

# **COMPOSICIÓN DE CUERPOS DE ARCILLA CON PROPIEDADES TÉRMICAS Y MECÁNICAS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA FABRICACIÓN DE LADRILLO EN LA CIUDAD DE DURANGO**

José Antonio ESPARZA ROCHA, Laura Silvia González Valdés y René PAYÁN GONZÁLEZ, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR-IPN Unidad Durango, Calle Sigma s/n Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. México, Código Postal 34220, Correo electrónico: [esparoc11@hotmail.com](mailto:esparoc11@hotmail.com).

*Palabras clave: Medio ambiente, Cerámicas tradicionales, Ladrillo, Cuerpos de Arcilla.  
Keywords: environment, traditional ceramics, bricks, body clay.*

## **RESUMEN**

Se desarrollo un trabajo de investigación enfocado al mejoramiento de la calidad del ladrillo de construcción que se produce en la ciudad de Durango. Para ello, se realizó la composición, formulación y diseño barro para la fabricación de ladrillo en la ciudad de Durango, con temperaturas de cocción ubicadas dentro de un rango de 950 °C hasta 1 050 °C. Los resultados generaron una propuesta de solución al problema relativo a la cocción adecuada del ladrillo de construcción que se fabrica en la ciudad de Durango, así como al mejoramiento de su calidad, lo anterior permite obtener un producto que cumple con los parámetros establecidos por las normas mexicanas e internacionales. Se ha establecido la posibilidad de que se puedan elaborar barro para la fabricación de cerámicas industriales de acuerdo a las características solicitadas por el productor. Esta situación hace factible la diversificación productiva del sector, ampliándolo a la producción de cerámicas industriales en polvo.

Los costos de producción se reducen en aproximadamente un 15.00 % referente al uso de energéticos y la reducción en los tiempos de cocción conlleva necesariamente a disminuir los problemas de contaminación ambiental.

## **INTRODUCCIÓN**

El crecimiento poblacional de la ciudad de Durango presenta ciertas características de aceleración a partir del año de 1970 en el que de unos 150 000 habitantes pasó a aproximadamente 600 000 en el año del 2006. En el marco del desarrollo económico y social considerado como un proceso estrechamente relacionado con el incremento poblacional se contemplan la satisfacción de ciertos aspectos básicos como lo son: Salud, empleo, educación, actividades lúdico-culturales y vivienda, como indicadores de sus avances y rezagos. La expresión espacial del desarrollo esta constituida por el crecimiento urbano, de manera general y en lo particular por la demanda de casas-habitación y todo tipo de edificios requeridos por las actividades socio-económicas. En años recientes se ha incluido como una categoría relevante en el marco de las políticas de crecimiento, el que este deba darse en condiciones de sustentabilidad. Así el crecimiento industrial deberá acondicionarse de

tal manera que los impactos ambientales se vean reducidos hasta cumplir con la normatividad establecida por las instancias oficiales correspondientes.

Una de las industrias que ha mostrado mayor crecimiento en la ciudad de Durango, lo constituye la fabricación de ladrillo, sin embargo dicho crecimiento ha carecido hasta el momento de las vertientes derivadas del desarrollo científico y tecnológico, que permitan su modernización. Este hecho ha desencadenado el que; En el lapso de la última década, se detectara como una de las principales fuentes contaminantes a la industria ladrillera local, lo cual motivo se tomaran medidas tendientes a la remediación del problema que desencadenaron en la propuesta de su reubicación y concentración. De manera específica en el ámbito gubernamental se generó en el año del 2003 el **Programa de Reconversión y Reubicación de la Industria Ladrillera en la Ciudad de Durango** en el que se establecen más que nada los criterios ecológicos y de ordenamiento territorial, circunscribiendo las acciones de este tipo a las relativas al control de emisiones mediante el uso de quemadores y energéticos adecuados. Uno de los propósitos establecidos en el programa consiste en elevar la calidad de producción de ladrillos y tabiques de construcción con estándares de calidad internacional y como uno de sus puntos estratégicos el fomentar la investigación e impulsar la generación de información en materia de uso de tecnologías apropiadas en la producción de ladrillo, así como establecer los programas de capacitación de los beneficiarios. Se acordó con las autoridades la participación de investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Integral, CIIDIR-IPN Unidad Durango, en la elaboración de propuestas, generadas a través de la realización de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que permitieran la desactivación de la industria como fuente de contaminación del aire en la ciudad, así como la generación de soluciones a los problemas relativos a la calidad productiva. Derivado de lo anterior se realizaron dos trabajos de investigación en los que, sus objetivos se encaminaron a la vez al ahorro de energéticos y al mejoramiento de la calidad del producto. El que aquí se presenta consiste en el diseño de barros con temperatura de cocción controlada dentro de un rango de 950 a 1 050 °C, además del control de la temperatura de madurez se incluyeron dentro de las especificaciones de diseño de los materiales otros dos parámetros básicos consistentes en la resistencia a la compresión y el grado de vitrificación, de tal manera que con los resultados conseguidos se obtuvieron barros de aplicación en la elaboración de ladrillo de construcción, no sólo con temperaturas de cocción controladas, sino que además el producto cumple con las disposiciones establecidas por las normas mexicanas e internacionales. Algunos de los resultados colaterales derivados de este trabajo de investigación y desarrollo tecnológico, resultan realmente notables en materia de reducción del impacto ambiental que esta industria produce, debido a que no sólo hacen posible la reducción de la cantidad de energéticos, sino que además, en un momento dado permiten el cambio del tipo de combustibles aplicados vía no sólo la reducción y control de las temperaturas de cocción, dado que en la otra investigación realizada de manera conjunta con esta se diseñaron materiales semí-refractarios de aplicación en la fabricación de ladrillos con las propiedades físicas y químicas apropiadas para la construcción de obradores. De manera conjunta la aplicación de los resultados derivados ambos trabajos de investigación,

permiten el uso económico de gas como combustible, los cuales hacen posible erradicar prácticamente por completo los problemas de contaminación ambiental que actualmente produce ésta industria en la ciudad de Durango.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

1. Se ubicaron y muestrearon yacimientos de arcillas localizados en zonas aledañas a la ciudad de Durango aplicables como materias primas en la producción de ladrillo mediante la consulta directa a los productores de ladrillo, consulta cartográfica y un estudio prospectivo de campo de carácter complementario.
2. Análisis químicos de los yacimientos (Espectrofotometría de Absorción atómica y métodos gravimétricos).
3. Caracterización física.
  - a) Densidad.
  - b) Granulometría (Tamizado y Método del Hidrómetro).
  - c) Límites de consistencia (Método Casagrande) (ASTM D 1140 - 92).
  - d) Contracción lineal por cocción.
  - e) Determinación de puntos de fusión (Conos pirométricos).
  - f) Porosidad.
4. Diseño de cuerpos de arcilla para la fabricación de ladrillo. (Determinación del punto de fusión Eutéctico de: 36 composiciones de cuerpos de arcilla en combinaciones de 75%/25 %, 50%/50% y 25%/75%. Integrados por 3 bancos de arcilla y 4 depósitos de arcilla de punto de fusión de 1 100 °C°)
5. Caracterización físico-química de los cuerpos de arcilla en verde.
  - a) Contracción por secado.
  - b) Determinación de puntos de fusión (Conos pirométricos).
  - c) Determinación de temperaturas de cocción.
  - d) Determinación del contenido de humedad de conformación.
6. Conformación de especímenes de ensaye según la norma ASTM C 109. Se elaboraron 5 especímenes por ensaye, uno como testigo, uno para pruebas de porosidad y 3 para ensaye de resistencia a la compresión.
7. Caracterización físicas del ladrillo en cocción
  - a) Contracción por cocción.

- b) Determinación de la Resistencia a la compresión.
- c) Porosidad (Superficial e interconectada).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Ubicación, clasificación y caracterización de los yacimientos de arcilla que actualmente abastecen de materia prima a los productores de ladrillo de construcción en la ciudad de Durango, Dgo.**

Dentro de la mancha urbana de la ciudad de Durango se ubican 504 obradores de ladrillo rojo recocido, de los cuales 404 utilizan un sistema de quema de aserrín y leña que genera cantidades de humos contaminantes, perjudicando a los habitantes de las colonias marginadas, vecinas a las ladrilleras, y en general a toda la ciudad.

Otros 100 obradores utilizan un sistema ecológico, a base de aceite usado, con el que se reduce la emisión de humo y contaminantes en un 77 % en comparación con el sistema tradicional.

Se aplicó una encuesta a cinco productores de ladrillo en cada una de las tres zonas dentro de la mancha urbana en las que se localizan los obradores; Colonia Jardines de Cancún, inmediaciones del Arroyo Seco y las colonias situadas en zonas cercanas al Cerro del Mercado, de ésta manera se determinó que los principales yacimientos de los que procede la materia prima son 3 depósitos de arcillas denominados: El Vergel, Praxediz Guerrero y Aquiles Serdan.

El primero de ellos está ubicado a 22 kilómetros al sureste de la ciudad de Durango, sobre un predio de 43.0 Hectáreas denominado El Vergel, en el que se localiza el Parque Industrial Ladrillero. Los dos yacimientos restantes, también de dimensiones considerables, se localizan en los poblados de Aquiles Serdan y Práxedis Guerrero ubicados a unos 5.0 kilómetros de la ciudad de Durango.

Se realizaron visitas de campo a los yacimientos a fin de explorarlos y tomar muestras de las arcillas, para su caracterización físico-química a nivel de laboratorio. Se tomaron muestras a cielo abierto y en cortes naturales, de 400.00 kilogramos de cada una de ellas. Con los materiales muestreados se procedió a realizar su caracterización físico-química. Se realizaron análisis químicos mediante espectrofotometría de absorción atómica para determinar la composición química porcentual en óxidos de cada uno de los tres tipos de arcillas (Tabla I).

Se llevaron a cabo ensayos granulométricos, mediante la técnica del hidrómetro, que permitieron determinar los porcentos de contenidos de arcillas, limos y arenas. Además de clasificar los suelos (Tabla II) mediante el análisis de texturas.

Se determinaron algunas de sus propiedades térmicas: Puntos de fusión y temperaturas de cocción, para ellos se elaboraron conos Pirométricos, según lo establecido por la norma de la ASTM C 24-89 Standard Test Method for Pyrometric Cone Equivalent (PCE) los conos fueron ensayados en una mufla de alta temperatura, los resultados obtenidos (**tabla III**) permitieron establecer que sólo una

de las arcillas reúne las propiedades térmicas necesarias para su aplicación como componente en la integración de grupos de arcillas para el diseño y formulación de barro para la fabricación de ladrillo de construcción, dado que se le determinó una temperatura de cocción de 1 150 °C, lo anterior reviste importancia, ya que se trata de la arcilla proveniente del parque industrial ladrillero.

El ensayo de las propiedades térmicas de las arcillas permitió conocer que sus puntos de fusión igualan o exceden los 1250 °C ; El Vergel (P.F. 1250 °C), Aquiles Serdán (P.F. 1290 °C) y Práxedis Guerrero (P.F. 1275 °C), de tal manera que sus temperaturas de cocción resultan igual o superiores a los 1200 °C, a excepción del caso de la arcilla procedente del yacimiento del Vergel. Esta temperatura difícilmente se alcanzaría en el tipo de hornos que se utilizan en la localidad, los cuales están conformados con ladrillo de construcción. Este grado de refractariedad relativa de las arcillas con las que actualmente se fabrica el ladrillo de construcción en Durango, implica que; Dentro de las composiciones de arcilla que se diseñen deban incluirse arcillas fundentes. Por este motivo se procedió a la:

#### **Ubicación, clasificación y caracterización de yacimientos de arcillas fundentes dentro de la región objeto de estudio.**

Se consultó la base de datos, elaborada en el CIIDIR-IPN Unidad Durango, relativos a depósitos de minerales de éste tipo ya localizados, haciéndose una selección de aquellos que pudieran ser de utilidad como fuente de fundentes dentro de las composiciones. En la **tabla IV** se muestran las composiciones químicas porcentuales de los 6 yacimientos disponibles.

El análisis de la composición química porcentual en óxidos hizo posible la selección de 4 de los yacimientos de arcillas que presentaron los contenidos más elevados de óxidos fundentes, básicamente óxidos alcalinos, estos yacimientos son: Arcilla Amarilla Na<sub>2</sub>O (27.86 %) y K<sub>2</sub>O (1.39 %), Arcilla Rosa Na<sub>2</sub>O (0.10 %) y K<sub>2</sub>O (1.14 %), Caolín Santa Gertrudis Na<sub>2</sub>O (2.48 %) y K<sub>2</sub>O (1.37 %) y por último el yacimiento de arcilla denominado Lutita confinada Na<sub>2</sub>O (0.43 %) y K<sub>2</sub>O (1.21 %). Determinados los yacimientos de arcillas fundentes, se concluyó que lo conveniente sería formular composiciones en las que; Los posibles grupos de componentes fueran los cuatro yacimientos anteriores combinados con los tres principales depósitos de arcilla que actualmente se explotan como fuente de materias primas para la elaboración de ladrillo en la ciudad de Durango: Práxedis Guerrero, Aquiles Serdán y el Vergel.

Una vez definido el grupo de los siete yacimientos de arcillas que constituirían los yacimientos fuente para la formulación de composiciones de barro, se disponía de la información básica y suficiente para sustentar científicamente las probables composiciones de cuerpos de arcilla que se integrarían. (**Tablas V y VI**)

### **Diseño de cuerpos cerámicos con temperatura de cocción controlada dentro de un rango de 950 °c a 1 150 °C.**

Establecido el grupo de yacimientos-fuente de materias primas disponibles en la región centro del estado, para la elaboración de barros de temperatura de cocción controlada. Se procedió a la composición formulación y diseño de los cuerpos de arcilla de temperatura de cocción dentro de un rango de temperatura de 950 °C a 1 100 °C para ello se estableció un grupo combinaciones entre sí de los 7 yacimientos de arcillas considerados como las principales fuentes disponibles. (**Tabla VII**)

El ensaye consistió en determinar los puntos de fusión y las temperaturas de cocción para cada uno de los cuerpos de arcilla formulados mediante la técnica de Conos Pirométricos.

Los resultados obtenidos se consideraron excelentes, debido a que en su totalidad los barros formulados entraron en el rango de temperatura de cocción establecido en 950 °C-1 150 °C incluso 3 de ellos se ubicaron en una temperatura de madurez de 900 °C aún menor que la los 950 °C predeterminados como la temperatura inferior. La temperatura de cocción que más elevada es la de la composición 4B estimada en 1 065 °C alejada 95.00 °C por abajo del límite superior de la temperatura más alta prevista en 1 150.00 °C. Lo anterior permite inferir que; La selección de los 4 yacimientos de arcillas que presentaron los contenidos más elevados de óxidos fundentes, básicamente óxidos alcalinos, combinados con los tres principales depósitos de arcilla que actualmente se explotan como fuente de materias primas para la elaboración de ladrillo en la ciudad de Durango: Práxedis Guerrero, Aquiles Serdán y el Vergel. Resultan en composiciones de cuerpos de arcilla, cerámica que combinados entre sí en proporciones de: 75%/25 %, 50%/50% y 25%/75%. Se ubican en un rango de temperatura de cocción de 900.0 °C a 1 065.0 °C con lo cual se resuelve de manera satisfactoria la consecución de un rango específico de temperaturas de cocción previsto.

Controlada la temperatura de cocción, se prepararon 6 Kg. de cada una de las arcillas tamizadas por la malla número 18. Con ellas se elaboraron 710.0 g. de cada una de las 36 composiciones, que se hidrataron (30.0% - 45.0% de agua en peso) hasta alcanzar un grado de plasticidad adecuado. Procediéndose a la conformación de 6 especímenes de ensaye para cada cuerpo de arcilla, según la norma ASTM C 109 en forma de cubos de 50 mm. Se prepararon en total 216 especímenes, de los cuales 72 de ellos -Dos de cada diseño- se sometieron a cocción a las temperaturas predeterminadas a fin de contar con los materiales en estado de cocción y poder determinarles los parámetros de absorción y resistencia a la compresión. En la **tabla VIII** se muestran los resultados alcanzados por las 12 composiciones seleccionadas como las de mayor rendimiento.

Los especímenes de ladrillo que se ensayaron alcanzaron un régimen de absorción de agua de 26.68 % máximo. El 50.0 % de ellos entró dentro de lo establecido en las normas tanto mexicana como la internacional, el 50.0 % restante apenas supera el 20.0 % señalado en las normas. Sin

embargo, este hecho no afectó el desarrollo de resistencia mecánica; Algunos de los resultados de la medición de las propiedades mecánicas de los especímenes de ladrillo son realmente sorprendentes, si consideramos que la arcilla denominada el Vergel al combinar con un 25.00 % de la arcilla fundente desarrolla resistencias a la compresión de más de 200.00 Kg./cm<sup>2</sup>, Uno de los barro formulados alcanzó una resistencia de 400.00 Kg./cm<sup>2</sup> algo realmente inusitado para un material del que se espera desarrolle tan sólo 100.00 Kg./cm<sup>2</sup>.

### Conclusiones.

Los resultados obtenidos de la investigación, solucionan tanto el problema relativo a la cocción del ladrillo de construcción, como en lo referente a su calidad cumple con las normas mexicanas e internacionales convirtiéndolo en un producto con calidad de exportación. Finalmente los costos de producción se reducen en aproximadamente un 15.00 % referente al uso de energéticos y la reducción en los tiempos de cocción logran disminuir los problemas de contaminación ambiental. De hecho los resultados, permiten el que se puedan elaborar barro para la fabricación de cerámicas industriales de acuerdo a las características solicitadas por el productor. Esta situación hace posible la diversificación productiva del sector, ampliándolo a la producción de cerámicas industriales en polvo.

**Tabla I. Análisis Químicos de los yacimientos que actualmente abastecen de materia prima a los ladrilleros de la ciudad de Durango.**

Material	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% MgO	% CaO	% MnO <sub>2</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Aquiles Serdan	77.51	19.15	0.31	0.03	0.29	0.29	0.09	2.33
Vergel	60.20	31.7	0.64	0.82	0.94	0.53	0.11	5.06
Praxedis	90.29	6.28	0.32	0.05	0.30	0.27	0.08	2.41

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla II. Distribución Granulométrica de los yacimientos que actualmente abastecen de materia prima a los ladrilleros de la ciudad de Durango.**

Nú.	Material	Tipo de suelo	Arcilla% Menores de 0.002 mm (2.0μ)	Limo% 0.002-0.06 mm	Arena% 0.06-2.0 mm
1.0	Aquiles Serdán	Franco arcillosa	29.24	39.00	31.76
3.0	El Vergel	Arcillosa	56.32	29.28	14.40
2.0	Praxediz Guerrero	Franco arcillosa	28.60	51.00	20.40

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla III. Determinación de puntos de fusión y Temperaturas de Cocción de los yacimientos que actualmente abastecen de materia prima a los ladrilleros de la ciudad de Durango.**

Banco de arcillas	Punto de fusión °C	Temperatura de Cocción °C
Aquiles Serdán	1290	1230
El Vergel	1250	1200
Práxedis Guerrero	1275	1225

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla IV. Composición Química porcentual en óxidos de los yacimientos seleccionados como fuentes de fundentes dentro del grupo de yacimientos previamente localizados.**

Material	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Punto de Fusión °C
1. Arcilla Amarilla	54.54	20.95	0.004	0.68	27.86	1.39	3.06	0.580	1 100
2. Arcilla Caolínizada (La Joya)	67.26	22.10	0.005	4.05	0.23	1.053	1.61	0.0066	1 110
3. Arcilla rosa (Bajada blanca)	62.26	29.39	0.0029	3.48	0.10	1.14	2.17	0.028	1 100
4. Caolín (Mezquital)	68.94	21.80	0.003	3.58	0.52	1.21	2.13	0.813	1 110
5. Caolín Santa Gertrudis	59.08	31.41	0.0084	2.24	2.48	1.37	2.45	0.91	1 100
6. Lutita confinada	68.06	22.01	0.0	4.30	0.43	1.21	1.68	0.00	1 100

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla V. Composición Química porcentual en óxidos y puntos de fusión del grupo de 7 yacimientos seleccionados como fuentes de materias primas para la formulación de barros para fabricación de ladrillo de construcción.**

Material	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	MgO	Punto de Fusión °C
1. Arcilla Amarilla	54.54	20.95	0.004	0.68	27.86	1.39	3.06	0.0	0.580	1 100
2. Arcilla rosa	62.26	29.39	0.0029	3.48	0.10	1.14	2.17	0.0	0.028	1 100
3. Caolín Santa	59.08	31.41	0.0084	2.24	2.48	1.37	2.45	0.0	0.91	1 100

Gertrudis										
4.Lutita confinada	68.06	22.01	0.0	4.30	0.43	1.21	1.68	0.0	0.00	1 100
5.Aquiles Serdán	77.51	19.15	0.0	0.29	0.03	0.31	2.33	0.09	0.29	1290
6.Vergel	60.20	31.7	0.0	0.53	0.82	0.64	5.06	0.11	0.94	1250
7.Práxedis	90.29	6.28	0.0	0.27	0.05	0.32	2.41	0.08	0.30	1275

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla VI. Distribucion granulometrica del grupo de 7 yacimientos seleccionados como fuentes de materias primas para la formulacion de barros para fabricación de ladrillo de construcción.**

Nú.	Material	Arcilla%	Limo%	Arena%
		Menores de 0.002 mm (2.0 $\mu$ )	0.002-0.06 mm	0.06-2.0 mm
1.0	Arcilla amarilla	6.32	17.28	76.4
2.0	Arcilla Rosa	11.2	39.84	48.96
3.0	Caolin Sta. Gertrudiz	29.6	11.28	59.12
4.0	Lutita confinada	24.0	36.0	40.0
5.0	Aquiles Serdán	29.24	39.00	31.76
6.0	Vergel	56.32	29.28	14.40
7.0	Práxedis Guerrero	28.60	51.00	20.40

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla VII. Determinación del Punto de Fusión Eutéctico de: 36 Composiciones de Cuerpos de Arcilla, en Combinaciones de: 75%/25 %, 50%/50% y 25%/75%. Integrados por 3 Bancos de Arcilla y 4 Depósitos de Arcilla de Punto de Fusión de 1 100 °C.**

<b>Composición Número</b>	<b>Composición porcentual</b>		<b>Punto de fusión °C</b>	<b>Temperatura de Cocción °C</b>
1A	Vergel 75.0 %	Amarilla 25.0 %	1 150	1000
	1 250 °C	1 100 °C		
1B	Vergel 50.0 %	Amarilla 50.0 %	1 150	1000
	1 250 °C	1 100 °C		
1C	Vergel 25.0 %	Amarilla 75.0 %	1 150	1000
	1 250 °C	1 100 °C		
2A	Vergel 75.0 %	Gertrudiz 25.0%	1 100	950
	1 250 °C	1 100 °C		
2B	Vergel 50.0 %	Gertrudiz 50.0%	1 100	950
	1 250 °C	1 100 °C		
2C	Vergel 25.0 %	Gertrudiz 75.0%	1 050	900
	1 250 °C	1 100 °C		
3A	Vergel 75.0 %	A. Rosa 25.0 %	1 150	1 000
	1 250 °C	1 100 °C		
3B	Vergel 50.0 %	A. Rosa 50.0 %	1 150	1 000
	1 250 °C	1 100 °C		
3C	Vergel 25.0 %	A. Rosa 75.0 %	1 150	1 000
	1 250 °C	1 100 °C		
4A	Aquiles 75.0 %	A. Amarilla 25.0 %	1 215	1 065
	1 290 °C	1 100 °C		
4B	Aquiles 50.0 %	A. Amarilla 50.0 %	1 215	1 065
	1 290 °C	1 100 °C		
4C	Aquiles 25.0 %	A. Amarilla 75.0 %	1 150	1 000
	1 290 °C	1 100 °C		
5A	Aquiles 75.0 %	Gertrudiz 25.0%	1 150	1 000
	1 290 °C	1 100 °C		
5B	Aquiles 50.0 %	Gertrudiz 50.0%	1 100	950
	1 290 °C	1 100 °C		
5C	Aquiles 25.0 %	Gertrudiz 75.0%	1 060	910
	1 290 °C	1 100 °C		

6A	Aquiles 75.0 %	A. Rosa 25.0 %	1 210	1 060
	1 290 °C	1 100 °C		
6B	Aquiles 50.0 %	A. Rosa 50.0 %	1 200	1 050
	1 290 °C	1 100 °C		

**Continúa tabla VII.**

<b>Composición Número</b>	<b>Composición porcentual</b>		<b>Punto de fusión °C</b>	<b>Temperatura de Cocción °C</b>
6C	Aquiles 25.0 %	A. Rosa 75.0 %	1 150	1 000
	1 290 °C	1 100 °C		
7A	Vergel 75.0 %	Lutita 25.0 %	1 150	1 000
	1 250 °C	1 100 °C		
7C	Vergel 50.0 %	Lutita 50.0 %	1 100	950
	1 250 °C	1 100 °C		
7B	Vergel 25.0 %	Lutita 75.0 %	1 150	1 000
	1 250 °C	1 100 °C		
8A	Aquiles 75.0 %	Lutita 25.0 %	1 200	1 050
	1 290 °C	1 100 °C		
8B	Aquiles 50.0 %	Lutita 50.0 %	1 150	1 000
	1 290 °C	1 100 °C		
8C	Aquiles 25.0 %	Lutita 75.0 %	1 100	950
	1 290 °C	1 100 °C		
9A	Praxediz 75.0 %	Gertrudiz 25.0%	1 150	1 000
	1 275 °C	1 100 °C		
9B	Praxediz 50.0 %	Gertrudiz 50.0%	1 100	950

	1 275 °C	1 100 °C		
9C	Praxediz 25.0 %	Gertrudiz 75.0%	1 050	900
	1 275 °C	1 100 °C		
10A	Praxediz 75.0 %	A. Rosa 25.0 %	1 190	1 040
	1 275 °C	1 100 °C		
10B	Praxediz 50.0 %	A. Rosa 50.0 %	1 165	1 015
	1 275 °C	1 100 °C		
10C	Praxediz 25.0 %	A. Rosa 75.0 %	1 150	1 000
	1 275 °C	1 100 °C		
11A	Praxediz 75.0 %	Lutita 25.0 %	1175	1025
	1 275 °C	1 100 °C		
11B	Praxediz 50.0 %	Lutita 50.0 %	1150	1000
	1 275 °C	1 100 °C		
11C	Praxediz 25.0 %	Lutita 75.0 %	1090	940
	1 275 °C	1 100 °C		
12A	Praxediz 75.0 %	Gertrudiz 25.0%	1175	1025
	1 275 °C	1 100 °C		
12B	Praxediz 50.0 %	Gertrudiz 50.0%	1150	1000
	1 275 °C	1 100 °C		

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla VIII. Determinación de los Parámetros básicos establecidos por las Normas Mexicanas NMX-C-006-1976 y NMX-C-037. Resistencia a la Compresión y % de Absorción de las 12 Composiciones de Arcilla (Barros) de mayor Rendimiento.**

<b>Composición Nú.</b>	<b>Composición porcentual</b>		<b>Temperatura de cocción °C</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Resistencia a la compresión Kg/cm<sup>2</sup></b>
1A	Vergel 75.0 %	Amarilla 25.0 %	1000.00	12.07	400.00
	1 250 °C	1 100 °C			
1B	Vergel 50.0 %	Amarilla 50.0 %	1000.00	15.03	210.00
	1 250 °C	1 100 °C			
1C	Vergel 25.0 %	Amarilla 75.0 %	1000.00	19.42	125.00
	1 250 °C	1 100 °C			
2A	Vergel 75.0 %	Gertrudiz 25.0%	950.00	15.87	250.00
	1 250 °C	1 100 °C			
2B	Vergel 50.0 %	Gertrudiz 50.0%	950.00	20.99	200.00

	1 250 °C	1 100 °C			
2C	Vergel 25.0 %	Gertrudiz 75.0%	900.00	20.65	175.00
	1 250 °C	1 100 °C			
3A	Vergel 75.0 %	A. Rosa 25.0 %	1000.00	15.12	150.00
	1 250 °C	1 100 °C			
3B	Vergel 50.0 %	A. Rosa 50.0 %	1000.00	15.72	160.00
	1 250 °C	1 100 °C			
3C	Vergel 25.0 %	A. Rosa 75.0 %	1000.00	17.63	150.00
	1 250 °C	1 100 °C			
5A	Aquiles 75.0 %	Gertrudiz 25.0%	1000.00	17.64	150.00
	1 290 °C	1 100 °C			
5B	Aquiles 50.0 %	Gertrudiz 50.0%	950.00	24.09	170.00
	1 290 °C	1 100 °C			
5C	Aquiles 25.0 %	Gertrudiz 75.0%	910.00	21.67	210.00
	1 290 °C	1 100 °C			

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ASTM Standards, Designation C 67-97 ***Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile*** Annual Book of ASTM Standards 1997. Vol. 04.01. p.p. 38-47.

ASTM Standards, Designation C 212-96 ***Standard Specification for Structural Clay Facing Tile***

Annual Book of ASTM Standards 1997. Vol. 04.05. HORNBOSTEL C. ***Materiales para Construcción (tipos, usos y aplicaciones)***. Ed. LIMUSA. Méx.

MANGONON P. ***Ciencia de Materiales Selección y Diseño***. Ed. PRENTICE HALL . Méx. 2001.