.2	89.1	118.1	115.2	343.0	234.2	177.0	132.3	752.5	100.5
3.6	71.3	72.8	152.2	160.3	91.2	90.7	118.3	115.6	354.1	241.9	181.1	141.7	764.7	102.0
3.7	71.4	72.9	155.9	162.4	91.8	92.5	120.3	118.0	368.1	248.5	186.6	147.3	779.0	103.8
3.8	71.2	72.6	164.2	170.1	93.6	93.8	125.3	122.7	389.1	257.4	195.9	155.4	732.5	106.1
3.8	72.0	73.9	170.9	176.7	96.5	96.2	131.5	132.4	417.0	267.2	204.7	166.8	802.9	108.3
3.9	72.5	73.7	164.2	172.8	93.3	90.4	124.8	126.1	414.3	264.9	196.9	172.6	787.1	111.6
4.0	74.1	75.1	136.1	157.6	80.2		92.7	92.5	383.4	235.4	161.6	167.9	760.5	113.7
4.1	74.9	75.4	134.6	151.4	78.7		91.0	88.3	380.1	232.1	177.2	172.1	735.2	115.2
4.2	73.0	74.3	168.9	177.4	86.7	90.8	124.5	121.6	437.9	267.5	209.3	183.6	749.5	116.4
4.3	72.5	74.8	177.3	183.9	91.1	94.1	130.5	130.0	469.3	280.5	221.7	192.9	811.7	119.7
4.3	73.4	75.6	184.9	190.3	94.7	98.0	137.2	136.2	493.7	291.1	232.6	204.0	841.0	124.0
4.4	74.5	75.4	167.1	180.1	89.1	84.7	118.1	133.0	470.0	287.5	222.1	211.4	820.8	128.4
4.5	75.1	75.0	159.8	173.5	84.8	79.4	105.9	129.7	470.7	280.8	221.0	217.9	841.3	131.2
4.6	76.6	75.0	156.9	170.8	84.2	77.4	99.9	129.8	482.4	280.8	220.7	227.7	812.0	133.9
4.7	76.9	76.2	159.4	173.5	84.8	76.6	102.3	130.4	487.4	284.9	227.7	235.4	830.0	137.0
4.8	77.6	75.5	158.3	171.6	84.6	76.3	99.9	131.0	497.6	287.0	229.2	242.6	820.9	139.9
4.8	77.2	74.6	159.1	173.1	84.2	76.4	99.1	130.9	507.5	293.8	234.4	250.7	787.7	142.7
4.9	76.5	73.7	160.8	177.5	83.5	75.7	101.7	129.8	514.9	300.6	242.8	256.0	784.9	145.7
5.0	76.7	74.8	168.4	181.8	83.8	79.1	105.6	132.6	518.8	304.8	253.4	263.1	798.6	149.4
5.1	75.9	74.0	167.9	181.5	83.2	78.0	104.4	135.2	520.7	309.2	258.7	269.8	798.4	153.0
5.2	76.2	74.1	172.5	185.5	83.5	79.1	108.4	136.6	530.6	314.8	268.5	278.1	805.1	156.9
5.3	76.2	74.1	171.1	185.0	83.3	77.9	107.8	138.8	537.1	320.1	275.7	285.7	825.9	160.7
5.3	74.2	73.7	158.9	175.1	82.8	75.1	102.6	119.7	518.9	312.3	262.9	290.9	805.3	162.6
5.4	74.7	74.2	159.1	176.6	82.8	75.4	105.3	123.6	523.1	313.3	267.5	295.9	807.7	164.5
5.5	75.8	74.4	161.5	176.4	82.1	75.6	107.1	125.5	532.0	317.9	271.7	300.7	811.9	166.7
5.6	74.6	73.9	152.3	174.2	81.5	75.4	104.7	116.3	520.5	312.3	250.9	305.7	805.7	168.7
5.7	75.8	75.1	138.6	172.9	80.5	75.2	103.3	106.0	499.8	304.0	230.9	309.8	802.8	169.5
5.8	75.9	75.8	136.6	170.8	80.1	75.3	102.9	103.0	495.0	300.6	231.7	313.6	785.3	168.5
5.8	76.0	76.0	132.6	169.3	80.1	75.3	103.0	101.0	485.0	299.1	234.9	317.5	879.7	167.7
5.9	76.1	76.0	132.3	170.8	79.5	75.1	103.6	100.0	483.9	298.4	239.5	321.3	867.2	167.3
6.0	73.8	75.5	151.7	174.8	79.2	75.2	110.0	124.9	522.5	310.9	286.4	327.6	851.5	167.7
6.1	72.9	74.5	158.1	176.9	79.4	75.1	109.7	125.7	531.8	321.1	299.3	333.1	843.1	170.9

6.2	72.5	73.4	165.8	181.4	79.4	74.9	114.7	131.2	539.1	329.4	319.9	338.1	862.2	173.8
6.3	71.8	72.9	167.0	180.7	79.2	74.3	117.3	145.0	540.9	332.1	327.0	341.3	861.4	177.0
6.3	72.0	72.8	171.3	180.9	78.8	74.2	123.8	133.1	555.1	331.1	334.3	344.7	838.2	180.0
6.4	72.0	71.8	159.4	176.6	78.5	73.6	117.2	142.9	507.4	334.4	321.8	348.2	892.3	183.4
6.5	71.2	71.2	168.2	180.6	77.8	73.2	122.6	143.1	546.8	342.0	351.6	355.8	881.8	185.1
6.6	71.0	71.2	173.3	183.4	77.8	73.3	125.1	167.0	551.7	347.8	357.3	360.0	895.3	189.2
6.7	70.9	70.9	177.7	185.5	78.2	73.2	128.6	154.1	556.1	357.1	372.9	365.7	813.7	192.8
6.8	71.8	71.3	179.3	188.1	78.4	72.7	131.5	160.5	556.9	358.2	379.0	370.1	834.6	197.2
6.8	71.5	71.0	182.2	189.0	78.1	72.5	132.8	153.9	560.1	359.9	385.1	374.9	843.8	201.0
6.9	70.8	72.2	232.7	229.5	78.8	91.4	191.0	188.8	582.8	422.4	427.9	393.1	852.4	208.0
7.0	69.7	71.1	240.9	237.7	80.8	96.1	201.6	200.1	585.9	428.1	449.1	411.7	825.9	219.3
7.1	69.8	71.4	250.6	243.7	83.2	100.7	209.7	204.9	600.6	433.2	469.3	425.8	851.3	232.6
7.2	70.1	72.5	255.2	251.6	86.1	107.2	220.5	218.8	604.1	447.5	482.5	436.8	871.6	243.2
7.3	70.1	71.7	232.2	233.9	85.1	80.8	189.9	185.0	599.5	435.6	470.8	443.4	862.3	255.6
7.3	72.7	72.6	221.8	226.3	82.4	73.7	170.4	180.2	594.9	431.2	469.6	443.5	874.6	263.0
7.4	71.4	72.4	249.6	243.9	83.1	93.5	206.3	203.2	604.3	454.1	493.1	452.4	842.7	266.9
7.5	70.7	73.1	274.1	264.0	89.2	106.9	240.0	238.5	621.6	471.4	516.3	467.0	885.2	276.2
7.6	70.7	73.0	285.8	273.0	93.7	109.3	251.8	250.5	633.7	504.1	529.5	476.9	894.4	288.4
7.7	71.8	74.1	297.4	283.8	96.9	113.3	262.9	259.1	647.2	517.1	534.4	484.0	912.7	298.8
7.8	72.1	73.0	261.5	258.1	90.9	76.9	209.4	217.2	629.6	497.6	519.3	486.5	906.3	308.2
7.8	72.2	73.5	259.1	259.7	90.0	74.5	207.0	214.1	630.5	494.1	529.4	490.0	918.2	311.9
7.9	72.6	73.4	260.4	260.2	89.4	74.2	208.2	215.1	633.9	495.1	533.0	493.5	932.2	314.4
8.0	72.5	72.9	295.7	280.9	90.2	99.1	259.3	247.0	641.0	517.5	564.0	502.6	980.9	316.8
8.1	71.5	72.2	312.0	295.5	92.7	107.5	281.9	267.1	640.1	535.6	579.4	515.7	926.0	326.1
8.2	70.5	71.7	322.8	307.1	94.6	109.3	296.3	282.1	638.7	542.0	589.6	524.6	993.0	338.8
8.3	73.0	75.1	341.5	325.5	107.6	117.8	313.1	308.9	679.4	557.1	583.0	528.1	906.8	349.6
8.3	74.4	76.6	351.4	334.2	115.1	125.3	322.2	319.0	684.3	577.1	602.4	533.5	901.7	358.9
8.4	75.7	78.6	362.3	341.4	118.7	128.8	329.6	335.7	697.5	581.9	594.1	539.7	941.7	369.4
8.5	76.3	79.5	371.1	352.3	121.1	133.7	339.4	348.5	711.0	598.1	604.8	546.6	959.1	377.3
8.6	76.7	80.2	380.6	360.1	123.6	138.1	347.2	362.1	720.2	610.7	614.9	552.8	976.4	385.3
8.7	75.1	79.1	390.6	373.4	120.2	137.0	358.7	374.9	707.8	616.9	646.2	564.9	901.5	394.7
8.8	74.7	78.4	402.0	388.4	119.1	138.8	374.4	394.1	705.8	620.0	657.4	575.6	953.6	406.9
8.8	77.1	81.8	413.7	399.0	127.1	147.6	379.9	401.0	746.9	636.3	644.9	578.8	977.2	418.5
8.9	77.5	82.7	422.7	404.4	127.2	154.7	390.1	417.7	739.5	645.6	673.2	586.6	1009	427.0
9.0	77.3	82.3	432.2	414.3	129.0	158.5	398.5	423.4	737.3	660.5	687.1	596.1	943.4	435.8
9.1	78.6	84.0	444.2	423.9	133.2	163.4	408.0	436.3	746.9	674.8	694.7	604.1	972.5	446.0
9.2	79.0	84.3	452.2	430.9	134.1	163.6	413.3	438.3	761.2	681.6	689.5	611.0	1020	453.8
9.3	78.7	84.0	466.8	443.1	134.7	169.7	425.3	452.3	755.2	697.3	715.0	624.6	946.5	462.3
9.3		85.7	481.9	452.7	139.2	175.8	437.7	461.7	768.9	704.3	722.9	633.7	1013	471.1
9.4	77.9	82.8	487.2	458.6	134.6		440.7	459.5	759.3	703.8	737.9	647.1	903.6	479.9
9.5	78.9	84.0	505.1	480.3	144.8	176.5	466.3	484.8	761.4	711.0	752.2	660.8	974.9	489.7
9.6	79.1	84.5	515.1	489.5	150.2	178.2	481.1	495.3	759.1	715.9	764.0	671.2	947.0	499.6
9.7	79.6	84.3	522.6	499.0	154.5	180.1	495.3	503.1	752.7	716.4	772.4	681.9	901.1	509.9
9.8	82.1	87.8	534.3	500.8	160.1	188.1	506.4	506.1	771.2	726.0	773.9	685.7	979.4	520.4
9.8	82.3	89.6	539.6	498.1	166.1	192.6	507.0	508.4	778.1	738.3	773.3	688.9	927.7	528.7
9.9	82.9	90.3	549.1	506.5	170.8	199.8	513.4	511.3	786.3	755.0	791.2	697.0	965.1	537.4
10.0	84.9	92.5	557.9	509.4	178.9	209.1	518.4	523.2	797.0	757.8	786.8	699.9	951.0	546.7
10.1	83.7	92.4	565.0	521.6	180.4	215.2	524.5	530.7	802.8	774.3	816.9	710.4	1011	554.7
10.2	82.7	90.5	572.1	544.0	179.9	219.4	543.1	531.5	791.5	781.5	825.1	724.5	906.6	562.8
10.3	87.1	95.2	582.7	535.8	191.1	227.0	543.0	549.4	805.7	789.7	814.8	725.4	985.5	572.4
10.3	84.7	93.5	589.2	557.4	194.8	233.4	558.7	556.4	798.7	796.9	846.2	742.0		581.1
10.4	85.9	93.6	595.3	563.2	203.6	239.7	568.2	572.4	791.1	795.7	856.4	753.6	957.4	591.0
10.5	90.2	98.5	606.6	563.0	221.1	249.2	573.7	593.9	819.4	808.0	859.3	757.3	943.2	602.0
10.6	89.0	98.4	611.3	570.7	228.5	256.3	581.0	603.9	808.3	821.4	880.1	766.9	920.2	611.3
10.7	89.0	96.7	615.7	577.6	239.7	255.2	589.1	617.9	805.3	819.3	891.6	778.2	1002	621.4
10.8	91.7	100.6	624.8	587.4	258.8	271.1	599.6	641.3	814.4	836.0	906.5	785.1	972.3	630.8
10.8	80.5	94.8	600.7	557.4	243.7		574.1	600.8	822.1	827.4	884.3	780.0	983.1	640.9
10.9	80.6	92.8	599.6	550.4	242.8		573.8	588.2	825.6	817.8	875.2	775.0	983.4	646.2
11.0	92.5	95.0	630.0	585.3	271.0	258.7	606.8	642.8	822.6	839.1	913.1	800.1	933.3	651.9
11.1	93.2	95.4	637.9	595.7	291.6	270.7	619.7	662.2	816.2	839.0	920.2	812.5	974.5	661.6
11.2	91.7	98.5	639.3	597.7	304.4	250.4	622.0	670.2	825.9	845.3	931.2	819.3	931.2	672.4
11.3	81.9	94.5	619.8	580.4	280.2		605.2	639.8	833.5	841.8	915.3	810.5		679.3
11.3	98.9	99.9	654.4	607.0	326.3	279.9	640.6	703.2	836.2	856.2	946.2	829.2	974.5	686.7
11.4	100.5	100.2	661.8	615.2	347.4	294.2	652.3	719.2	832.9	860.4	952.4	839.0	943.2	695.8
11.5	105.3	104.0	670.9	624.3	386.3	309.4	664.2	736.3	833.5	866.9	962.8	847.5	963.5	706.5
11.6	106.2	104.3	675.9	628.4	406.8	316.4	672.6	748.0	834.7	869.6	968.8	854.1	933.5	716.0

11.7	108.0	106.4	683.2	634.1	425.1	329.8	682.1	759.8	838.7	873.8	978.4	860.7	945.6	726.1
11.8	110.7	110.0	691.8	643.5	444.1	350.7	694.2	773.0	836.2	880.0	985.0	866.5	959.1	735.3
11.8	98.0	107.0	682.9	627.2	427.1		688.5	756.1	842.7	883.4	983.7	868.8	954.9	745.2
11.9	95.3	104.1	684.1	617.0	417.0		684.1	750.3	850.9	880.5	976.0	862.8	978.0	751.1
12.0	112.3	110.7	705.6	654.3	465.3	356.3	711.0	791.0	849.2	893.1	993.3	877.0	1007	756.0
12.1	117.3	113.9	714.4	662.1	484.3	376.5	722.3	803.6	854.2	901.2	996.0	883.0	999.1	764.4
12.2	120.2	116.1	720.5	652.4	502.4	386.6	730.9	812.2	855.9	899.1	999.8	888.5	981.3	774.9
12.3	122.3	118.2	727.4	674.6	518.7	405.4	740.2	821.5	857.3	913.1	1003	892.9	989.0	783.7
12.3	124.6	121.5	734.4	685.0	532.3	414.8	750.9	833.4	858.5	919.1	1005	898.2	1009	792.3
12.4	127.1	123.4	740.6	688.1	539.7	431.4	760.2	840.7	857.8	925.7	1009	902.6	979.7	801.8
12.5	127.9	123.5	744.9	695.9	550.7	446.9	768.0	845.9	849.4	935.4	1005	907.8	917.1	811.9
12.6	125.2	127.7	753.4	704.7	565.3	463.1	780.2	858.9	852.3	934.4	1010	915.6	942.0	823.6
12.7	131.6	132.7	760.5	714.9	572.9	472.0	790.2	868.9	856.8	947.5	1014	916.7	960.0	830.9
12.8	132.4	132.7	763.6	719.1	584.9	489.4	798.5	871.1	845.0	936.1	1008	921.5	877.2	842.8
12.8	124.2	128.0	762.6	712.5	572.8	431.2	799.7	870.4	853.1	940.3	1009	924.7	896.2	852.7
12.9	125.6	128.8	762.0	709.1	565.1	389.4	800.0	868.3	856.8	943.7	1011	924.8	897.8	859.0
13.0	119.4	128.9	763.6	706.2	561.9	365.2	802.2	865.0	859.2	944.8	1010	926.5	896.5	865.4
13.1	115.8	130.7	762.2	688.4	554.9	341.5	786.7	850.5	867.1	948.6	1011	917.6	903.3	867.1
13.2	113.8	140.2	758.7	683.0	548.1	334.0	782.2	838.6	870.1	946.2	1009	914.7	903.2	865.4
13.3	117.8	145.0	756.9	677.7	545.7	327.2	779.4	829.5	869.3	941.6	1007	911.7	900.3	863.9
13.3	119.9	149.1	756.2	670.8	542.3	323.7	777.5	823.5	868.7	937.0	1004	909.3	897.1	861.4
13.4	121.5	151.6	755.7	666.4	540.6	318.8	776.1	817.3	868.3	932.3	1000	907.1	892.6	858.8
13.5	123.7	155.1	756.2	664.3	538.6	314.6	775.0	812.9	867.7	928.2	998.6	905.0	889.3	857.2
13.6	125.3	159.8	756.0	661.9	538.0	311.4	773.9	808.6	866.5	924.2	996.3	902.6	885.5	855.2
13.7	127.5	162.6	756.4	659.4	536.2	306.3	772.4	805.2	865.3	919.2	994.3	900.2	882.2	853.2
13.8	129.1	165.9	757.6	658.1	536.4	302.6	771.8	802.4	864.3	916.0	993.3	898.4	879.7	852.0
13.8	130.7	169.2	757.4	656.0	534.9	299.8	770.6	798.7	862.7	911.8	991.0	895.8	875.8	849.4
13.9	132.6	173.3	757.7	654.0	533.5	297.4	769.3	796.1	861.8	907.5	988.4	893.9	872.1	847.4
14.0	134.6	176.3	758.4	652.5	531.9	292.7	768.2	792.9	860.2	903.4	986.3	891.6	867.8	845.6
14.1	136.5	176.9	758.7	651.5	532.1	291.9	766.9	791.0	859.1	899.8	985.3	889.9	864.8	844.3
14.2	138.9	176.8	759.0	650.0	531.5	288.4	765.8	788.7	857.8	896.2	982.9	887.9	861.5	842.2
14.3	140.8	176.2	759.8	648.8	530.6	283.9	764.8	787.3	856.1	892.6	981.4	885.8	857.6	840.5
14.3	142.9	178.1	759.6	647.3	530.2	282.7	763.7	785.1	854.5	889.3	978.9	883.3	854.8	838.6
14.4	145.7	182.0	760.5	646.4	529.7	281.6	762.8	782.9	852.9	885.8	976.6	881.9	850.8	835.9
14.5	148.5	186.8	761.0	645.5	529.5	276.7	760.9	781.7	852.1	881.9	975.0	879.4	847.4	834.1
14.6	151.1	190.1	761.3	644.5	528.5	274.9	759.9	780.3	850.0	879.2	971.8	877.8	844.4	831.0
14.7	153.6	193.0	761.7	643.9	528.9	272.3	759.3	778.6	848.7	875.9	970.4	875.4	841.5	829.1
14.8	157.0	195.0	762.1	643.3	527.6	269.5	757.5	777.0	847.4	872.2	968.4	873.2	837.7	827.1
14.8	159.3	196.6	762.5	642.2	527.8	267.6	756.2	776.2	845.2	868.9	966.1	871.3	834.4	824.3
14.9	162.2	198.5	762.8	641.4	527.4	265.5	755.6	774.7	843.7	866.1	963.6	869.7	830.9	822.0
15.0	165.8	200.5	763.5	641.3	527.2	262.1	754.2	773.4	842.7	863.1	962.2	867.6	827.6	820.5
15.1	169.2	202.3	764.2	640.7	526.5	259.4	753.2	772.5	841.1	859.9	959.6	865.8	824.3	819.0
15.2	172.6	204.2	764.3	639.6	526.4	259.1	752.2	771.0	838.8	857.3	956.8	863.5	821.2	816.8
15.3	175.4	205.6	765.2	639.3	526.5	256.0	751.2	770.7	837.6	854.7	955.7	862.1	817.9	815.3
15.3	178.7	207.8	765.8	638.8	525.8	254.2	750.1	769.9	835.8	851.8	953.1	859.5	814.5	813.2
15.4	182.0	209.7	766.2	638.4	526.0	253.4	749.5	769.0	833.9	848.9	950.7	858.0	811.0	811.8
15.5	184.9	212.0	767.2	637.8	525.5	249.7	748.2	768.5	832.2	846.3	948.6	855.9	808.0	810.2
15.6	188.2	214.7	768.1	637.6	526.3	248.8	747.6	768.1	830.0	844.2	946.0	854.0	805.3	808.7
15.7	191.6	217.0	769.1	636.9	526.7	247.6	746.8	767.8	828.5	841.4	944.1	852.0	802.0	807.6
15.8	194.6	219.6	770.2	636.6	526.6	246.9	746.3	767.5	826.5	839.3	941.9	850.4	799.5	806.5
15.8	198.3	222.2	770.7	636.3	527.0	245.4	745.3	766.7	824.6	837.2	938.9	848.6	796.1	804.7
15.9	201.6	224.8	772.0	636.2	527.6	243.2	744.7	767.3	823.5	835.3	937.6	847.0	793.2	804.1
16.0	205.5	227.3	773.4	636.0	527.2	241.2	744.1	766.8	821.6	833.7	934.5	845.4	790.4	803.0
16.1	209.1	229.8	774.1	635.9	527.5	240.5	743.7	766.9	819.5	832.3	932.2	843.5	787.4	801.5
16.2	213.0	232.7	774.6	635.5	526.9	241.0	743.2	768.3	817.5	830.0	930.7	841.5	784.2	800.9
16.3	216.5	235.0	774.8	634.6	527.9	239.0	741.9	768.9	815.5	827.7	927.8	839.3	780.7	799.4
16.3	220.4	237.8	775.2	634.7	528.6	238.2	741.4	769.7	813.4	826.6	924.8	837.5	777.8	798.2
16.4	224.7	240.5	776.3	635.0	529.5	237.6	741.2	770.6	811.4	825.5	922.7	835.9	775.7	797.5
16.5	228.7	243.0	776.6	634.3	530.1	235.2	740.2	771.2	809.4	823.2	920.6	833.8	772.1	796.7
16.6	232.2	245.2	777.6	634.2	531.8	236.6	740.2	772.0	807.6	822.4	918.0	832.3	769.9	795.8
16.7	236.6	247.5	777.9	634.3	532.1	233.2	739.2	772.6	805.8	820.1	915.9	830.4	767.0	795.1
16.8	240.8	250.5	778.3	634.6	533.5	232.8	739.2	773.3	804.5	818.7	914.1	828.7	764.3	794.7
16.8	244.3	253.0	779.0	634.6	535.2	232.4	738.3	774.5	802.2	817.3	911.6	826.8	761.6	794.0
16.9	248.6	255.6	778.6	634.0	536.0	233.4	737.6	774.3	800.2	815.7	908.4	824.7	758.6	792.6
17.0	252.5	258.5	779.3	634.3	537.8	231.9	737.6	775.7	798.6	815.0	906.8	823.2	756.8	792.4
17.1	256.2	260.9	779.1	633.7	538.5	232.3	736.8	776.3	796.5	813.2	904.0	821.0	753.9	791.4

17.2	260.2	263.8	779.7	633.9	540.3	229.9	736.0	777.2	794.6	811.2	902.2	819.2	751.2	791.1
17.3	264.6	266.8	779.9	633.9	541.9	228.4	735.4	778.2	792.7	809.8	899.8	817.3	749.0	790.6
17.3	269.1	269.3	780.0	633.4	543.5	227.8	734.8	779.0	790.8	808.6	896.9	815.5	746.2	789.3
17.4	272.9	272.1	779.8	633.7	544.9	229.6	734.2	780.2	789.4	806.6	895.0	813.7	743.6	789.2
17.5	277.2	274.9	779.6	633.7	546.4	228.8	733.9	780.7	787.6	805.3	892.1	811.8	740.8	788.0
17.6	281.3	277.6	779.3	633.0	548.3	228.5	733.4	782.2	785.3	803.8	889.9	809.6	738.9	787.2
17.7	285.6	280.1	779.4	633.4	549.7	226.8	732.2	783.2	783.8	801.9	887.8	807.7	736.2	786.8
17.8	289.8	283.0	779.4	633.5	551.3	227.8	731.7	784.6	782.0	800.3	885.4	805.9	733.8	785.8
17.8	294.0	285.8	779.1	633.9	553.2	226.2	731.6	785.8	780.3	799.5	882.9	804.4	731.7	785.2
17.9	297.9	288.1	778.8	634.0	555.0	224.2	731.0	786.9	778.6	797.9	880.3	802.2	729.2	784.3
18.0	301.7	290.8	778.8	634.2	556.7	223.8	729.9	788.3	776.8	796.1	878.6	799.8	726.9	783.7
18.1	305.4	293.6	778.2	634.1	558.5	226.3	729.3	788.7	774.4	794.6	875.9	798.0	724.8	782.8
18.2	309.3	296.6	778.2	634.9	560.1	222.7	728.7	789.4	772.9	793.7	873.4	796.1	722.3	781.8
18.3	312.8	299.0	777.3	635.0	561.6	223.8	727.8	789.8	770.5	791.7	871.0	793.7	719.5	780.8
18.3	317.6	302.2	777.6	636.1	563.0	223.8	727.8	790.7	770.1	790.9	869.6	792.7	717.8	780.7
18.4	321.0	305.0	777.0	636.4	564.9	224.7	727.3	791.0	768.0	789.4	866.6	790.8	715.2	779.4
18.5	324.1	307.6	776.6	636.6	566.4	225.2	726.7	791.4	765.9	788.4	864.3	788.9	713.1	778.3
18.6	328.5	310.8	776.7	637.9	568.9	225.2	726.6	793.1	765.0	787.8	862.9	787.5	711.9	778.5
18.7	331.8	313.0	776.6	638.4	570.4	224.3	725.4	793.3	762.9	786.2	860.1	785.5	709.4	777.1
18.8	333.7	314.0	774.5	638.1	570.9	224.2	723.8	792.0	760.5	783.6	856.8	782.6	705.7	775.4
18.8	337.4	316.9	774.3	638.5	572.1	224.7	723.5	792.5	758.8	782.1	855.1	780.9	703.9	774.8
18.9	341.2	320.2	774.7	640.0	575.6	224.4	723.2	794.0	757.1	781.6	853.3	779.2	702.6	774.5
19.0	344.4	322.7	774.0	640.6	578.4	225.0	722.8	794.2	755.7	780.8	850.9	777.8	700.5	773.7
19.1	347.6	325.5	773.7	641.9	580.0	223.8	722.1	794.5	754.3	779.5	848.6	776.4	698.4	772.7
19.2	349.5	326.8	772.4	641.9	581.7	224.1	721.0	793.8	752.1	777.7	845.8	773.9	695.4	771.2
19.3	352.0	328.8	771.3	642.0	582.6	223.2	720.0	793.3	749.9	775.9	843.1	771.6	693.4	769.7
19.3	354.8	331.3	770.9	643.1	584.4	225.1	719.6	793.9	747.9	774.7	841.0	770.2	691.5	769.0
19.4	357.3	334.3	771.2	644.2	586.7	225.4	719.6	794.6	746.6	773.8	839.4	768.3	689.8	769.0
19.5	360.2	336.9	770.5	645.3	589.8	225.7	719.1	794.7	745.3	772.9	837.0	766.9	687.7	767.9
19.6	362.2	339.4	770.1	646.3	592.6	226.4	718.3	794.9	744.1	771.1	835.0	765.4	685.8	767.4
19.7	364.2	341.5	769.9	647.3	595.0	226.3	717.8	794.8	742.2	770.2	832.8	763.7	684.1	766.2
19.8	366.4	343.3	769.1	647.7	597.0	226.5	717.2	794.6	740.1	768.5	830.4	761.7	681.9	765.2
19.8	368.2	346.0	768.4	648.7	599.4	227.4	716.4	795.0	738.1	767.3	828.6	760.0	680.2	765.0
19.9	370.2	347.9	767.6	649.6	601.8	227.6	715.9	794.3	736.7	765.7	826.0	758.4	678.4	763.7
20.0	371.7	350.0	766.9	650.2	604.5	228.1	715.4	794.4	734.8	764.5	823.7	756.3	676.1	762.9
20.1	373.1	352.7	766.5	651.1	607.1	227.7	714.2	794.3	732.8	763.0	821.4	754.5	674.2	762.2
20.2	375.3	354.6	765.9	652.3	609.5	227.6	714.3	793.8	731.7	761.1	819.4	753.0	672.1	761.7
20.3	376.6	356.4	764.6	652.6	611.4	228.8	713.1	792.7	729.3	759.6	816.4	751.0	669.6	760.1
20.3	378.7	359.0	764.8	654.1	613.8	228.8	712.8	793.1	728.3	758.2	814.7	749.4	667.9	760.1
20.4	380.2	361.3	763.8	654.7	616.1	230.9	712.4	792.7	726.3	757.3	812.3	747.7	666.4	759.4
20.5	381.9	363.9	763.5	656.1	618.8	231.7	711.9	792.4	725.1	756.0	810.2	746.2	664.7	758.8
20.6	383.6	366.2	762.9	656.8	621.3	230.5	711.2	792.6	723.1	754.4	808.5	744.5	662.9	758.3
20.7	384.8	368.2	762.0	657.7	623.2	232.3	710.9	791.7	721.6	753.1	805.8	742.6	660.6	757.3
20.8	386.8	370.5	761.7	658.8	625.0	232.9	710.0	791.6	720.3	751.2	804.1	741.1	658.5	756.7
20.8	388.4	373.2	761.2	660.1	627.9	233.1	709.8	791.6	718.7	750.2	802.0	739.7	657.1	756.3
20.9	389.7	375.3	760.6	661.1	629.9	234.3	709.5	791.0	717.1	748.9	800.0	738.3	655.8	755.6
21.0	391.1	377.2	760.0	662.7	632.7	235.8	709.2	790.5	715.3	747.6	797.8	736.8	653.4	754.6
21.1	391.8	379.2	759.4	664.2	635.3	235.4	708.9	790.7	713.7	746.3	795.5	735.3	651.3	754.1
21.2	393.1	380.9	758.4	665.0	637.2	236.1	708.1	790.2	711.7	744.1	793.0	733.4	649.1	752.7
21.3	394.4	383.1	757.9	666.8	639.2	236.8	706.8	789.6	710.3	742.1	791.0	731.8	646.5	752.0
21.3	395.9	385.7	757.3	667.4	640.8	238.3	706.9	789.3	709.3	741.0	788.9	730.3	645.5	751.4
21.4	397.2	387.7	756.5	668.3	642.7	238.9	705.5	788.5	706.9	739.2	786.5	727.9	642.9	750.0
21.5	398.8	390.5	756.3	669.6	646.0	239.5	705.7	788.6	706.3	738.1	785.0	727.0	642.0	750.2
21.6	400.4	393.0	755.8	670.7	648.2	239.4	705.5	788.2	704.6	736.8	783.1	725.4	640.3	749.2
21.7	401.7	395.2	754.8	671.7	650.3	241.2	704.6	788.4	702.7	734.9	780.7	723.5	638.4	748.0
21.8	403.2	397.9	754.0	673.2	651.9	242.8	705.0	787.1	701.8	733.7	778.7	722.5	636.7	747.2
21.8	404.9	400.4	753.9	674.5	654.5	243.4	704.4	786.8	700.6	732.4	777.5	721.1	635.4	747.1
21.9	405.4	402.2	752.4	674.6	656.2	244.4	703.7	785.9	698.0	730.7	774.4	719.0	633.3	745.6
22.0	407.1	404.9	752.3	676.2	658.4	245.3	703.3	785.6	697.0	729.1	772.9	717.3	631.5	745.0
22.1	408.2	407.4	751.3	677.0	660.6	246.6	703.1	784.7	695.4	728.0	770.3	716.1	630.0	744.2
22.2	409.7	409.6	751.0	678.3	663.1	247.4	702.4	784.1	693.7	726.7	768.7	714.6	628.4	743.0
22.3	411.2	411.9	750.2	679.9	665.1	248.9	702.5	783.3	692.7	724.9	767.0	713.3	626.3	742.5
22.3	412.6	414.6	749.7	680.9	667.5	250.3	702.3	783.0	691.5	723.6	765.1	712.2	625.4	741.8
22.4	413.5	416.9	749.3	682.1	670.5	251.1	701.7	782.9	689.3	721.9	763.1	710.1	623.3	741.1
22.5	414.9	419.1	748.7	683.4	672.6	252.2	701.5	782.2	688.1	720.4	761.2	708.7	621.7	740.6
22.6	416.0	421.5	748.4	684.2	675.5	253.5	701.4	781.9	686.8	719.2	759.8	707.7	620.3	740.0

22.7	416.9	423.3	747.0	685.3	677.3	255.0	701.0	780.7	685.2	717.4	757.0	705.8	618.3	738.5
22.8	418.2	425.9	746.7	686.2	679.6	255.9	700.1	779.8	683.6	715.6	755.5	699.8	616.7	738.3
22.8	419.4	428.8	745.8	687.3	682.6	258.1	700.6	779.5	681.9	714.6	753.3	697.7	615.4	737.2
22.9	420.6	431.3	745.9	688.2	685.0	258.9	700.2	779.2	680.5	713.1	751.9	696.2	614.2	737.0
23.0	421.8	433.7	745.1	689.3	687.1	260.4	699.7	778.2	679.2	711.5	750.1	695.2	612.3	736.0
23.1	422.7	436.1	743.9	690.0	689.4	261.8	699.5	777.3	677.7	710.0	748.2	694.3	610.6	735.3
23.2	423.2	438.7	743.7	690.5	692.4	263.0	699.9	777.2	675.7	708.8	746.5	693.8	609.2	735.1
23.3	423.8	441.3	742.8	691.6	695.1	264.0	699.2	776.6	673.8	706.8	744.4	691.9	607.9	734.2
23.3	425.6	444.6	742.6	693.4	698.1	266.1	699.9	776.5	673.1	706.4	743.3	692.2	606.9	733.8
23.4	426.2	447.3	742.0	694.2	700.4	267.7	699.6	775.6	671.6	704.7	741.5	691.0	605.0	733.0
23.5	426.9	450.5	741.2	695.4	703.7	269.1	699.7	775.4	669.6	703.0	739.6	687.6	603.3	732.2
23.6	428.0	453.3	740.4	696.0	706.1	270.3	699.8	774.3	668.6	701.5	737.8	687.0	602.1	731.5
23.7	429.3	457.0	740.4	697.7	709.0	271.7	699.7	774.5	666.8	699.9	736.3	685.8	600.6	731.4
23.8	429.2	460.2	739.2	698.2	711.6	272.9	699.8	773.2	665.4	698.2	734.5	684.3	598.4	730.4
23.8	430.4	463.4	738.6	698.7	714.2	274.0	699.6	772.6	663.1	697.2	732.6	682.7	596.8	729.7
23.9	430.7	467.0	737.6	699.4	716.6	275.2	699.8	771.8	661.5	695.3	730.4	681.3	595.1	728.8
24.0	432.1	470.4	737.2	700.2	719.0	276.5	699.5	771.4	660.0	693.9	728.8	680.4	593.7	728.4
24.1	432.8	474.0	736.8	701.1	721.5	278.2	699.9	770.6	659.6	692.5	727.7	679.4	592.4	728.8
24.2	432.8	477.6	735.7	701.6	724.9	279.2	700.9	769.6	656.8	691.0	725.3	678.0	590.4	727.8
24.3	434.3	481.1	735.0	702.9	727.5	280.7	701.8	769.3	655.6	689.6	723.6	677.3	588.7	727.4
24.3	434.8	484.7	734.5	703.4	730.6	282.3	702.4	768.7	654.5	687.8	722.1	676.1	586.9	727.5
24.4	435.7	488.0	733.4	704.5	733.4	283.5	703.9	767.5	652.8	686.7	720.2	675.3	585.5	727.0
24.5	436.5	491.1	732.9	705.0	736.0	284.8	704.1	767.6	650.7	685.0	718.5	673.6	583.6	727.1
24.6	437.4	494.0	731.9	705.6	737.9	286.1	704.8	765.9	649.4	683.7	716.6	672.7	582.5	726.5
24.7	437.1	496.5	730.7	705.3	740.0	286.7	704.3	765.2	647.1	681.3	714.4	671.0	580.0	726.0
24.8	437.9	499.3	729.6	706.0	742.0	287.8	704.9	763.6	645.3	679.6	712.0	669.7	577.8	725.2
24.8	438.8	502.6	729.1	706.1	744.0	289.2	703.6	763.3	645.2	678.3	710.4	667.9	577.1	725.2
24.9	440.0	505.0	727.9	706.6	744.7	290.9	702.7	762.1	643.5	677.5	708.6	666.8	576.2	724.4
25.0	441.0	507.7	727.4	706.5	745.8	292.2	701.9	761.7	642.0	676.3	706.7	664.9	574.6	723.6
25.1	443.3	511.3	727.6	707.8	748.6	294.7	702.1	761.8	642.1	675.5	706.2	664.7	574.1	723.7
25.2	444.3	514.0	726.7	708.5	750.3	296.2	702.3	760.6	640.2	674.7	704.5	663.2	573.1	723.2
25.3	445.1	516.7	726.0	708.6	752.2	297.2	702.3	759.9	639.5	673.1	702.3	662.1	571.7	722.8
25.3	446.1	519.7	725.2	708.7	754.4	298.8	702.7	758.9	637.7	672.0	700.9	661.0	570.8	722.2
25.4	446.4	522.4	724.4	708.6	756.2	300.2	702.8	758.6	636.4	670.9	699.2	659.8	569.7	721.4
25.5	447.7	525.0	723.7	709.1	757.5	299.3	702.9	757.4	634.7	669.5	697.7	658.4	567.9	721.2
25.6	449.0	528.2	723.2	709.2	759.2	300.7	702.8	756.7	634.2	667.9	695.9	657.6	566.8	720.7
25.7	449.3	530.3	722.0	708.9	760.5	302.2	702.8	755.8	632.8	666.6	694.3	656.8	565.7	720.3
25.8	450.5	533.4	721.4	709.1	762.2	304.0	703.0	755.5	631.7	665.7	692.8	656.0	564.6	720.0
25.8	451.6	536.2	720.9	709.3	763.7	306.4	704.3	754.5	630.4	665.0	691.2	656.6	563.7	719.8
25.9	452.3	538.8	719.9	709.5	765.7	308.2	703.9	753.8	628.8	663.5	689.8	656.5	562.5	719.3
26.0	452.5	541.1	718.9	709.1	766.6	309.2	703.2	752.7	627.1	661.7	687.7	656.4	561.1	718.6
26.1	453.0	544.2	718.2	708.9	767.9	310.7	703.6	751.7	626.9	660.4	686.3	655.5	560.2	718.6
26.2	453.5	546.7	716.9	708.4	768.8	311.6	703.3	750.3	625.2	659.5	684.4	654.4	559.4	717.7
26.3	454.5	549.5	716.2	708.6	770.0	312.8	703.6	749.3	623.1	658.5	682.8	652.8	558.0	717.3
26.3	455.2	552.5	715.3	708.2	771.4	313.6	703.1	748.8	622.7	656.7	681.0	651.9	556.4	716.9
26.4	456.7	555.6	714.6	708.5	772.4	315.2	703.8	747.7	620.7	655.9	679.6	650.8	555.3	716.0
26.5	458.1	558.9	714.2	708.9	774.1	317.6	704.1	747.4	619.7	655.1	678.6	649.8	554.6	716.4

Anexo 5. Temperaturas registradas en el interior del horno (3ª prueba exp. 01/10/2014)

t (h)	Posición												Int	
	A_I	A_II	B_I	B_II	B_III	C_I	C_II	C_III	D_I	D_II	D_III	E_I		E_II
1.0	25.2	26.4	30.1	42.2	29.9	31.9	46.2	39.9	74.6	76.9		50.6	244.2	26.68
1.1	25.3	28.2	32.6	49.6	32.3	34.9	53.4	43.5	80.0	87.1		56.7	258.2	28.56
1.2	24.9	32.1	36.0	54.3	36.9	41.2	59.2	49.7	85.7	94.3	29.9	66.2	269.6	30.64
1.3	26.0	34.5	38.5	59.5	38.5	43.3	63.2	53.1	87.6	100.7	32.3	70.3	280.9	33.75
1.3	27.3	38.6	42.3	65.4	43.9	47.1	67.9	59.2	94.4	108.8	36.9	79.2	278.9	37.60
1.4	28.9	43.7	45.1	69.9	47.5	48.5	71.6	62.3	97.9	112.6	38.5	84.2	293.7	42.73
1.5	30.5	48.2	46.9	72.7	50.9	50.1	74.5	66.6	100.6	116.1	43.9	88.5	306.8	48.35
1.6	33.2	51.8	50.9	75.9	56.1	52.6	77.8	71.7	105.3	121.5	47.5	92.8	323.9	54.86
1.7	37.7	52.2	52.8	76.9	59.0	53.8	78.0	72.4	104.6	121.4	50.9	95.7	307.0	60.00
1.8	37.2	54.2	55.7	77.7	62.4	56.0	80.1	75.6	109.8	125.8	56.1	99.8	346.6	64.74
1.8	42.0	55.6	58.4	79.2	66.2	58.0	82.6	78.2	114.5	129.8	59.0	104.0	350.0	68.35
1.9	45.3	57.6	59.5	79.5	67.1	60.0	82.8	78.6	117.1	130.9	62.4	110.8	368.4	70.34
2.0	59.2	57.9	61.7	79.7	68.8	62.0	84.3	79.7	119.7	133.1	66.2	116.5	388.4	72.58
2.1	62.7	66.8	64.4	80.6	70.9	63.9	85.3	81.0	119.3	134.7	67.1	123.0	388.4	74.15
2.2	64.6	66.0	65.5	80.9	73.1	66.0	86.9	83.1	123.0	138.5	68.8	128.9	443.7	75.40
2.3	67.8	69.8	66.2	80.8	73.8	67.3	86.0	83.6	121.5	136.2	70.9	134.2	467.7	76.76
2.3	68.7	72.2	65.9	80.7	74.7	68.9	86.3	83.7	122.2	136.7	73.1	136.1	476.1	76.18
2.4	70.7	73.1	66.5	81.6	76.1	71.2	88.4	85.3	126.0	138.8	73.8	136.7	472.7	77.52
2.5	70.9	74.7	67.0	81.4	76.3	72.8	88.4	84.7	129.0	142.2	74.7	139.7	476.4	76.98
2.6	70.8	75.7	66.8	80.5	77.0	75.2	88.4	85.1	130.1	144.3	76.1	140.5	474.1	77.09
2.7	70.3	75.1	66.8	79.7	76.0	74.1	86.9	84.1	132.6	148.6	76.3	153.7	518.7	76.50
2.8	69.6	74.3	65.7	78.8	75.6	73.6	86.4	83.0	131.9	147.5	77.0	162.6	503.6	75.34
2.8	71.1	76.4	67.1	81.5	77.2	78.0	89.6	85.8	138.8	153.7	76.0	173.0	515.1	75.14
2.9	70.7	73.0	64.0	79.2	76.7	73.7	83.1	82.8	132.1	131.2	75.6	166.0	518.6	75.57
3.0	70.2	74.6	66.2	80.6	76.4	76.3	87.6	84.1	132.1	150.7	77.2	181.6	524.4	74.83
3.1	69.9	75.2	66.3	81.1	76.2	78.0	89.8	84.6	137.8	159.4	76.7	193.5	541.3	74.73
3.2	69.7	74.5	66.1	81.8	75.5	79.5	91.1	84.5	141.7	162.3	76.4	201.0	551.7	74.07
3.3	69.5	74.3	66.0	81.4	76.2	79.3	91.3	85.1	141.8	163.0	76.2	206.2	554.8	74.10
3.3	69.8	73.5	66.2	82.2	76.1	78.6	92.5	85.4	141.6	164.0	75.5	212.1	574.9	74.30
3.4	70.1	74.8	65.6	83.3	76.3	82.7	95.1	86.6	148.1	172.4	76.2	224.1	582.0	73.86
3.5	70.2	74.7	65.2	84.1	76.6	82.2	95.2	86.4	149.6	173.9	76.1	232.9	589.9	73.76
3.6	70.3	73.5	65.7	85.0	76.2	83.6	97.4	87.0	152.3	178.2	76.3	245.1	629.0	74.20
3.7	70.8	73.6	66.3	85.6	77.2	85.1	99.3	88.2	155.2	183.5	76.6	256.1	622.6	74.67
3.8	71.5	74.7	65.7	86.9	77.7	86.6	100.2	88.8	158.0	187.4	76.2	267.8	640.9	74.69
3.8	71.0	76.6	65.8	87.6	77.5	90.4	103.3	89.8	164.5	195.7	77.2	288.7	650.8	74.74
3.9	71.1	76.6	66.1	89.7	77.2	94.4	107.2	90.7	167.9	205.2	77.7	309.8	669.5	74.26
4.0	70.6	77.0	66.0	90.2	77.4	94.9	108.1	91.6	171.2	208.4	77.5	328.2	672.5	74.22
4.1	71.1	77.8	66.1	92.6	77.8	98.6	111.3	93.3	176.2	220.2	77.2	345.5	697.3	74.36

4.2	71.1	77.9	66.2	94.6	77.5	100.2	113.1	94.4	180.0	230.7	77.4	367.9	717.3	74.22
4.3	70.8	77.1	66.6	95.9	78.1	100.1	114.9	94.8	181.7	237.9	77.8	383.4	741.6	74.84
4.3	71.3	77.6	66.9	97.4	78.3	101.2	116.5	95.5	184.1	244.9	77.5	401.8	736.7	75.13
4.4	71.4	78.4	67.3	98.9	78.9	104.5	119.7	96.6	188.0	253.2	78.1	416.5	758.8	75.38
4.5	71.7	79.1	67.7	100.7	79.1	107.0	121.5	97.5	193.8	261.3	78.3	436.7	763.3	75.83
4.6	72.0	80.0	68.3	103.1	79.7	111.2	124.7	99.1	198.5	271.1	78.9	458.5	767.6	76.51
4.7	72.3	79.9	69.3	105.1	80.0	113.4	126.9	100.0	202.5	278.9	79.1	475.0	781.3	77.17
4.8	72.8	80.8	69.9	107.5	80.7	116.5	129.1	101.3	207.7	288.4	79.7	491.7	779.9	77.79
4.8	73.4	81.6	70.6	109.9	81.2	119.3	131.5	102.2	212.4	296.6	80.0	500.8	804.3	78.78
4.9	73.6	81.8	71.0	112.1	81.4	122.3	134.1	103.0	216.2	305.7	80.7	512.9	811.6	79.47
5.0	74.4	82.6	71.8	115.2	82.2	123.6	137.1	104.2	224.9	316.4	81.2	526.0	840.9	80.11
5.1	74.3	83.6	71.5	119.1	82.7	125.2	138.4	105.6	222.5	326.2	81.4	545.4	841.5	81.05
5.2	74.6	83.5	72.5	123.2	83.4	128.6	141.5	107.5	231.8	337.8	82.2	558.4	843.3	82.30
5.3	75.4	85.1	72.6	128.9	84.7	132.2	144.5	109.1	235.2	348.6	82.7	570.5	863.5	83.07
5.3	75.5	84.9	73.0	132.3	85.1	135.2	147.5	110.6	240.8	355.4	83.4	578.8	878.6	84.38
5.4	78.2	81.5	70.8	116.3	86.1	108.1	141.8	94.1	229.1	326.0	84.7	556.1	859.2	85.48
5.5	75.2	78.3	72.1	127.1	83.6	118.0	137.8	102.3	230.7	349.5	85.1	581.0	862.1	85.93
5.6	74.3	77.7	71.8	130.4	83.6	118.9	142.0	106.3	241.4	360.9	86.1	592.1	880.8	86.38
5.7	74.6	78.0	72.5	132.3	84.1	120.8	144.5	108.6	249.3	368.9	83.6	596.0	891.4	87.13
5.8	73.9	75.5	71.3	132.4	83.4	117.1	143.3	107.5	249.4	374.3	83.6	614.2	852.2	87.76
5.8	71.5	75.0	71.5	123.5	80.4	107.3	136.8	96.7	258.8	364.2	84.1	608.8	849.3	89.09
5.9	71.0	74.5	71.5	122.7	80.4	105.5	134.8	93.8	258.8	366.2	83.4	614.1	840.8	89.35
6.0	70.8	74.5	71.7	123.2	80.6	104.2	134.4	93.1	260.8	371.2	80.4	621.6	833.8	89.72
6.1	70.7	74.4	71.4	123.9	80.3	103.6	134.3	92.5	261.4	377.7	80.4	627.8	827.4	90.02
6.2	74.9	82.1	71.9	143.0	83.5	125.1	149.7	109.1	264.7	408.3	80.6	640.3	836.2	89.72
6.3	76.1	82.6	72.8	149.0	85.7	128.9	155.2	115.0	274.2	421.3	80.3	648.1	847.9	90.21
6.3	76.9	82.3	74.8	152.1	86.8	131.4	158.2	117.8	292.7	431.6	83.5	655.9	851.0	91.47
6.4	77.2	81.9	75.9	154.6	87.6	135.5	162.0	120.0	306.6	443.3	85.7	663.6	851.9	92.80
6.5	78.0	82.5	75.5	158.7	89.2	138.0	165.6	122.7	313.8	452.3	86.8	670.4	865.9	94.19
6.6	78.6	81.6	75.4	161.6	89.8	140.7	169.3	124.8	325.3	463.4	87.6	676.5	867.4	96.15
6.7	78.7	81.3	75.5	164.7	90.6	144.7	172.6	126.7	333.6	474.7	89.2	684.2	871.1	97.24
6.8	79.2	80.9	76.1	167.8	91.7	146.3	175.5	128.6	345.3	485.1	89.8	691.3	877.3	98.85
6.8	80.0	79.6	75.9	172.1	91.7	147.1	177.6	129.2	336.7	491.1	90.6	696.3	890.5	99.91
6.9	81.6	85.4	76.2	179.2	93.3	151.6	181.2	132.9	345.2	517.2	91.7	705.3	910.3	100.8
7.0	83.3	85.6	76.9	183.8	94.5	155.7	185.0	136.4	353.8	534.7	91.7	714.3	903.3	101.8
7.1	84.1	85.9	77.0	188.1	96.1	158.0	188.3	139.6	365.3	545.9	93.3	722.5	920.1	102.8
7.2	85.2	89.5	77.8	193.1	97.4	165.7	193.3	142.5	385.9	555.9	94.5	732.3	920.0	104.4
7.3	86.5	91.7	78.5	198.4	99.3	170.3	198.1	145.5	401.6	564.5	96.1	742.8	934.5	106.1
7.3	85.9	85.7	78.8	200.9	99.8	168.8	199.8	146.2	407.2	569.2	97.4	750.7	940.1	108.3
7.4	87.8	87.2	78.9	206.2	101.2	173.8	204.5	148.9	417.7	577.1	99.3	759.7	948.7	110.6
7.5	86.2	80.5	79.6	206.6	101.1	165.9	205.0	147.3	422.4	580.0	99.8	765.8	951.1	113.4

7.6	89.0	84.1	83.6	215.0	103.2	179.6	210.5	151.8	439.0	587.6	101.2	766.2	950.5	116.7
7.7	77.9	79.3	81.1	208.6	98.4	158.7	202.8	140.3	432.9	586.2	101.1	760.6	947.1	120.0
7.8	77.0	79.4	81.7	210.2	97.0	154.4	201.9	138.3	431.1	591.4	103.2	760.4	949.9	122.5
7.8	78.9	79.6	82.7	211.3	96.1	155.5	204.1	139.0	437.3	593.0	98.4	764.1	960.6	125.0
7.9	80.4	80.2	82.6	213.2	95.9	155.8	205.7	138.1	439.4	595.1	97.0	767.0	963.6	126.8
8.0	80.4	80.4	83.5	216.0	97.8	156.0	208.0	138.4	444.3	600.1	97.8	769.9	971.4	129.6
8.1	79.9	80.6	83.3	220.9	98.7	156.4	210.2	141.7	446.8	605.2	98.7	774.9	977.3	132.8
8.2	79.7	80.4	83.6	224.3	99.1	158.0	212.5	143.5	451.6	615.9	99.1	779.6	979.9	136.1
8.3	80.7	81.1	83.4	227.5	99.0	158.9	214.3	144.1	456.6	618.2	99.0	786.3	982.6	139.4
8.3	82.4	81.5	84.9	233.3	100.7	162.1	219.4	147.1	461.9	626.6	100.7	788.7	984.9	143.4
8.4	81.9	82.1	85.3	237.1	101.3	163.2	222.2	148.5	469.4	632.5	101.3	794.1	986.6	147.5
8.5	80.1	82.7	85.8	239.6	102.1	165.7	224.5	149.1	471.4	623.6	102.1	797.5	989.0	151.4
8.6	81.8	82.8	85.9	241.6	101.1	166.4	227.0	149.4	472.3	621.2	101.1	801.7	1000	154.7
8.7	84.1	83.6	86.0	245.7	100.9	167.1	228.4	149.8	474.4	644.0	100.9	806.6	998.6	158.6
8.8	84.3	84.3	86.6	249.7	102.3	169.4	231.8	152.1	481.1	645.2	102.3	811.2	996.6	162.6
8.8	83.3	83.6	87.3	254.6	103.4	171.6	235.1	153.8	486.4	649.1	103.4	815.3	1003	166.8
8.9	82.1	84.2	87.6	258.7	103.8	173.5	237.7	155.9	486.3	657.0	103.8	820.5	1008	170.5
9.0	81.6	84.9	88.2	262.4	105.2	174.8	240.4	157.7	487.1	661.3	105.2	825.3	1013	175.1
9.1	82.8	86.1	89.3	267.5	106.5	176.9	243.4	160.0	493.4	674.1	106.5	831.6	1007	179.3
9.2	93.8	100.9	88.8	247.5	116.2	168.1	247.9	144.1	490.0	646.2	116.2	834.0	999.1	182.5
9.3	93.3	102.3	89.3	245.3	118.7	168.8	242.0	149.5	486.6	653.3	118.7	837.3	994.2	184.0
9.3	92.6	102.1	89.4	245.3	118.1	168.9	234.5	148.0	489.8	651.9	118.1	840.1	988.5	184.9
9.4	93.0	104.1	89.9	246.0	116.9	169.0	233.1	146.4	489.5	652.2	116.9	843.6	983.6	184.6
9.5	91.3	101.0	89.2	254.4	116.7	172.8	241.9	152.0	496.4	667.9	116.7	847.4	979.5	184.4
9.6	86.8	86.8	88.4	285.4	118.6	213.8	254.8	169.8	505.8	695.2	118.6	880.0	960.2	186.2
9.7	102.1	104.5	91.0	307.2	134.1	242.7	276.9	187.3	528.7	710.3	134.1	890.7	953.9	191.0
9.8	108.8	111.6	97.5	322.2	145.1	257.7	290.9	200.4	545.3	721.2	145.1	884.5	965.2	200.3
9.8	112.7	112.4	99.2	326.9	149.2	266.1	296.7	206.3	557.2	747.4	149.2	883.6	976.9	210.5
9.9	115.4	117.4	102.6	330.3	151.4	275.6	303.4	211.3	560.5	739.6	151.4	882.5	969.3	220.2
10.0	118.8	121.2	106.1	335.2	157.3	281.3	309.4	218.7	571.7	740.9	157.3	882.2	972.2	230.7
10.1	119.3	121.8	112.2	340.3	156.4	287.0	313.1	217.0	577.0	740.4	156.4	880.3	977.2	242.1
10.2	119.8	123.2	113.9	347.3	157.4	293.3	317.6	217.7	583.9	758.7	157.4	882.8	999.3	253.7
10.3	99.2	107.4	102.5	321.4	132.3	285.7	307.6	208.0	577.7	767.4	132.3	881.5	975.7	260.1
10.3	110.3	120.1	109.0	345.8	149.9	286.5	306.0	206.8	580.2	778.6	149.9	897.8	986.2	263.7
10.4	121.7	128.6	116.7	362.2	165.4	309.0	325.8	218.6	598.9	789.7	165.4	895.6	1008	272.9
10.5	123.6	130.8	118.0	373.5	171.1	319.9	334.3	221.0	607.9	797.7	171.1	899.6	1015	283.2
10.6	127.9	133.0	119.8	384.5	177.2	331.6	346.8	225.7	616.7	805.6	177.2	908.9	1019	293.0
10.7	132.1	137.0	119.1	395.6	187.7	340.4	357.9	230.6	625.1	815.1	187.7	918.6	1025	304.4
10.8	140.6	141.6	120.3	406.4	196.5	350.1	367.3	238.1	633.7	823.9	196.5	926.9	1026	316.5
10.8	142.2	144.0	122.0	416.0	203.6	357.2	375.5	242.9	641.8	831.6	203.6	938.8	1039	329.6
10.9	146.0	146.8	123.9	426.8	209.2	366.3	384.3	247.9	650.3	838.5	209.2	947.6	1047	342.1

11.0	152.5	151.5	126.2	439.0	216.0	376.9	395.2	254.2	658.7	849.8	216.0	942.2	1036	354.0
11.1	152.6	152.0	127.4	450.3	219.4	386.1	402.9	257.0	665.0	855.0	219.4	948.8	1041	364.5
11.2	116.6	138.8	126.2	444.4	200.0	368.8	395.6	243.1	658.5	853.6	200.0	948.5	1043	373.1
11.3	106.5	135.8	124.6	442.0	193.1	362.7	392.7	242.6	654.9	856.2	193.1	948.9	1046	376.8
11.3	105.6	138.3	124.0	444.9	194.7	360.5	392.6	246.2	662.5	860.1	194.7	950.7	1047	381.2
11.4	105.3	136.8	126.3	448.9	197.6	363.9	395.0	247.4	666.9	864.8	197.6	953.0	1048	385.4
11.5	106.4	133.0	129.2	451.5	199.9	370.0	400.8	251.5	678.1	868.0	199.9	955.7	1049	389.9
11.6	106.8	134.1	130.6	455.4	202.7	374.5	405.7	254.3	684.6	872.1	202.7	958.4	1048	395.4
11.7	107.2	135.8	132.3	460.6	205.5	379.7	409.9	256.1	691.3	876.6	205.5	962.9	1045	400.1
11.8	109.3	139.7	133.5	464.7	210.0	386.6	416.9	259.5	700.2	883.7	210.0	965.3	1038.	405.0
11.8	109.7	141.6	137.9	467.9	211.5	390.1	419.3	262.5	705.8	885.4	211.5	967.4	1040.	409.8
11.9	110.7	145.6	140.6	473.1	214.5	395.1	423.3	265.7	711.0	890.7	214.5	970.1	1039.	414.4
12.0	112.2	152.4	141.6	479.8	216.9	396.3	424.4	271.2	715.4	895.7	216.9	971.9	1041.	419.2
12.1	113.9	154.1	143.5	484.4	220.1	399.5	427.2	275.5	719.7	900.9	220.1	973.3	1042	423.6
12.2	114.2	156.4	145.8	489.8	222.2	401.6	428.7	279.2	722.4	901.8	222.2	974.8	1045	428.4
12.3	116.9	159.8	149.1	496.9	226.4	407.2	432.5	285.8	728.3	905.7	226.4	977.6	1046	433.8
12.3	116.0	159.9	150.7	504.8	228.1	413.8	439.8	289.3	730.2	909.6	228.1	984.2	1040	439.5
12.4	118.3	163.9	154.9	510.2	232.9	418.5	444.5	294.8	736.1	913.2	232.9	984.2	1045	444.8
12.5	119.1	166.6	157.5	516.4	235.8	424.2	450.3	300.8	741.8	917.0	235.8	987.0	1049	448.8
12.6	120.4	166.6	159.5	518.3	239.6	429.7	454.6	305.1	749.1	917.8	239.6	986.9	1055	453.8
12.7	121.5	167.9	162.4	521.0	240.8	433.1	458.2	308.9	755.0	919.2	240.8	988.1	1060	457.4
12.8	123.1	168.6	166.0	520.1	242.6	436.9	461.6	312.5	759.8	919.2	242.6	989.7	1067	461.5
12.8	124.0	172.3	169.3	523.5	245.6	441.7	465.8	316.0	766.1	921.5	245.6	991.3	1073	465.6
12.9	125.9	173.9	174.4	544.3	244.6	447.3	476.6	316.8	766.9	927.2	244.6	1003	1048	470.9
13.0	131.5	164.4	168.8	541.5	217.9	443.2	468.7	318.0	764.3	927.6	217.9	1002	1047	474.6
13.1	188.8	182.2	174.5	602.3	280.6	482.3	499.8	352.4	785.1	937.5	280.6	1013	992.3	482.3
13.2	204.7	188.0	178.8	615.6	295.8	500.7	506.9	366.8	793.4	942.8	295.8	1015	968.4	496.4
13.3	217.8	196.0	187.8	625.9	306.6	515.8	514.8	379.1	801.3	947.0	306.6	1017	952.6	508.1
13.3	194.6	195.7	189.9	617.6	299.0	511.7	511.0	375.2	805.5	950.4	299.0	1018	958.7	517.2
13.4	151.9	194.6	180.7	606.6	243.7	498.2	497.8	357.7	801.4	952.2	243.7	1017	977.2	522.9
13.5	152.4	197.7	183.4	607.0	231.9	501.0	477.9	357.9	802.4	955.3	231.9	1015	976.1	527.3
13.6	158.0	188.2	170.3	602.0	198.6	484.8	457.5	344.2	785.8	955.6	198.6	1013	979.0	530.0
13.7	155.9	187.4	175.3	605.2	194.6	481.1	452.4	343.8	781.1	957.3	194.6	1011	976.9	531.8
13.8	155.6	190.3	180.8	608.3	192.3	479.5	448.2	345.9	777.9	959.3	192.3	1009	975.4	534.2
13.8	156.7	190.0	183.4	609.6	190.7	478.0	446.8	348.3	775.3	960.1	190.7	1007	972.7	536.2
13.9	158.8	192.6	188.6	610.3	188.8	476.4	446.0	352.5	774.3	961.4	188.8	1005	970.5	537.4
14.0	163.9	187.7	191.8	596.6	186.9	472.5	440.8	355.3	771.9	962.3	186.9	1004	968.6	539.0
14.1	168.8	185.0	192.5	589.2	185.4	466.4	432.8	360.0	767.9	962.4	185.4	1002	967.9	538.6
14.2	170.6	187.0	194.3	586.3	185.2	464.8	432.8	360.4	765.6	961.5	185.2	1000	965.9	538.3
14.3	171.0	188.1	195.2	584.5	184.5	462.9	430.3	361.2	763.4	960.6	184.5	997.3	964.0	537.6
14.3	172.6	192.0	196.5	584.9	184.7	462.0	428.2	362.5	762.4	959.4	184.7	995.4	961.6	537.0

14.4	174.2	194.0	197.5	584.2	184.4	460.5	427.9	362.1	760.5	958.6	184.4	993.2	959.7	536.5
14.5	175.5	197.3	198.6	584.9	184.1	459.9	427.5	361.2	758.8	957.9	184.1	990.2	957.8	536.3
14.6	176.2	201.2	198.2	584.9	184.3	458.7	424.5	361.5	757.8	956.7	184.3	988.6	955.6	536.4
14.7	177.4	203.6	200.2	585.4	184.4	458.0	426.3	361.1	755.7	956.4	184.4	985.9	953.9	535.6
14.8	178.3	205.7	201.3	586.4	184.8	457.1	425.6	360.5	754.1	955.2	184.8	983.5	952.1	535.9
14.8	181.2	209.8	203.2	586.9	184.5	455.8	425.4	359.2	752.6	954.7	184.5	981.6	949.6	535.3
14.9	181.5	213.2	203.8	587.6	185.0	455.2	426.0	358.4	751.2	954.1	185.0	979.4	948.2	536.2
15.0	183.9	216.1	205.7	588.6	185.2	453.7	425.5	353.3	750.2	952.9	185.2	977.6	945.6	536.2
15.1	184.0	218.7	207.3	590.1	185.6	453.0	427.1	352.7	748.6	952.9	185.6	975.6	943.7	536.1
15.2	186.6	221.2	207.6	591.5	186.0	452.3	426.3	353.0	747.7	952.3	186.0	973.9	942.1	536.8
15.3	186.9	222.1	208.6	592.5	186.7	451.2	427.7	352.1	746.2	951.9	186.7	971.3	939.7	537.6
15.3	188.7	225.3	210.7	595.8	187.1	450.3	428.9	349.1	744.9	950.7	187.1	969.3	937.7	538.2
15.4	190.3	227.1	214.5	598.2	187.9	449.7	430.2	350.4	743.5	950.7	187.9	967.4	936.0	538.8
15.5	191.4	230.1	216.5	599.8	187.9	448.9	428.7	350.7	742.4	950.1	187.9	966.0	933.6	539.7
15.6	192.4	232.7	217.8	602.8	188.7	448.4	430.1	351.7	741.1	949.9	188.7	964.2	931.7	540.7
15.7	193.4	234.0	218.2	604.9	189.4	447.4	430.5	351.9	739.1	949.6	189.4	961.7	929.6	541.0
15.8	195.2	236.1	220.1	607.7	190.1	446.9	433.2	353.8	738.6	949.1	190.1	960.4	927.4	542.6
15.8	196.9	238.0	221.0	610.7	190.5	446.0	436.2	354.6	736.9	948.3	190.5	958.0	925.3	543.4
15.9	197.1	240.2	221.0	612.7	191.1	445.2	433.9	353.2	735.4	948.3	191.1	956.3	923.1	544.4
16.0	198.7	242.8	223.1	616.0	192.4	444.6	434.5	356.6	734.6	947.4	192.4	954.2	921.2	545.8
16.1	200.1	245.5	224.5	617.3	193.3	443.6	435.5	356.3	733.1	946.5	193.3	951.5	918.9	546.8
16.2	200.4	247.9	223.7	619.5	193.4	442.9	439.1	355.5	731.8	946.7	193.4	949.8	917.0	547.8
16.3	202.2	250.6	225.4	621.8	194.2	442.8	438.2	354.7	730.8	945.8	194.2	948.8	914.8	549.8
16.3	203.7	253.5	226.6	624.4	195.0	442.1	438.7	354.2	730.2	945.4	195.0	946.8	912.8	550.7
16.4	205.5	256.2	226.9	627.9	195.8	441.8	442.6	355.3	728.7	945.5	195.8	945.1	911.3	552.8
16.5	206.7	258.6	227.5	630.8	196.4	441.6	443.2	355.7	727.9	945.1	196.4	942.9	909.1	554.3
16.6	208.5	261.5	230.1	632.5	197.2	440.5	443.5	359.4	726.8	944.0	197.2	941.4	906.3	556.2
16.7	210.2	264.0	230.4	634.9	197.8	440.1	445.3	359.6	725.7	943.8	197.8	939.5	904.6	557.6
16.8	211.8	266.4	231.4	636.4	198.8	439.6	446.7	358.9	724.0	943.0	198.8	937.2	902.8	559.4
16.8	212.9	269.0	232.8	638.9	199.7	439.3	448.4	358.0	723.3	942.5	199.7	935.5	900.5	562.2
16.9	214.0	271.0	233.4	639.5	200.5	438.5	453.3	358.6	722.3	941.4	200.5	933.7	898.1	564.5
17.0	215.2	273.7	235.1	639.3	201.4	438.0	453.3	356.7	721.4	941.3	201.4	932.0	896.6	568.0
17.1	217.4	276.1	235.8	640.9	201.8	437.8	479.3	357.4	720.4	940.9	201.8	929.8	894.2	570.4
17.2	219.1	278.6	236.6	641.9	202.2	437.2	474.6	357.9	719.4	940.2	202.2	928.5	892.3	573.3
17.3	220.6	280.8	238.6	642.6	202.8	437.0	482.0	358.7	718.5	939.3	202.8	926.6	890.1	577.0
17.3	222.3	283.5	239.1	643.2	203.4	436.2	489.3	358.4	717.8	938.6	203.4	925.3	887.9	579.7
17.4	224.2	286.1	241.1	644.5	204.2	436.0	491.0	359.0	716.5	938.5	204.2	923.2	886.0	581.9
17.5	225.8	288.4	241.7	646.3	205.1	435.8	491.3	359.4	716.1	938.3	205.1	921.7	884.4	585.1
17.6	228.0	290.8	242.6	647.7	206.2	435.6	496.8	359.7	714.9	937.6	206.2	919.9	882.5	588.7
17.7	231.5	292.8	243.8	649.3	207.1	435.4	498.6	359.7	714.5	936.3	207.1	918.4	880.1	591.7
17.8	232.9	295.1	245.2	651.5	208.1	434.7	502.3	360.1	713.3	935.9	208.1	916.2	878.2	594.8

17.8	235.1	297.2	246.4	653.1	208.8	434.2	502.6	360.1	712.5	934.8	208.8	915.1	876.0	597.6
17.9	236.6	299.3	247.9	655.1	210.2	434.0	507.8	360.8	711.9	934.7	210.2	913.2	874.4	600.7
18.0	237.8	300.8	250.9	656.6	210.8	433.9	510.5	360.3	711.3	933.5	210.8	911.6	872.2	603.8
18.1	239.9	303.0	249.4	656.9	211.4	432.1	513.1	360.2	710.7	932.8	211.4	910.2	869.8	606.5
18.2	241.9	305.3	250.3	658.7	212.5	432.0	514.9	360.2	709.7	931.7	212.5	908.1	867.7	609.7
18.3	244.0	308.1	253.7	659.1	213.0	433.9	507.8	360.7	708.9	931.7	213.0	906.2	866.5	612.9
18.3	246.3	309.5	255.2	660.7	214.1	433.2	513.4	360.2	707.9	930.6	214.1	904.7	864.1	615.7
18.4	249.1	311.1	253.9	661.2	215.3	430.9	497.1	360.6	707.7	929.6	215.3	903.2	862.0	619.4
18.5	250.9	312.6	253.4	663.2	216.8	432.3	505.7	360.9	707.3	929.3	216.8	901.2	860.3	622.6
18.6	251.8	314.7	258.1	664.7	217.5	430.4	498.1	360.3	706.2	928.1	217.5	899.9	858.2	625.2
18.7	254.2	316.3	255.2	666.8	219.3	430.0	500.4	360.9	705.8	927.1	219.3	898.0	856.1	629.0
18.8	257.1	318.4	256.7	667.9	220.8	431.6	503.7	361.2	704.8	926.7	220.8	896.1	854.2	632.1
18.8	259.6	320.7	257.8	669.7	222.4	431.1	506.1	360.8	704.4	926.2	222.4	894.5	852.4	635.5
18.9	261.8	323.3	258.2	670.8	223.6	429.7	510.8	361.5	703.8	925.1	223.6	893.0	850.6	638.8
19.0	263.8	326.9	259.0	675.5	224.4	431.2	511.7	361.7	703.4	924.9	224.4	891.4	848.9	642.1
19.1	266.1	329.5	259.7	674.4	226.0	430.8	514.5	361.9	702.9	924.0	226.0	889.8	846.9	645.5
19.2	268.6	331.7	261.7	679.0	227.3	430.2	517.7	362.2	702.6	923.5	227.3	888.2	845.1	648.5
19.3	268.8	334.5	262.9	679.9	228.7	430.1	520.0	362.0	702.2	922.2	228.7	886.7	842.7	652.0
19.3	271.3	337.0	264.4	680.0	229.9	430.6	523.0	362.3	701.7	922.0	229.9	884.8	841.0	655.6
19.4	274.1	340.6	265.7	681.2	231.4	428.5	526.6	362.9	701.2	921.1	231.4	883.1	839.1	658.8
19.5	276.2	339.5	267.4	682.4	232.2	429.1	529.0	362.5	701.0	920.3	232.2	881.4	837.1	662.3
19.6	278.6	341.5	269.0	684.7	233.4	428.4	532.4	362.7	700.4	919.2	233.4	880.0	835.2	665.2
19.7	281.4	345.2	270.4	686.2	234.7	427.9	535.9	362.7	700.0	918.7	234.7	878.3	833.2	668.9
19.8	284.8	347.5	272.1	688.2	236.4	427.8	539.3	363.1	699.9	917.4	236.4	876.6	831.3	672.5
19.8	286.2	349.0	273.5	689.7	237.1	428.2	541.8	362.9	699.4	916.9	237.1	875.1	829.3	675.6
19.9	289.7	351.4	275.1	691.9	238.6	428.0	544.2	363.4	698.8	915.8	238.6	873.2	827.1	679.4
20.0	292.7	354.3	276.3	693.3	239.7	428.3	547.8	363.7	698.4	915.3	239.7	871.7	825.6	683.0
20.1	296.7	356.0	277.6	695.0	241.3	428.2	550.9	363.6	698.2	914.0	241.3	869.8	823.8	687.5
20.2	301.1	359.5	279.3	697.0	242.5	428.4	554.6	364.1	698.2	913.7	242.5	868.4	822.4	691.3
20.3	303.4	360.6	280.4	698.3	244.1	428.3	573.6	364.3	697.4	912.7	244.1	866.4	820.2	695.3
20.3	307.4	362.9	281.9	699.8	245.6	428.3	578.7	364.2	697.1	911.7	245.6	865.0	818.2	699.1
20.4	311.9	366.1	283.6	701.1	246.9	428.5	581.6	364.6	696.6	911.1	246.9	863.0	816.7	703.5
20.5	315.6	367.5	285.4	702.8	248.0	428.7	584.8	364.9	696.3	909.9	248.0	861.2	814.9	707.4
20.6	320.3	365.0	287.0	704.4	249.6	428.8	587.4	365.5	696.4	909.0	249.6	859.7	812.6	711.5
20.7	325.8	365.8	288.7	705.8	250.6	428.6	591.0	365.1	696.2	908.1	250.6	858.2	811.4	715.1
20.8	331.1	366.9	290.5	707.4	251.9	429.1	591.0	365.6	695.9	907.1	251.9	856.5	809.1	718.8
20.8	335.9	367.6	292.0	709.1	253.4	429.1	593.1	366.0	695.7	906.2	253.4	854.8	807.6	722.9
20.9	340.0	368.6	293.5	710.2	254.6	428.9	595.8	366.0	695.2	905.4	254.6	853.0	805.6	726.5
21.0	345.1	369.9	295.2	711.7	256.0	428.8	598.4	366.7	695.1	904.1	256.0	851.4	803.8	730.8
21.1	349.0	371.2	296.6	713.1	256.9	429.0	591.4	366.9	694.8	903.3	256.9	849.5	801.9	734.4
21.2	353.6	372.0	298.3	714.4	258.3	429.4	592.6	367.3	694.2	902.4	258.3	847.5	800.3	737.8

21.3	358.1	374.0	300.5	715.9	259.8	429.6	597.5	367.9	694.5	901.5	259.8	846.2	798.5	742.0
21.3	361.6	375.2	301.8	717.1	261.2	429.5	598.9	367.8	694.1	900.3	261.2	844.5	796.8	745.5
21.4	365.1	376.8	303.8	718.6	262.4	429.8	601.7	368.2	694.5	899.7	262.4	843.3	795.2	749.6
21.5	369.0	377.6	305.4	720.1	264.0	429.9	615.8	368.6	694.4	898.5	264.0	841.4	793.4	753.1
21.6	372.1	379.3	307.3	721.3	265.4	430.6	619.5	369.0	694.1	897.2	265.4	839.7	791.6	756.9
21.7	375.9	381.0	309.2	722.8	267.1	431.4	622.9	369.5	694.1	896.8	267.1	837.7	790.2	760.2
21.8	380.0	382.9	310.8	723.8	267.9	431.0	625.3	369.5	693.9	895.2	267.9	836.1	788.4	763.7
21.8	385.5	384.3	312.9	725.4	269.8	432.2	628.0	370.7	694.1	894.7	269.8	834.4	786.9	767.1
21.9	390.1	386.1	314.5	726.5	270.8	432.6	631.7	370.9	693.9	893.8	270.8	833.0	785.4	770.7
22.0	394.2	387.8	316.4	727.7	271.9	432.7	634.4	371.4	693.8	892.6	271.9	831.3	783.6	773.5
22.1	399.0	389.4	318.4	729.2	273.7	432.9	637.4	371.6	694.1	891.3	273.7	829.9	781.8	777.3
22.2	402.1	389.7	319.8	729.9	274.5	433.5	640.1	371.8	693.7	890.5	274.5	827.8	780.0	779.7
22.3	406.1	390.8	321.7	731.2	275.4	433.4	642.8	372.0	693.9	889.1	275.4	826.3	778.5	783.0
22.3	410.4	392.7	324.3	732.6	277.1	434.1	645.8	373.1	694.4	888.4	277.1	824.9	777.0	786.2
22.4	414.4	393.8	326.8	733.7	278.3	434.3	649.0	373.4	694.9	887.5	278.3	823.4	775.4	788.3
22.5	417.4	395.3	329.1	735.0	279.6	435.3	651.9	374.1	694.7	886.5	279.6	821.7	774.0	791.5
22.6	420.6	396.9	330.7	735.9	280.9	435.6	654.6	374.4	695.3	885.4	280.9	819.7	772.3	793.9
22.7	423.6	398.9	332.2	737.0	281.9	436.2	657.6	374.5	695.1	884.5	281.9	818.5	770.6	795.7
22.8	427.1	400.5	333.7	738.1	283.5	436.1	659.8	375.3	695.8	883.1	283.5	816.6	768.8	798.5
22.8	429.7	402.4	335.6	739.0	284.7	436.8	662.4	375.9	696.2	882.3	284.7	815.2	767.6	800.2
22.9	432.4	404.3	336.8	739.8	286.4	437.4	664.5	376.2	696.0	880.9	286.4	813.2	765.3	802.6
23.0	435.9	407.0	338.6	741.2	288.0	438.0	667.3	377.1	696.6	880.1	288.0	812.0	764.0	804.2
23.1	438.6	409.5	340.3	742.0	289.3	438.7	670.0	377.4	697.0	879.0	289.3	810.2	762.6	806.4
23.2	441.4	411.5	342.0	742.7	290.3	438.7	672.3	377.7	697.4	877.9	290.3	808.7	760.9	808.2
23.3	444.3	414.1	343.9	744.1	291.8	439.9	674.7	378.5	697.8	877.0	291.8	807.1	759.4	810.2
23.3	446.8	416.2	345.5	745.0	293.1	440.4	677.3	379.4	698.3	875.7	293.1	805.4	757.7	811.7
23.4	450.2	418.5	346.4	745.8	294.3	441.0	680.0	379.8	698.9	875.1	294.3	803.9	756.6	813.2
23.5	453.4	419.8	347.8	746.7	295.5	441.6	682.2	380.6	699.1	873.7	295.5	802.3	754.8	814.7
23.6	456.2	421.5	349.7	747.6	296.6	441.9	684.7	380.8	699.7	872.6	296.6	800.7	753.3	816.1
23.7	459.0	423.2	351.4	748.4	298.2	443.0	687.0	381.9	700.0	871.6	298.2	798.9	751.5	817.2
23.8	462.1	425.3	353.3	749.4	299.6	443.8	688.9	382.7	700.7	870.5	299.6	797.6	749.8	818.9
23.8	464.3	427.3	355.0	750.1	300.9	444.4	691.5	382.9	701.1	869.6	300.9	795.9	748.4	819.8
23.9	466.7	429.3	356.9	750.9	302.7	445.1	693.7	383.9	701.6	868.3	302.7	794.5	746.9	821.3
24.0	469.8	431.3	358.4	751.7	303.4	446.1	695.7	384.2	701.9	867.2	303.4	792.9	745.1	821.7
24.1	472.0	433.7	360.4	752.1	304.9	446.7	697.4	385.1	702.2	865.8	304.9	791.3	743.8	822.4
24.2	474.7	436.4	362.1	752.9	306.1	447.4	700.0	385.7	702.9	865.0	306.1	789.7	742.0	824.1
24.3	477.2	440.0	364.3	753.9	307.6	448.7	702.0	386.6	703.3	864.1	307.6	788.4	740.6	824.7
24.3	480.1	444.2	366.2	754.6	309.0	449.9	703.9	387.3	703.9	862.9	309.0	787.3	738.9	825.4
24.4	482.3	446.4	367.8	755.4	310.1	451.0	705.6	388.4	703.8	861.7	310.1	785.7	737.6	826.8
24.5	485.4	448.8	369.7	756.3	311.8	452.3	708.1	389.5	704.3	860.9	311.8	784.2	735.6	827.7
24.6	487.2	452.0	371.8	756.5	313.1	453.2	709.5	389.8	704.5	859.6	313.1	782.6	734.7	827.8

24.7	490.1	454.8	374.1	757.5	314.5	454.6	712.0	390.6	705.0	858.6	314.5	781.5	733.1	829.1
24.8	493.1	457.0	375.8	758.1	315.8	456.0	714.3	391.5	705.2	857.7	315.8	779.9	731.9	830.3
24.8	494.6	460.2	378.0	758.6	317.0	456.8	715.5	392.4	705.6	856.2	317.0	778.4	729.7	830.8
24.9	497.9	462.9	380.2	759.8	319.2	458.4	717.6	393.8	706.0	855.7	319.2	777.3	729.0	832.4
25.0	500.0	465.0	382.2	760.6	320.4	459.4	720.1	394.3	706.4	854.7	320.4	775.8	727.5	832.4
25.1	502.1	468.4	384.0	761.0	321.8	460.4	721.5	395.1	706.5	853.5	321.8	773.9	726.0	832.9
25.2	504.3	471.9	386.0	761.5	323.3	461.4	723.3	395.9	706.4	852.4	323.3	772.4	724.2	834.0
25.3	506.3	474.5	388.1	762.1	324.6	462.3	725.1	396.6	706.9	851.2	324.6	771.2	723.5	834.4
25.3	507.9	476.3	389.5	761.9	325.8	462.7	726.1	397.3	706.3	849.4	325.8	768.9	720.7	834.9
25.4	509.9	479.4	392.1	762.6	327.4	463.8	727.8	397.8	706.8	848.1	327.4	767.8	719.2	835.2
25.5	512.5	482.0	394.5	763.6	329.5	465.3	729.9	399.5	707.4	847.5	329.5	766.9	718.0	836.6
25.6	514.0	485.2	396.3	763.6	330.8	465.7	731.1	400.1	706.8	846.0	330.8	764.9	716.3	836.8
25.7	516.5	488.6	398.2	764.2	332.3	467.0	733.6	400.8	707.3	845.2	332.3	763.7	715.1	836.8
25.8	518.4	491.6	400.0	764.5	333.6	467.8	735.0	401.6	706.8	843.7	333.6	761.9	713.4	837.6
25.8	520.4	494.4	402.4	765.0	335.5	468.8	736.4	402.5	707.3	842.4	335.5	760.9	711.8	838.3
25.9	522.6	497.6	404.5	765.5	337.5	469.9	738.6	404.3	707.2	841.6	337.5	759.1	710.6	838.5
26.0	524.7	501.0	406.7	765.7	338.9	470.9	739.8	404.8	707.5	840.3	338.9	758.0	709.0	839.2

Anexo 6. Operaciones realizadas durante el proceso de cocción (1ª prueba exp. 18/09/2014)

Tiempo	Operación
7:37	Los ladrilleros empiezan a encender el hogar de un par de horno. Contiene 5000 ladrillos
9:00	Se ordenaron los termopares P-I al P-X en los canales 1 al 10, y después se colocaron los termopares internos del A-I en el canal 11 y A-II en el canal 12; del B-I al B-III en el canal 13 al 15 respectivamente, el C-I al C-III en el canal 16 al 18, el D-I al D-III en el canal 19 al 21, y el E-I en el canal 22 y E-II en el canal 23. Y por último, el termopar del centro del ladrillo que se colocó en el centro del encamado se asignó en el canal 24.
10:11	Se comienza a registrar en el Sistema de adquisición de datos (SAD), se configura el software ITREND para verificar si las lecturas son coherentes con el proceso de cocción del horno activo.
10:17	Se verificaron todos los termopares. El termopar P-VII manifestó una lectura anómala en relación con la combustión del hogar.
10:55	El termopar P-IV marcaba una lectura incorrecta, esto se debe a que los primeros canales ya no funcionan bien. Se cambian los termopares de los canales asignados al comienzo de la quema.
11:05	Se abre la compuerta del túnel que va conectado al otro horno (el que sirve de filtro)
11:14	Se coloca otro termopar P-IV ya que no se obtuvo la causa del error.
11:16	Se observa el aumento de temperatura en el termopar C-I, de 25 °C a 47 °C y aumentando
11:19	Se cerró la compuerta de la chimenea del horno activo
11:25	Se cambiaron los termopares de las paredes del horno activo
11:27	Se configura el canal 24 al 34, aparecen abiertos los canales 1 al 10
11:35	Se encendió el dosificador de aserrín. Se siguieron cambiando los termopares en los canales 24 al 34.
11:57	Se estabilizó el manejo del dosificador, se observa el aumento de las temperaturas en los sensores P-IX y P-X
11:59	Se introdujo aserrín húmedo al hogar, se encontraba la chimenea del horno activo abierta
12:18	Se verificó la temperatura con un aumento de 50 °C/h aproximadamente. En este punto, se observa que los termopares que se encontraban en la parte cercana del hogar, los cuales son PII, PV, PVII, aumentaban entre unos 200 °C en promedio. Pero el termopar PX, tenía un aumento de 10 °C, lo cual indicaba que no se tenía una distribución uniforme de calor.
13:00	Se descarga el material combustible, el aserrín, y por tanto, se dejó de echar con el dosificador. Se hace la aclaración que el dosificador se encontraba abajo cerca del hogar.
13:36	Se abrió el túnel de comunicación con el horno filtro. Ya que había un aumento en la salida de la chimenea, del humo negro intenso. Se sigue observando que no eleva el sensor P_X
13:54	Se deja de atizar con el dosificador y se atiza manualmente
14:02	Se cerró el túnel de comunicación del horno filtro, ya que el fuego se disparó hacia el quemador. Se espera un tiempo para que no se dirija hacia el quemador.

14:23	Se abrió el túnel para utilizar el horno filtro, y se cerró la compuerta de la chimenea del horno activo. Se dirigió el fuego hacia el quemador pero con más intensidad. Se observa que los termopares instalados en el horno filtro, hay un aumento de temperatura.
14:50	Se abre la chimenea del horno activo. Disminuyen las temperaturas del horno filtro. A partir de este momento, se dejó de filtrar.
15:32	El ladrillero y quemador, el Sr. Camilo quiere que el termopar que marcaba más baja temperatura, es decir P-X aumente a 450 °C. En esa hora, el termopar marcaba 317 °C
15:55	El horno opera en estos momentos, con la compuerta abierta de la chimenea; y con la compuerta abierta del túnel de comunicación.
16:40	Se deja de atizar, se llega una temperatura del termopar P-X a 400 °C aproximadamente, el valor más alto fue del termopar P-VII , de 703 °C
16:57	Se cerró la compuerta de la chimenea del horno activo y se selló la puerta del hogar con lodo.
17:50	Se retira los termopares P-IX y P-X de la pared del horno, marcaban abiertos en el adquisidor de datos, con la finalidad de que aumente la temperatura en esa zona del horno (Esto lo realiza el Sr. Camilo)

Anexo 7. Operaciones realizadas durante el proceso de cocción (2ª prueba exp. 24/09/2014)

Tiempo	Operación
14:20	Inicio de la quema. La cantidad de ladrillos es 7200 para el horno filtro y el que se va a quemar, 7200 aprox.
14:37	Ya instalados los termopares, se verificaron las mediciones para que no estuvieran marcando datos erróneos y saber cuál termopar ya no sirviera.
14:34	Se guardan los datos en el adquisidor
15:12	En esta hora, el quemador deja de atizar y se observa una disminución en la temperatura en el sensor E_II, de 500 a 420 °C
15:19	Se disminuyó aún más la temperatura E_II
15:30	Se abre el túnel para ocupar el horno filtro
15:39	Hay cambio de quemador, diferente atizado
15:54	Datos guardados para B_III y C_I marcaron una temperatura de 62 °C
15:59	Se deja de atizar, la temperatura de E_II es 478 °C
16:09	Se atizó, después se cerró el túnel, Se dejó de ocupar el horno filtro.
16:19	En las temperaturas donde no se lograban aumentar en la quema del día 18 de septiembre, el termopar P-X, ahora registra 173 °C, muy parecido al termopar P_II de 196 °C.
16: 34	Me guardan los datos en el adquisidor. La temperatura más alta en la pared del horno activo es del termopar P-V de 248 °C
16:39	Se guardó los datos en el adquisidor
16:49	Se guardaron los siguientes datos en el sistema de adquisición: para el termopar E-II fue 660 °C, para el D_I fue de 311 °C y para el P_II fue 235 °C y para el P_X fue 217 °C
17:04	El termopar E_II fue 763 °C, el D-I fue 355 °C, el P_II fue 259 °C y P_X es 240 °C
17:11	Se dejó de atizar como 2 minutos (Entró el relevo). Atiza el Sr. Eugenio.
17:15	Se distribuyó el aserrín con la pala
17:24	Se cierra en la chimenea del horno activo y se abre el túnel del horno filtro
17:29	El termopar D_I marca una temperatura de 383 °C, la parte más caliente registró 744°C (el termopar E_II). El termopar de la pared en la zona menos caliente (P_X) fue de 199 °C, y el termopar P_II fue de 263 °C
17:35	Se abre la compuerta de la chimenea del horno activo; se abre el túnel y la chimenea del horno filtro porque es muy intenso el fuego del hogar.
17:44	Se quitó el termopar P_IX para checar el color del tubo, la temperatura marcó 820 °C
17:47	Ocuparon pala para echar el aserrín al hogar. El E_II marcó 850 °C y el D_I fue de 488 °C
17:49	Las temperaturas registradas del sistema de adquisición de datos fueron para el D_I 493 °C, para el E_II fue de 855 °C y el P_II fue de 319 °C y el P_X marcó 295 °C
17:51	Se dejó de apalea el aserrín. Se atiza de nuevo con cuchara. Fui a comer, pero antes se cerró la chimenea del horno filtro hasta la mitad aprox.
18:17	Se dejó de atizar y está bajando la temperatura del E_II a 790 °C
18:22	Se movió la ceniza, ya que el ladrillero comenta que se observa partes acumuladas de ceniza en el hogar; el término que ellos manejan es “rescoldear”
18:24	Se atiza con aserrín otra vez, se observó el aumento de la temperatura. Y esta fue la siguiente: para el termopar E_II 801 °C, para D_I fue 519 °C. Termopar de la pared P_II fue de 313 °C y para P_X 289 °C.

18:45	Se cierra la chimenea del horno filtro por completo. Se sigue atizando, descienda a 825 °C a 809 °C y bajando.
18:49	Temperaturas del D_I fue de 519 °C, E_II fue 803 °C, P_II fue 315 °C y P_X fue 290 °C.
18:54	Las temperaturas de los termopares fueron para el D_I 523 °C, E_II 807 °C, P_II marcó 313 °C, P_X 289 °C.
18:59	Se sigue atizando con aserrín. El termopar D_I marcó 531 °C y E_II 810 °C
19:06	Se cerró el hogar, se fueron a comer los ladrilleros. El termopar E_II 802 °C
19:30	Se comienza a usar el dosificador. Termopares P_II 308 °C, P-X 275 °C , E-II 752 °C y D_I 526 °C
19:34	Se detuvo el dosificador
19:36	Se volvió a encender el dosificador
19:38	Se apagó el dosificador, no tiraba el aserrín aunque se haya llenado la tolva este.
19:39	Se atizó manualmente, El E-II fue de 750 °C
19:43	Se atizó con el dosificador, las temperaturas de D_I, E_II, PII, PX fueron 541, 341, 319, 285 respectivamente.
19:49	Las temperaturas de D_I, P_II, P_X fueron 555, 329, 287 respectivamente.
19:54	Se dejó de ocupar el dosificador, EII fue de 788 °C aprox.
19:59	Se encendió el dosificador
20:04	El termopar E-II marcó 795 °C, sube la temperatura porque el dosificador rociaba en esa parte, pero se detuvo otra vez el equipo, porque rebotaba en las paredes de los arcos y se caía el recubrimiento de adobe.
20:06	Se modificó la apertura del aire de ventilador, se disminuyó el flujo del aire.
20:22	Se abrió la chimenea del horno activo.
20:29	Las temperaturas de P_I, P_II, P_IX, P_X fueron 285, 400, 237, 344 °C respectivamente.
20:43	Se cerró el horno filtro. 22 minutos fueron lo que duró la quema sin filtro.
20:47	Se disminuye aún más el aire del ventilador
20:51	Se checó el color del tubo para el termopar P_V
21:05	Descendió la temperatura del termopar E_II de 902 a 895 °C
21:07	Se rescoldeó el aserrín dentro del hogar
21:11	Se cerró la chimenea del horno activo
21:29	El termopar E_II fue de 873 °C. Se ocupa más viruta en el dosificador mecánico.
21:39	Se retiró el dosificador mecánico.
21:41	Se volvió atizar manualmente con aserrín y viruta
21:59	El termopar E_II marcó 968 °C aprox.
22:06	El termopar E_II marcó 1000 °C
22:10	Se rescoldeó nuevamente el aserrín
22:14	El termopar del ladrillo fue de 406 °C
22:50	Se dejó de atizar manualmente
22:55	Se emplea el dosificador mecánico, se tienen problemas con el dosificador y no se atiza
23:43	No se atizó, descansaron los ladrilleros
00: 09	Se ocupó el dosificador mecánico
00:16	Se abrió la chimenea del horno activo, se pasa el humo al horno filtro.
00:39	Se cerró la chimenea del horno activo, se utilizó el filtro adecuadamente. La temperatura del ladrillo fue 670 °C

00:45	Se abrió la chimenea del horno activo
01:00	Se retiró el ducto del dosificador
01:18	Se cerró la compuerta de la chimenea del horno activo
01:26	Se abrió la compuerta de la chimenea del horno activo
01:59	Se terminó la quema, se dejó de atizar
09:45	Se observó que el termopar P_VII se desoldó y se encuentra abierto. Se estima que la temperatura oscila entre 600 a 650 °C
11:19	El termopar P_VII marcó 422 °C

Anexo 8. Operaciones realizadas durante el proceso de cocción (3ª prueba exp. 01/10/2014)

Tiempo	Operación
12:10	Inicio de la quema. La cantidad de ladrillos es 7200 para el horno activo
12:36	Se cambió el D-III porque no marca una temperatura con relación al multímetro.
12:41	Se perforó un ladrillo, el que estaba cerca del termopar PVII. Se empieza atizar manualmente con aserrín
13:31	Las temperaturas de los termopares PII, PV fueron de 369 y 494 °C respectivamente y para P-VII 183 y P-X, 193 °C
13:50	Se dejó de atizar
13:56	Se empezó otra vez de atizar
14:06	Se dejó de atizar para poner el dosificador mecánico. Se coloca el dosificador en la parte alta respecto al hogar. Se estabilizando el manejo del dosificador.
14:09	Se inició el atizado mecánico
15:26	Se ocupa el dosificador con la apertura máxima, es decir, la capacidad máxima del flujo de aire que echa el ventilador
16:26	La zona más caliente es E_II de 860 °C aprox. y de la temperatura de la pared P_II fue de 864 °C
16:58	Se apagó el dosificador. Están comiendo los trabajadores
17:18	Se prendió el dosificador mecánico
18:37	Se cerró la compuerta de la chimenea del horno activo aprox. 10 °
18:41	Se utiliza aserrín, ya que anterior usaban solo viruta y ahora están ocupado aserrín con viruta.
18:46	Se cerró un poco más la compuerta de la chimenea del horno activo. Con la compuerta abierta del túnel
19:00	Se cambian los sensores del horno activo, BIII es igual a DIII 97 °C
19:48	Se bajó la velocidad del aire del dosificador
20:16	Se apagó el dosificador
20:17	Se cerró la compuerta de la chimenea del horno activo
20:18	Se apalea el aserrín con viruta para limpiar la entrada del hogar. OBSERVACIÓN. No se rescoldea ya que no se observa acumulación de ceniza. No se alcanza la temperatura de 400 °C en comparación con los tiempos de la quema efectuada el día 29 de septiembre del 2014.
20:44	Se cerró el túnel del horno activo pero se abre la compuerta de la chimenea de dicho horno.
20:56	Se atizó manualmente para se empezará a elevar las temperaturas de la zona centro
21:21	Se cerró todo las compuertas del horno activo y se abren las compuertas del horno filtro
21:31	Nuevamente se prendió el dosificador mecánico
22:21	Se cerró poco a poco la compuerta de la chimenea del horno activo , no está completamente cerrado
22: 31	Se atizó al frente del hogar
23:36	Se disminuye la velocidad del aire del dosificador
23:41	La temperatura del ladrillo alcanzó a 449 °C y la zona caliente del termopar E_II fue de 1049 °C
00:02	Se apagó el dosificador, se termina la quema
00:09	Se abrió la compuerta de la chimenea del horno activo

Anexo 9. Mediciones de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cercanos a los termopares ubicados en la periferia del horno MK-2

Termopar	2ª prueba exp.						3ª prueba exp.					
	L*	a*	b*	IR	C*	h	L*	a*	b*	IR	C*	h
P_I	45.33	16.45	26.92	0.97	31.55	1.02	45.25	17.86	28.36	0.99	33.52	1.01
	44.36	16.35	26.66	1.08	31.27	1.02	44.37	18.34	28.33	1.10	33.75	1.00
	43.43	15.43	25.70	1.20	29.98	1.03	45.20	16.60	26.47	0.99	31.24	1.01
	44.13	16.11	26.21	1.11	30.77	1.02	41.92	15.84	24.04	1.47	28.79	0.99
P_I	44.86	16.08	26.75	1.02	31.21	1.03	46.70	14.60	26.34	0.82	30.12	1.06
	42.45	14.81	24.93	1.34	29.00	1.03	45.22	11.63	23.69	0.93	26.39	1.11
	45.08	16.85	27.86	0.99	32.56	1.03	44.90	16.98	26.49	1.03	31.46	1.00
	40.98	16.83	26.62	1.62	31.49	1.01	44.64	16.60	25.85	1.06	30.72	1.00
	40.74	13.58	22.87	1.64	26.60	1.03	-	-	-			
P_I	45.33	15.79	26.49	0.96	30.84	1.03	45.04	12.97	23.36	0.98	26.72	1.06
	43.25	17.87	28.01	1.24	33.22	1.00	44.53	12.92	23.76	1.03	27.05	1.07
	42.34	17.17	26.51	1.39	31.58	1.00	47.24	14.11	25.65	0.77	29.27	1.07
	42.68	17.11	27.00	1.32	31.96	1.01	43.10	17.18	26.36	1.27	31.46	0.99
						44.68	15.16	26.37	1.03	30.42	1.05	
P_II	45.43	17.18	26.90	0.97	31.92	1.00	46.25	13.28	26.08	0.84	29.27	1.10
	45.33	19.18	28.34	1.00	34.22	0.98	47.46	9.89	21.76	0.72	23.90	1.14
	46.00	16.62	27.03	0.90	31.73	1.02	47.76	10.29	21.94	0.70	24.23	1.13
	41.75	20.46	26.11	1.59	33.17	0.91	46.27	14.69	26.43	0.85	30.24	1.06
	44.00	19.95	27.89	1.18	34.29	0.95						
P_II	45.05	15.31	25.35	1.00	29.61	1.03	47.49	15.73	27.00	0.76	31.25	1.04
	45.37	16.62	27.34	0.96	32.00	1.02	46.48	15.44	26.49	0.85	30.66	1.04
	44.38	18.87	27.50	1.12	33.35	0.97	48.77	11.03	23.36	0.64	25.83	1.13
	46.83	18.59	28.94	0.84	34.40	1.00	44.93	16.39	25.83	1.03	30.59	1.01
	43.65	18.58	27.08	1.21	32.84	0.97						
P_II	43.73	16.41	26.36	1.17	31.05	1.01	49.11	10.75	23.61	0.61	25.94	1.14
	42.70	15.84	25.53	1.31	30.04	1.02	45.61	15.97	25.08	0.95	29.73	1.00
	44.60	16.13	26.18	1.05	30.75	1.02	44.16	14.93	24.62	1.10	28.79	1.03
	45.08	19.95	29.30	1.03	35.45	0.97	46.13	15.57	25.78	0.89	30.12	1.03
	43.65	16.35	26.27	1.18	30.94	1.01						
P_III	44.40	18.16	27.57	1.10	33.01	0.99	44.62	16.34	25.94	1.06	30.66	1.01
	44.30	18.70	28.75	1.11	34.30	0.99	46.08	17.11	27.75	0.90	32.60	1.02
	46.19	17.78	28.22	0.89	33.35	1.01	43.99	17.08	26.12	1.15	31.21	0.99
	43.96	17.72	26.88	1.16	32.20	0.99	45.17	16.36	26.60	0.99	31.23	1.02
P_III	46.08	18.36	28.43	0.91	33.84	1.00	46.00	18.08	28.78	0.91	33.99	1.01
	43.84	17.93	27.17	1.17	32.55	0.99	44.75	16.41	26.07	1.04	30.80	1.01
	43.82	17.21	26.45	1.17	31.56	0.99	43.53	16.23	25.66	1.20	30.36	1.01
	45.51	18.92	28.97	0.97	34.60	0.99	42.22	16.24	24.80	1.41	29.64	0.99
P_III	44.58	19.11	28.44	1.08	34.26	0.98	43.03	15.81	25.58	1.26	30.07	1.02
	46.00	19.26	29.20	0.92	34.98	0.99	44.51	15.26	25.65	1.06	29.85	1.03
	45.61	19.87	30.03	0.96	36.01	0.99	44.50	16.43	27.01	1.06	31.61	1.02

	45.35	20.56	30.65	0.99	36.91	0.98	41.05	15.31	23.88	1.62	28.37	1.00
P_IV	43.74	20.92	27.21	1.25	34.32	0.92	47.77	13.46	25.49	0.72	28.83	1.08
	43.32	20.11	26.60	1.30	33.35	0.92	45.39	17.35	27.55	0.97	32.56	1.01
	43.59	20.50	27.63	1.25	34.40	0.93	44.69	18.54	26.99	1.08	32.74	0.97
	42.48	21.12	26.79	1.46	34.11	0.90						
P_IV	45.77	19.37	28.81	0.95	34.72	0.98	46.10	15.28	26.22	0.88	30.35	1.04
	45.95	19.54	30.28	0.92	36.04	1.00	46.02	16.80	26.47	0.91	31.35	1.01
	45.95	18.94	29.57	0.92	35.12	1.00	48.79	13.89	27.48	0.64	30.79	1.10
P_IV	43.79	18.71	28.55	1.18	34.13	0.99	47.47	14.16	26.48	0.75	30.03	1.08
	44.68	18.58	28.31	1.06	33.86	0.99	45.29	13.90	25.58	0.95	29.11	1.07
	43.93	18.32	27.79	1.16	33.29	0.99	44.70	17.19	27.09	1.05	32.08	1.01
	42.61	17.87	26.43	1.36	31.90	0.98						
P_V	45.99	17.46	27.61	0.91	32.67	1.01	43.26	16.91	25.56	1.25	30.65	0.99
	46.34	17.17	27.86	0.87	32.73	1.02	44.81	19.07	26.16	1.09	32.37	0.94
	45.07	19.84	27.28	1.05	33.73	0.94	42.99	17.87	26.51	1.30	31.97	0.98
	43.69	21.35	26.77	1.27	34.24	0.90	44.38	16.93	25.39	1.11	30.52	0.98
P_V	45.65	17.66	28.30	0.94	33.36	1.01	46.67	17.36	28.65	0.84	33.50	1.03
	44.23	16.60	26.69	1.10	31.43	1.01	46.75	13.38	25.18	0.80	28.51	1.08
	43.79	21.18	27.46	1.24	34.68	0.91	45.18	17.68	25.45	1.03	30.99	0.96
	43.61	17.39	25.83	1.21	31.14	0.98					0.00	
P_V	42.61	18.55	25.31	1.40	31.38	0.94	46.27	16.56	26.12	0.88	30.93	1.01
	42.98	19.09	25.90	1.34	32.18	0.94	44.68	15.63	24.56	1.06	29.11	1.00
	45.78	17.78	26.56	0.95	31.96	0.98	41.15	15.91	22.66	1.64	27.69	0.96
	43.53	20.34	27.13	1.27	33.91	0.93						
P_VI	44.79	17.30	27.69	1.04	32.65	1.01	44.41	17.85	25.36	1.12	31.01	0.96
	44.59	16.68	26.96	1.06	31.70	1.02	45.90	18.90	27.20	0.95	33.12	0.96
	44.37	16.64	26.68	1.09	31.44	1.01	43.89	18.59	25.45	1.21	31.52	0.94
	45.29	17.55	28.23	0.98	33.24	1.01	43.79	19.89	25.16	1.25	32.07	0.90
P_VI	44.52	16.87	27.48	1.06	32.25	1.02	43.19	14.56	23.31	1.24	27.48	1.01
	44.82	16.48	26.82	1.03	31.48	1.02	43.87	15.51	24.18	1.16	28.73	1.00
	43.14	16.54	26.79	1.25	31.48	1.02	44.01	15.68	24.15	1.14	28.79	0.99
	44.38	16.97	27.69	1.08	32.48	1.02						
	42.86	16.36	26.39	1.29	31.05	1.02						
P_VI	44.52	16.38	26.88	1.06	31.48	1.02	43.89	15.94	22.49	1.19	27.57	0.95
	43.96	15.73	25.76	1.13	30.18	1.02	44.39	17.09	24.86	1.12	30.17	0.97
	44.47	15.70	26.41	1.06	30.72	1.03	42.11	21.20	25.25	1.56	32.97	0.87
	42.80	15.59	24.43	1.31	28.98	1.00	45.29	21.75	26.76	1.07	34.48	0.89
P_VII	44.53	18.16	28.20	1.08	33.54	1.00	44.08	21.90	26.10	1.24	34.07	0.87
	44.48	20.40	29.20	1.11	35.62	0.96	43.21	20.82	25.73	1.35	33.10	0.89
	44.35	19.27	27.86	1.12	33.87	0.97	43.05	20.52	23.86	1.41	31.47	0.86
	42.60	20.72	26.25	1.44	33.44	0.90	41.24	18.06	23.16	1.68	29.37	0.91
P_VII	43.67	20.84	28.43	1.24	35.25	0.94	42.27	21.17	24.56	1.55	32.42	0.86
	43.44	21.82	29.45	1.28	36.65	0.93	43.21	20.69	25.63	1.35	32.94	0.89
	42.34	20.27	26.76	1.46	33.57	0.92	43.21	19.74	24.15	1.36	31.19	0.89

	43.84	19.81	26.70	1.22	33.25	0.93	43.14	20.55	25.90	1.35	33.06	0.90
	44.22	17.57	26.67	1.12	31.94	0.99	44.48	21.42	26.79	1.17	34.30	0.90
	45.54	18.24	27.86	0.97	33.30	0.99	43.82	21.11	27.25	1.24	34.47	0.91
P_VII	45.51	20.29	27.13	1.01	33.88	0.93	40.56	17.94	21.71	1.87	28.16	0.88
	47.31	15.38	25.87	0.78	30.10	1.03	41.47	20.48	22.75	1.74	30.61	0.84
							40.08	19.65	24.04	1.98	31.05	0.89
	43.60	16.31	26.75	1.18	31.33	1.02	44.05	16.90	27.74	1.12	32.48	1.02
	44.69	16.39	26.22	1.05	30.92	1.01	44.40	16.12	26.75	1.07	31.23	1.03
P_VIII	42.62	15.70	25.26	1.33	29.74	1.01	42.98	16.27	26.24	1.27	30.87	1.02
	44.58	16.65	26.56	1.06	31.35	1.01	42.13	15.83	25.46	1.41	29.98	1.01
	44.10	15.27	25.69	1.11	29.89	1.03	44.76	16.36	27.43	1.03	31.94	1.03
	43.54	15.59	26.04	1.18	30.35	1.03	45.64	16.02	27.39	0.93	31.73	1.04
P_VIII	45.12	16.11	27.14	0.99	31.56	1.04	41.67	15.35	25.27	1.48	29.57	1.02
	44.68	15.64	26.58	1.03	30.84	1.04	44.67	16.80	27.69	1.04	32.39	1.03
	43.62	15.27	25.75	1.17	29.94	1.04	45.87	15.93	26.85	0.91	31.22	1.04
	44.72	15.72	26.75	1.03	31.03	1.04	46.17	16.53	27.99	0.88	32.51	1.04
P_VIII	43.77	16.48	26.60	1.16	31.29	1.02	43.56	16.43	26.47	1.19	31.15	1.02
	45.27	16.13	26.82	0.97	31.30	1.03	44.93	15.89	26.72	1.01	31.09	1.03
	45.95	15.62	27.10	0.89	31.28	1.05	42.00	16.13	25.35	1.44	30.05	1.00
	44.27	15.55	26.61	1.08	30.82	1.04	40.31	14.88	23.27	1.77	27.62	1.00
P_IX	45.35	15.45	26.66	0.95	30.81	1.05	40.19	14.87	22.69	1.81	27.13	0.99
	44.50	14.89	25.97	1.05	29.94	1.05	43.24	16.41	25.84	1.24	30.61	1.00
	45.14	16.25	28.01	0.98	32.38	1.05	43.63	15.34	25.34	1.17	29.62	1.03
	45.64	15.50	27.19	0.92	31.30	1.05	46.27	15.80	26.83	0.87	31.14	1.04
P_IX	44.27	15.83	26.26	1.09	30.66	1.03	44.73	16.06	26.31	1.04	30.82	1.02
	44.76	15.38	25.79	1.03	30.03	1.03	43.40	16.54	26.09	1.22	30.89	1.01
							41.93	16.15	25.28	1.45	30.00	1.00
	45.00	14.97	25.26	1.00	29.36	1.04	43.55	15.90	25.56	1.19	30.10	1.01
	44.35	15.36	26.80	1.06	30.89	1.05	46.60	16.84	27.71	0.84	32.43	1.02
P_IX	45.37	15.98	27.15	0.96	31.50	1.04	40.38	15.74	24.10	1.76	28.78	0.99
	44.04	16.25	27.05	1.12	31.56	1.03	42.19	16.30	25.13	1.41	29.95	1.00
	46.66	15.54	26.95	0.83	31.11	1.05	46.94	17.70	28.87	0.82	33.86	1.02
	46.79	15.75	27.25	0.82	31.47	1.05	43.24	17.16	26.33	1.25	31.43	0.99
P_X	45.92	16.12	27.36	0.90	31.76	1.04	44.51	17.41	27.59	1.07	32.62	1.01
	45.13	15.95	26.87	0.98	31.25	1.04	40.57	15.67	22.34	1.76	27.29	0.96
	43.49	13.14	23.71	1.16	27.11	1.06						
	46.61	16.02	27.41	0.83	31.75	1.04	47.11	18.07	28.49	0.81	33.74	1.01
P_X	45.80	16.38	27.62	0.91	32.11	1.04	45.81	17.21	27.88	0.92	32.76	1.02
	45.74	16.12	26.98	0.92	31.43	1.03	43.05	15.60	22.57	1.30	27.44	0.97
	45.36	15.98	26.85	0.96	31.25	1.03	41.75	15.16	23.71	1.48	28.14	1.00
	46.86	16.15	27.71	0.81	32.07	1.04	45.29	17.56	26.84	0.99	32.07	0.99
P_X	47.30	15.72	27.34	0.77	31.54	1.05	44.59	15.55	22.86	1.09	27.65	0.97
	46.15	16.09	27.42	0.88	31.79	1.04	45.39	17.69	28.21	0.97	33.30	1.01
	45.10	15.34	26.22	0.98	30.38	1.04	41.51	15.62	23.86	1.54	28.52	0.99

Anexo 10. Mediciones de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos cercanos a los termopares ubicados en el interior del horno MK-2














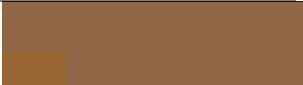






















Termopar	2ª prueba exp.						3ª prueba exp.					
	L*	a*	b*	IR	C*	h	L*	a*	b*	IR	C*	h
1era calidad	38.66	21.61	23.49	2.49	31.92	0.83	35.99	18.07	18.89	3.63	26.14	0.81
	40.11	22.29	24.42	2.07	33.06	0.83	39.22	19.75	22.59	2.27	30.01	0.85
	41.13	21.66	24.22	1.81	32.49	0.84	41.32	17.04	19.63	1.74	25.99	0.86
	41.58	21.78	24.11	1.72	32.49	0.84						
	39.09	22.32	24.21	2.36	32.93	0.83						
A_I	45.01	17.65	27.83	1.02	32.95	1.01	43.75	19.22	28.07	1.20	34.02	0.97
	45.88	18.36	28.78	0.92	34.14	1.00	43.60	18.46	28.36	1.20	33.84	0.99
	45.20	18.29	28.47	1.00	33.84	1.00	40.29	17.86	25.92	1.81	31.48	0.97
	45.89	17.53	27.78	0.92	32.85	1.01	39.79	18.59	27.14	1.93	32.90	0.97
A_I	44.16	18.26	27.85	1.13	33.30	0.99	45.75	18.21	28.12	0.94	33.50	1.00
	44.07	18.51	28.18	1.14	33.72	0.99	42.35	17.93	26.86	1.40	32.29	0.98
	43.32	18.46	28.11	1.24	33.63	0.99	42.82	18.98	27.51	1.34	33.42	0.97
	43.44	17.88	27.18	1.23	32.53	0.99	39.63	18.02	24.82	2.00	30.67	0.94
A_I	43.26	18.01	27.44	1.25	32.82	0.99	45.24	18.19	28.07	1.00	33.45	1.00
	44.29	17.89	27.57	1.11	32.87	1.00	39.85	17.19	24.59	1.92	30.00	0.96
	44.75	18.02	27.80	1.05	33.13	1.00	40.85	17.51	25.53	1.69	30.96	0.97
	44.29	17.48	16.81	1.34	24.25	0.77	40.78	17.49	25.33	1.71	30.78	0.97
A_II	43.77	18.37	27.62	1.18	33.17	0.98	43.77	18.51	28.06	1.18	33.62	0.99
	44.80	18.35	27.96	1.05	33.44	0.99	41.40	21.28	28.60	1.62	35.65	0.93
	44.30	18.98	28.61	1.11	34.33	0.99	43.17	17.57	26.68	1.27	31.95	0.99
	45.68	18.61	28.43	0.95	33.98	0.99						
A_II	43.74	17.78	27.14	1.18	32.45	0.99	42.69	16.15	24.65	1.34	29.47	0.99
	43.94	18.78	28.48	1.16	34.11	0.99	43.09	17.69	26.78	1.28	32.10	0.99
	43.05	17.76	26.51	1.29	31.91	0.98	41.24	18.07	27.04	1.60	32.52	0.98
	42.03	16.99	25.69	1.45	30.80	0.99						
A_II	-	-	-	-	-	-	42.58	20.05	27.61	1.40	34.12	0.94
	-	-	-	-	-	-	43.52	17.28	26.68	1.21	31.79	1.00
	-	-	-	-	-	-	41.91	17.23	25.95	1.47	31.15	0.98
B_I	49.12	15.80	26.42	0.65	30.78	1.03	45.05	16.33	25.06	1.02	29.91	0.99
	46.29	16.48	26.19	0.88	30.94	1.01	44.23	17.11	26.01	1.12	31.13	0.99
	46.92	17.82	27.77	0.83	33.00	1.00	42.21	16.85	24.63	1.43	29.84	0.97
	45.25	18.67	27.61	1.01	33.33	0.98	42.06	14.89	23.47	1.43	27.79	1.01
	45.24	19.92	28.34	1.02	34.64	0.96						
B_I	44.45	20.07	26.82	1.14	33.50	0.93	44.30	20.84	27.33	1.17	34.37	0.92
	44.16	20.43	27.55	1.17	34.30	0.93	43.74	17.94	26.78	1.19	32.23	0.98
	44.56	20.69	27.07	1.14	34.07	0.92	41.74	18.00	26.64	1.51	32.15	0.98
	47.02	17.72	27.99	0.82	33.13	1.01	43.32	15.65	24.65	1.23	29.20	1.01
	47.26	16.82	27.58	0.79	32.30	1.02						
B_I	43.52	21.01	27.50	1.28	34.61	0.92	45.56	18.24	28.15	0.96	33.54	1.00
	44.22	20.61	27.81	1.17	34.61	0.93	42.97	17.26	26.25	1.29	31.42	0.99
	43.14	20.72	27.21	1.33	34.20	0.92	42.68	16.48	24.96	1.34	29.91	0.99
	45.36	17.74	26.42	0.99	31.82	0.98	40.51	17.28	25.03	1.77	30.42	0.97

	46.86	18.51	28.39	0.84	33.89	0.99						
B_II	45.10	20.81	28.18	1.06	35.03	0.93	45.03	18.75	28.26	1.03	33.91	0.99
	44.01	20.62	24.73	1.25	32.20	0.88	42.67	20.98	23.91	1.49	31.81	0.85
	43.87	20.16	27.26	1.21	33.90	0.93	42.11	18.90	26.63	1.47	32.66	0.95
	42.33	22.74	27.08	1.52	35.36	0.87						
	46.75	14.25	25.66	0.81	29.35	1.06	43.44	17.82	25.26	1.25	30.91	0.96
B_II	45.57	15.48	26.50	0.93	30.69	1.04	46.89	19.53	29.17	0.84	35.10	0.98
	46.95	16.93	27.99	0.81	32.71	1.03	43.31	19.94	22.62	1.39	30.15	0.85
	45.22	17.81	27.83	1.00	33.04	1.00	41.94	21.04	23.24	1.65	31.35	0.84
	41.91	17.26	25.97	1.47	31.18	0.98						
	45.97	16.80	26.73	0.91	31.57	1.01	42.34	17.30	24.61	1.42	30.08	0.96
B_II	44.73	16.61	26.03	1.05	30.88	1.00	43.80	19.61	28.09	1.20	34.26	0.96
	43.67	16.71	26.21	1.18	31.08	1.00	41.43	19.91	23.88	1.69	31.09	0.88
	44.33	19.69	25.98	1.16	32.60	0.92	41.91	21.53	24.27	1.64	32.44	0.85
	44.35	16.87	26.2	1.10	31.16	1.00						
	42.83	16.72	25.21	1.32	30.25	0.99	44.65	21.47	27.94	1.13	35.24	0.92
B_III	45.43	20.62	26.43	1.04	33.52	0.91	44.36	18.20	26.68	1.12	32.30	0.97
	44.25	20.30	24.88	1.21	32.11	0.89	41.57	18.55	26.48	1.56	32.33	0.96
	46.65	20.24	26.39	0.90	33.26	0.92	42.10	17.86	25.62	1.46	31.23	0.96
	45.18	17.60	27.23	1.00	32.42	1.00	44.38	18.57	27.37	1.11	33.08	0.97
	47.09	18.62	28.12	0.82	33.73	0.99	43.75	18.18	26.90	1.19	32.47	0.98
B_III	43.21	17.27	26.31	1.26	31.47	0.99	42.69	17.38	25.34	1.36	30.73	0.97
	43.48	20.65	26.36	1.30	33.49	0.91	43.57	19.52	26.04	1.26	32.54	0.93
	49.06	21.27	28.51	0.70	35.57	0.93						
	45.23	18.48	25.81	1.03	31.74	0.95	44.35	18.05	26.89	1.11	32.39	0.98
	45.39	17.90	27.42	0.98	32.75	0.99	44.35	18.89	27.92	1.12	33.71	0.98
B_III	46.97	22.39	28.19	0.89	36.00	0.90	40.06	16.58	23.83	1.87	29.03	0.96
	47.92	21.15	27.78	0.79	34.91	0.92						
	45.21	16.07	26.47	0.98	30.97	1.03	41.46	15.64	23.36	1.56	28.11	0.98
	45.47	16.39	27.24	0.95	31.79	1.03	41.39	16.27	24.06	1.58	29.04	0.98
	45.80	16.40	27.36	0.92	31.90	1.03	43.35	16.32	25.38	1.23	30.17	1.00
C_I	46.03	15.83	26.41	0.89	30.79	1.03	46.06	16.47	26.81	0.90	31.46	1.02
	43.78	14.49	24.30	1.15	28.29	1.03	45.59	16.33	27.16	0.94	31.69	1.03
	45.40	14.72	24.93	0.95	28.95	1.04	44.24	17.29	26.51	1.12	31.65	0.99
	44.96	14.75	24.84	1.00	28.89	1.03	42.42	16.92	25.28	1.39	30.42	0.98
	45.78	15.87	26.16	0.92	30.60	1.03	41.82	15.53	23.63	1.48	28.28	0.99
C_I	45.59	16.39	27.32	0.94	31.86	1.03	42.31	17.00	24.97	1.41	30.21	0.97
	45.62	16.94	27.49	0.94	32.29	1.02	42.20	17.06	25.34	1.43	30.55	0.98
	44.82	15.81	26.25	1.02	30.64	1.03	43.11	16.67	25.63	1.27	30.57	0.99
	44.39	15.52	25.83	1.07	30.13	1.03	45.34	15.89	25.95	0.97	30.43	1.02
							38.31	13.63	20.67	2.30	24.76	0.99
C_II	46.48	16.59	27.16	0.86	31.83	1.02	43.11	20.23	24.40	1.38	31.70	0.88
	45.43	16.34	25.98	0.97	30.69	1.01	42.96	17.88	25.64	1.32	31.26	0.96
	45.25	17.08	26.67	0.99	31.67	1.00	43.02	19.68	26.66	1.34	33.14	0.93
	44.78	19.37	26.34	1.09	32.70	0.94						
	C_II	46.47	15.36	24.73	0.86	29.11	1.02	45.11	19.29	28.49	1.02	34.41

	46.88	14.29	24.79	0.81	28.61	1.05	42.50	18.51	26.26	1.40	32.13	0.96
	46.31	17.24	25.96	0.89	31.16	0.98	42.30	19.33	23.11	1.53	30.13	0.87
	44.62	17.72	26.28	1.08	31.70	0.98						
C_II	47.28	13.60	25.49	0.76	28.89	1.08	45.38	18.69	28.30	0.99	33.91	0.99
	46.16	15.14	25.39	0.88	29.56	1.03	41.42	14.16	21.12	1.57	25.43	0.98
	48.23	14.17	25.59	0.69	29.25	1.07	41.61	20.29	22.51	1.71	30.30	0.84
	45.23	16.12	25.44	0.99	30.12	1.01						
T_Interno	44.81	16.56	26.41	1.04	31.17	1.01	46.71	18.92	28.53	0.86	34.23	0.99
	46.26	16.53	27.30	0.87	31.91	1.03	46.55	17.71	23.32	0.91	29.28	0.92
	49.15	11.41	24.33	0.61	26.87	1.13	45.93	18.45	23.86	0.98	30.16	0.91
	48.65	12.80	25.35	0.65	28.40	1.10	45.52	19.52	26.28	1.01	32.74	0.93
C_III	46.87	18.63	26.88	0.85	32.70	0.96	43.55	19.97	26.18	1.27	32.93	0.92
	43.13	18.34	26.02	1.30	31.83	0.96	44.83	19.11	25.11	1.10	31.55	0.92
	43.76	21.45	25.43	1.29	33.27	0.87	44.07	17.85	26.64	1.15	32.07	0.98
	47.30	20.58	27.68	0.83	34.49	0.93						
C_III	47.98	17.23	27.19	0.74	32.19	1.01	41.27	17.68	24.40	1.63	30.13	0.94
	46.19	17.31	26.15	0.90	31.36	0.99	43.46	17.24	25.83	1.23	31.05	0.98
	44.91	17.58	24.88	1.06	30.46	0.96	42.57	16.36	24.15	1.37	29.17	0.98
	42.07	15.03	23.04	1.44	27.51	0.99						
	40.70	14.68	22.68	1.69	27.02	1.00						
C_III	44.97	15.81	24.91	1.02	29.50	1.01	44.68	19.67	24.85	1.14	31.69	0.90
	45.44	17.07	26.28	0.98	31.34	0.99	42.94	18.69	26.98	1.32	32.82	0.96
	45.78	17.59	26.35	0.95	31.68	0.98	40.91	16.37	23.03	1.70	28.26	0.95
	45.36	18.11	26.90	0.99	32.43	0.98						
D_I	46.72	17.26	26.54	0.85	31.66	0.99	46.18	17.27	25.84	0.91	31.08	0.98
	46.52	18.22	26.94	0.88	32.52	0.98	45.24	13.01	21.48	0.98	25.11	1.03
	46.02	17.49	27.05	0.91	32.21	1.00	48.81	15.45	25.39	0.67	29.72	1.02
	48.20	18.79	27.12	0.74	32.99	0.96						
	48.33	18.81	27.12	0.73	33.00	0.96						
D_I	46.80	18.05	27.09	0.85	32.55	0.98	47.38	14.36	26.05	0.76	29.75	1.07
	45.77	17.63	26.60	0.95	31.91	0.99	43.54	18.59	26.09	1.24	32.04	0.95
	47.21	17.81	26.98	0.81	32.33	0.99	44.04	14.57	24.60	1.11	28.59	1.04
	49.76	14.21	24.67	0.60	28.47	1.05						
D_I	44.68	20.92	29.15	1.10	35.88	0.95	48.83	14.69	24.21	0.67	28.32	1.03
	43.85	20.26	28.00	1.21	34.56	0.94	44.43	15.59	23.59	1.10	28.28	0.99
	45.24	16.60	25.17	1.00	30.15	0.99	44.93	17.96	25.51	1.06	31.20	0.96
	47.56	16.38	26.59	0.76	31.23	1.02	44.21	12.89	20.86	1.10	24.52	1.02
D_II	48.98	13.82	24.76	0.64	28.36	1.06	40.76	19.17	21.90	1.87	29.10	0.85
	47.57	14.63	23.85	0.76	27.98	1.02	42.83	14.35	20.22	1.35	24.79	0.95
	48.03	15.42	25.61	0.72	29.89	1.03	41.13	19.86	21.47	1.83	29.25	0.82
	47.27	13.94	24.84	0.77	28.48	1.06	44.10	19.60	24.66	1.21	31.50	0.90
	47.65	11.25	21.94	0.73	24.66	1.10						
D_II	45.68	15.40	24.32	0.94	28.79	1.01	39.72	20.05	20.15	2.26	28.43	0.79
	46.84	14.87	23.84	0.83	28.10	1.01	39.40	21.01	22.24	2.30	30.59	0.81
	44.41	13.96	21.56	1.09	25.68	1.00	35.16	16.92	17.35	4.12	24.23	0.80
	45.75	14.52	22.07	0.95	26.42	0.99	38.51	21.09	22.44	2.57	30.80	0.82

D_II	48.69	13.23	24.27	0.66	27.64	1.07	41.07	21.17	22.82	1.85	31.13	0.82
	49.87	14.75	25.99	0.59	29.88	1.05	44.76	18.22	24.10	1.11	30.21	0.92
	49.10	14.93	26.01	0.64	29.99	1.05	41.48	21.42	24.55	1.71	32.58	0.85
	49.97	15.10	26.59	0.58	30.58	1.05	41.91	20.32	24.15	1.60	31.56	0.87
D_III	42.66	16.75	20.49	1.45	26.47	0.89	46.06	18.34	28.05	0.91	33.51	0.99
	44.27	15.26	23.81	1.11	28.28	1.00	42.46	20.19	26.21	1.45	33.08	0.91
	44.65	16.19	21.86	1.11	27.20	0.93	44.30	19.65	25.93	1.17	32.53	0.92
	43.83	18.67	22.51	1.27	29.24	0.88						
D_III	40.38	17.51	19.24	2.00	26.01	0.83	42.13	17.57	25.86	1.44	31.26	0.97
	41.13	19.35	21.48	1.81	28.91	0.84	42.16	17.12	25.65	1.43	30.84	0.98
	40.63	18.15	19.99	1.93	27.00	0.83	43.49	21.05	27.29	1.29	34.47	0.91
	42.11	18.44	21.43	1.58	28.27	0.86						
	39.68	17.37	19.7	2.15	26.26	0.85						
D_III	46.90	14.47	22.16	0.83	26.47	0.99	44.04	16.90	25.16	1.15	30.31	0.98
	45.72	13.79	23.76	0.92	27.47	1.04	44.18	19.85	25.13	1.20	32.02	0.90
	43.04	18.53	21.25	1.42	28.19	0.85	45.63	17.76	26.44	0.97	31.85	0.98
	41.56	15.00	17.34	1.69	22.93	0.86						
E_I	45.83	15.33	24.85	0.92	29.20	1.02	41.33	17.30	19.85	1.74	26.33	0.85
	46.28	15.39	24.95	0.88	29.31	1.02	39.24	17.72	19.10	2.32	26.05	0.82
	49.44	15.33	26.20	0.62	30.36	1.04	41.10	15.44	21.59	1.66	26.54	0.95
	48.96	7.68	18.22	0.61	19.77	1.17	39.10	15.35	20.98	2.15	26.00	0.94
	46.87	7.35	17.43	0.76	18.92	1.17						
E_I	47.64	11.71	21.86	0.73	24.80	1.08	41.01	16.16	18.81	1.80	24.80	0.86
	47.43	11.23	20.98	0.75	23.80	1.08	38.20	16.18	16.21	2.75	22.90	0.79
	46.61	11.63	20.95	0.82	23.96	1.06	39.11	19.00	18.53	2.48	26.54	0.77
	48.20	8.05	18.60	0.66	20.27	1.16	38.24	20.04	19.13	2.81	27.70	0.76
E_I	45.33	11.27	20.05	0.95	23.00	1.06	41.32	14.53	20.26	1.62	24.93	0.95
	47.20	7.77	18.04	0.74	19.64	1.16	44.04	14.61	18.33	1.22	23.44	0.90
	43.61	9.76	17.68	1.15	20.20	1.07	38.90	15.94	17.09	2.43	23.37	0.82
	49.47	6.39	17.50	0.57	18.63	1.22	40.85	15.99	19.15	1.82	24.95	0.88
E_II	43.81	13.84	19.98	1.19	24.31	0.96	41.64	16.59	18.60	1.70	24.92	0.84
	43.66	13.51	19.53	1.21	23.75	0.97	42.30	13.71	18.61	1.45	23.11	0.94
	45.62	17.37	23.67	0.99	29.36	0.94	37.34	16.01	16.10	3.08	22.71	0.79
	46.35	16.26	23.53	0.90	28.60	0.97	39.18	18.00	18.93	2.37	26.12	0.81
	45.91	18.33	24.40	0.97	30.52	0.93	38.26	14.50	15.27	2.67	21.06	0.81
E_II	45.72	13.49	19.60	0.96	23.79	0.97	37.82	16.64	17.99	2.79	24.51	0.82
	44.31	13.80	19.54	1.14	23.92	0.96	39.23	13.64	16.21	2.23	21.19	0.87
	45.12	15.85	22.87	1.03	27.83	0.96	41.71	13.97	17.45	1.61	22.35	0.90
	46.66	16.59	24.58	0.86	29.65	0.98	41.00	15.02	18.07	1.78	23.50	0.88
	43.81	13.55	19.64	1.19	23.86	0.97						
E_II	45.39	15.12	20.53	1.02	25.50	0.94	38.20	19.84	18.90	2.82	27.40	0.76
	46.44	16.36	21.46	0.92	26.98	0.92	40.77	13.73	18.50	1.75	23.04	0.93
	42.35	17.75	20.09	1.55	26.81	0.85	36.04	16.63	16.22	3.73	23.23	0.77
	41.95	17.49	19.86	1.63	26.46	0.85	37.61	16.36	17.22	2.91	23.75	0.81
	45.29	14.88	23.66	0.98	27.95	1.01						

Anexo 11. Promedios de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos ubicados en la periferia del horno.

	2ª prueba				3ª prueba			
	L*	a*	b*	Color	L*	a*	b*	Color
PI	44.31	16.09	26.37		44.19	17.16	26.80	
PI	42.82	15.63	25.81		45.37	14.95	25.59	
PI	43.40	16.99	27.00		44.92	14.47	25.10	
PIV	43.28	20.66	27.06		45.95	16.45	26.68	
PIV	45.89	19.28	29.55		46.97	15.32	26.72	
PIV	43.75	18.37	27.77		45.82	15.08	26.38	
PII	44.50	18.68	27.25		46.94	12.04	24.05	
PII	45.06	17.59	27.24		46.92	14.65	25.67	
PII	43.95	16.94	26.73		46.25	14.31	24.77	
PV	45.27	18.96	27.38		43.86	17.70	25.91	
PV	44.32	18.21	27.07		46.20	16.14	26.43	
PV	43.73	18.94	26.23		44.03	16.03	24.45	
PVI	44.76	17.04	27.39		44.50	18.81	25.79	
PVI	43.94	16.64	27.03		43.69	15.25	23.88	
PVI	43.94	15.85	25.87		43.92	19.00	24.84	
PIX	45.02	15.38	26.59		41.44	15.57	24.29	
PIX	44.95	15.74	26.81		43.99	15.98	25.97	
PIX	44.69	15.64	26.57		43.18	16.20	25.63	

PVII	43.99	19.64	27.88		42.90	20.33	24.71	
PVII	43.32	20.69	27.84		42.96	20.54	25.06	
PVII	45.65	17.87	26.88		42.08	20.12	24.51	
PX	45.60	15.30	26.43		43.82	16.99	26.28	
PX	45.88	16.13	27.22		44.43	16.51	25.66	
PX	46.35	15.83	27.17		44.20	16.61	25.44	
PIII	44.71	18.09	27.86		44.97	16.72	26.60	
PIII	44.81	18.11	27.76		44.13	16.74	26.33	
PIII	45.39	19.70	29.58		43.27	15.70	25.53	
PVIII	43.87	16.26	26.20		43.39	16.28	26.55	
PVIII	44.36	15.65	26.36		44.19	16.13	26.95	
PVIII	44.35	15.90	26.48		45.13	16.20	27.01	

Anexo 12. Promedios de los componentes de color en el espacio CIEL*a*b* de los ladrillos ubicados en el interior del horno MK-2

	2ª prueba				3ª prueba			
	L*	a*	b*	Color	L*	a*	b*	Color
1era calidad	40. 11	21. 93	24. 09		38. 84	18. 29	20. 37	
AI	45. 50	17. 96	28. 22		41. 86	18. 53	27. 37	
AI	43. 75	18. 28	27. 83		42. 64	18. 29	26. 83	
AI	44. 15	17. 85	24. 91		41. 68	17. 60	25. 88	
AII	44. 64	18. 58	28. 16		42. 78	19. 12	27. 78	
AII	43. 19	17. 83	26. 96		42. 34	17. 30	26. 16	
AII	+ +	+ +	+ +		42. 67	18. 19	26. 75	
BI	46. 56	17. 74	27. 27		43. 39	16. 30	24. 79	
BI	45. 49	19. 15	27. 40		43. 28	18. 11	26. 35	
BI	44. 62	19. 72	27. 47		42. 93	17. 32	26. 10	
BII	43. 83	21. 08	26. 81		43. 27	19. 54	26. 27	
BII	45. 28	16. 35	26. 79		43. 90	19. 58	25. 07	
BII	44. 61	17. 34	26. 23		42. 37	19. 59	25. 21	
BIII	44. 79	19. 47	25. 73		43. 17	19. 02	26. 68	
BIII	45. 60	19. 08	27. 31		43. 60	18. 41	26. 41	
BIII	46. 38	19. 98	27. 30		42. 92	17. 84	26. 21	
CI	45. 63	16. 17	26. 87		43. 07	16. 18	24. 90	

CI	44. 98	14. 96	25. 06		43. 52	16. 52	25. 65	
CI	45. 11	16. 17	26. 72		42. 25	16. 05	24. 51	
CII	45. 49	17. 35	26. 54		43. 03	19. 26	25. 57	
CII	46. 07	16. 15	25. 44		43. 30	19. 04	25. 95	
CII	46. 73	14. 76	25. 48		42. 80	17. 71	23. 98	
CIII	45. 27	19. 75	26. 50		44. 15	18. 98	25. 98	
CIII	44. 37	16. 37	24. 79		42. 43	17. 09	24. 79	
CIII	45. 39	17. 15	26. 11		42. 84	18. 24	24. 95	
DI	47. 16	18. 11	26. 95		46. 74	15. 24	24. 24	
DI	47. 39	16. 93	26. 34		44. 99	15. 84	25. 58	
DI	45. 33	18. 54	27. 23		45. 60	15. 28	23. 54	
DII	47. 90	13. 81	24. 20		42. 21	18. 25	22. 06	
DII	45. 67	14. 69	22. 95		38. 20	19. 77	20. 55	
DII	49. 41	14. 50	25. 72		42. 31	20. 28	23. 91	
DIII	43. 85	16. 72	22. 17		44. 27	19. 39	26. 73	
DIII	40. 79	18. 16	20. 37		42. 59	18. 58	26. 27	
DIII	44. 31	15. 45	21. 13		44. 62	18. 17	25. 58	
EI	47. 48	12. 22	22. 33		40. 19	16. 45	20. 38	
EI	47. 47	10. 66	20. 60		39. 14	17. 85	18. 17	

EI	46. 40	8.8 0	18. 32		41. 28	15. 27	18. 71	
EII	45. 07	15. 86	22. 22		39. 74	15. 76	17. 50	
EII	45. 12	14. 66	21. 25		39. 94	14. 82	17. 43	
EII	44. 28	16. 32	21. 12		38. 16	16. 64	17. 71	
Ladrillo en el centro del horno (T_Int)	47. 22	14. 33	25. 85		46. 18	18. 65	25. 50	

Anexo 13. Resistencias a la compresión (RC, kgf/cm²) para la 2^a y 3^a prueba experimental

Termopar	2a. prueba	3a. prueba	Termopar	2a. prueba	3a. prueba	
AI	137.79	87.67	T_Int	111.48	169.64	
	81.85	75.29		CIII	125.78	119.51
	65.75	101.89			94.11	161.45
AII	131.29	105.87	DI	106.33	143.72	
	143.09	100.46		164.02	124.95	
BI	118.36	96.83	DII	139.87	111.93	
	122.28	117.86		181.18	121.01	
	140.51	98.49		162.12	137.30	
BII	94.39	149.87	DIII	179.69	123.67	
	147.02	152.98		150.49	135.17	
	100.65	164.51		106.78	127.85	
BIII	168.57	109.09	EI	151.18	138.37	
	162.57	129.99		154.01	123.97	
	194.32	114.10		161.75	158.42	
CI	65.73	89.36	EII	163.01	146.70	
	68.19	92.92		173.21	155.07	
	64.90	87.02		161.59	127.83	
CII	111.06	162.63	133.89	125.16		
	162.30	153.21	109.65	121.75		
	82.12	141.87				

