



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**

---

**“PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE  
PROTOTIPO DE TABIQUE DE BARRO ROJO  
RECOCIDO DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN  
DE BRAVO, ADICIONANDO CENIZA DE  
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR”**

**(TESIS)**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A N**

**MARIELA SOLANO MIRANDA  
MIGUEL ÁNGEL ARCOS GUERRERO**

**DIRECTOR**

**M.V.T OSCAR MORENO VÁZQUEZ**

**CODIRECTOR**

**ING. JOAQUÍN SANGABRIEL LOMELÍ**

**MISANTLA, VER.**

**MAYO 2021**



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

---

FECHA: 19 de Mayo de 2021.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS PROFESIONAL.

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

MARIELA SOLANO MIRANDA

---

pasante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL con No. de Control 162T0543 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura bajo la opción Titulación Integral (Tesis Profesional)

Por tal motivo se Autoriza la impresión del Tema titulado:

**"PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE PROTOTIPO DE TABIQUE DE BARRO ROJO RECOCIDO DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN DE BRAVO, ADICIONANDO CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Archivo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

---

FECHA: 10 de Mayo de 2021

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS PROFESIONAL

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

MIGUEL ÁNGEL ARCOS GUERRERO

pasante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL con No. de Control 162T0478 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura bajo la opción Titulación Integral (Tesis Profesional)

Por tal motivo se Autoriza la impresión del Tema titulado:

**"PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE PROTOTIPO DE TABIQUE DE BARRO ROJO RECOCIDO DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN DE BRAVO, ADICIONANDO CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Archivo

VER 0103/09

F-SA-38

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Mariela Solano Miranda**

En primer lugar, le agradezco a Dios por la vida que me brinda cada día, por las habilidades que me ha dado para poder afrontar los obstáculos que se me han presentado durante mi formación académica y en mi día a día, por darme una familia que está orgullosa de mí, un esposo que siempre está a mi lado, una suegra que apoya mis sueños, amigos quienes han hecho esta travesía menos difícil y docentes que me ayudaron a forjarme como profesionista.

Le agradezco a mis padres, Petra Miranda Alonso y Miguel Ángel Solano García, por haberme sabido criar, por enseñarme valores morales y darme los mejores consejos para poder ser la mujer que hoy soy, por exigirme tanto cuando era pequeña y comenzaba mis primeros años en la educación. Gracias a eso soy una persona responsable, comprometida y entregada, que siempre da lo mejor de sí. ¡Los amo!

Agradecida con mi esposo Ernesto Ulises Rodríguez Barrios, que siempre ha creído en mí y en cada una de las metas que me he propuesto. Quien está a mi lado cada día, dándome palmadas de ánimo cuando lo he perdido. Acompañándome en esas noches de desvelo las cuales han valido la pena. Gracias, amor mío por nunca dejarme caer y estar para mí dándome tu amor y confianza. ¡Te amo infinitamente!

Agradezco a mi asesor de tesis el M.V.T. Oscar Moreno Vázquez, quien cifró su confianza en mí para desarrollar este tema de investigación tan importante. Gracias por el tiempo brindado en cada una de las prácticas, así como las horas de revisión dedicadas. Y no menos importante, gracias por las palabras de ánimo siempre acertadas, que reconfortaban el alma, por ayudarme a ver las cualidades buenas en mí cuando dudaba de ellas. Más que un docente, un amigo a quien le tengo un gran aprecio.

Por último, quiero agradecer a los docentes que alguna vez me impartieron alguna materia, sin duda fueron parte importante para mi formación académica y me llevó gratos recuerdos de cada uno de ellos.

## **Miguel Ángel Arcos Guerrero**

Por medio de estas líneas quiero brindarle mis agradecimientos a las personas que han hecho posible que permanezca en el camino correcto, desde que entre a la carrera de Ingeniería Civil, hasta culminar la misma.

En primer lugar, quiero agradecerle a mi familia, a mis padres y hermana, porque con ellos he vivido feliz desde mi infancia y mis padres me han apoyado desde lo moral, hasta lo económico. Mis padres me dieron la oportunidad de que entrara a nuestra máxima casa de estudios (ITSM), siempre me han sabido inyectar buenos consejos en mis peores momentos, no solo vividos a causa de mis estudios, sino también como consecuencias de la vida. Agradezco a toda mi familia, mis tíos, tías y primos, porque siempre han tenido la confianza en mí y me han hecho sentir que están orgullosos de lo que me estoy formando.

De igual manera, quiero mostrarles mi más sincero agradecimiento a mis compañeros de clase, mis amigos y mi novia, que han hecho que este duro transcurso se haya hecho más fácil de alguna manera. Asimismo, agradezco a mis profesores que me han brindado parte de su conocimiento a través de los años, no solo en mi trayecto universitario, si no también desde que comencé mis estudios, porque gracias a ellos se ha formado lo que soy ahora.

Cabe destacar, que mi amiga y compañera Mariela Solano me dio la oportunidad de realizar esta tesis con ella, de igual manera me brindó la confianza y su apoyo incondicional para la elaboración de esta tesis, por lo que le agradezco infinitamente por su apoyo.

Por último y no menos importante, sino al contrario, estoy muy agradecido con el apoyo académico y moral que me brindó mi asesor de tesis, el Ing. M.V.T. Oscar Moreno Vázquez, el cual estuvo a todas horas disponible cuando se presentaron dudas sobre el tema, supo inyectar ese entusiasmo y deseo que me hacía falta para poder seguir adelante y terminar con mis planes. Mas que como maestro, un amigo. Si sigo expresando mi gratitud, las palabras no bastarían para terminarlo.

A todos, muchas gracias.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
<b>1.2 PROBLEMÁTICA</b>	<b>18</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>19</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
<b>1.5 HIPÓTESIS</b>	<b>22</b>
<b>1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES</b>	<b>23</b>
1.7.1 ALCANCES	23
1.7.2 LIMITACIONES	23
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>25</b>
<b>2.1 MAMPOSTERÍA</b>	<b>25</b>
2.1.1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA	25
2.1.1.1 MAMPOSTERÍA ORDINARIA	25
2.1.1.2 MAMPOSTERÍA EN SECO	26
2.1.1.3 MAMPOSTERÍA CONCERTADA	26
2.1.1.4 MAMPOSTERÍA CAREADA	27
2.1.1.5 MAMPOSTERÍA CONFINADA	27
2.1.1.6 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	28
2.1.1.7 MAMPOSTERÍA DECORATIVA	28
<b>2.2 TABIQUE</b>	<b>29</b>
2.2.1 TIPOS DE TABIQUES	30
2.2.1.1 ADOBE	30
2.2.1.2 PERFORADO	30
2.2.1.3 SÓLIDO	31
2.2.1.5 NORMALIZADO	32
2.2.1.6 HUECO	32
2.2.1.7 REFRACTARIO	33
2.2.1.8 DECORATIVO	33
2.2.1.9 PARA PISO	34
<b>2.3 SUELO</b>	<b>34</b>
2.3.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS	34
2.3.1.1 SUELOS GRUESOS	35
2.3.1.2 SUELOS FINOS	36
<b>2.4 ARCILLAS</b>	<b>37</b>

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS	37
2.4.1.1 ARCILLAS CAOLINITAS	37
2.4.1.2 ARCILLAS IILITAS	38
2.4.1.3 ARCILLAS MONTMORILLONITAS	38
<b>2.5 ARENA</b>	<b>39</b>
2.5.1 TIPOS DE ARENAS: ARENAS DE MINA	39
2.5.1.1 ARENAS NATURALES	39
2.5.1.2 ARENA DE MINA	40
2.5.1.3 ARENA DE PLAYA	40
2.5.1.4 ARENA VOLCÁNICA	41
2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ARENAS: POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA	41
2.5.2.1 ARENAS CUARZOSA	41
2.5.2.2 ARENA SILÍCEA	42
2.5.2.3 ARENA CALCÁREA	42
2.5.2.4 ARENA BIOGÉNICA	43
<b>2.6 PUZOLANA</b>	<b>43</b>
<b>2.7 MATERIA ADICIONANTE AL TABIQUE (CBCA)</b>	<b>44</b>
2.7.1 CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	44
2.7.1.1 CARACTERÍSTICAS	44
2.7.1.2 COMPOSICIÓN	45
<b>2.7.2 INDUSTRIA AZUCARERA EN MÉXICO</b>	<b>46</b>
2.7.2.1 INGENIOS	46
<b>2.7.3 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	<b>48</b>
<b>2.7.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL AZÚCAR DE CAÑA</b>	<b>50</b>
2.7.4.1 BATEY	50
2.7.4.2 EXTRACCIÓN	50
2.7.4.3 CALDERAS	51
2.7.3.4 CLARIFICACIÓN	52
2.7.3.5 EVAPORACIÓN	53
2.7.3.6 CRISTALIZACIÓN	53
2.7.3.7 CENTRIFUGACIÓN	54
2.7.3.8 SECADO Y ENVASE	54
2.7.3.9 ALMACENAMIENTO	55
<b>2.8 OBTENCIÓN DEL MATERIAL ADICIONANTE: CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	<b>56</b>
<b>CAPITULO III: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA</b>	<b>59</b>
<b>3.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MEDELLÍN DE BRAVO, VERACRUZ)</b>	<b>59</b>
3.1.1 MACROLOCALIZACIÓN	59
3.1.2 LÍMITES MUNICIPALES	60
<b>3.2 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (RANCHO DEL PADRE, VERACRUZ)</b>	<b>61</b>
3.2.1 MICROLOCALIZACIÓN	61
3.2.2 LÍMITES DE COLINDANCIA	62
<b>3.3 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR DE ESTUDIO</b>	<b>63</b>

<b>3.4 UBICACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL</b>	<b>65</b>
<b>3.5 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA DE TABIQUE CONVENCIONAL EN LA TABIQUERA ZAMORA</b>	<b>66</b>
3.5.1 EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA	66
3.5.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA	67
3.5.3 AMASADO	68
3.5.4 MOLDEADO	69
3.5.5 SECADO	70
3.5.6 COCCIÓN	71
3.5.7 ESTIBACIÓN PARA VENTA	72

---

**CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS DE TABIQUE** **74**

---

<b>4.1 METODOLOGÍA DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO APLICADO EN ARCILLA PARA LA ELABORACIÓN DE TABIQUE</b>	<b>74</b>
4.1.1 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA (M·MMP·1·01/03)	74
4.1.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL (M·MMP·1·03/03)	75
4.1.2.1 SECADO (M·MMP·1·03/03)	76
4.1.2.2 DISGREGADO (M·MMP·1·03/03)	78
4.1.2.3 CUARTEO (M·MMP·1·03/03)	79
4.1.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA ARCILLAS - MÉTODO POR LAVADO (NMX-C-084-ONNCCE-2018)	81
4.1.4 DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA (NMX-C-493-ONNCCE-2018)	83
<b>4.2 METODOLOGÍA DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO APLICADO EN ARENAS PARA LA FABRICACIÓN DE TABIQUE</b>	<b>88</b>
4.2.1 PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (NMX-C-073-ONNCCE-2004)	88
4.2.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA ARENAS (NMX-C-077-ONNCCE-1997)	90
4.2.3 ABSORCIÓN Y DENSIDAD (NMX-C-165-ONNCCE-2014)	92
<b>4.3 METODOLOGÍA DE PRUEBAS DE LABORATORIO APLICADO EN EL TABIQUE</b>	<b>94</b>
4.3.1 DETERMINACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS (NMX-C-038-ONNCCE-2013)	94
4.3.2 DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE LAS PIEZAS (NMX-C-037-ONNCCE-2005)	96
4.3.3 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LOS TABIQUES (NMX-C-036-ONNCCE-2013)	98

---

**CAPÍTULO V: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA PROTOTIPO ADICIONANDO CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR** **105**

---

<b>5.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS</b>	<b>105</b>
5.1.1 TABIQUES CONTROL	105
5.1.2 TABIQUES ADICIONADOS CON CBCA	105
<b>5.2 ELABORACIÓN DE LA PIEZA DE TABIQUE MODIFICADO</b>	<b>107</b>
5.2.1 EXTRACCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	107

5.2.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA	108
5.2.3 DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS	108
5.2.4 AMASADO	110
5.2.5 MOLDEADO	111
5.2.6 SECADO	112
5.2.7 COCCIÓN	112
5.2.8 EJECUCIÓN DE PRUEBAS	113
<b>CAPÍTULO VI: RESULTADOS</b>	<b>115</b>
<b>6.1 ANÁLISIS Y RESULTADOS</b>	<b>115</b>
6.1.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE PRUEBAS A LA MATERIA PRIMA (ARCILLA)	115
6.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE PRUEBAS A LA MATERIA PRIMA (ARENA)	116
6.1.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PIEZAS ELABORADAS EN EL SITIO “RANCHO DEL PADRE”	116
6.1.3.1 ABSORCIÓN DE LAS PIEZAS	117
6.1.3.2 DATOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS	118
6.1.3.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A LAS PIEZAS	119
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>122</b>
<b>7.1 CONCLUSIONES</b>	<b>122</b>
<b>7.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS APLICADAS AL MATERIAL FINO</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS APLICADAS EN LA ARENA</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO 3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS ENSAYADAS</b>	<b>135</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>157</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>159</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Mampostería ordinaria (Cibao, 2018)	25
Figura 2. 2 Mampostería en seco (Cibao, 2018)	26
Figura 2. 3 Mampostería concertada (Escobar, 2020)	26
Figura 2. 4 Mampostería careada (Carolina, 2019)	27
Figura 2. 5 Mampostería confinada (Arquitectura, 2015)	27
Figura 2. 6 Mampostería estructural (Vallegres, 2016)	28
Figura 2. 7 Mampostería decorativa (Decor, 2019)	28
Figura 2. 8 Tabique de adobe (Barrios, 2015)	30
Figura 2. 9 Tabique perforado (G., 2019)	30
Figura 2. 10 Tabique sólido (Ladrillera mecanizada, 2020)	31
Figura 2. 11 Tabique tejar o manual (Albañiles, 2014)	31
Figura 2. 12 Tabique normalizado (Irene, 2018)	32
Figura 2. 13 Tabique hueco (Albañiles, 2014)	32
Figura 2. 14 Tabique refractario (Albañiles, 2014)	33
Figura 2. 15 Tabique decorativo (Decorex Pro, 2019)	33
Figura 2. 16 Tabique para piso (Revista Arqhys, 2012)	34
Figura 2. 17 Arcilla tipo caolinita (Zea Osorio, 2005)	37
Figura 2. 18 Arcilla tipo illita (Zea Osorio, 2005)	38
Figura 2. 19 Arcilla tipo montmorillonita (Zea Osorio, 2005)	38
Figura 2. 20 Arenas naturales (Vista alegre materiales, 2019)	39
Figura 2. 21 Arena de mina (Mabesser Construcciones S.A. de C.V., 2016)	40
Figura 2. 22 Arena de playa (Freepik, 2021)	40
Figura 2. 23 Arena volcánica (Flickr, 2020)	41
Figura 2. 24 Arena cuarzosa (Consiglieri, 2021)	41
Figura 2. 25 Arena silíceas (Cibao, 2018)	42
Figura 2. 26 Arena calcárea (Trinoko, 2019)	42
Figura 2. 27 Arena biogénica (Pixabay, 2019)	43
Figura 2. 28 Puzolana (Yañes Valdes, 2019)	43
Figura 2. 29 Clasificación de puzolanas (Autor propio)	44
Figura 2. 30 Calderas del ingenio azucarero "El modelo" (Autor propio)	46
Figura 2. 31 Mapa de los ingenios azucareros activos en México (SAGARPA, 2020)	48
Figura 2. 32 Quema de caña (Caliescribe, 2019)	49
Figura 2. 33 Corte de caña (Reyes, 2019)	49
Figura 2. 34 Batey (Autor propio)	50
Figura 2. 35 Extracción (Autor propio)	51
Figura 2. 36 Calderas (Autor propio)	51
Figura 2. 37 Clarificación (ECN, 2019)	52
Figura 2. 38 Evaporación (Producción de azúcar, 2020)	53
Figura 2. 39 Cristalización del azúcar (Autor propio)	53
Figura 2. 40 Centrifugación (Rivera, 2020)	54
Figura 2. 41 Envasado del azúcar (Autor propio)	55
Figura 2. 42 Almacenamiento del azúcar (Ingenio Azucarero El Modelo, 2020)	55
Figura 2. 43 Ceniza de bagazo de caña de azúcar (Autor propio)	57
Figura 2. 44 Bagazo de caña de azúcar (Autor Propio)	57
Figura 2. 45 Ingenio "El Modelo" (Autor propio)	57

Figura 3. 1 Localización del municipio de Medellín de Bravo (INAFED, 2020)	59
Figura 3. 2 Límites de colindancia del municipio de Medellín de Bravo (Gobierno de estado de Veracruz, 2016)	60
Figura 3. 3 Ubicación geográfica de la "Finca Real Rancho del Padre" (Google Maps, 2021)	61
Figura 3. 4 Límites de colindancia de la comunidad " Rancho del Padre" (Google Maps, 2021)	62
Figura 3. 5 Horno donde se lleva a cabo la cocción de los mampuestos (Autor propio)	63
Figura 3. 6 Estibado de tabiques (Autor propio)	64
Figura 3. 7 Piezas crudas en proceso de secado (Autor propio)	64
Figura 3. 8 Ubicación del banco de material de arcilla "Los Robles" (Google Maps, 2021)	65
Figura 3. 9 Ubicación geográfica del banco de material de arena "Los Robles" (Google Maps, 2021)	65
Figura 3. 10 Extracción de la materia prima para ser analizada (Autor propio)	66
Figura 3. 11 Cernido de arena a utilizar en la mezcla para los tabiques (Autor propio)	67
Figura 3. 12 Separando porciones de la mezcla para introducir en la gavera (Autor propio)	68
Figura 3. 13 Esparcido de arena cernida donde se realizó la mezcla (Autor propio)	68
Figura 3. 14 Gavera hueca de madera (Autor propio)	69
Figura 3. 15 Eliminación de excedente de la masa (Autor propio)	69
Figura 3. 16 Colocación de la composición dentro del molde (Autor propio)	69
Figura 3. 17 Extracción de tabiques (Autor propio)	70
Figura 3. 18 Piezas de tabique terminadas (Autor propio)	70
Figura 3. 19 Acomodo de las piezas para su posterior cocción (Autor propio)	71
Figura 3. 20 Tabiques estibados para venta (López Hernández, 2020)	72
Figura 4. 1 Extracción de la muestra de arcilla para analizar	75
Figura 4. 2 Secado de muestra (Autor propio)	77
Figura 4. 3 Verificación de secado utilizando un cristal de reloj (Autor propio)	77
Figura 4. 4 Disgregado del material	78
Figura 4. 5 Material homogeneizado colocado en forma de cono (Autor propio)	80
Figura 4. 6 Cuarteo con ayuda de una varilla punta de bala (Autor propio)	80
Figura 4. 7 Homogenización de la arcilla con movimientos oscilatorios (Autor propio)	82
Figura 4. 8 Arcilla previamente cernida por la malla No. 200 (Autor propio)	82
Figura 4. 9 Charola, ranurador, copa Casagrande, báscula y pizeta (Autor propio)	84
Figura 4. 10 Ranuración de la pasta (Autor propio)	85
Figura 4. 11 Colocación de la copa de Casagrande con la mezcla (Autor propio)	85
Figura 4. 12 Medición de la abertura con Vernier (Autor propio)	85
Figura 4. 13 Forma y dimensiones de ranura (S.C.T., 2007)	86
Figura 4. 14 Especificaciones de la copa de Casagrande (S.C.T., 2007)	86
Figura 4. 15 Cilindros formados con la mezcla arcillosa (Autor propio)	87
Figura 4. 16 Enrase de material sobrante (Autor propio)	89
Figura 4. 17 Cuarteo de la muestra (Autor propio)	89
Figura 4. 18 Secado de la arena (Autor propio)	91
Figura 4. 19 Material de obtenido del cribado de los tamices (Autor propio)	91
Figura 4. 20 Aforo del matraz de Chapman (López Hernández, 2020)	93
Figura 4. 21 Pesado de tabiques convencionales (Autor propio)	95
Figura 4. 22 Medición del mampuesto (Autor propio)	95
Figura 4. 23 Pesado de la pieza en estado húmedo (Autor propio)	97
Figura 4. 24 Secado de las piezas con energía calórica (Autor propio)	97
Figura 4. 25 Tabiques saturados en agua por 24 hrs. $\pm$ 2 (Autor propio)	97
Figura 4. 26 Detalles de placa cabeceadora (IMCYC, 2013)	100

Figura 4. 27 Colocación de pintura epóxica al tabique (Autor propio)	100
Figura 4. 28 Fundición del azufre (Autor propio)	100
Figura 4. 29 Colocación del mampuesto sobre el azufre fundido (Autor propio)	101
Figura 4. 30 Lubricación de la placa cabeceadora (Autor propio)	101
Figura 4. 31 Tabique modificado encarado por ambas partes (Autor propio)	101
Figura 4. 32 Ejecución de la prueba de compresión sobre el prototipo (Autor propio)	102
Figura 4. 33 Tabique de CBCA ensayado (Autor propio)	102
Figura 4. 34 Máquina de compresión axial del laboratorio LACOCA (Laboratorio de Control de Calidad) (Autor propio)	103
Figura 5. 1 Pieza de tabique modificada lista para ensayar en la máquina de compresión axial (Autor propio)	106
Figura 5. 2 Extracción de la arcilla a emplear en la mezcla (Autor propio)	107
Figura 5. 3 Patio de secado donde se lleva a cabo la elaboración del tabique (Autor propio)	108
Figura 5. 4 Peso de una porción de la mezcla equivalente a un tabique (Autor propio)	109
Figura 5. 5 Dosificación de C.B.C.A (Autor propio)	109
Figura 5. 6 Incorporación de C.B.C.A. a la mezcla (Autor propio)	110
Figura 5. 7 Homogenización del adicionante con la masa tradicional (Autor propio)	110
Figura 5. 8 Gavera hueca de madera (Autor propio)	111
Figura 5. 9 Desmolde de tabiques modificados (Autor propio)	111
Figura 5. 10 Especímenes adicionados terminados (Autor propio)	112
Figura 5. 11 Hornos tradicionales de la tabiquera Zamora (Autor propio)	112
Figura 5. 12 Determinación del dimensionamiento de las piezas (NMX-C-038-ONNCCE-2013) (Autor propio)	113
Figura 5. 13 Determinación de la absorción de las piezas (NMX-C-037-ONNCCE-2005) (Autor propio)	113
Figura 5. 14 Cabeceo de la pieza a ensayar (Autor propio)	113
Figura 5. 15 Determinación de la resistencia a la compresión axial de los tabiques (NMX-C-036-ONNCCE- 2013) (Autor propio)	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Partes de un ladrillo (Autor propio)	29
Tabla 2. 2 Propiedades físicas de la ceniza	45
Tabla 2. 3 Composición química de C.B.C.A.	45
Tabla 5. 1 Nomenclatura de espécimen control	105
Tabla 5. 2 Nomenclatura para especímenes adicionados con diferentes porcentajes de CBCA	105
Tabla 6. 1 Resultados obtenidos en la aplicación de pruebas al material fino	115
Tabla 6. 2 Resultados obtenidos en la aplicación de pruebas a la arena	116
Tabla 6. 3 Resumen de los resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas ensayadas	118

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 6. 1 Porcentajes de absorción para los tabiques adicionados con C.B.C.A. y tabiques control	117
Gráfica 6. 2 Resultados obtenidos de la prueba de compresión axial aplicadas a las piezas control y adicionadas con diferentes porcentajes de C.B.C.A.	119
Gráfica 6. 3 Resultados obtenidos de la prueba de compresión axial aplicada a las piezas control y adicionadas con diferentes porcentajes de C.B.C.A. para fines de diseño estructural	120

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 8. 1 Módulo de finura	133
Fórmula 8. 2 Coeficiente de uniformidad	133
Fórmula 8. 3 Coeficiente de curvatura	133
Fórmula 8. 4 Fórmula para el cálculo de densidad	134
Fórmula 8. 5 Fórmula para el cálculo de la absorción del material	134
Fórmula 8. 6 Cálculo de absorción del tabique	140

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. 1 Tabla de la granulometría para finos por método de lavado	126
Anexo 1. 2 Curva granulométrica para material fino	126
Anexo 1. 3 Tabla de resultados obtenidos de la prueba de límite líquido aplicada al material fino	127
Anexo 1. 4 Gráfico representativo donde se muestran los datos del límite líquido	127
Anexo 1. 5 Tabla de resultados obtenidos de la prueba de límite plástico aplicada al material fino	128
Anexo 1. 6 Porcentaje de agregados obtenidos de la granulometría	128
Anexo 1. 7 Resultados finales de límites de consistencia	128
Anexo 1. 8 Gráfico de plasticidad para la clasificación de suelos de grano fino	129
Anexo 1. 9 Tabla del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) utilizado para la descripción del tamaño de las partículas del suelo	130
Anexo 2. 1 Resultados obtenido de la granulometría de arena para la elaboración de tabique .....	132
Anexo 2. 2 Gráfico donde se muestra la curva granulométrica para la arena .....	132

<b>Anexo 3. 1 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas control</b>	<b>135</b>
<b>Anexo 3. 2 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 2% de C.B.C.A.</b>	<b>135</b>
<b>Anexo 3. 3 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 3% de C.B.C.A.</b>	<b>136</b>
<b>Anexo 3. 4 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 4% de C.B.C.A.</b>	<b>136</b>
<b>Anexo 3. 5 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 6% de C.B.C.A.</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 3. 6 Dimensionamientos promedios de los tabiques ensayados (piezas control y adicionados)</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 3. 7 Resultados obtenidos de las absorciones de los tabiques control</b>	<b>138</b>
<b>Anexo 3. 8 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 2% de C.B.C.A.</b>	<b>138</b>
<b>Anexo 3. 9 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 3% de C.B.C.A.</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 3. 10 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 4% de C.B.C.A.</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 3. 11 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 6% de C.B.C.A.</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 3. 12 Resumen de los promedios de las absorciones obtenidas en las piezas control y los tabiques adicionados</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 3. 13 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a tabiques control</b>	<b>141</b>
<b>Anexo 3. 14 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas control ensayadas para fines de diseño estructural</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 3. 15 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 2% de C.B.C.A.</b>	<b>143</b>
<b>Anexo 3. 16 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 2% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural</b>	<b>144</b>
<b>Anexo 3. 17 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 3% de C.B.C.A.</b>	<b>145</b>
<b>Anexo 3. 18 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 3% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 3. 19 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 4% de C.B.C.A.</b>	<b>147</b>
<b>Anexo 3. 20 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 4% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural</b>	<b>148</b>
<b>Anexo 3. 21 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 6% de C.B.C.A.</b>	<b>149</b>
<b>Anexo 3. 22 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 6% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural</b>	<b>150</b>

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se han empleado piezas de mampostería para la construcción y edificación, aunado a esto, se ha recabado que eran elaborados de materiales como; adobe, piedra y arcilla. Los cuales se asemejan al tabique que actualmente se conoce como “recocido” hoy en día. Este último elemento de mampostería se comenzó a utilizar en México, desde los inicios de la época colonial exclusivamente en las edificaciones más sobresalientes de aquella época.

Actualmente, el tabique o ladrillo es el material más empleado en muros en el país; junto con el bloque, corresponde al 70% de las viviendas censadas en 1990. Por lo que la industria del ladrillo va en aumento, sin embargo, su proceso de fabricación carece de un control de calidad, siendo estos elaborados de manera artesanal por los productores locales. Dicho esto, las piezas pueden presentar variaciones en sus características como el color, tamaño, así como en su composición, lo que repercute en sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Es por ello, por lo que en la presente investigación aportará una propuesta para el mejoramiento estructural del tabique rojo recocido, con el fin de mejorar las características físicas y mecánicas de las piezas del municipio.

El objetivo de dicho documento es demostrar los porcentajes de C.B.C.A. que son favorables para el mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas del tabique propuesto en comparación con el tabique elaborado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

# CAPÍTULO I:

---

## PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN



(Mazinales, 2015)

# CAPÍTULO I: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad el tabique ha tenido gran impacto en el sector constructivo, debido a que no se contaban con muchos materiales que fueran resistentes y factibles para la construcción. Los constructores sumerios y babilonios edificaron palacios y grandes ciudades amuralladas con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos decorativos. En sus últimos años, los persas construían con ladrillos al igual que los chinos, anfiteatros y acueductos, a menudo recubiertos con mármol.

Si bien el tabique recocido es conocido en México desde los inicios de la época colonial, su utilización era muy limitada; observándolo únicamente en ciertos templos o casas señoriales. En el censo de 1929 el tabique representaba apenas el 3% de los materiales de la vivienda, y estaba presente de manera más marcada en el Distrito Federal (30%), Sinaloa (24%), Baja California Sur (15%), en estas últimas entidades el tabique era importado, pues venía como lastre en los barcos. Sin embargo, se tiene reportado que para estas fechas existían ya tabiqueras de tipo moderno en varias partes del país, como en el Estado de México, Coahuila, Nuevo León, Puebla y Jalisco; las cuales surtían las necesidades en material para la vivienda residencial de las principales ciudades. Lo que no existía entonces eran los cientos de miles de pequeñas tabiqueras rústicas que hay actualmente en los alrededores de casi todas las ciudades del país. Se desconoce con precisión el proceso de expansión de esa industria, la cual se cree que a partir de los años sesenta este crecimiento debe haber sido espectacular. El tabique o ladrillo es el material más utilizado en muros en el país; junto con el bloque, corresponde al 70% de las viviendas censadas en 1990.

Actualmente la industria del tabique en México sigue estando dominada por pequeños productores de tabique artesanal; pues las grandes empresas modernas han enfocado sus esfuerzos a la producción de ladrillo extruido o tabiques multiperforados, así como de productos cerámicos más elaborados y de mayor costo, como pisos, azulejos y muebles sanitarios. (BARRANZUELA LESCANO, 2014)

## 1.2 PROBLEMÁTICA

Los tabiques son piezas de mampostería compuestos principalmente de una pasta de arcilla con arena, fabricados de manera artesanal. Son un material de construcción que tiene una fuerza de resistencia superior al block ya que es un material sólido, sin huecos, con una forma geométrica con mayor capacidad de soporte para una carga; pese a que el tabique rojo recocido es un material sólido, es muy ligero, por lo que el peso de la construcción es menor en un segundo o tercer nivel. Este tipo de piezas suelen ser económicas, brindan cierto aislamiento térmico, acústico y cuentan con una resistencia mecánica mínima, permitiendo la fijación de objetos y la inclusión de instalaciones técnicas sin disminuir su resistencia. Los tabiques se emplean comúnmente en la construcción de muros. (Ferrex, 2020)

Hoy en día en México, el tabique de barro rojo recocido es uno de los materiales constructivos con mayor uso en el país. Por ende, se observa que la industria del ladrillo va en aumento, sin embargo, su proceso de fabricación carece de un control de calidad, siendo estos elaborados de manera artesanal por los productores locales. Dicho esto, las piezas pueden presentar variaciones en sus características como el color, tamaño, así como en su composición, lo que repercute en sus propiedades tanto físicas como mecánicas.

En el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz se realizó una investigación previa a las tabiquerías que se dedican a la manufacturación de estas piezas, donde se pudo observar con base a los resultados obtenidos en las pruebas a los tabiques que estos no cumplen con lo requisitado en la normativa NTCM-2017 y ONNCCE. Es por ello, por lo que en la presente investigación aportará una propuesta para el mejoramiento estructural del tabique rojo recocido, con el fin de mejorar las características físicas y mecánicas de las piezas del municipio.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La investigación tiene como objetivo principal la propuesta de diseño de un modelo de tabique rojo recocido de arcilla añadiendo ceniza de bagazo de caña de azúcar, que cumpla con parámetros de calidad de resistencia mecánica y exposición a agentes naturales como lo son el agua, viento y la variación diaria de temperatura según la estación del año. Dado que la pieza cuenta con características propias, es muy usual encontrarlo en zonas rurales como lo es la comunidad de San Rafael, Veracruz, donde la construcción con tabique ha demostrado ser la respuesta apropiada y quizás, la principal vía para tener una casa digna.

La mezcla para utilizar deberá ser con materiales de la zona como arena, arcilla, agua y ceniza de bagazo de caña de azúcar, esto con el fin de no incurrir en gastos adicionales para los beneficiarios. Estos materiales sumamente económicos generan un gran aislamiento térmico creando espacios agradables, sin embargo, debido a la falta de asesoría técnica y conocimiento de las normas establecidas, las viviendas disminuyen drásticamente su vida útil. Siendo esta la importancia de la investigación se declara que las casas de tabique bien diseñadas y construidas pueden ser (por su simplicidad, duración y costo) la base para resolver el problema de viviendas en los países en vías de desarrollo como México, además mejorando la parte estructural de los hogares ante la manifestación de las solicitaciones accidentales.

Además de presentar mejores condiciones estructurales, este producto muestra una serie de ventajas tales como:

- Fácil de obtención.
- La construcción con tabique es factible y con poco gasto energético.
- Excelentes propiedades térmicas.
- Los materiales son inertes, no se incendian, pudren, o reciben ataques de insectos.

El uso de este mampuesto contribuirá a uno de los temas con mayor relevancia a nivel mundial: disminución del cambio climático y el calentamiento global en donde el tabique, las tejas, y otros elementos relacionados, como materiales de construcción tradicional, aportarían un equilibrio en las temperaturas en ambientes internos de la vivienda reduciendo considerablemente la presencia o el aumento de calor en la casa, que conlleva la disminución

del uso de ciertos electrodomésticos como el aire acondicionado o ventiladores domésticos.  
(Robelo Hurtado & Gadhimi Brenes, 2016)

Por lo tanto, la propuesta presente permitirá a los habitantes de la comunidad la elaboración de ladrillos de arcilla añadiendo ceniza de bagazo de caña de azúcar, ofreciendo características que mejoren tanto la resistencia, economía, vida útil y el confort.

## **OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un prototipo de tabique de barro rojo recocido adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en el municipio de Medellín de Bravo, con base a los requisitos de la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013 a fin de construir viviendas con una mejor respuesta estructural.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Reconocer el lugar de estudio.
2. Caracterizar materiales componentes del tabique.
3. Caracterizar propiedades físicas y mecánicas del tabique.
4. Elaborar tabique propuesto.
5. Caracterizar propiedades físicas y mecánicas del prototipo.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Al agregar ceniza de bagazo de caña de azúcar se mejorarán las propiedades físicas y mecánicas de los tabiques del municipio de Medellín de Bravo, produciendo piezas de construcción resistentes, seguras y económicas.

## **1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.7.1 ALCANCES**

1. Se utilizará arcilla y arena del municipio de Medellín de Bravo.
2. Se utilizarán porcentajes de ceniza de 2%, 3%, 4% y 6%.
3. Solo se ejecutarán pruebas de compresión axial, absorción y dimensionamiento.

### **1.7.2 LIMITACIONES**

1. La institución no dispone del equipo necesario para la elaboración de las pruebas físicas y mecánicas.
2. El ingenio azucarero de donde procede la ceniza no se encuentra activo dentro de la zona de estudio.
3. No se cuenta con la disponibilidad absoluta de la empresa tabiquera donde se realizarán los tabiques.
4. Por motivo de la pandemia ocasionada por el coronavirus SARS-COV2 no se pudieron llevar a cabo las pruebas en pilas y muretes, debido a que los laboratorios se encontraban cerrados.

# CAPÍTULO II:

---

## MARCO TEÓRICO



(DÍAZ CANEJA, 2016)

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 MAMPOSTERÍA

La mampostería es un sistema de construcción tradicional. Consiste en superponer rocas, ladrillos o bloques de concretos prefabricados, para la edificación de muros o paramentos. Los materiales uniformes o no, también llamados mampuestos, se disponen de forma manual y aparejada. Para su adición se emplea una mezcla de cemento o cal, con arena y agua.

Las paredes de piedra y mortero, producto de la mampostería, son de gran durabilidad y resistencia. Generalmente estructurales y portantes, aptas para edificaciones de ganada altura. Igual aquellas no portantes sirven para dividir espacios y encuentran su fortaleza en pórticos de concreto o acero. (ROCAS Y MINERALES, 2016)

#### 2.1.1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA

Con el paso del tiempo se han desarrollado diversos tipos de mampostería. Algunos de los más empleados son:

##### 2.1.1.1 MAMPOSTERÍA ORDINARIA

Emplea la argamasa o mortero en la construcción, para fijar los elementos y rellenar los huecos que van quedando entre ellos. Las piedras, ladrillos y otros materiales deben organizarse de tal forma que los espacios a rellenar con la mezcla de cemento o cal sean mínimos. La mampostería evita desperdicios y procura la apariencia limpia. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 1 Mampostería ordinaria (Cibao, 2018)*

### **2.1.1.2 MAMPOSTERÍA EN SECO**

Construida con piedras o ladrillos, no utiliza mortero. En su lugar emplea mampuestos celosamente escogidos para procurar estabilidad. Los espacios vacíos son rellenos con ripios, piedras pequeñas que calzan perfectamente en los orificios. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 2 Mampostería en seco (Cibao, 2018)*

### **2.1.1.3 MAMPOSTERÍA CONCERTADA**

Utiliza mampuestos labrados en sus caras de juntas. Los materiales se disponen de forma poligonal, una cara en la otra o juntas, de forma que vistos desde arriba ofrezcan un aspecto regular. Cuando la construcción es de un espesor mayor al de los mampuestos, se colocan primero los visibles en el muro por ambas caras. Luego los mampuestos de relleno, con ripios si son necesarios.

En muros muy anchos, de trecho a trecho, deben emplearse llaves o perpiaños para dar trabazón al conjunto. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 3 Mampostería concertada (Escobar, 2020)*

#### **2.1.1.4 MAMPOSTERÍA CAREADA**

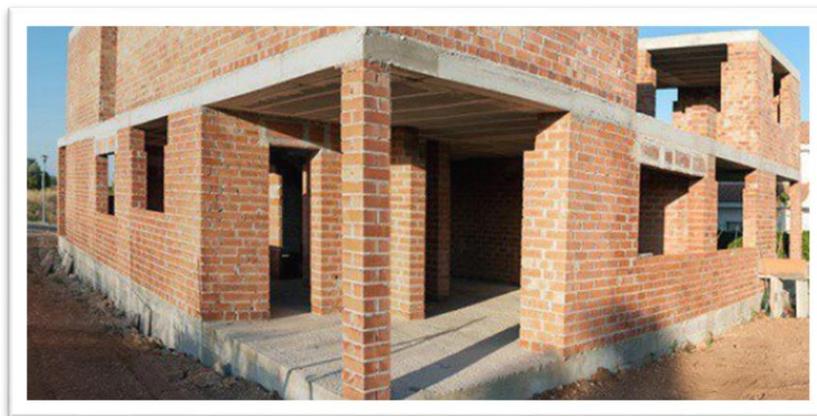
En este tipo de mampostería las piedras o ladrillos son labrados por la cara que queda expuesta al exterior, que debe ser prolija. Más no requieren ser de un tamaño o forma única. Los espacios vacíos en el interior del paramento pueden rellenarse con otros mampuestos o ripios. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 4 Mampostería careada (Carolina, 2019)*

#### **2.1.1.5 MAMPOSTERÍA CONFINADA**

Consiste en construcciones de ladrillos fijados con mortero, en forma de columna y reforzadas desde el suelo con vigas y concreto. Soportan el peso de paredes y techo, inclusive de otras edificaciones hechas arriba. También las embestidas del viento. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 5 Mampostería confinada (Arquitectura, 2015)*

### **2.1.1.6 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**

Es el método empleado en la construcción de casas y edificios. Dispone muros verticales logrados con la ayuda de morteros de cemento y reforzados en su interior con barras de metal. Se caracteriza por ser de gran resistencia.

Existe además una mampostería estructural reforzada, en la que se sujetan las piezas, ideal para proteger las edificaciones de desastres naturales. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 6 Mampostería estructural (Vallegres, 2016)*

### **2.1.1.7 MAMPOSTERÍA DECORATIVA**

Es la empleada para el embellecimiento de paredes interiores y exteriores, calles y avenidas, plazas y otros sitios públicos. Emplea piedras regulares, generalmente pulidas y con un toque de barniz. Agrega a las estructuras belleza y calidez. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



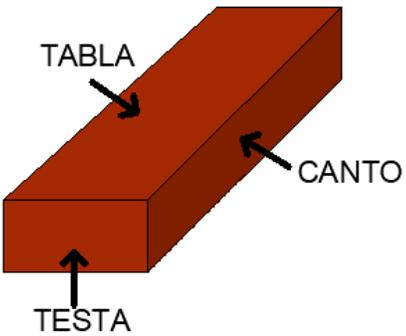
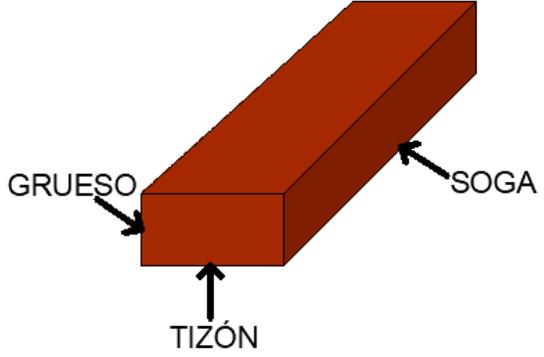
*Figura 2. 7 Mampostería decorativa (Decor, 2019)*

## 2.2 TABIQUE

De acuerdo con la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 se define como tabique a un componente para uso estructural, de forma prismática fabricado con arcillas comprimidas o extruidas, mediante un proceso de cocción o de otros materiales con procesos diferentes. (ONNCCE, 2005)

El tabique se fabrica utilizando compuestos arcillosos, además de silicatos de alúmina, caolín y diferentes minerales. Esta mezcla es vaciada en moldes de forma prismática rectangular, la misma que tendrán los ladrillos y luego pasan a ser sometidos a secado y cocimiento. Por lo general sus “caras” reciben diferentes calificativos, como tabla, canto y testa, partiendo de la más grande a la de menor tamaño. Las longitudes de los ladrillos están normalizadas, existiendo una proporcionalidad entre los lados de este. Cada una de ellas es el doble de la anterior, lo cual permite realizar variadas disposiciones. Las longitudes más usuales son: 6 cm × 12 cm × 24 cm. (ROCAS Y MINERALES, 2016)

Tabla 2. 1 Partes de un ladrillo (Autor propio)

PARTES DE UN LADRILLO	
CARAS	ARISTAS
	

### 2.2.1 TIPOS DE TABIQUES

En la actualidad se encuentran diferentes modelos de tabiques, bien para ser usados en la construcción o en la decoración. Algunos de ellos son:

#### 2.2.1.1 ADOBE

Se emplea en construcciones del tipo agreste o de un único nivel. Este no es secado al horno, se seca totalmente al sol. Esto permite que sus condiciones térmicas sean mayores. No obstante, su baja resistencia, no lo hace ideal en la edificación de viviendas. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 8 Tabique de adobe (Barrios, 2015)*

#### 2.2.1.2 PERFORADO

Son aquellos que presentan conductos u hoyos en la tabla, con un porcentaje mayor al 10 % del área de esta. Se estilan mucho en la creación de frontones de viviendas. Y si lo que se quiere es tenacidad, este ladrillo es el indicado. Las aberturas en su área permiten la entrada del mortero o pega, fortificando la obra. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 9 Tabique perforado (G., 2019)*

### 2.2.1.3 SÓLIDO

Es aquel ladrillo que contiene menos del 10 % de huecos en la tabla. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 10 Tabique sólido (Ladrillera mecanizada, 2020)*

### 2.2.1.4 TEJAR

En general este ladrillo es elaborado a mano, aunque también se consiguen piezas trabajadas industrialmente. Simula los viejos ladrillos de elaboración artesanal. Posee una apariencia rústica y caras ásperas, y no es plano. Exhibe muy buenas características decorativas. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 11 Tabique tejar o manual (Albañiles, 2014)*

### **2.2.1.5 NORMALIZADO**

Son aquellos que tienen un borde curvo, y al formar las hiladas configuran un adorno continuo. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 12 Tabique normalizado (Irene, 2018)*

### **2.2.1.6 HUECO**

Aquellos ladrillos que poseen conductos en la testa disminuyen su peso y la cantidad de material que se emplea en hacerlos. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 13 Tabique hueco (Albañiles, 2014)*

### **2.2.1.7 REFRACTARIO**

De textura lisa y homogénea. Es empleado, en general, en áreas que están sometidas continuamente a elevados tiempos como hornos, asadores y chimeneas. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 14 Tabique refractario (Albañiles, 2014)*

### **2.2.1.8 DECORATIVO**

No posee poros, por lo que es invulnerable al agua y las bajas temperaturas. De magníficas cualidades estéticas que permiten su uso tanto en interiores como en exteriores, habitualmente usado para fachadas. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 15 Tabique decorativo (Decorex Pro, 2019)*

### **2.2.1.9 PARA PISO**

Poseen un excelente aguante al tránsito y ofrecen, además, calidez a todo ambiente. Se emplean para jardines, glorietas, patios y caminerías. Sus diseños y tonalidades son muy variadas, lo que permite la creación de formas originales. (ROCAS Y MINERALES, 2016)



*Figura 2. 16 Tabique para piso (Revista Arqhys, 2012)*

## **2.3 SUELO**

La palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)

### **2.3.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Los suelos son materiales con partículas de tamaño menor de 7,5 cm (3”). Se clasifican como se indica en la Tabla 3 de este Manual y se explica a continuación, con base en su composición granulométrica determinada mediante los procedimientos indicados en el Manual de la SCT M·MMP·1·06, Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías, y en sus características de plasticidad, representada por los límites de consistencia determinados de acuerdo con lo indicado en el Manual de la SCT M·MMP·1·07, Límites de Consistencia.

Los suelos se clasifican como suelos gruesos cuando más del 50% de sus partículas son de tamaño mayor que 0,075.mm (malla N°200) y como suelos finos cuando el 50% de sus partículas o más, son de tamaño menor.

### **2.3.1.1 SUELOS GRUESOS**

Los suelos gruesos se clasifican como grava cuando más del 50% de las partículas de la fracción gruesa tienen tamaño mayor que 4,75.mm (malla N°4) y como arena cuando el 50% de las partículas o más de la fracción gruesa, son de tamaño menor. La grava se identifica con el símbolo G (Gravel) y la arena con el símbolo S (Sand). Ambas a la vez se subdividen en ocho subgrupos:

- **Grava o arena bien graduada (GW o SW)**

Si el material contiene hasta 5% de finos, cuando se trate de una grava cuyo coeficiente de uniformidad (Cu) es mayor de 4 y su coeficiente de curvatura (Cc) esté entre 1 y 3, determinados como se indica en el Inciso D.4.7. del Manual M·MMP·1·06, Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías, se clasifica como grava bien graduada y se identifica con el símbolo GW. Cuando se trate de una arena cuyo coeficiente de uniformidad (Cu) es mayor de 6 y su coeficiente de curvatura (Cc) esté entre 1 y 3, se clasifica como arena bien graduada y se identifica con el símbolo SW.

- **Grava o arena mal graduada (GP o SP)**

Si el material contiene hasta 5% de finos y sus coeficientes de uniformidad y curvatura (Cu y Cc, respectivamente), no cumplen con lo indicado en el Punto anterior, se clasifica como grava mal graduada o arena mal graduada, según corresponda y se identifica con los símbolos GP o SP, respectivamente.

- **Grava o arena limosa (GM o SM)**

Si el material contiene más de 12% de finos y estos son limo de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.1. de este Manual, se clasifica como grava o arena limosas, según corresponda y se identifica con los símbolos GM o SM, respectivamente.

- **Grava o arena arcillosa (GC o SC)**

Si el material contiene más de 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en el Párrafo D.2.2.2. de este Manual, se clasifica como grava o arena arcillosas, según corresponda y se identifica con los símbolos GC o SC, respectivamente. (S.C.T., 2003)

### **2.3.1.2 SUELOS FINOS**

En este caso, el sistema (SUCS) considera los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos y dando lugar a las siguientes divisiones:

- a) Limos inorgánicos, de símbolo “M”.
- b) Arcillas inorgánicas, de símbolo “C”.
- c) Limos y arcillas orgánicas, de símbolo “O”.

Cada uno de los grupos anteriores se subdivide según su límite líquido en dos grupos. Si el límite líquido es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra “L” (low compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL (Limo de baja compresibilidad, Arcilla de baja compresibilidad y Limo o Arcilla Orgánica de baja compresibilidad, correspondientemente). Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea, de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra “H” (high compressibility), teniéndose así los grupos MH, CH y OH.

Ha de notarse que las letras “L” y “H” no se refieren a la alta o baja plasticidad, pues esta propiedad del suelo ha de expresarse en función de dos parámetros, el límite líquido (Ll) y el Índice Plástico (IP). Por otra parte, la compresibilidad de un suelo es función directa del Límite líquido, de manera que, a mayor límite líquido, mayor compresibilidad del suelo. (S.C.T., 2003)

## 2.4 ARCILLAS

La arcilla es un tipo de roca natural sedimentaria. Proviene de la descomposición de las rocas Feldespato, siendo un silicato aluminico hidratado. Es un material de grano generalmente fino y capaz de convertirse en una masa plástica al mezclarse con cierta cantidad de agua. La arcilla es un constituyente importante de la corteza terrestre, de ahí su gran importancia para nosotros como ingenieros civiles ya que al conocer como está compuesta nuestra corteza terrestre podremos saber cómo enfrentarnos a los distintos problemas que se nos presenten. (Zea Osorio, 2005)

### 2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS

#### 2.4.1.1 ARCILLAS CAOLINITAS

Es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y de aprestos para almidonar. También es utilizada en ciertos medicamentos y como agente absorbente. Cuando la materia no es muy pura, se utiliza en fabricación de papel. Están formadas por una lámina de silicio y una de aluminio.

La unión de estas arcillas no permite la penetración de moléculas de agua entre ellas (se les considera estables). El caolín (caolinita) es utilizado en la preparación de pinturas de caucho o emulsionadas, ya que por su blancura es de alto grado de rendimiento. Al mismo tiempo se utiliza como espesante. (Zea Osorio, 2005)



Figura 2. 17 Arcilla tipo caolinita (Zea Osorio, 2005)

#### **2.4.1.2 ARCILLAS ILLITAS**

La illita es un mineral de la clase 9 silicatos, según la clasificación de Strunz, del grupo de las micas. Es una arcilla no expansiva, micácea. La illita es un filosilicato o silicato laminar. Estructuralmente la illita es bastante similar a la moscovita o a la sericita con algo más de silicio, magnesio, hierro, y agua; y ligeramente menos aluminio tetraédrico y potasio interlaminar. Están formadas por una lámina de aluminio entre dos de silicio. Son menos expansivas que las montmorilonitas y su comportamiento es más favorable para el ingeniero civil. (Zea Osorio, 2005)



*Figura 2. 18 Arcilla tipo illita (Zea Osorio, 2005)*

#### **2.4.1.3 ARCILLAS MONTMORILLONITAS**

Es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas. Es un hidrosilicato de magnesio y aluminio, con otros posibles elementos. Están formadas por una lámina de aluminio entre dos de silicio. Su unión es débil por lo que las moléculas de agua pueden introducirse en la estructura con facilidad, por lo que son inestables en presencia de agua y pueden producir problemas en las construcciones que se cimienten en este tipo de arcillas.



*Figura 2. 19 Arcilla tipo montmorillonita (Zea Osorio, 2005)*

## **2.5 ARENA**

Es la desintegración o trituración natural o artificial de las rocas, en formas de granos o partículas redondas, angulosas o laminares; debiendo tener un tamaño máximo de 4,76 mm y como tamaño mínimo 0,149 mm, siendo más fina que la grava y más gruesa que el limo.

La arena se origina principalmente por la erosión de las rocas debido a los efectos combinados del clima, actividad biológica, humedad, cambios de temperatura, etc. Además de las rocas, la arena se puede originar de fuentes biogénicas como el coral, conchas marinas y huesos. (Máster Logística, 2020)

Su composición varía según su naturaleza y condiciones de supervivencia. Entre los distintos tipos de arena que se encuentran en la superficie existen: las naturales, las de mina, las de playa y las volcánicas. (Arkiplus, 2020)

### **2.5.1 TIPOS DE ARENAS: ARENAS DE MINA**

#### **2.5.1.1 ARENAS NATURALES**

Producto de la disgregación natural de las rocas, las de mejor calidad son las que contienen sílice o cuarzo (color azul). Procedencia de río, de cantos rodados. (Cibao, 2018)



*Figura 2. 20 Arenas naturales (Vista alegre materiales, 2019)*

### **2.5.1.2 ARENA DE MINA**

Depositados en el interior de la tierra formando capas, de forma angular, color azul, gris y rosa, los de color rosa contienen óxido de hierro. (Cibao, 2018)



*Figura 2. 21 Arena de mina (Mabesser Construcciones S.A. de C.V., 2016)*

### **2.5.1.3 ARENA DE PLAYA**

Requieren proceso de lavado con agua dulce, contienen sal es y restos orgánicos. (Cibao, 2018)



*Figura 2. 22 Arena de playa (Freepik, 2021)*

#### **2.5.1.4 ARENA VOLCÁNICA**

Se encuentran en zonas cercanas a los conos volcánicos, de color negro. (Cibao, 2018)



*Figura 2. 23 Arena volcánica (Flickr, 2020)*

### **2.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ARENAS: POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA**

#### **2.5.2.1 ARENAS CUARZOSA**

El material principal predominante es cuarzo. Arenas del Sábalo, en Pinar del Río, la arena estándar de Ottawa, Illinois. (Cibao, 2018)



*Figura 2. 24 Arena cuarzosa (Consigliari, 2021)*

### **2.5.2.2 ARENA SILÍCEA**

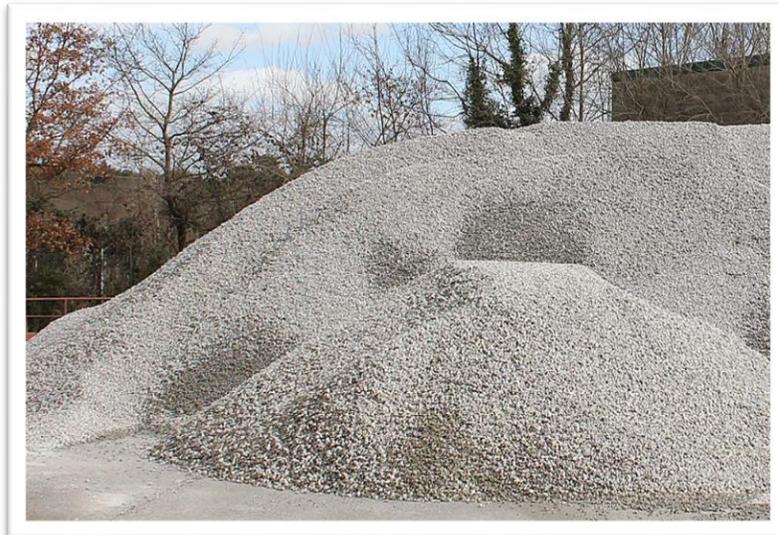
Cuando los materiales predominantes son silicatos o feldespatos: arena de río, de Paso Viejo, en Pinar del Río y arenas del Río Arimao, en Cienfuegos. (Cibao, 2018)



*Figura 2. 25 Arena silícea (Cibao, 2018)*

### **2.5.2.3 ARENA CALCÁREA**

Cuando el material predominante es la caliza: todas las arenas del litoral de La Habana y parte de Matanzas.



*Figura 2. 26 Arena calcárea (Trinoko, 2019)*

#### **2.5.2.4 ARENA BIOGÉNICA**

La arena puede estar compuesta completamente de pequeños esqueletos: conchas marinas, corales, forams, etc. (Máster Logística, 2020)



*Figura 2. 27 Arena biogénica (Pixabay, 2019)*

#### **2.6 PUZOLANA**

La puzolana es un material natural o artificial que contiene sílice en forma reactiva; La norma ASTM C 618 describe a la puzolana como un material silíceo o silíceo y aluminoso el cual, en sí mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida (molida) y en presencia de humedad reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que sí poseen propiedades cementantes.



*Figura 2. 28 Puzolana (Yañes Valdes, 2019)*

Los materiales que tienen la capacidad necesaria para cumplir con los requisitos de la definición anterior son muy numerosos y pueden clasificarse de acuerdo con su origen como se muestra en el diagrama siguiente:

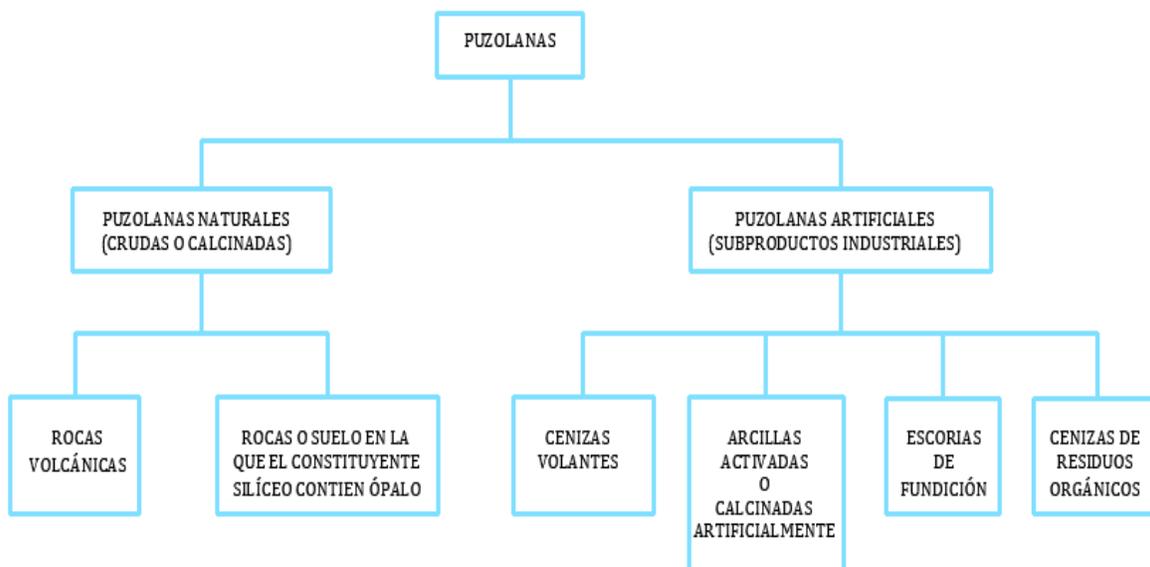


Figura 2. 29 Clasificación de puzolanas (Autor propio)

## 2.7 MATERIA ADICIONANTE AL TABIQUE (CBCA)

### 2.7.1 CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Las CBCA es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible que sirve para calentar las calderas para obtener el azúcar.

#### 2.7.1.1 CARACTERÍSTICAS

La ceniza de bagazo de caña de azúcar se caracteriza por un gran contenido de sílice, lo cual puede influir en su reactividad puzolánica. Otra característica muy notoria, es que se destacan las partículas ultrafinas las cuales se obtienen por procesos de molienda. Entre las aplicaciones de la CBCA, se encuentran la obtención de materiales vitrocerámicos, como material adsorbente para la eliminación de iones cromo (III), como material de cama para la crianza de pollos de engorde en piso y como adición al cemento Portland, entre otros.

### 2.7.1.2 COMPOSICIÓN

La composición de la ceniza varía según la variedad de la caña y su edad, el tipo de suelo y la cantidad de fertilizantes. La cantidad de ceniza en el bagazo depende de las condiciones atmosféricas, es decir, el tiempo es seco o húmedo. Las cantidades normales de ceniza en condiciones de poca lluvia son entre el 2% y el 4% del bagazo total.

A continuación, se muestran unas tablas donde se especifica su composición:

Tabla 2. 2 Propiedades físicas de la ceniza

<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	
<b>Densidad</b>	2.1 gramos/cm <sup>3</sup>
<b>Textura</b>	Rugosa
<b>Humedad</b>	3.25%

Tabla 2. 3 Composición química de C.B.C.A.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CENIZA DE BAGAZO CUBANO</b>		
<b>COMPUESTO CONSTITUTIVO</b>	<b>FORMA ABREVIADA</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>Sílice</b>	Si O <sub>2</sub>	56.4
<b>Óxido férrico + Alúmina</b>	FeO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5.15
<b>Óxido de calcio + Óxido de Magnesio</b>	CaO + MgO	9.08
<b>Álcalis</b>	Na <sub>2</sub> O y K <sub>2</sub> O	12.6

La ceniza se encuentra en los patios del ingenio siendo un desperdicio que causa problemas dentro de la planta, por lo que una vez que se acumula en la parte aledaña a las calderas es extraída a extensiones de terreno propiedad de la empresa, de modo que no interrumpen el flujo de actividades propias del ingenio. En una última instancia, las cenizas son donadas a quien lo necesite para algún uso particular como puede ser para composta.



*Figura 2. 30 Calderas del ingenio azucarero "El modelo" (Autor propio)*

## **2.7.2 INDUSTRIA AZUCARERA EN MÉXICO**

### **2.7.2.1 INGENIOS**

La zafra 2019/2020 inició el 7 de noviembre de 2019 con el ingenio Atencingo y terminó el 17 de julio de 2020 con el ingenio Santa Rosalía, por lo que se desarrolló en 254 días.

Durante este periodo operaron 50 ingenios, mismos que industrializaron 783,486 hectáreas, con una molienda de 49'274,468 toneladas de caña bruta para obtener una producción de azúcar de 5'278,320 toneladas.

En México existen cinco grandes empresas dedicadas a la producción de azúcar: Beta San Miguel, Zucarmex, Grupo Piasa, Grupo Porres y Gam, que en conjunto producen

aproximadamente 2.5 millones de toneladas de azúcar (estándar y refinada), de los seis millones que produce México anualmente.

En el contexto de las últimas diez zafras, la que concluyó se posicionó en el 8vo lugar en producción de azúcar y caña molida, asimismo, se obtuvo el más bajo rendimiento agroindustrial en dicho periodo de 6.74 toneladas de azúcar por hectárea.

En relación con el grado de precisión de la producción de azúcar, respecto al primer estimado de producción que proporcionaron los ingenios al Conadesuca fue de 90.28%.

Las agrupaciones de cañeros a nivel nacional mencionaron que la Agroindustria de la Caña se ubica en 267 municipios rurales en donde habitan más de 13 millones de personas en 15 estados del país, lo que genera un motor económico y de desarrollo que representa el 2.6% del Producto Interno Bruto manufacturero, el 13.8% del PIB agropecuario y el 11.6% del PIB en la industria alimentaria. Veracruz es la entidad más importante en la agroindustria azucarera nacional, aquí se encuentran 18 de los 51 ingenios que actualmente están funcionando en el país, lo que representa 35.3 por ciento del total, le sigue en importancia Jalisco con seis ingenios y San Luis Potosí con cuatro.

En términos de rendimiento en campo, que se expresa en toneladas de caña por hectárea, Veracruz no es la entidad con el mejor desempeño, durante la zafra mencionada, a nivel nacional el promedio fue de 68.41 ton/ha, mientras que Veracruz ocupó el noveno lugar de 15 entidades con 62.76 ton/ha, Jalisco tuvo un mejor rendimiento con 98.79 ton/ha y San Luis Potosí con 58.46 ton/ha ocupó el onceavo lugar.

Las entidades con los mejores resultados, además de Jalisco, fueron Puebla con 110.83, Morelos con 104.16 y Nayarit con 97.44 ton/ha.



Figura 2. 31 Mapa de los ingenios azucareros activos en México (SAGARPA, 2020)

### 2.7.3 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

*SACHARUM OFFICINARUM* es el nombre científico de la caña de azúcar y es el tallo el fruto agrícola donde se acumula la sacarosa en el periodo de maduración. Gracias a la fotosíntesis que ocurre en las hojas de la planta que son la fábrica donde las materias primas como el agua, bióxido de carbono y nutrimentos.

La caña de azúcar se propaga por trozos de caña llamados semilla que requieren de suelo-aire-agua para germinar y establecer retoños, durante los primeros 6 meses de edad contiene un 85% de humedad permitiendo el alargamiento de las células y el crecimiento de la caña, los azúcares formados se dividen en 2 porciones, una va a los entrenudos que van madurando para formar fibra, la otra permanece como sacarosa y es almacenada.

Después de 12 meses de crecimiento un programa de cosecha establece la quema del cañal tomando en cuenta la madurez de esta, la caña es cortada manual y mecánicamente, los camiones que la transportan son cargados por medio de alzadoras.



*Figura 2. 32 Quema de caña (Caliescribe, 2019)*



*Figura 2. 33 Corte de caña (Reyes, 2019)*

## 2.7.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL AZÚCAR DE CAÑA

### 2.7.4.1 BATEY

La caña llega al BATEY donde se recibe, se pesa en 2 básculas electrónicas y se prepara para su industrialización. Un sistema de volteadores hidráulicos descarga la caña sobre 3 mesas alimentadoras a un conductor que la hace llegar a una desfibradora que desmenuza los trozos de la caña convirtiéndola en tiras sin extraerle jugo a 990 rpm.



*Figura 2. 34 Batey (Autor propio)*

### 2.7.4.2 EXTRACCIÓN

Al salir de la desfibradora la caña es enviada al tándem de molinos constituido por mazas cada uno, el primer molino tritura la caña y el jugo recibe el nombre de jugo desmenuzado.

La molienda produce una mezcla de jugo y fibra, para facilitar la extracción se le agrega agua y/o jugo entre molino y molino.

Los jugos extraídos de los diferentes molinos caen en una bandeja en donde corre por canales hasta llegar a un colador rotatorio. El jugo que se extrae de todos los molinos recibe el nombre de jugo mezclado.



*Figura 2. 35 Extracción (Autor propio)*

#### **2.7.4.3 CALDERAS**

El residuo fibroso recibe el nombre de bagazo y contiene aprox. 2% de sacarosa y 50% de humedad el cual sirve de combustible.



*Figura 2. 36 Calderas (Autor propio)*

#### 2.7.3.4 CLARIFICACIÓN

El jugo mezclado es enviado a una báscula donde se registra la cantidad de jugo extraída en los molinos, después pasa al departamento de clarificación donde se purifica el jugo mediante un tratamiento llamado defecación simple el cual consiste en agregar una lechada de cal con la finalidad de neutralizar la acidez del jugo evitando la inversión de la sacarosa, el desarrollo bacteriano y coagulación de materia en suspensión que arrastra el jugo durante la molienda. El jugo alcalizado pasa través de calentadores que le transfieren temperatura de 103 a 105°C el tratamiento con cal y calor forma un precipitado denso que arrastra material en suspensión en el jugo, para eliminarlos se pasa por un clarificador donde sedimentan y decantan las partículas dando como resultado un jugo claro, brillante, exento de toda impureza que pueda evitar la cristalización. Los precipitados son bombeados del fondo del clarificador hasta un filtro rotatorio al vacío para extraerles al máximo la cantidad de jugo que contiene. La torta formada pasa por rociadores de agua para su lavado reduciendo las pérdidas de sacarosa que puede variar de 0.5 a 2%.



Figura 2. 37 Clarificación (ECN, 2019)

### 2.7.3.5 EVAPORACIÓN

Esta solución contiene aprox. 15% de sólidos y 85% de agua que se requiere evaporar mediante un triple efecto para obtener una solución concentrada llamada meladura.



*Figura 2. 38 Evaporación (Producción de azúcar, 2020)*

### 2.7.3.6 CRISTALIZACIÓN

Es la parte fundamental de la fabricación de azúcar es la parte del proceso donde se forman y desarrollan los cristales mediante una cocción de la meladura en evaporadores de simple efecto llamados tachos al vacío, en los cuales se concentra hasta formar una masa viscosa llamada masa cocida o templa y se clasifican en “A” “B” y “C” según su pureza.



*Figura 2. 39 Cristalización del azúcar (Autor propio)*

### 2.7.3.7 CENTRIFUGACIÓN

La masa cocida es una mezcla de cristales y miel. Los cristales formados se separan de la miel en centrifugas. La azúcar obtenida de la masa “A” se envían al envase, con la azúcar obtenida de la masa de “B” se elaboran templates de “A”, por último, con la azúcar obtenida de la masa de “C” se elaboran las templates de “B” por lo tanto este sistema de 3 templates permite recuperar la mayor cantidad de sacarosa contenida en el jugo.



*Figura 2. 40 Centrifugación (Rivera, 2020)*

### 2.7.3.8 SECADO Y ENVASE

El azúcar que se descarga de las centrifugas de “a” contienen un 2% de humedad la cual es eliminada al pasar por un secador rotatorio hasta 0.060% y es transportada a las tolvas situadas sobre el departamento de envasado donde una báscula con capacidad de 50 kg, pesa 26 sacos por minuto, transportados en bandas, pasan por una maquina cosedora para ser enviados a la bodega de azúcar.



*Figura 2. 41 Envasado del azúcar (Autor propio)*

### **2.7.3.9 ALMACENAMIENTO**

Donde se estiba o sale a distribución al mercado.



*Figura 2. 42 Almacenamiento del azúcar (Ingenio Azucarero El Modelo, 2020)*

## **2.8 OBTENCIÓN DEL MATERIAL ADICIONANTE: CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR**

Se llevó a cabo una visita al ingenio azucarero “El modelo” perteneciente al Grupo Porres, ubicado en ciudad Cardel, perteneciente al municipio de La Antigua, Veracruz. Este sitio se encuentra aproximadamente a 127 km o 2 horas con 22 minutos de distancia de Misantla, Veracruz lugar donde se está llevando a cabo la investigación. La visita a dicho lugar fue con motivo de conocer el proceso de elaboración del azúcar, debido a que el material a adicionar (ceniza de bagazo de caña de azúcar) es obtenido de la quema de los tallos de azúcar procesados en esta industria.

Se realizó a cabo un recorrido por el ingenio azucarero para explicar más a detalle los procesos que se llevan a cabo allí, desde que ingresan los tallos de caña de azúcar directo de la siembra, hasta que esta es procesada y almacenada en sacos para venta. Es importante decir, que una vez que los tallos de caña son triturados se convierte en bagazo y este se utiliza como combustible en las calderas.

Una vez que el bagazo es calcinado, es cuando se produce el componente estrella a implementar en la mezcla del tabique, la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Esta ceniza contiene porcentajes de sílice, óxido férrico, alúmina, óxido de calcio, óxido de magnesio y álcalis por lo que es considerada una puzolana, es decir, un elemento con propiedades cementantes. Está ceniza en la mayoría de los casos es donada a las personas que se dedican a la siembra de caña de azúcar para ser utilizada como abono, quienes muchas veces son los que venden sus productos al ingenio.

En esta visita, se tuvo contacto con la Lic. Miriam Ceballos Rosas, jefa de capacitación y vinculación del ingenio azucarero “El modelo” para solicitar que se facilitaran algunos sacos con la ceniza obtenida de la quema del bagazo, la cual se acumula dentro de las calderas, quien autorizó se proporcionaran dichos sacos.



*Figura 2. 44 Bagazo de caña de azúcar (Autor Propio)*



*Figura 2. 43 Ceniza de bagazo de caña de azúcar (Autor propio)*



*Figura 2. 45 Ingenio "El Modelo" (Autor propio)*

# CAPÍTULO III:

---

## LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA



(Mendoza Sauza & Rangel Ochoa , 2014)

## CAPITULO III: LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA

### 3.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (MEDELLÍN DE BRAVO, VERACRUZ)

#### 3.1.1 MACROLOCALIZACIÓN

Se encuentra ubicado en la zona centro del estado, en las llanuras del Sotavento, en las coordenadas 19° 03' latitud norte y 96° 09' longitud oeste, a una altura de 52 metros sobre el nivel del mar. Su suelo es de tipo feozen, se caracteriza por tener una capa superficial rica en materia orgánica, nutrientes, obscura y suave; susceptible a la erosión. Se utiliza un 65% a la agricultura, 25% en vivienda, 5% para oficinas y espacios públicos. (INAFED, 2020)

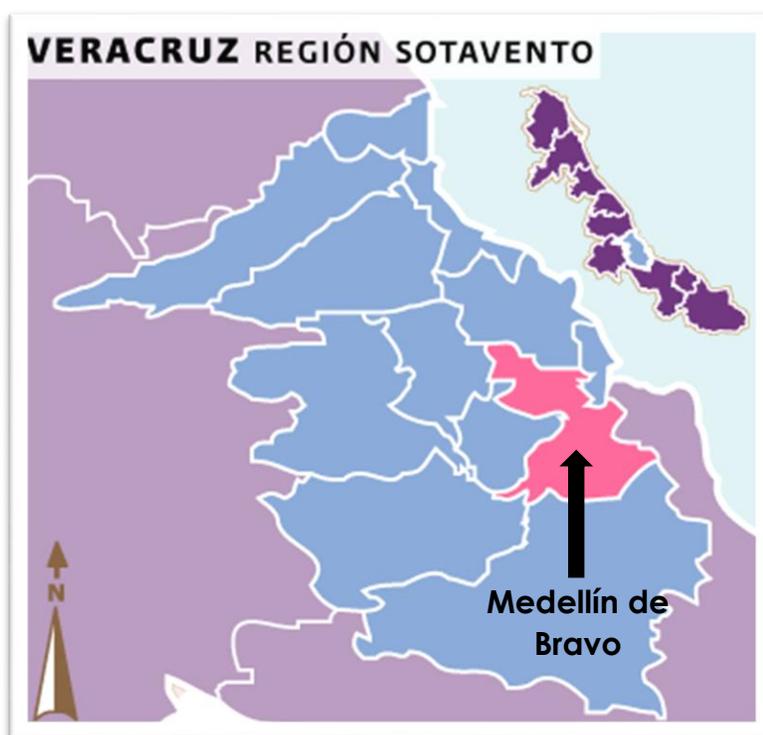


Figura 3. 1 Localización del municipio de Medellín de Bravo (INAFED, 2020)

Su clima es cálido-húmedo-extremoso con una temperatura promedio de 25.3° C; su precipitación pluvial media anual es de 1,417.8 mm. (INAFED, 2020)

### 3.1.2 LÍMITES MUNICIPALES

Limita al norte con Veracruz, al noreste con Boca del Río, al este con Alvarado, al sur con Tlalixcoyan, al oeste con Jamapa y Manlio Fabio Altamirano. La distancia aproximada al sureste de la capital del Estado, por carretera es de 100 Km. (Gobierno de estado de Veracruz, 2016)

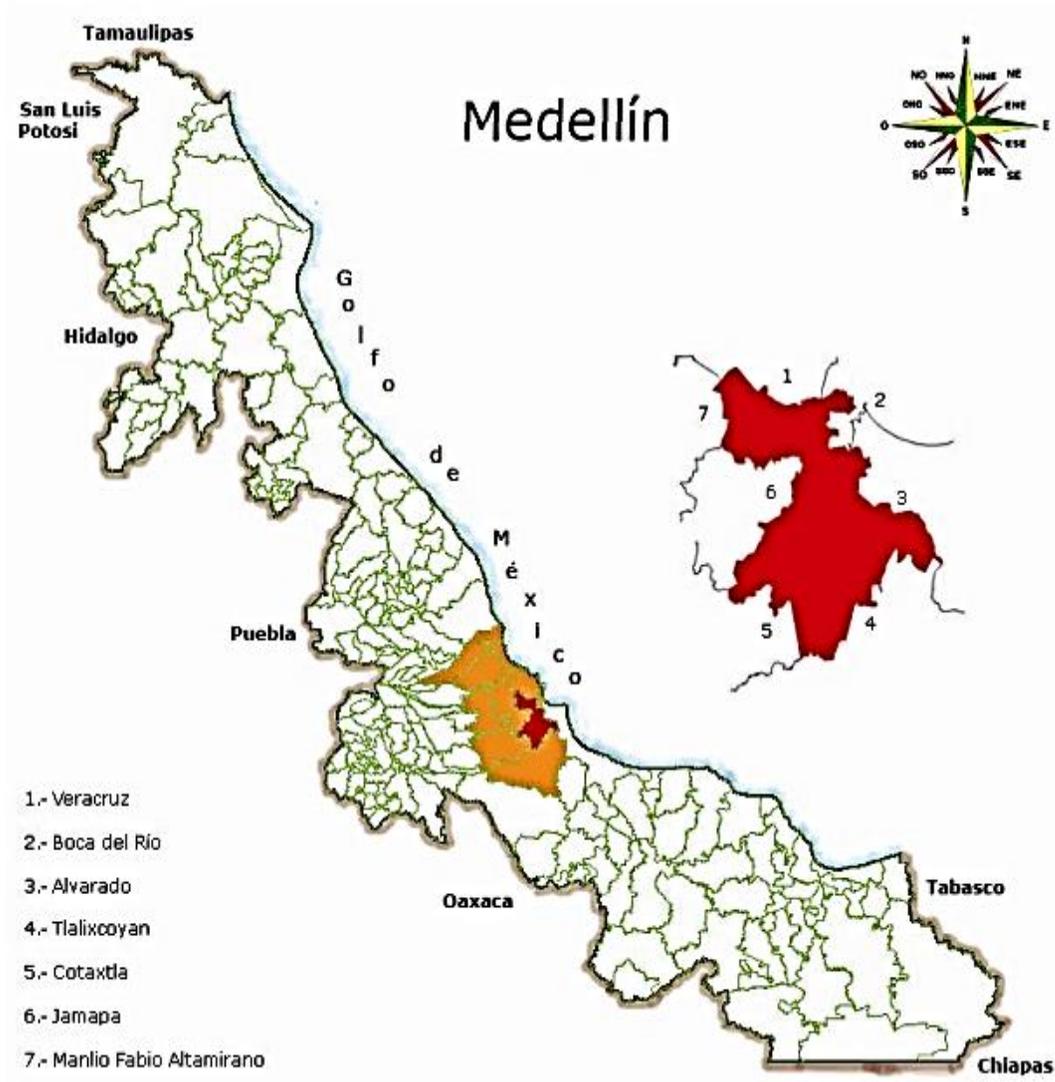


Figura 3. 2 Límites de colindancia del municipio de Medellín de Bravo (Gobierno de estado de Veracruz, 2016)

## 3.2 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO (RANCHO DEL PADRE, VERACRUZ)

### 3.2.1 MICROLOCALIZACIÓN

Rancho del Padre se localiza en el Municipio Medellín del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave México y se encuentra en las coordenadas GPS longitud (dec): -96.17935828891105 (dec): 19.06349971369136. La localidad se encuentra a una mediana altura de 10 metros sobre el nivel del mar.

La población total de Rancho del Padre es de 717 personas, de cuales 341 son masculinos y 376 femeninas. (Nuestro México, 2020)

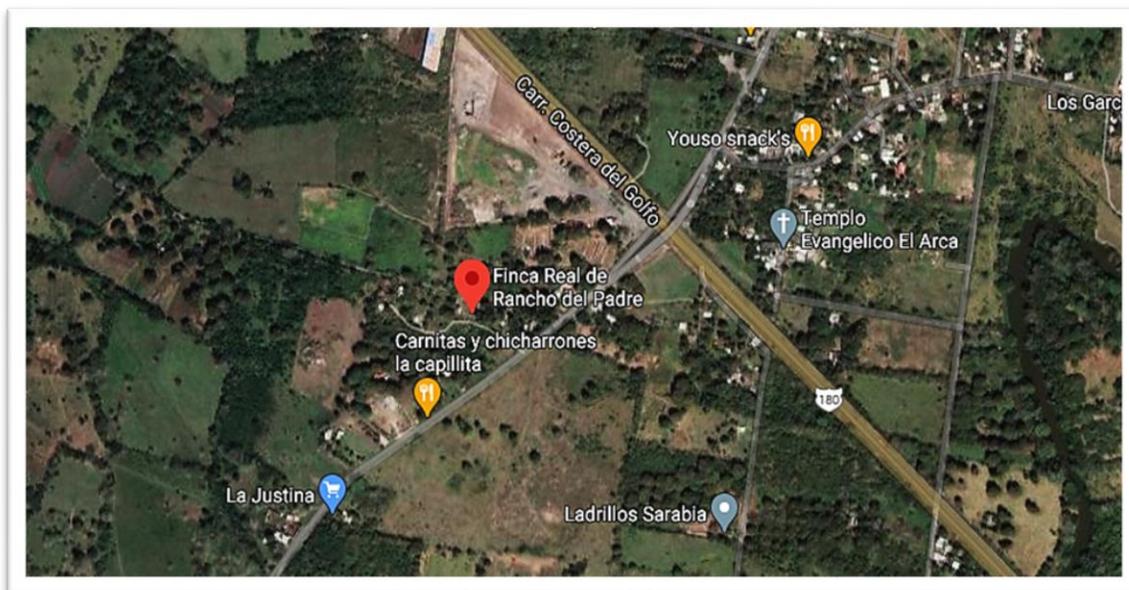


Figura 3. 3 Ubicación geográfica de la "Finca Real Rancho del Padre" (Google Maps, 2021)

La temperatura máxima promedio en Rancho del Padre es 29°C en mayo y de 21°C en enero. El tiempo y el clima de Rancho del Padre son adecuados para unas vacaciones de sol. El promedio de la cifra climática de Rancho del Padre es de 8,9. (Cuando visitar, 2019)

### 3.2.2 LÍMITES DE COLINDANCIA

El pueblo de Rancho del Padre está situado a 1.4 kilómetros de Fraccionamiento Puente Moreno, que es la localidad más poblada del municipio, en dirección Oeste. Además, se encuentra a 5.1 kilómetros de Medellín, que es la capital del municipio, en dirección Noroeste.

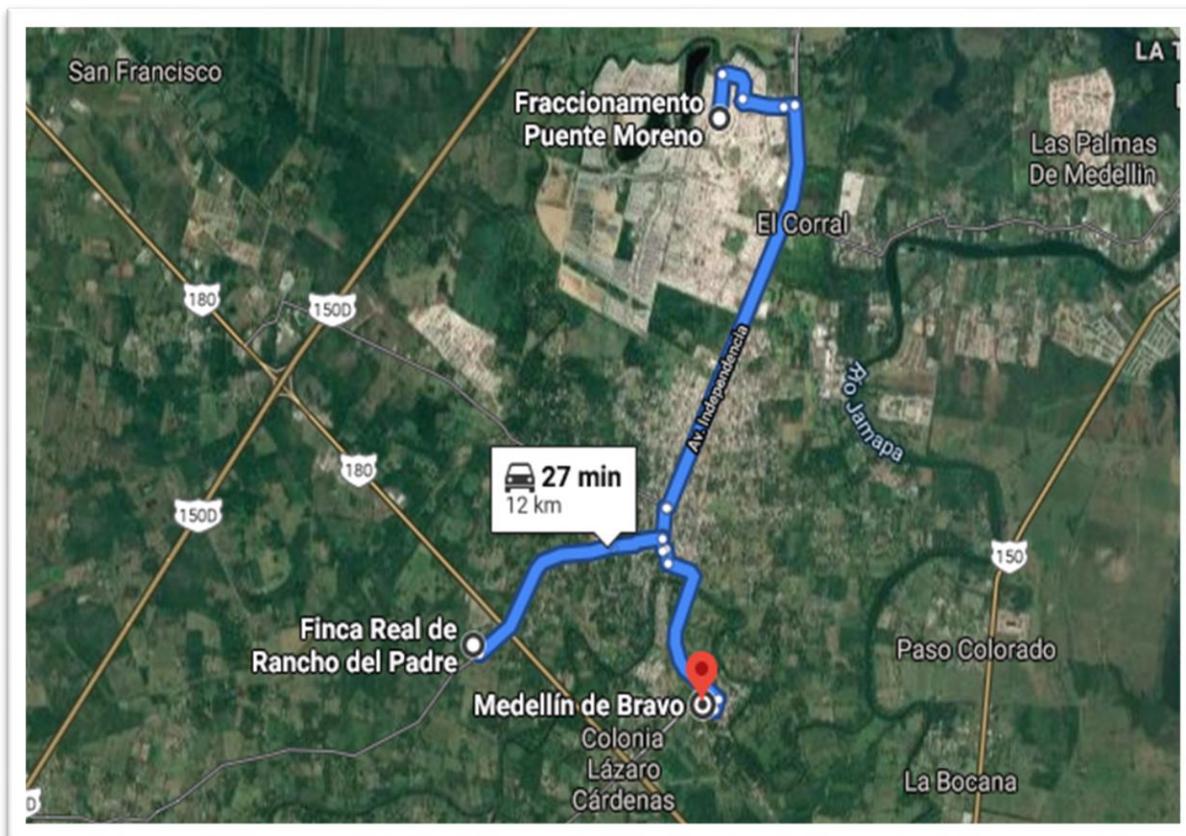


Figura 3. 4 Límites de colindancia de la comunidad " Rancho del Padre" (Google Maps, 2021)

### 3.3 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR DE ESTUDIO

Se llevó a cabo una visita a la “Tabiguera Zamora” localizada en la comunidad “Rancho del Padre”, perteneciente al municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México con la finalidad de conocer el espacio de trabajo donde se lleva a cabo la manufacturación de tabiques. También se recabaron muestras de tabiques que allí se elaboran como lo son: en crudo, cocidos y vitrificados, para posteriormente ensayarlos y medir su resistencia, así como analizar el dimensionamiento de cada pieza.

El lugar donde son fabricados los mampuestos es un terreno al aire libre en el cual se encuentran dos hornos en donde sus paredes están construidas con ladrillos crudos, como se muestra en la figura 3.7, en donde se introducen las piezas para su posterior cocción. En el sitio se colocan hileras de tabiques crudos que por consiguiente introducirán al horno para su cocción, así como cuando estos son sacados del horno son estibados para su posterior venta o entrega a las casas de materiales.

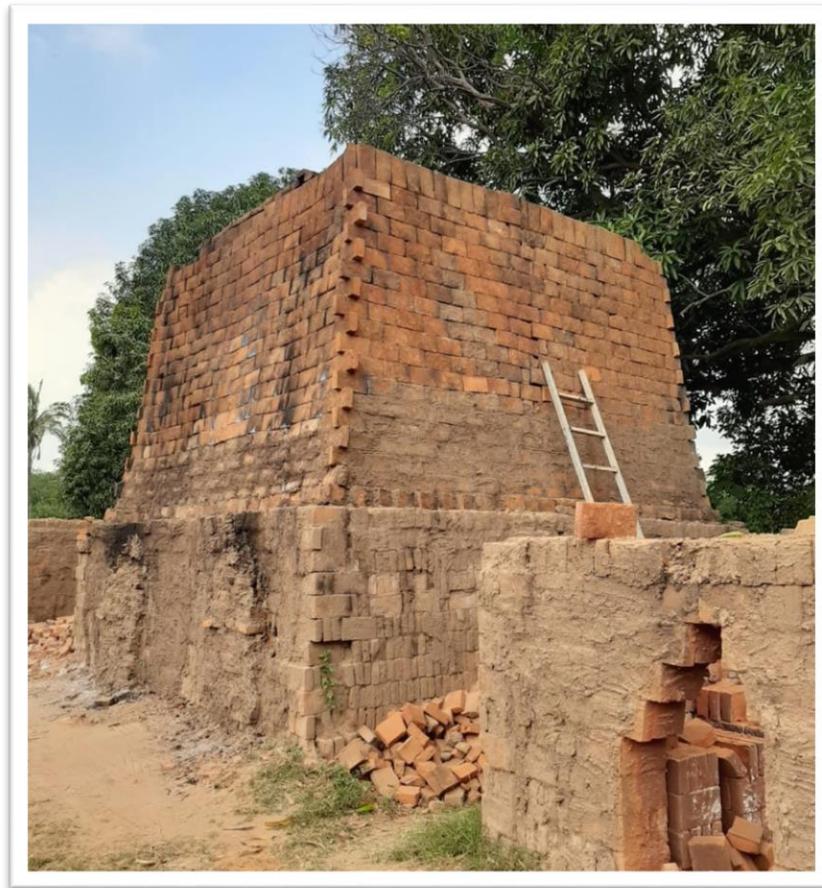


Figura 3. 5 Horno donde se lleva a cabo la cocción de los mampuestos (Autor propio)



*Figura 3. 6 Estibado de tabiques (Autor propio)*



*Figura 3. 7 Piezas crudas en proceso de secado (Autor propio)*

### 3.4 UBICACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL

La arcilla empleada en la mezcla es obtenida en el lugar donde se encuentra ubicada la tabiguera, en la comunidad “Rancho del Padre” perteneciente al municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Dado que el material es propio del sitio. El banco de material se encuentra ubicado en las coordenadas UTM: 19°03'49.8"N 96°10'42.0"W.



*Figura 3. 8 Ubicación del banco de material de arcilla "Los Robles" (Google Maps, 2021)*

La arena empleada en este proceso de elaboración de tabiques es la arena de médano o arena de dunas. El material es traído de la comunidad “Los Robles” perteneciente al Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. El banco de material se encuentra ubicado en las coordenadas UTM: 18°58'11.9"N 96°07'30.5"W.



*Figura 3. 9 Ubicación geográfica del banco de material de arena "Los Robles" (Google Maps, 2021)*

### **3.5 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA DE TABIQUE CONVENCIONAL EN LA TABIQUERA ZAMORA**

En el siguiente apartado se describirá el proceso de elaboración que se lleva a cabo para la fabricación del tabique convencional en la tabiquera Zamora, perteneciente a la comunidad “Rancho del Padre”, localizada en el municipio de Medellín de bravo, Veracruz. Este proceso consta de 7 pasos a seguir, los cuales serán descritos a continuación:

#### **3.5.1 EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA**

La extracción de la materia prima se lleva a cabo en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz; la arcilla es conseguida en el mismo lugar donde se ejecuta el proceso de elaboración (Rancho del Padre, Ver.). Esta es extraída de manera manual con ayuda de un pico, pala y carretilla, para transportarla al lugar donde se realizará la mezcla. Por otra parte, la arena de médano o de dunas es obtenida en la comunidad Los Robles, Ver., localizada a 16 km de distancia, la cual es transportada por medio de volteos. Por otro lado, el agua utilizada para realizar la mezcla se extrae en el mismo lugar (Rancho del Padre, Ver.), por medio de pozos.



*Figura 3. 10 Extracción de la materia prima para ser analizada (Autor propio)*

### 3.5.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Para comenzar con la preparación de la masa primero deben ser llevados los materiales al sitio donde estos serán mezclados. Una vez reunidos, se comienza por humedecer con un poco de agua la arcilla para que esta sea más fácil de manipular. En caso de que la arcilla esté muy seca, es decir, que carezca de humedad, se procede a apisonar la masa con los pies descalzos. Después, se cierne la arena a fin de eliminar partículas de mayor tamaño o alguna materia orgánica que exista en esta. Apoyándose de una pala, se coloca poco a poco la arcilla previamente humedecida hasta lograr una mezcla semi – homogénea; así como también se agrega un poco de ceniza (obtenida de la quema de los hornos) para que la masa tenga una mejor consistencia.



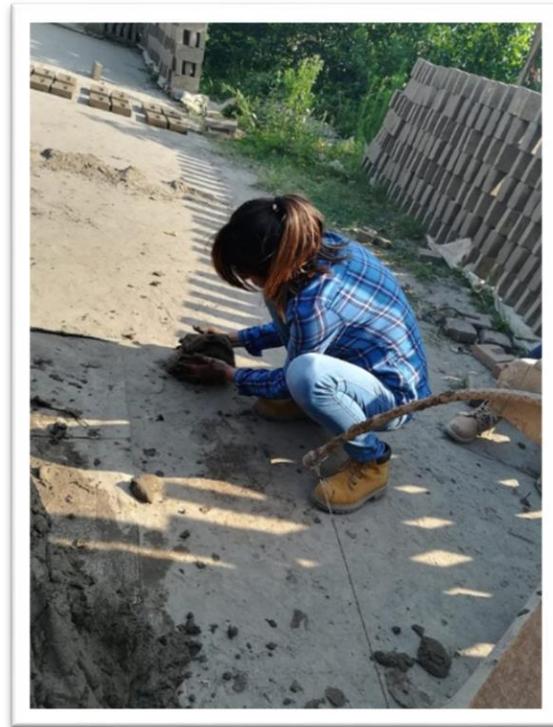
*Figura 3. 11 Cernido de arena a utilizar en la mezcla para los tabiques (Autor propio)*

### 3.5.3 AMASADO

Una vez obtenida la mezcla, esta es trasladada al patio de secado para terminar de homogeneizar. Como primer paso, se esparce un poco de arena, ya cernida, en el suelo donde se colocará la masa. Posteriormente se separan pequeñas porciones introduciendo ambas manos en la mezcla, como se muestra a continuación.



*Figura 3. 13 Esparcido de arena cernida donde se realizó la mezcla (Autor propio)*



*Figura 3. 12 Separando porciones de la mezcla para introducir en la gavera (Autor propio)*

### 3.5.4 MOLDEADO

Para llevar a cabo el moldeado, primero se debe humedecer, así como enarenar la gavera a utilizar con la arena que se cernió anteriormente, esto se hace para que la pasta no se adhiera a las paredes del molde. Una vez hecho esto, se pone la gavera sobre una superficie uniforme para proceder a traer la porción que se separó. La mezcla es colocada dentro de la gavera soltándola con fuerza; después se comienza a extender la pasta con las manos y al mismo tiempo se ejerce presión sobre esta para que empiece a tomar la forma rectangular, característica de los tabiques. Una vez moldeada la masa, con ayuda del antebrazo se remueve todo el excedente.



Figura 3. 14 Gavera hueca de madera (Autor propio)



Figura 3. 16 Colocación de la composición dentro del molde (Autor propio)



Figura 3. 15 Eliminación de excedente de la masa (Autor propio)

### 3.5.5 SECADO

Una vez concluido el moldeado, se procede a llevar los tabiques húmedos al patio de secado para ser extraídos. Para liberar los tabiques se levanta con cuidado la gavera y se dejan reposar al aire libre a temperatura ambiente, para que estos pierdan la humedad absorbida durante los pasos anteriores, con la energía calórica ejercida por el sol. Para este proceso se requieren alrededor de 6 a 7 días. Después de transcurrido este periodo de tiempo los mampuestos empiezan a tomar un color grisáceo; se puede observar que han perdido humedad. Así como también toman un aspecto más rígido, lo cual ayuda al momento de ser trasladados al horno para su posterior cocción.



*Figura 3. 17 Extracción de tabiques (Autor propio)*



*Figura 3. 18 Piezas de tabique terminadas (Autor propio)*

### 3.5.6 COCCIÓN

Transcurridos los días necesarios para el secado a la intemperie de los especímenes, se comienzan a trasladar a los hornos tradicionales. El horno funciona a base de leña del árbol de mango. Cada vez que se enciende el horno consume alrededor de 6 tareas de leña, la cual se compra a diferentes proveedores cercanos a la tabiguera y estos la entregan a domicilio.

Se comienzan a acomodar los mampuestos dentro de los hornos de manera que se llene en su totalidad. En un horno tradicional caben aproximadamente 3 millares de estas piezas, esto varía según el tamaño del horno. Una vez puesta en ejecución la cocción de los ladrillos, se dejan en el fuego durante 40 horas,  $\pm 2$ . Los ladrillos son llevados a hornos de cocción artesanales a una temperatura máxima que varía entre 800 y 1300°C, hornos que principalmente funcionan con gas natural, carbón, y leña entre otros (Guerrero Gómez, 2017). Cabe señalar que la temperatura debe ser constante, esto en función de un mejor secado de los especímenes, lo cual aportará mayores beneficios como menor porosidad y mayor resistencia. Pasado el tiempo requerido para cocción, se dejan enfriar de 2 a 3 días dentro del horno.



*Figura 3. 19 Acomodo de las piezas para su posterior cocción (Autor propio)*

### 3.5.7 ESTIBACIÓN PARA VENTA

Para finalizar el proceso, una vez que las piezas se han enfriado, se proceden a sacar del horno, teniendo cuidado de no dañar ninguno de estos mampuestos ya que esto generaría una pérdida para la casa tabiquera. Se acomodan nuevamente en los patios de estibado para que, luego de ello, sean trasladados a las casas de materiales o particulares.



*Figura 3. 20 Tabiques estibados para venta (López Hernández, 2020)*

# **CAPÍTULO IV:**

---

## **CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS DE TABIQUE**



(Autor propio)

# **CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS DE TABIQUE**

## **4.1 METODOLOGÍA DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO APLICADO EN ARCILLA PARA LA ELABORACIÓN DE TABIQUE**

A continuación se describen las pruebas aplicadas a las piezas de tabiques, así como a la materia prima empleada para la elaboración de los mampuestos, basadas en la Normativa Mexicana, las cuales son: muestreo, preparación de la muestra, análisis granulométrico (método por lavado), determinación de límites de consistencia, peso volumétrico seco suelto, análisis granulométrico (para arenas), absorción y densidad, determinación del dimensionamiento de las piezas, determinación de la absorción de las piezas y determinación de la compresión axial.

### **4.1.1 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA (M·MMP·1·01/03)**

De acuerdo con la norma M·MMP·1·01/03 del manual de la SCT, el muestreo consiste en obtener una porción representativa del material a analizar. Este incluye operaciones de envase, identificación y transporte de la muestra. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Muestreo de materiales para terracerías, 2003)

#### *Materiales*

- Pala
- Pico
- Bolsas de plástico

#### *Preparación*

1. Al momento de hacer la toma de la muestra representativa, para su posterior análisis, esta se envasa en una bolsa plástica, con el fin de mantener la humedad natural del suelo y no alterar significativamente las características. La bolsa plástica debe estar completamente limpia y seca.

2. Con apoyo de una pala se comienza a recolectar el material para colocarlo dentro de la bolsa o recipiente previamente limpio.
3. Una vez llenado el recipiente o bolsa con la muestra, se procede a cerrar para evitar pérdidas o alteraciones en el contenido.



*Figura 4. 1 Extracción de la muestra de arcilla para analizar*

#### **4.1.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL (M·MMP·1·03/03)**

De acuerdo con la norma (M·MMP·1·01/03) de la SCT, el objetivo de estos procedimientos es permitir la preparación de las muestras representativas de los materiales para terracerías, mediante su secado, disgregado y cuarteo, con el propósito de obtener las porciones representativas para efectuar las pruebas de laboratorio necesarias. Cabe mencionar que en dicha representatividad puede perderse en algunos de los suelos, especialmente los finos estructurados. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secado, disgregado y cuarteo de muestras, 2003)

#### **4.1.2.1 SECADO (M·MMP·1·03/03)**

El secado se realiza con el objeto de facilitar la disgregación y manejo de las muestras, cuando su contenido de agua es tal, que no se pueden disgregar fácilmente. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secado, disgregado y cuarteo de muestras, 2003)

##### *Materiales*

- Horno o parrilla
- Cucharón
- Mazo
- Charola
- Cristal de reloj
- Espátula

##### *Procedimiento*

1. Para realizar el secado por acción del sol, se extiende la muestra sobre una superficie uniforme, limpia y lisa, teniendo cuidado de no perder finos o esta se contamine.
2. En caso de llevar a cabo el secado rápido por medio de un horno o de parrilla, la muestra deberá colocarse dentro de las charolas, utilizando un cristal de reloj para verificar la pérdida de humedad que la muestra pueda contener.
3. En los casos ya mencionados, el material debe revolverse constantemente con el cucharón o espátula, a fin de eliminar el contenido de agua para que la disgregación sea de mayor facilidad.
4. Se debe cuidar la temperatura de la parrilla u horno para evitar que la muestra se calcine.
5. Colocamos el cristal de reloj sobre la charola para verificar si la muestra aún contiene humedad. Verificamos que la humedad haya desaparecido cuando el cristal de reloj no se empañe.



*Figura 4. 2 Secado de muestra (Autor propio)*



*Figura 4. 3 Verificación de secado utilizando un cristal de reloj (Autor propio)*

#### **4.1.2.2 DISGREGADO (M·MMP·1·03/03)**

El disgregado se realiza con el objeto de separar las diferentes partículas aglomeradas que constituyen la muestra. La disgregación de la muestra se efectuará sin romper las partículas duras, llevándose a un grado tal que permita reproducir en lo posible las condiciones de utilización del material en el campo. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secado, disgregado y cuarteo de muestras, 2003)

##### *Materiales*

- Charola
- Mazo de goma
- Báscula
- Tamices

##### *Procedimiento*

1. Después de secar la muestra en su totalidad, con ayuda del mazo de goma se comienzan a dar golpes suaves, con el objetivo de reducir las partículas y sea más fácil el cribado del material.
2. Paso seguido, se coloca la muestra dentro las mallas ordenadas de manera descendente para llevar a cabo el cribado de esta.
3. Por consiguiente, se registra el peso de la charola.
4. Una vez tamizado el material, se retira de las mallas y se coloca en la charola, para indicar cuál es el peso de la muestra.



*Figura 4. 4 Disgregado del material*

#### **4.1.2.3 CUARTEO (M·MMP·1·03/03)**

El cuarteo se realiza con el objeto de obtener de una muestra, porciones representativas de tamaño adecuado para efectuar las pruebas de laboratorio que se requieran. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secado, disgregado y cuarteo de muestras, 2003)

##### *Materiales*

- Báscula
- Pala
- Brocha
- Cucharón
- Tara
- Varilla punta de bala

##### *Procedimiento*

1. Se mezcla todo el material de la muestra disgregada hasta que presente un aspecto homogéneo, traspaleándolo de un lugar a otro aproximadamente cuatro veces, sobre una superficie sensiblemente horizontal, lisa y limpia.
2. Una vez homogeneizada la muestra, se forma un cono, depositando con la pala el material en el vértice de este, para que se acomode por sí solo y procurando a la vez que la distribución se haga uniformemente.
3. Se forma un cono truncado, encajando la pala en el vértice del cono original y haciéndola girar alrededor de su eje con el fin de ir desalojando el material hacia la periferia, hasta dejarlo con una altura de 15 a 20 cm.
4. Enseguida, el cono truncado se separa en cuadrantes sensiblemente iguales, con la ayuda de una varilla punta de bala.



*Figura 4. 5 Material homogeneizado colocado en forma de cono (Autor propio)*



*Figura 4. 6 Cuarteo con ayuda de una varilla punta de bala (Autor propio)*

### **4.1.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA ARCILLAS - MÉTODO POR LAVADO (NMX-C-084-ONNCCE-2018)**

La Norma Mexicana NMX-C-084-ONNCCE-2018, especifica el método de prueba para determinar el contenido de partículas más finas de la criba (No. 200) por medio de lavado. Las partículas de arcilla y otras que se disgregan por el agua de lavado y las que son solubles en el agua son separadas durante esta prueba.

#### *Materiales*

- Charola
- Cucharón
- Balanza electrónica
- Cribas (No. 4 – No. 200)
- Máquina cribadora
- Brocha
- Cepillo
- Recipiente con agua
- Tamiz No. 200
- Parilla u horno
- Cristal

#### *Procedimiento*

1. Se coloca en un recipiente el material arcilloso y se satura con agua 24 horas  $\pm$  2.
2. Al día siguiente se toma el material y se decanta, debido a que el material está asentado.
3. Se coloca un poco de agua para homogenizar la mezcla y se realizan movimientos oscilatorios vigorosos en forma de 8, durante 20 minutos para que las partículas finas queden suspendidas para emulsionarán muy bien la solución.
4. Posteriormente, el agua de lavado se decanta sobre la malla No. 200 y simultáneamente se coloca bajo el chorro de agua para eliminar las partículas más pequeñas.
5. Se realizan los pasos 3 y 4 hasta que el agua resultante del lavado se vea clara.

6. La arena es secada en parrilla o en horno. En caso de utilizar el horno debe secarse a  $110^{\circ} \text{C} \pm 5$ , durante 24 horas,  $\pm 2$ . Si es el caso que se utilice en parrilla, se debe cerciorar que el material haya perdido humedad poniendo sobre la charola un cristal.
7. Una vez seco el material, este se coloca en las cribas ordenadas de manera descendente. Estas se sitúan en la máquina cribadora durante 5 minutos para que comience el proceso de agitación.
8. Por consecuente, al terminar el proceso se retiran los tamices y se limpian con ayuda de una brocha, colocando el material resultante de cada tamiz en una charolita para su posterior pesado.
9. Una vez obtenidos todos los pesos, se procede a hacer los cálculos.



*Figura 4. 8 Arcilla previamente cernida por la malla No. 200  
(Autor propio)*



*Figura 4. 7 Homogenización de la arcilla con  
movimientos oscilatorios (Autor propio)*

#### **4.1.4 DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA (NMX-C-493-ONNCCE-2018)**

El objetivo de esta práctica es determinar el límite líquido y límite plástico para clasificar un suelo de acuerdo con su plasticidad, esto de acuerdo con la norma NMX-C-493-ONNCCE-2018, donde explica y determina cada una de ellas.

El límite líquido o el contenido de agua para el cual un suelo plástico adquiere una resistencia al corte se considera como la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

El límite plástico o el contenido de agua se determina moldeando una tira con el material arcilloso, el cual se divide en tres partes hasta alcanzar un diámetro de 3 mm; este se considera como la frontera entre los estados plástico y semisólido.

##### *Materiales*

- Báscula
- Parrila eléctrica
- Copa de Casagrande
- Recipientes de aluminio
- Espátula
- Vernier
- Probeta
- Pizeta con agua destilada
- Cristal
- Cápsula de porcelana
- Muestra alterada

##### *Procedimiento para límite líquido*

1. Se toma una porción de muestras alteradas (aproximadamente 200 gramos).
2. Se coloca en un vidrio y se mezcla hasta que la muestra sea homogénea.
3. Con una espátula se distribuye el material en la copa de Casagrande, teniendo cuidado de que la superficie quede plana con un espesor máximo de 1 cm.
4. Se coloca la punta del ranurador en la parte superior y al centro de la muestra, colocándolo perpendicular a la superficie de la copa y realizar la ranura.

5. Se da vuelta a la manija, a razón de 2 vueltas por segundo, contando el número de golpes requeridos para cerrar el fondo de la ranura.
6. Con la espátula se retira el material de la copa y se vuelve a mezclar repitiendo los pasos 2 a 5, agregando un poco de agua con la pizeta.
7. Del lugar donde se cierra la ranura se toman aproximadamente 30 gramos de la muestra y se coloca sobre un cristal de rose, se etiqueta, se pesa y se comienza a secar en una parrilla eléctrica.
8. Se retiran las muestras y se enfrían para después pesar y registrar los datos.
9. Con los datos obtenidos se calcula el contenido de agua correspondiente a cada número de golpes.
10. Por último, se construye la gráfica de número de golpes contra unidades a escala semilogarítmico.

*Nota: la copa de Casagrande debe tener una altura de caída de 1 cm.*



*Figura 4. 9 Charola, ranurador, copa Casagrande, báscula y pizeta (Autor propio)*

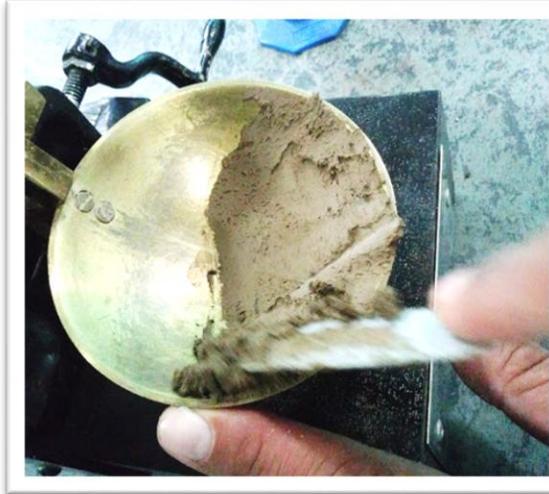


Figura 4. 11 Colocación de la copa de Casagrande con la mezcla (Autor propio)



Figura 4. 10 Ranuración de la pasta (Autor propio)



Figura 4. 12 Medición de la abertura con Vernier (Autor propio)

Vistas de las ranuras en sección

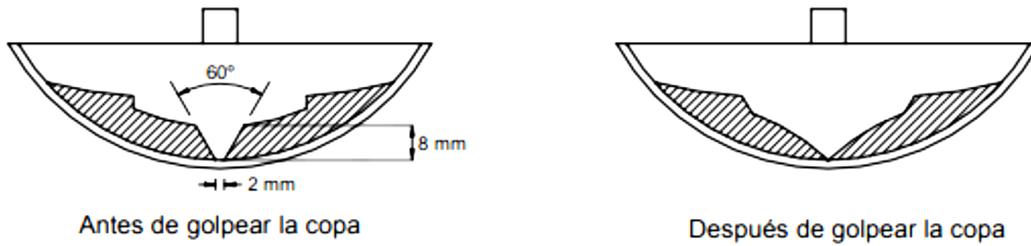


Figura 4. 13 Forma y dimensiones de ranura (S.C.T., 2007)

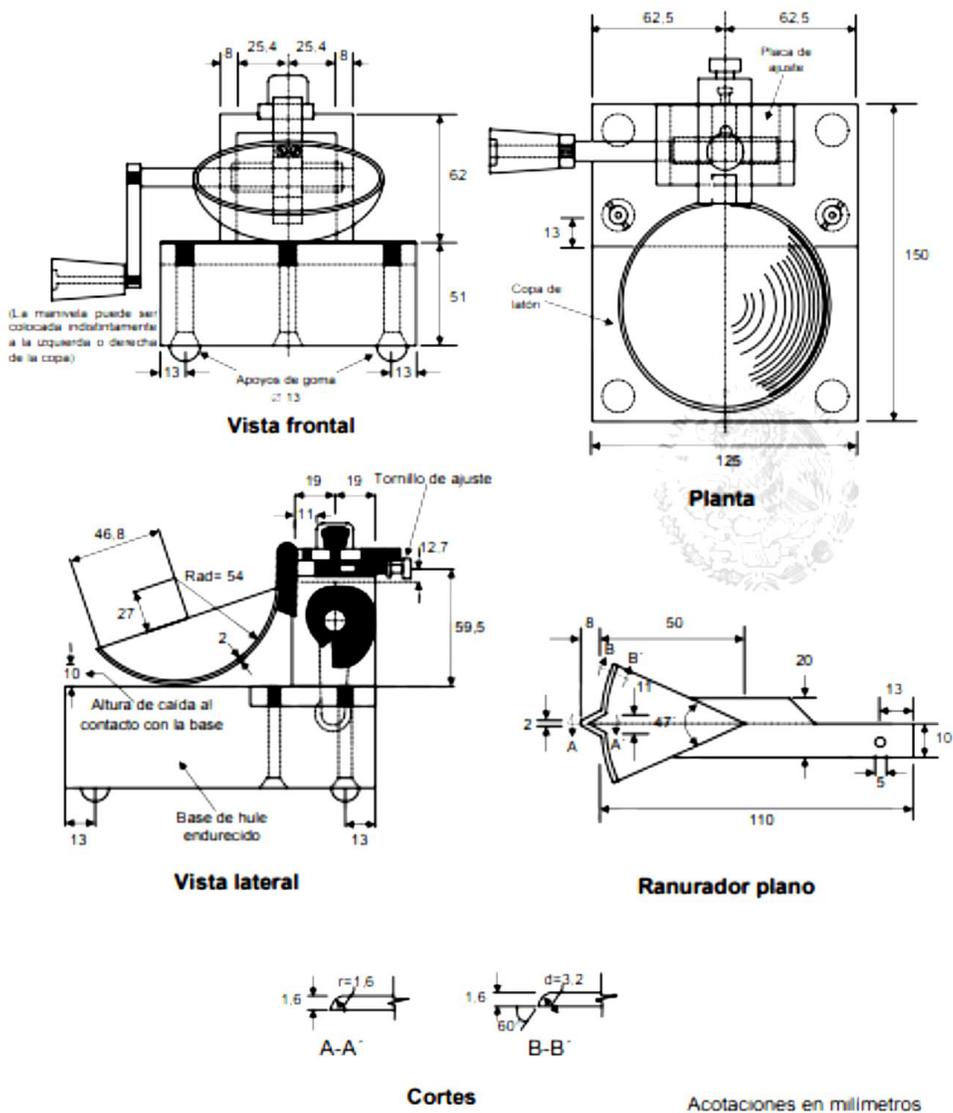


Figura 4. 14 Especificaciones de la copa de Casagrande (S.C.T., 2007)

### *Procedimiento para límite plástico*

1. De la muestra utilizada para límite líquido se toma una porción, se rueda con la mano sobre una superficie limpia y lisa, no absorbente como lo es la placa de vidrio, hasta formar un cilindro de 3.2 mm de diámetro por 15 cm de longitud, aproximadamente.
2. Se amasa la tira y se vuelve a rodar repitiendo esto tantas veces como sea necesario para reducir gradualmente la humedad por evaporación, hasta que el rollo comience a endurecer.
3. El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido aproximadamente 3.2 mm.
4. Se divide la tira y se coloca en pequeñas porciones en vidrios de reloj marcándolos, pesándolos y secándolos con ayuda de una parrilla eléctrica.
5. Se repiten los pasos 1 a 4 con otra porción de la misma muestra para verificar los resultados.
6. Se retiran las muestras, se dejan enfriar, se pesan y se registran los datos.
7. Con los datos obtenidos se determina el contenido de agua en porcentaje y si la diferencia no es mayor a 2 % se promedia, en caso contrario se repite la prueba.



*Figura 4. 15 Cilindros formados con la mezcla arcillosa (Autor propio)*

## 4.2 METODOLOGÍA DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO APLICADO EN ARENAS PARA LA FABRICACIÓN DE TABIQUE

### 4.2.1 PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (NMX-C-073-ONNCCE-2004)

De acuerdo con la norma NMX-C-073-ONNCCE-2004, la determinación de la masa volumétrica seca del material en estado suelto,  $\gamma_{ds}$ , consiste en obtener la relación entre la masa de los sólidos del material y el volumen total del mismo, una vez que la masa de la muestra ha sido corregida considerando el contenido de agua.

#### *Materiales*

- Arena
- Charola
- Parrila eléctrica
- Espátulas
- Molde para PVSS
- Vidrio
- Cucharón
- Báscula
- Regla metálica
- Vernier

#### *Procedimiento*

1. Se toma el material húmedo y se coloca en una charola para posteriormente secarlo con ayuda de la parrilla eléctrica.
2. Con ayuda del vidrio se verifica que el material esté completamente seco.
3. Para calcular el PVSS se determina el peso y el volumen del molde PVSS con ayuda de un vernier, características que son fundamentales para obtener el peso volumétrico seco suelto.

4. Una vez obtenido el material completamente en estado seco se procede a realizar un cono truncado con ayuda de la regla metálica. Después se lleva a cabo el cuarteo con ayuda de la regla lo cual consiste en dividir el cono truncado en 4 partes.
5. Posteriormente, con el cucharón se vierte la arena al molde PVSS tomando esquinas contrarias del cuarteo de tal manera que cubra toda la superficie del molde, luego se enraza hasta que la superficie quede completamente lisa.
6. Después de que el molde PVSS contenga la arena ya enrazada, se procede a pesar en una báscula con resolución a 5 gr., y una vez registrados los datos pertinentes se realizan los cálculos para la obtención del peso volumétrico seco suelto.



*Figura 4. 16 Enrase de material sobrante (Autor propio)*



*Figura 4. 17 Cuarteo de la muestra (Autor propio)*

#### **4.2.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA ARENAS (NMX-C-077-ONNCCE-1997)**

El objetivo de esta práctica es aplicar el método de ensayo que consiste en cribar el agregado fino a través de una serie de tamices, tratando de conservar las características que establece la norma NMX-C-077-ONNCCE-1997; para comparar sus resultados y comprobar si el agregado fino cumple con las prescripciones granulométricas establecidas en la norma.

##### *Materiales*

- Tamices
- Parrilla
- Charola
- Báscula
- Cucharón
- Cristal

##### *Procedimiento*

1. Se procede a pesar una muestra de 0.5 kilogramos para después realizar el secado del material.
2. Posteriormente se enciende la parrilla y se coloca una charola en la cual se depositará la muestra, dependiendo la humedad que presente será el tiempo que deberá permanecer en la parrilla hasta que esté completamente seco.
3. Se coloca el cristal sobre la charola para comprobar si aún existe humedad en el material. Se debe tomar en cuenta que no se debe dejar mucho tiempo debido a que puede producirse una calcinación de la muestra.
4. Una vez que la muestra se encuentre seca, se deja reposar alrededor de otro 10 min por que las partículas de la muestra aún se encuentran alteradas.
5. Se procede a pesar la muestra seca de 500 gr.
6. Se ordenan los tamices para realizar la práctica colocándolos de manera descendente, empezando por el de mayor tamaño que en este caso será el N°4, después el N°8 y así consecutivamente hasta llegar al N°200 y por último se colocará la charola para almacenar los residuos que pasen a través de esta última malla.

7. A continuación, se procede al vaciado de la muestra antes tomada en los tamices, para posteriormente colocarla en la máquina cribadora en la cual se dejará la muestra por un lapso de 5 min.

*(Nota: Es necesario cerciorarse que los tornillos que ajustan los tamices estén bien apretados para que estos no se aflojen y ocurra un accidente.)*

8. Después que la máquina culmine el proceso de tamizado se retiran los tamices y se realiza la recolección de los datos que se han generado del material retenido en los distintos de mallas, para esto se utilizan recipientes de apoyo para poder concentrar la muestra y pesarla.



*Figura 4. 18 Secado de la arena (Autor propio)*



*Figura 4. 19 Material de obtenido del cribado de los tamices (Autor propio)*

### **4.2.3 ABSORCIÓN Y DENSIDAD (NMX-C-165-ONNCCE-2014)**

La Norma Mexicana NMX-C-165-ONNCCE-2014 establece que el método de ensayo para la determinación de la densidad relativa aparente y la absorción del agregado fino en la condición saturada y superficialmente seca.

#### *Materiales*

- Matraz de Chapman
- Cono troncónico
- Pisón de compactación
- Tara
- Estufa eléctrica
- Báscula
- Embudo
- Charola de metal
- Espátula
- Cristal

#### *Procedimiento*

1. Se coloca la muestra húmeda en la charola de metal, para después ser llevada a la estufa eléctrica para comenzar con su proceso de secado. Con ayuda de la espátula comenzaremos a mover nuestra muestra por toda la charola, esto con el fin de que nuestro secado sea parejo. Se mantiene la muestra a fuego lento hasta que se aproxime a una condición en la que pueda fluir bien, en este caso se necesita que la muestra se encuentre en “seco superficial”. El cristal se colocará sobre la muestra cada cierto tiempo, para poder verificar el grado de humedad que presenta.
2. Una vez que la muestra este en un estado lo suficientemente manejable, se procede a colocar el cono troncónico en una superficie lisa no absorbente, siendo puesto con el diámetro ancho hacia abajo. Una vez que todo esté listo se realiza lo siguiente: se vierte parte de la muestra hasta  $\frac{3}{8}$  dentro del cono, una vez realizado esto se darán 11 golpes con el pisón a una distancia razonable más arriba del diámetro menor del cono, una vez compactada se prosigue a colocar la segunda capa de material, esta vez solo se darán 8 golpes; y para finalizar, la última capa se le agregara material de tal

forma que quede hasta el copete del cono, en esta última solo se darán 6 golpes por lo que es muy importante ir asentando el material con cuidado para que quede bien enrazada. Al final se le dará un total de 25 golpes.

3. Cuando este bien enrazado el cono, se limpia todo material que este alrededor dejando una zona limpia. Se levanta el molde verticalmente, si la humedad superficial sigue presente el agregado fino mantendrá la forma del cono, cuando el agregado se desploma suavemente indica que ha alcanzado una condición superficialmente seca.
4. En cuanto se obtenga la calidad del material deseado, se pesará una porción de 500 gr. Antes de verterlo dentro del matraz, se afora el matraz de Chapman colocando 200 ml de agua y se coloca en la báscula para ver cuál es su peso solo con agua. Una vez que esto se realizó, se depositan los 500 gr. de arena en el frasco, evitando que el material quede pegado en las paredes de cristal.
5. Se extrae el aire atrapado de rodando el frasco en una superficie plana, o se puede balancear en forma manual.
6. Cuando se observe que no suben burbujas de aire a través de los bulbos, se procede a realizar la lectura mediante la graduación que se muestra en el matraz. Al terminar estos pasos, se coloca el matraz ya con el material nuevamente en la báscula para tomar su peso.
7. Para finalizar se retira el agua y el material del matraz, y se lava cuidadosamente por dentro.

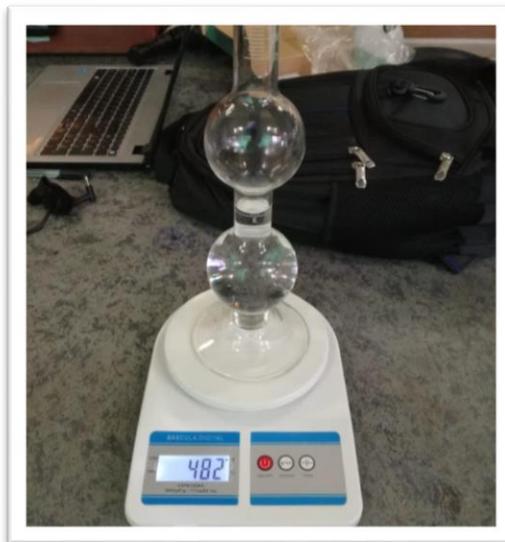


Figura 4. 20 Aforo del matraz de Chapman (López Hernández, 2020)

## **4.3 METODOLOGÍA DE PRUEBAS DE LABORATORIO APLICADO EN EL TABIQUE**

A continuación, se describen las pruebas aplicadas a las piezas de tabiques, basadas en la Normativa Mexicana, las cuales son: determinación del dimensionamiento de las piezas, determinación de la absorción de las piezas, cabeceo y compresión axial.

### **4.3.1 DETERMINACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS (NMX-C-038-ONNCCE-2013)**

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-C-038-ONNCCE-2013, establece el método de ensayo para la determinación de las dimensiones de los bloques, tabiques y ladrillos y tabicones para la construcción.

#### *Materiales*

- Cinta métrica
- Regla
- Vernier
- Báscula

#### *Procedimiento*

1. Se colocan los tabiques sobre una mesa para posteriormente enumerarlos (en este caso, se toman como muestra siete tabiques, por lo tanto, la enumeración va del 1-7).
2. Teniendo clasificados y en orden los tabiques se comienzan a medir con una cinta métrica todos los lados de cada una de las piezas.
3. Después de obtener todas las medidas de las piezas (grueso, tizón y sogá), se determinan las áreas de las caras realizando sus respectivas multiplicaciones (testa, canto y tabla). Y de esta manera se calcula el volumen de toda la pieza.



*Figura 4. 21 Pesado de tabiques convencionales (Autor propio)*



*Figura 4. 22 Medición del mampuesto (Autor propio)*

#### **4.3.2 DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE LAS PIEZAS (NMX-C-037-ONNCCE-2005)**

De acuerdo con la norma mexicana NMX-C-037-ONNCCE-2005, se establece el método de prueba para la determinación de la cantidad de agua que absorben los bloques, ladrillos o tabiques y tabicones de cualquier material para la construcción, en las condiciones que se especifican. Así como la absorción máxima inicial de los tabiques y bloques de cerámica o arcilla.

##### *Materiales*

- Balanza
- Cronómetro
- Recipiente con agua

##### *Procedimiento*

1. Los especímenes se dejan secar con ayuda de la luz solar. Perdiendo el exceso de humedad que contienen, pueden ser utilizados para la prueba.
2. Se registran las masas de los 7 especímenes en estado seco.
3. Posteriormente, se sumergen las piezas en agua por un periodo de 24 horas, terminando el periodo se seca el agua superficial.
4. Se vuelve a determinar su masa en estado húmedo, después se debe colocar en un horno a  $110^{\circ} \pm 5$ , durante 24 horas  $\pm 2$ .
5. Para concluir se vuelven a pesar las piezas, para posteriormente obtener las diferencias de pesos de dichas piezas. Se reporta la absorción individual y promedio de las piezas.

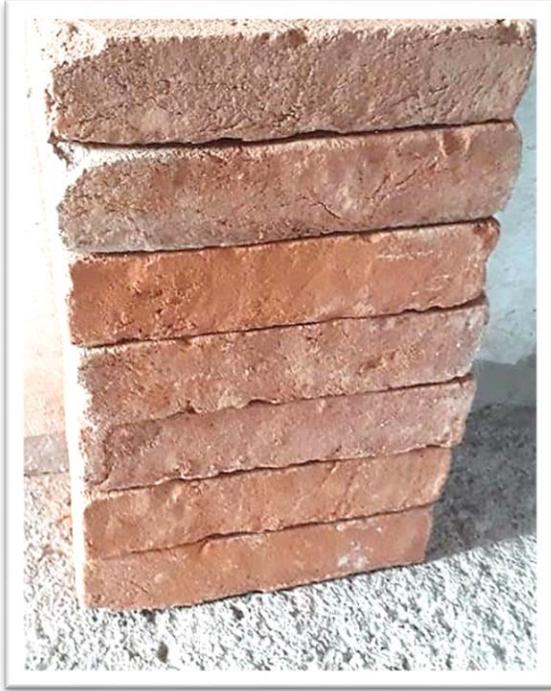


Figura 4. 24 Secado de las piezas con energía calórica (Autor propio)



Figura 4. 23 Pesado de la pieza en estado húmedo (Autor propio)

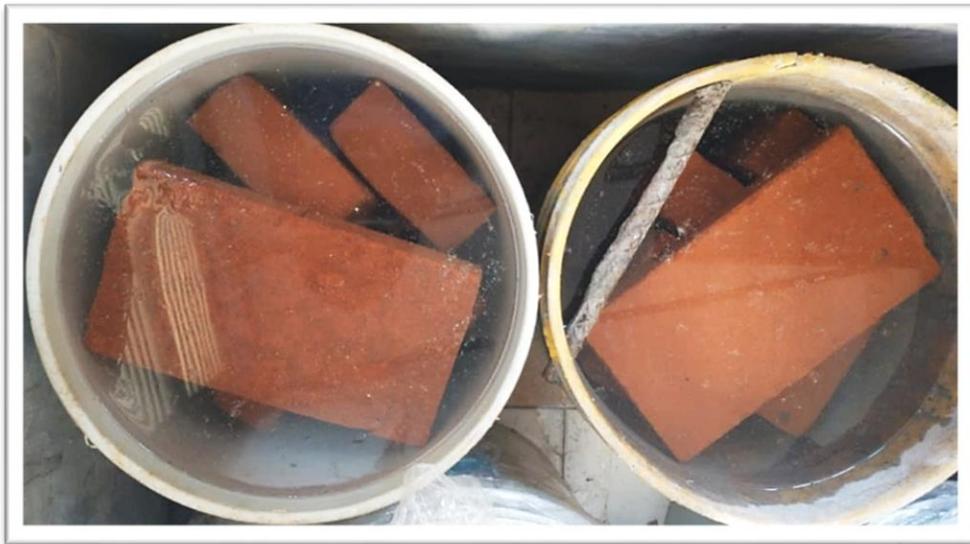


Figura 4. 25 Tabiques saturados en agua por 24 hrs.  $\pm$  2 (Autor propio)

### **4.3.3 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LOS TABIQUES (NMX-C-036-ONNCCE-2013)**

La norma mexicana establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión.

#### *Materiales*

- Azufre
- Aceite
- Ventilador
- Regla
- Máquina de ensayo
- Placas de acero
- Dispositivos de lectura de carga
- Placa cabeceadora

#### *Procedimiento*

1. Primero se debe comenzar por registrar las dimensiones de los especímenes de acuerdo con la norma mexicana NMX-C-038-ONNCCE-2004. Las superficies cabeceadas de los especímenes para compresión deben ser planas, dentro de una tolerancia de 0.05 en una longitud de 150 mm tomada en dos direcciones ortogonales. Así como también se deben tomar los pesos de los especímenes a cabecear para cálculos posteriores.
2. Posteriormente, colocar la placa cabeceadora en una superficie horizontal firme, plana y se nivela en ambos sentidos.
3. Acto seguido se lubrica la placa cabeceadora con aceite quemado, esto con el fin de que las piezas no se adhieran a la placa y el desmolde sea más fácil.
4. Una vez aceitada la base, se comienza a calentar el azufre a utilizar.
5. Cuando el azufre se encuentre disuelto, se acomoda la escuadra desmontable al tamaño del tabique.
6. Después, se coloca el material de cabeceo sobre la placa y sobre éste el espécimen de ensayo, cuidando que el material de cabeceo no se salga por las uniones del

cabeceador para garantizar la perpendicularidad de la superficie cabeceada con respecto al eje vertical del espécimen.

7. Se esperan algunos minutos para que el azufre se solidifique y se adhiera a la pieza.
8. Con sumo cuidado se levanta la pieza para darle vuelta y cabecear la cara posterior del tabique.

### *Informe del ensayo*

Se deben incluir los datos siguientes:

- Identificación de la muestra.
- Tipo y procedencia de la muestra.
- Edad nominal de las probetas.
- Dimensiones de cada probeta en centímetros, con una aproximación a un milímetro.
- Área de la sección transversal de cada probeta, en cm<sup>2</sup>, con aproximación al décimo.
- Carga máxima en N (kg) de cada probeta.
- Esfuerzo resistente a la compresión especificada.
- Esfuerzo resistente a la compresión para cada probeta.
- Esfuerzo resistente promedio a la compresión.
- Defectos observados en el espécimen
- Fecha de ensayo (días).

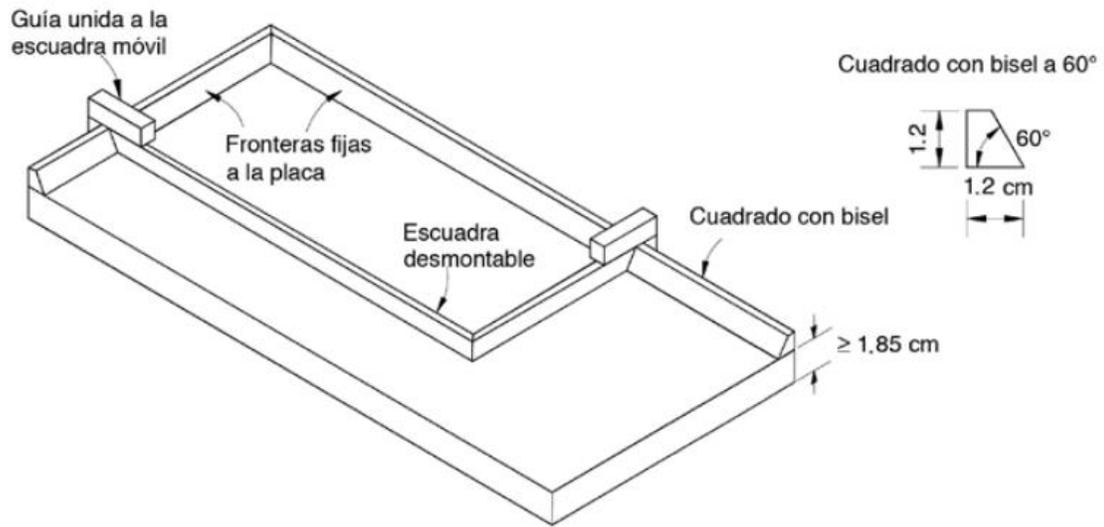


Figura 4. 26 Detalles de placa cabeceadora (IMCYC, 2013)



Figura 4. 28 Fundición del azufre (Autor propio)



Figura 4. 27 Colocación de pintura epóxica al tabique (Autor propio)



Figura 4. 30 Lubricación de la placa cabeceadora (Autor propio)



Figura 4. 29 Colocación del mampuesto sobre el azufre fundido (Autor propio)



Figura 4. 31 Tabique modificado encarado por ambas partes (Autor propio)



*Figura 4. 32 Ejecución de la prueba de compresión sobre el prototipo (Autor propio)*



*Figura 4. 33 Tabique de CBCA ensayado (Autor propio)*



Figura 4. 34 Máquina de compresión axial del laboratorio LACOCA (Laboratorio de Control de Calidad) (Autor propio)

# CAPÍTULO V:

---

## ELABORACIÓN DE LA PIEZA MODIFICADA



(Autor propio)

# CAPÍTULO V: PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PIEZA PROTOTIPO ADICIONANDO CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

## 5.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

En la presente investigación, se elaboraron dos tipos de piezas de tabique: piezas control y piezas adicionadas con ceniza de bagazo de caña de azúcar, quedando la propuesta de dosificación de la siguiente manera:

### 5.1.1 TABIQUES CONTROL

Los tabiques control son las piezas que se elaboraron en la planta tabiquera con las mismas especificaciones y estándares de calidad que allí se emplean, así como utilizando la materia prima (arcilla, agua y arena) de los bancos de materiales de la zona.

*Tabla 5. 1 Nomenclatura de espécimen control*

NOMENCLATURA	PIEZAS ELABORADAS
MED	10

### 5.1.2 TABIQUES ADICIONADOS CON CBCA

Los tabiques prototipo son elaborados con la mezcla original y adicionados con distintos porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar para su posterior análisis por medio de pruebas de laboratorio, a fin de mejorar las características físicas y mecánicas de la pieza.

*Tabla 5. 2 Nomenclatura para especímenes adicionados con diferentes porcentajes de CBCA*

NOMENCLATURA	% ADICIONADO	PIEZAS ELABORADAS
CB02	2%	10
CB03	3%	10
CB04	4%	10
CB06	6%	10

Se decidió optar por implementar porcentajes pequeños a la mezcla tradicional debido a que no se han realizado experimentos previos con este aditivo, por ende, se requiere conocer el comportamiento que éste tendrá con la masa.

En efecto, las piezas serán utilizadas posteriormente para ejecutar las siguientes pruebas:

- Dimensionamiento con respecto a NMX-C-038-ONNCCE-2004.
- Absorción de la pieza con respecto NMX-C-037-ONNCCE-2005.
- Ensaye a la resistencia a la compresión axial con respecto a NMX-C-038-ONNCCE-2004.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos de dichas pruebas se hará un análisis para elaborar un dictamen final de las piezas ensayadas.



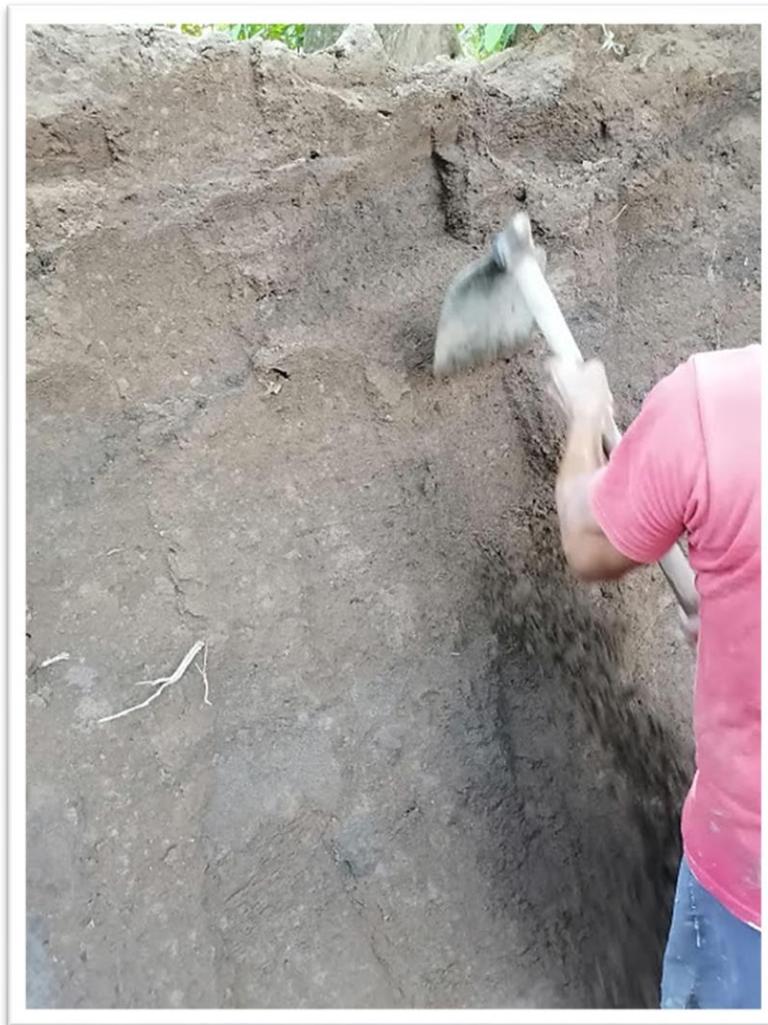
*Figura 5. 1 Pieza de tabique modificada lista para ensayar en la máquina de compresión axial (Autor propio)*

## **5.2 ELABORACIÓN DE LA PIEZA DE TABIQUE MODIFICADO**

En el siguiente apartado se describirá el proceso de elaboración que se lleva a cabo para la fabricación del tabique convencional en la comunidad “Rancho del Padre”, localizada en el municipio de Medellín de bravo.

### **5.2.1 EXTRACCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

La extracción de la materia prima se lleva a cabo en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz; la arcilla se obtiene en la comunidad Rancho del Padre, Ver. La arena de médano es traída de la comunidad Los Robles, Ver. Por otra parte, el agua empleada para realizar la mezcla se extrae en el mismo lugar (Rancho del Padre, Ver.), por medio de pozos.



*Figura 5. 2 Extracción de la arcilla a emplear en la mezcla (Autor propio)*

### 5.2.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Este proceso consiste en reunir los materiales a utilizar en el área destinada donde se llevará a cabo la mezcla. Por consiguiente, se comienza a humedecer la arcilla esparciendo un poco de agua sobre esta, para que la mezcla se pueda manipular mejor. Se agrega un poco de ceniza (obtenida de la quema de los hornos) para que la masa tenga una mejor consistencia.



*Figura 5. 3 Patio de secado donde se lleva a cabo la elaboración del tabique (Autor propio)*

### 5.2.3 DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS

Antes de comenzar con el amasado, se pesa una porción de la mezcla, la cual corresponde a una pieza de tabique para posteriormente poder calcular los porcentajes de ceniza que se agregarán a la mezcla tradicional.

Los porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar para adicionar en la masa se mencionan en la tabla 5.2.



Figura 5. 4 Peso de una porción de la mezcla equivalente a un tabique (Autor propio)

Una vez registrado el peso de la mezcla para una pieza de tabique, se proceden a pesar los porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar que corresponden en gramos para poder adicionar a la masa.



Figura 5. 5 Dosificación de C.B.C.A (Autor propio)

#### 5.2.4 AMASADO

Luego de pesar la ceniza de bagazo de caña de azúcar que se adicionará se agrega a la mezcla para comenzar a homogeneizar, realizando movimientos envolventes y de un lado a otro. Se agrega agua, conforme la masa lo requiera para que sea más fácil manipularla. Por consiguiente, después de obtener la composición previamente homogeneizada se comienzan a separar pequeñas porciones para introducir en la gavera.



*Figura 5. 6 Incorporación de C.B.C.A. a la mezcla (Autor propio)*



*Figura 5. 7 Homogenización del adiconante con la masa tradicional (Autor propio)*

### 5.2.5 MOLDEADO

Este paso consiste en realizar las mismas operaciones que en el tabique convencional, descritas en el apartado 3.5.4.

*La gavera empleada tiene una forma rectangular, dividida en su interior por 8 rectángulos más pequeños. Esta es hueca, es decir, no tiene fondo.*



*Figura 5. 8 Gavera hueca de madera (Autor propio)*



*Figura 5. 9 Desmolde de tabiques modificados (Autor propio)*

### 5.2.6 SECADO

El secado de los especímenes se lleva a cabo en las mismas condiciones que un tabique tradicional, explicado en el apartado 3.5.5.



*Figura 5. 10 Especímenes adicionales terminados (Autor propio)*

### 5.2.7 COCCIÓN

Finalmente, los mampuestos adicionales con C.B.C.A son introducidos al horno en conjunto con los tabiques convencionales para llevar a cabo la cocción con las especificaciones descritas en el apartado 3.5.6.



*Figura 5. 11 Hornos tradicionales de la tabiguera Zamora (Autor propio)*

## 5.2.8 EJECUCIÓN DE PRUEBAS

Transcurrido el tiempo necesario para el enfriamiento de los tabiques, estos son retirados del horno para llevar a cabo la ejecución de las pruebas descritas en el apartado 4.3.



Figura 5. 12 Determinación del dimensionamiento de las piezas (NMX-C-038-ONNCCE-2013) (Autor propio)



Figura 5. 13 Determinación de la absorción de las piezas (NMX-C-037-ONNCCE-2005) (Autor propio)



Figura 5. 14 Cabeceo de la pieza a ensayar (Autor propio)



Figura 5. 15 Determinación de la resistencia a la compresión axial de los tabiques (NMX-C-036-ONNCCE-2013) (Autor propio)

# CAPÍTULO VI:

---

## RESULTADOS



(Autor propio)

## CAPÍTULO VI: RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el siguiente apartado se expondrán los resultados obtenidos mediante las pruebas de laboratorio mencionadas en la tabla 6.1, haciendo una comparativa de los especímenes adicionados con ceniza de bagazo de caña de azúcar y las piezas elaboradas en la tabiquera Zamora, ubicada en la localidad Rancho del Padre, perteneciente al municipio de Medellín de Bravo, Ver.

#### 6.1.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE PRUEBAS A LA MATERIA PRIMA (ARCILLA)

Tabla 6. 1 Resultados obtenidos en la aplicación de pruebas al material fino

PRUEBA	NORMA	RESULTADO (%)
GRANULOMETRÍA POR LAVADO	NMX-C-084-ONNCCE-2018	Pág. 126
LÍMITE LÍQUIDO	NMX-C-493-ONNCCE-2018	33.65
LÍMITE PLÁSTICO	NMX-C-493-ONNCCE-2018	19.53
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NMX-C-493-ONNCCE-2018	14.12

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas mencionadas en la tabla 6.1, se concluye que el suelo es de tipo **CL** (*Arcilla de baja compresibilidad*) en relación con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

En el apartado Anexo 1.3, Anexo 1.5 y Anexo 1.8 se detallan los cálculos realizados para la obtención de los resultados anteriores.

### 6.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE PRUEBAS A LA MATERIA PRIMA (ARENA)

En la tabla 6.2 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas aplicadas a la arena.

Tabla 6. 2 Resultados obtenidos en la aplicación de pruebas a la arena

PRUEBA	NORMA	RESULTADO
PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO	NMX-C-073-ONNCCE-2004	1.53 gr/cm <sup>3</sup>
GRANULOMETRÍA	NMX-C-077-ONNCCE-1997	Pág. 132
MÓDULO DE FINURA	NMX-C-077-1997-ONNCCE	2.175
ABSORCIÓN	NMX-C-165-ONNCCE-2014	0.83%
DENSIDAD	NMX-C-165-ONNCCE-2014	1.28 gr/cm <sup>3</sup>

De acuerdo con los resultados obtenidos por medio de las pruebas aplicadas a la arena, se concluye que es del tipo SP (arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos) puesto que tiene un predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

En el apartado Anexo 2 se detallan los cálculos realizados para la obtención de los resultados anteriores.

### 6.1.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PIEZAS ELABORADAS EN EL SITIO “RANCHO DEL PADRE”

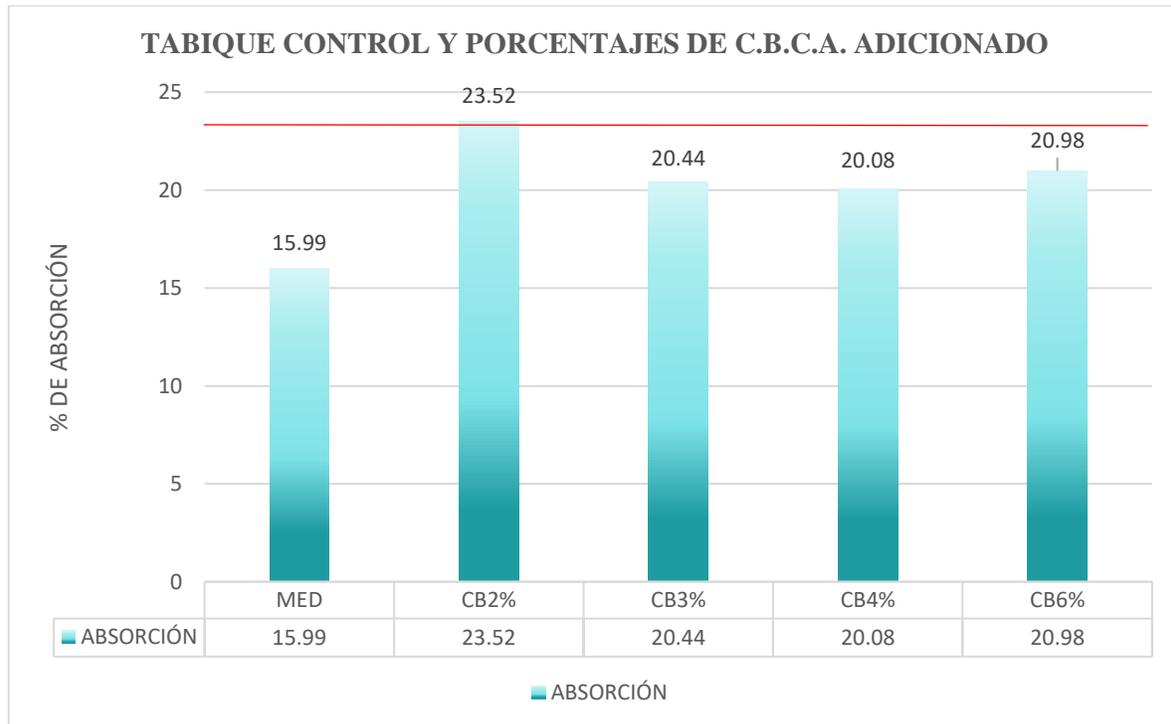
Los especímenes analizados en este apartado son aquellos elaborados con los parámetros utilizados en la tabiquera Zamora. Estas piezas fueron sometidas a las siguientes pruebas de laboratorio:

- Absorción (NMX-C-037-ONNCCE-2013)
- Dimensionamiento (NMX-C-038-ONNCCE-2004)
- Resistencia a la compresión (NMX-C-036-ONNCCE-2013)

### 6.1.3.1 ABSORCIÓN DE LAS PIEZAS

En el siguiente gráfico se muestran las absorciones obtenidas de los tabiques:

Gráfica 6. 1 Porcentajes de absorción para los tabiques adicionados con C.B.C.A. y tabiques control



En la gráfica 6.1 se muestran las absorciones obtenidas de las piezas adicionadas con diferentes porcentajes de ceniza bagazo de caña de azúcar (CB) en comparación con el tabique control (MED). En la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013 se indica que la pieza debe obtener un 23% de absorción a 24 hrs  $\pm 2$ . En la gráfica se puede observar que el tabique control (MED) se encuentra por debajo del parámetro establecido con 15.99 % de absorción. Por otro lado, los tabiques adicionados con 3%, 4 % y 6% de C.B.C.A., se encontraron cerca del límite indicado, pero tampoco cumplen con lo mencionado en la norma, debido a que sus absorciones rondaron en el 20%. Mientras que el espécimen adicionado con el 2% de C.B.C.A obtuvo un 23.52% de absorción cumpliendo satisfactoriamente el indicador del 23%, por lo tanto, se puede concluir que dicha pieza es óptima para uso estructural.

### 6.1.3.2 DATOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS

En la tabla 6.3 se muestra un resumen de los datos obtenidos del dimensionamiento de los especímenes estudiados.

La información detallada acerca del dimensionamiento de las piezas adicionadas con C.B.C.A, así como las piezas control se encuentran en el Anexo 3.

*Tabla 6. 3 Resumen de los resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas ensayadas*

<b>ENSAYE DE DIMENSIONAMIENTO</b>			
<b>Nomenclatura</b>	<b>Grueso (cm)</b>	<b>Tizón (cm)</b>	<b>Soga (cm)</b>
<b>NMX-C-404-ONNCCE</b>	5	10	19
<b>MED</b>	5	12.3	22.8
CB02	5.2	12.2	22.8
CB03	5.3	12.4	22.7
CB04	5.3	12.4	23
CB06	5.4	12.4	22.9

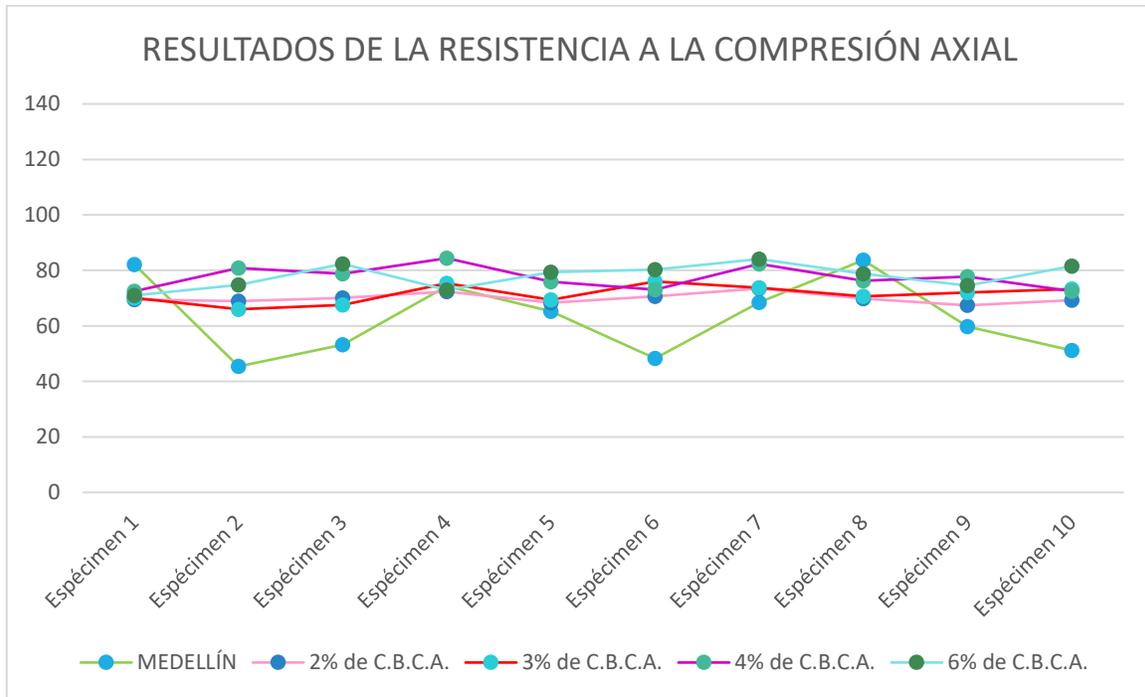
En relación con la norma NMX-C-404-ONNCCE se especifica que las dimensiones de un tabique para fines de diseño estructural deben ser las siguientes: 5 cm de grueso, 10 cm de tizón y 19 cm de soga.

En la tabla anterior se muestran las dimensiones obtenidas de la pieza control, así como de los tabiques adicionados. Por lo tanto, se puede observar que los especímenes modificados no cumplen con los parámetros establecidos en la norma debido a que las piezas adicionadas fueron elaboradas con las mismas características y condiciones en que son elaborados los mampuestos en la tabiquerías de la región. (Tabiquera Zamora)

### 6.1.3.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A LAS PIEZAS

A continuación, se describen los resultados obtenidos de la prueba de compresión axial aplicada en los especímenes adicionados con C.B.C.A., así como las piezas control.

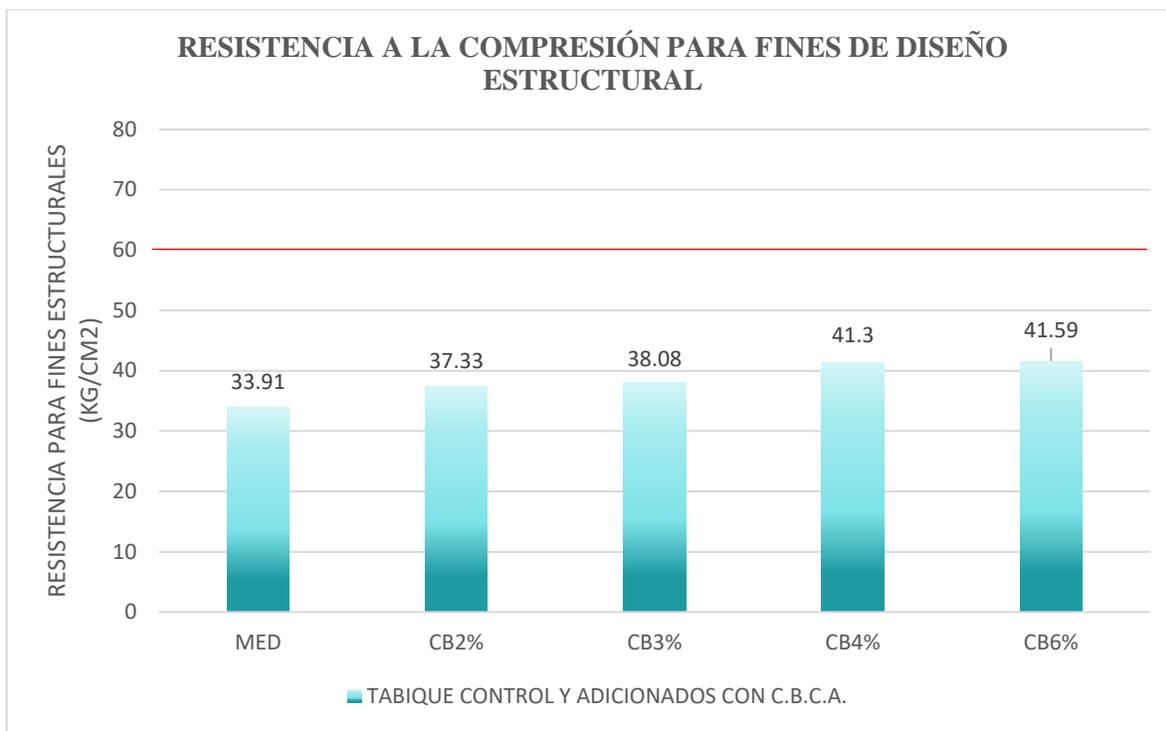
Gráfica 6. 2 Resultados obtenidos de la prueba de compresión axial aplicadas a las piezas control y adicionadas con diferentes porcentajes de C.B.C.A.



En la gráfica anterior se puede apreciar que las resistencias del tabique control muestran variaciones drásticas en comparación con las resistencias de las piezas adicionadas con C.B.C.A. Cabe señalar que a mayor porcentaje de adición la resistencia de los especímenes con ceniza aumenta.

Se puede concluir que las piezas adicionadas aumentaron su resistencia notablemente en comparación con el tabique control, siendo factible emplear la ceniza de bagazo de caña de azúcar a la pieza.

Gráfica 6. 3 Resultados obtenidos de la prueba de compresión axial aplicada a las piezas control y adicionadas con diferentes porcentajes de C.B.C.A. para fines de diseño estructural



En la gráfica 6.3 se muestran las resistencias para fines de diseño estructural del tabique convencional, así como de las piezas con C.B.C.A. Se puede observar que los tabiques adicionados aumentaron su resistencia en los siguientes porcentajes: tabique con 2% de C.B.C.A. 1.16 % (3.42 kg), tabique con 3% de C.B.C.A. 1.41 % (4.17 kg), tabique con 4% de C.B.C.A. 2.5% (7.39 kg) y tabique con 6% de C.B.C.A. 2.60 % (7.68 kg) en comparación con el tabique control.

Sin embargo, ninguna de las piezas cumple con lo estipulado en la norma NMX-036-ONNCCE-2013.

# **CAPÍTULO VII:**

---

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **7.1 CONCLUSIONES**

La ceniza de bagazo de caña de azúcar o también conocida por sus siglas C.B.C.A., es un producto derivado de la calcinación de los tallos de caña, empleados en el proceso de la elaboración del azúcar. Esta contiene un gran contenido de sílice, por lo que es considerada una puzolana, la cual ha generado diversos cuestionamientos e investigaciones, retomando como ejemplo esta tesis.

El material puzolánico mencionado anteriormente, fue introducido en los tabiques experimentales en pequeñas dosis (2%, 3%, 4% y 6%), para posteriormente observar su comportamiento físico y mecánico. Se pudo notar que, durante el proceso de elaboración de las piezas a mayor porcentaje de adición de C.B.C.A., la textura de la mezcla se comportaba menos maleable, por lo que, se adicionó un poco más de agua, a fin de obtener como resultado mayor trabajabilidad del material.

Es importante resaltar que, los prototipos se fabricaron en las mismas condiciones en las que se hacen los tabiques convencionales, en la tabiquera Zamora. De igual manera, se respetaron los procedimientos de elaboración, así como los instrumentos empleados y las características en el dimensionamiento del molde para evitar controversias con los fabricantes. Por consecuente, las dimensiones no fueron favorables para los tabiques prototipo de acuerdo con la norma NMX-C-404-ONNCCE. Es preciso señalar que, las personas que se dedican a manufacturar los tabiques artesanales no tienen conocimiento sobre la norma antes descrita, mostrando únicamente los conocimientos empíricos que se traspasan a través de las generaciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las absorciones, en resumen, el tabique con adición del 2% cumple con los parámetros estipulados en la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013, mientras que el tabique control o convencional, así como los tabiques adicionados con el 3%, 4% y 6% de adición se localizan por debajo de la absorción recomendada (23%), descartándose para fines de uso estructural por seguridad.

Por otro lado, se concluye que aumentó notablemente la resistencia de las piezas adicionadas en  $7.68 \text{ kg/cm}^2$ , equivalente al 2.60% con respecto al tabique convencional, para fines de

diseño estructural (estas estadísticas tomadas sobre el tabique control, al adicionado con el 6%, el cual resultó favorecido). Finalmente, se comprueba la hipótesis propuesta al inicio de la investigación dado que, se mostraron incrementos en las resistencias relativamente considerables comparando con los tabiques ordinarios. Sin embargo, no se cumplió con la resistencia deseada y otorgada por la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

Se hacen constar las siguientes recomendaciones:

- Es importante dosificar adecuadamente la materia prima para mantener semejanza en todas las piezas de tabique y de esta manera no existan variaciones drásticas sobre su resistencia.
- Se recomienda tener un buen control de calidad en la elaboración de las piezas, evitando que agentes externos afecten las características físicas y mecánicas de los mampuestos.
- Es importante tomar en cuenta el uso de gaveras especiales con las dimensiones recomendadas en la norma NMX-C-404-ONNCCE.
- Ejecutar un control de calidad a la arcilla y a la arena cada vez que se explote el banco, debido a que, frecuentemente las condiciones de estas materias primas cambian por circunstancias de la naturaleza.
- Se sugiere realizar análisis profundo para obtener la composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.
- Para investigaciones futuras se debe realizar una microscopia electrónica de barrido para conocer los componentes del tabique adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar.
- Realizar un análisis de la mampostería con C.B.C.A., evaluando muros y pilas para el análisis de fallas probables y la respuesta ante el sismo, para tomar en cuenta en futuras investigaciones.
- Es recomendable analizar la pieza con alguna junta de mortero para conocer su desempeño respecto a la adherencia y otros factores estructurales.

- Hacer estudios de abrasión y exposición al tabique en el medio ambiente para realizar un análisis profundo respecto al intemperismo o meteorización del mampuesto.
- Ejecutar un análisis económico de la pieza, tomando en cuenta los factores que se interponen en su elaboración para poder analizar la factibilidad para introducirla al mercado.
- Evaluar el impacto social y comercial que podría tener el mampuesto.
- Realizar un sondeo en los ingenios azucareros cercanos a las tabiqueras para conocer su disponibilidad de donación de los residuos puzolánicos (C.B.C.A.) para la elaboración de mampuestos mejorados.

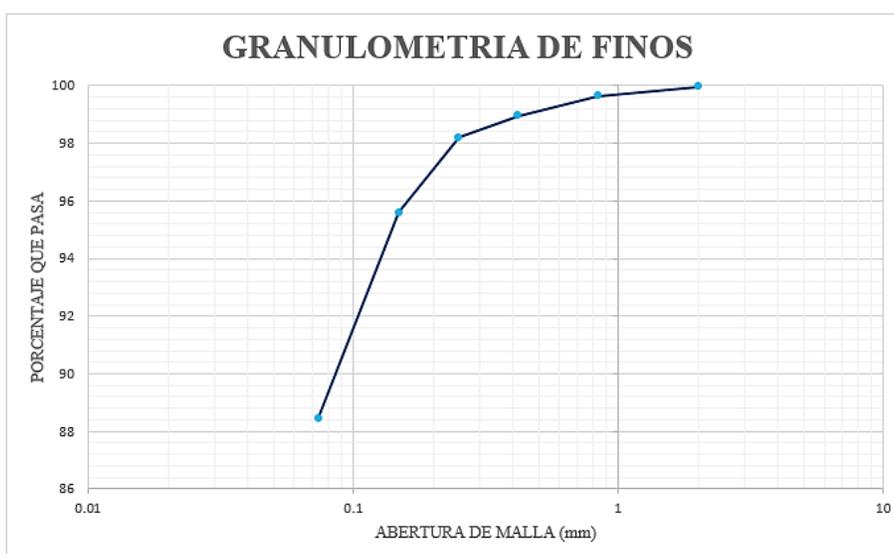
# ANEXOS

# ANEXO 1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS APLICADAS AL MATERIAL FINO

Anexo 1. 1 Tabla de la granulometría para finos por método de lavado

GRANULOMETRIA POR LAVADO PARA LA ELABORACIÓN DE TABIQUE						
Normatividad aplicada en la granulometría por método de lavado NMX-C-084-ONNCCE-2018						
Tabiquera:		Zamora				
Localización:		Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.				
Laboratorista (s):		Mariela Solano Miranda - Miguel Angel Arcos Guerrero				
No. Tamiz	Abertura de tamiz (mm)	Retenido parcial (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Pasa
10	2	0.1	0.10	0.05	0.05	99.95
20	0.84	0.5	0.60	0.25	0.3	99.7
40	0.42	1.4	2.00	0.7	1	99.0
60	0.25	1.5	3.50	0.75	1.75	98.2
100	0.149	5.2	8.70	2.6	4.35	95.6
200	0.074	14.3	23.00	7.15	11.5	88.45
Pasa 200		177.0	200.00	88.5	100	0
Total		200.0		100		

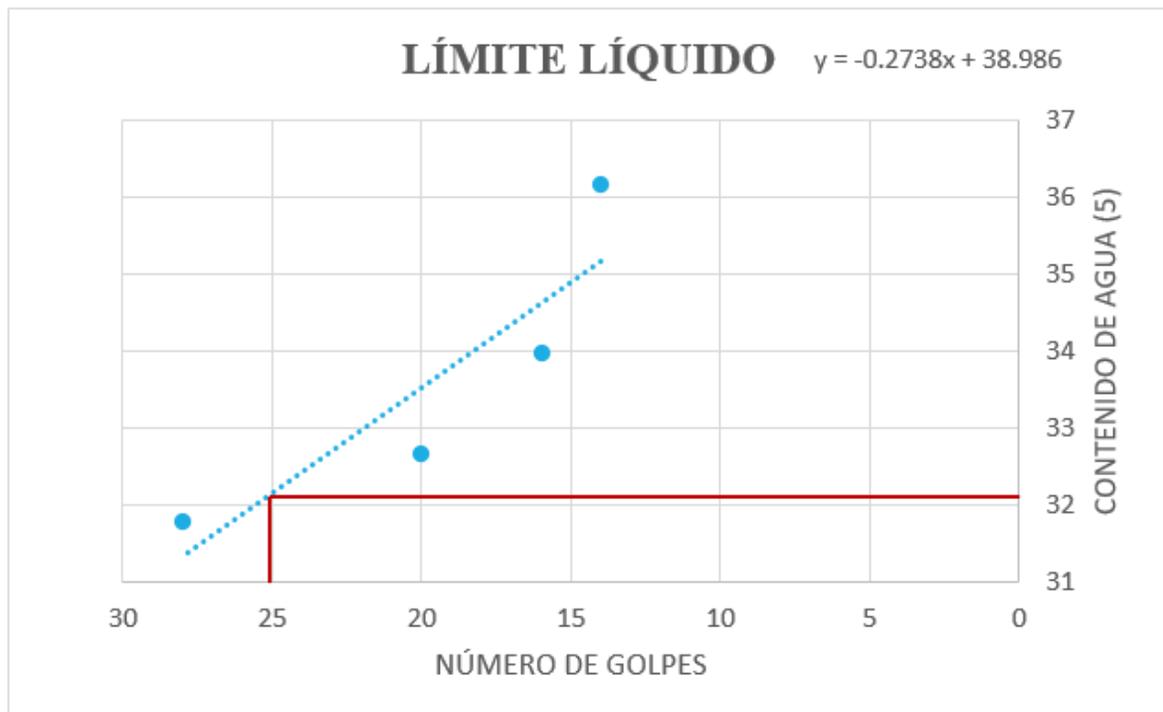
Anexo 1. 2 Curva granulométrica para material fino



Anexo 1. 3 Tabla de resultados obtenidos de la prueba de límite líquido aplicada al material fino

LÍMITE LÍQUIDO							
Normatividad aplicada para Límites de consistencia NMX-C-493-ONNCCE-2018							
Tabiguera:		Zamora					
Localización:		Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.					
Laboratorista (s):		Mariela Solano Miranda - Miguel Angel Arcos Guerrero					
Capsula No.	Número de golpes	Peso de la cápsula (gr)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (gr)	Peso de la cápsula + suelo seco (gr)	Peso del agua (gr)	Peso del suelo seco (gr)	Contenido del agua (%)
39	14	38.4	51.2	47.8	3.4	9.4	36.17
25	16	39.2	53	49.5	3.5	10.3	33.98
7	20	37.3	50.7	47.4	3.4	10.1	32.67
3	28	37.3	51.2	48	3.4	10.7	31.77

Anexo 1. 4 Gráfico representativo donde se muestran los datos del límite líquido



Anexo 1. 5 Tabla de resultados obtenidos de la prueba de límite plástico aplicada al material fino

<b>LIMITE PLÁSTICO</b>						
<b>Normatividad aplicada para Límites de consistencia NMX-C-493-ONNCCE-2018</b>						
<b>Tabiquera:</b>		<b>Zamora</b>				
<b>Localización:</b>		<b>Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.</b>				
<b>Laboratorista (s):</b>		<b>Mariela Solano Miranda - Miguel Angel Arcos Guerrero</b>				
<b>Capsula No.</b>	<b>Peso de la cápsula (gr)</b>	<b>Peso de la cápsula + suelo húmedo (gr)</b>	<b>Peso de la cápsula + suelo seco (gr)</b>	<b>Peso del agua (gr)</b>	<b>Peso del suelo seco (gr)</b>	<b>Contenido del agua (%)</b>
31	40.7	37.8	42.2	0.3	1.5	20
99	38.3	40.8	40.1	0.44	2.11	19.05

Anexo 1. 7 Resultados finales de límites de consistencia

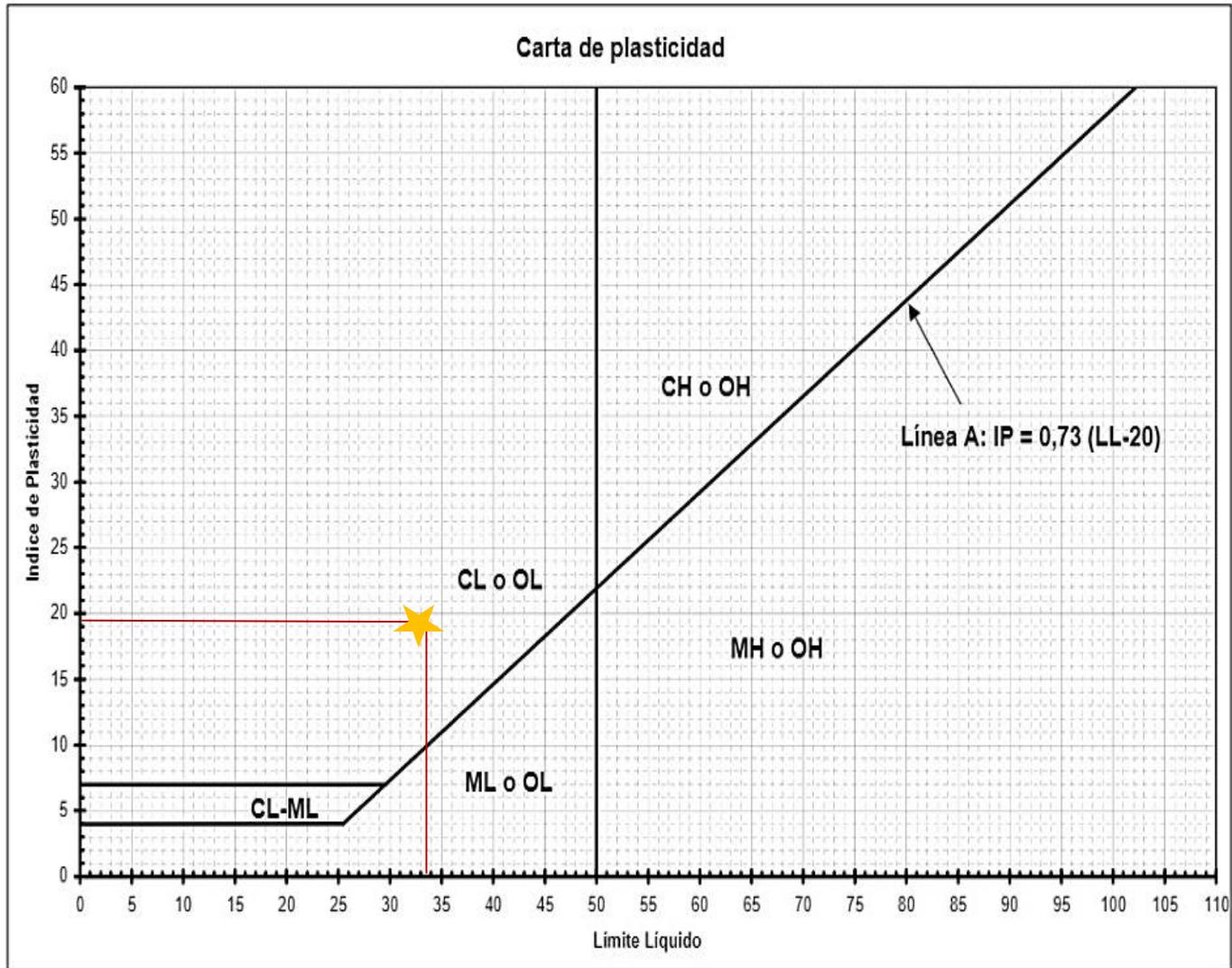
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
<b>WL (Límite líquido)</b>	<b>33.65%</b>
<b>WP (Límite plástico)</b>	<b>19.53%</b>
<b>IP (Índice de plasticidad)</b>	<b>14.12%</b>
<b>CLASIFICACIÓN DEL S.U.C.S.</b>	<b>OL</b>

Anexo 1. 6 Porcentaje de agregados obtenidos de la granulometría

<b>PORCENTAJE DE AGREGADOS</b>	
<b>Gravas</b>	<b>0%</b>
<b>Arenas</b>	<b>11.5%</b>
<b>Finos</b>	<b>88.5%</b>
<b>Total=</b>	<b>100%</b>

**TIPO DE SUELO= CL – ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD**

Anexo 1. 8 Gráfico de plasticidad para la clasificación de suelos de grano fino

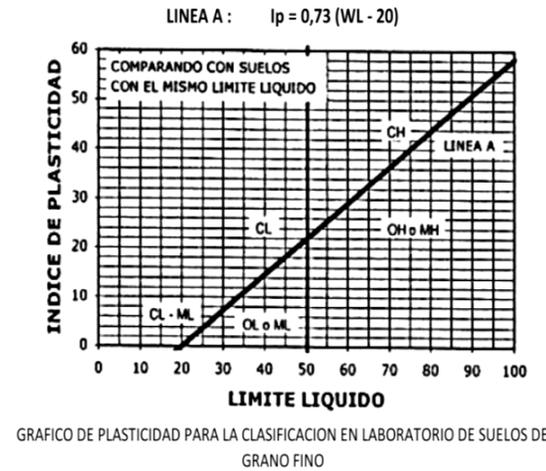


Anexo 1. 9 Tabla del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) utilizado para la descripción del tamaño de las partículas del suelo

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SIMBOLO DEL GRUPO	% PASA 0.008MM	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
SUELO DE GRANO GRUESO < 50% PASA 0.08MM (TAMIZ # 200)	GRAVAS < 50% PASA 0.05MM (TAMIZ # 4)	GRAVAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		GW	< 5	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 4 $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3 <b>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW (GP = Cu ≤ 6 y Cc &lt; 1 o Cc &gt; 3) - (GW = Cu &gt; 4 y Cc = 1 a 3)</b>		
			PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		GP		GRAVA MAL GRADUADA, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML, MAS ABAJO)		GM		GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA MAL GRADUADAS DE GRAVA ARENA Y LIMO			
			FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		GC		GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA			
	ARENAS > 50% PASA 0.05MM (TAMIZ # 4)	ARENAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		SW	< 5	ARENAS BIEN GRADUADA, ARENA CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 6 $Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3 <b>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW (SW = Cu &gt; 6 y Cc = 1 a 3) - (SP = Cu ≤ 6 y Cc &lt; 1 o Cc &gt; 3)</b>	
			PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS		SP		ARENA MAL GRADUADAS, ARENA CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
		ARENAS CON FINO (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)		SM		ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAS GRADUADA			
			FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)		SC		ARENAS ARCILLOSAS, MESZLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS			
	MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40									
	SUELO DE GRANO FINO > 50% PASA 0.08MM (TAMIZ # 200)	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATACION (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, PLOVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD			LINEA A: $I_p = 0,73 (WL - 20)$ 
			NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA		ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSA, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS			
			MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA		LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD			
LIGERA A MEDIA			LENTA	LIGERA						
LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50		LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	MH	LIMOS INORGANICAS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS				
		ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	CH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA				
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA				
SUELOS ALTAMENTE ORGANICAS		FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLO, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA		Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS					

UTILICESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:

GW, GP, SW, SP  
 GM, GS, SM, SC  
 CASOS LIMITES QUE REQUIERE EN EL EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES (GW-GC, GP-GM, SW-SW, SP-SC) = TAMIZ #200  
 MENOS DEL 5%  
 MAS DEL 12%  
 5% AL 12%



## ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS APLICADAS EN LA ARENA

### CÁLCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO DE LA ARENA

#### Características del molde troncocónico

Diámetros

- 80 mm Inferior (0.08 m)
- 40 mm superior (0.04 m)
- Altura = 60 mm (0.06 m)

#### Volumen del molde troncocónico

$$1) \text{Volumen} = \frac{h \cdot \pi}{3} (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

Donde:

- V = Volumen del molde troncocónico en  $m^3$
- A = Área del molde troncocónico en  $m^2$

$$2) A_L = \pi \cdot (R + r) \cdot g$$

$$A_T = \pi(g(R + r) + R^2 + r^2)$$

Siendo R el radio de la base inferior,  
r el radio superior y h la altura.

$$g = \sqrt{(0.05)^2 + (0.05 - 0.035)^2}$$

$$g = 0.0632$$

$$3) A_T = \pi(g(R + r) + R^2 + r^2)$$

$$A_T = \pi(0.0632(0.04 + 0.020) + 0.04^2 + 0.020^2)$$

$$A_T = 0.01819 \text{ m}^2$$

$$h = 50 \text{ mm} \approx 0.06 \text{ m}$$

$$4) \text{Volumen} = \frac{0.06 \cdot \pi}{3} (0.04^2 + 0.02^2 + 0.04 \cdot 0.02)$$

$$\text{Volumen} = 0.0001 \text{ m}^3$$

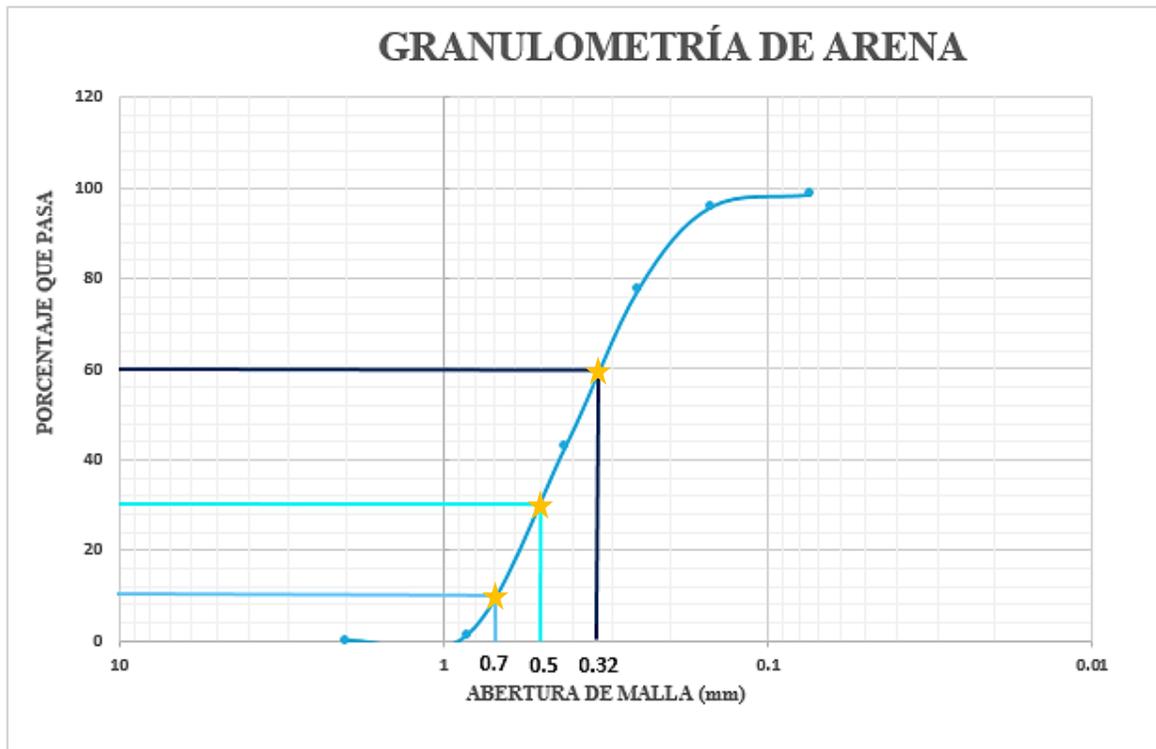
$$P.V.S.S. = \frac{(0.198 \text{ kg}) - (0.044 \text{ kg})}{0.0001 \text{ m}^3}$$

$$P.V.S.S. = 1530 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 1.53 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Anexo 2. 1 Resultados obtenido de la granulometría de arena para la elaboración de tabique

GRANULOMETRIA DE ARENA PARA LA ELABORACIÓN DE TABIQUE							
Tabiquera:		Zamora					Normatividad aplicada en la granulometría de Arenas NMX-C-077-ONNCE
Localización:		Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.					
Laboratorista (s):		Mariela Solano Miranda - Miguel Angel Arcos Guerrero					
No. Tamiz	Abertura de tamiz (mm)	Peso suelto retenido (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Pasa	FÓRMULA
10	2	0.000	0.00	0	0	100	$MF = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado}}{100}$
20	0.84	2.700	2.70	1.35	1.35	98.65	
40	0.42	82.800	85.50	41.4	42.75	57.25	
60	0.25	69.700	155.20	34.85	77.6	22.4	
100	0.149	36.400	191.60	18.2	95.8	4.2	
200	0.074	5.400	197.00	2.7	98.5	1.5	
Pasa 200		3.000	200.00	1.5	100	0	
Total		200		100			

Anexo 2. 2 Gráfico donde se muestra la curva granulométrica para la arena



## CÁLCULO DE MÓDULO DE FINURA

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

*Fórmula 8. 1 Módulo de finura*

$$M.F. = \frac{\sum(1.35 + 42.75 + 77.6 + 95.8)}{100}$$

$$M.F. = \frac{\sum(217.5)}{100}$$

$$M.F. = 2.175$$

## CLASIFICACIÓN DEL SUELO

D <sub>10</sub> =	0.7
D <sub>30</sub> =	0.5
D <sub>60</sub> =	0.32

*Coefficiente de uniformidad*

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

*Fórmula 8. 2 Coeficiente de uniformidad*

$$C_u = \frac{0.32}{0.7}$$

$$C_u = 0.46$$

*Coefficiente de curvatura*

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

*Fórmula 8. 3 Coeficiente de curvatura*

$$C_c = \frac{(0.5)^2}{0.7 * 0.32}$$

$$C_c = 1.12$$

## OBTENCIÓN DE ABSORCIÓN Y DENSIDAD

### DATOS

$$\text{Peso (Agua + Charola)} = 495 \text{ gr}$$

$$\text{Charola + Agua + Agregado} = 965 \text{ gr}$$

$$\text{Material Seco Suelto} = 500 \text{ gr}$$

$$\text{Peso del material seco} = 497.5 \text{ gr}$$

$$\text{Elevación} = 392$$

### DENSIDAD

$$D = \frac{\text{Peso del material seco}}{\text{Volumen desalojado}}$$

*Fórmula 8. 4 Fórmula para el cálculo de densidad*

$$\text{Densidad} = 500 \text{ gr}$$

$$\text{Volumen} = 392 \text{ cm}^3$$

$$D = \frac{500}{392}$$

$$D = 1.28 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

### ABSORCIÓN

$$W = \frac{\text{Peso del agua absorbida}}{\text{peso de la muestra seca}} * 100$$

*Fórmula 8. 5 Fórmula para el cálculo de la absorción del material*

$$500 - 497.5 = 2.5$$

$$W = \frac{2.5}{297.5} * 100$$

$$W\% = 0.84\%$$

## ANEXO 3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LAS PIEZAS ENSAYADAS

Anexo 3. 1 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas control

<b>TABIQUES DIMENSIONADOS SIN C.B.C.A. NMX-C-038-ONNCCE-2013</b>				
<b>Número</b>	<b>Clave</b>	<b>Soga</b>	<b>Tizón</b>	<b>Grueso</b>
1	MED 1	22.5	12.0	5.0
2	MED 2	23.0	12.5	5.0
3	MED 3	23.0	12.5	5.0
4	MED 4	23.1	12.6	5.1
5	MED 5	22.9	12.5	5.2
6	MED 6	23.1	12.5	5.0
7	MED 7	22.5	12.0	5.0
8	MED 8	22.0	12.0	5.1
9	MED 9	22.8	12.2	5.0
10	MED 10	23.0	12.0	5.0
<b>PROMEDIO</b>		<b>22.8</b>	<b>12.3</b>	<b>5.0</b>

Anexo 3. 2 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 2% de C.B.C.A.

<b>TABIQUES DIMENSIONADOS 2% C.B.C.A. NMX-C-038-ONNCCE-2013</b>				
<b>Número</b>	<b>Clave</b>	<b>Soga</b>	<b>Tizón</b>	<b>Grueso</b>
1	CBC02-1	23.0	12.1	5.4
2	CBC02-2	22.4	12.3	5.5
3	CBC02-3	22.8	12.2	5.0
4	CBC02-4	22.7	12.3	5.5
5	CBC02-5	22.9	12.4	5.0
6	CBC02-6	23.0	12.1	5.5
7	CBC02-7	22.7	12.2	5.0
8	CBC02-8	22.8	12.3	5.1
9	CBC02-9	22.8	12.3	5.0
10	CBC02-10	23.0	12.1	5.1
<b>PROMEDIO</b>		<b>22.8</b>	<b>12.2</b>	<b>5.2</b>

Anexo 3. 3 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 3% de C.B.C.A.

<b>TABIQUES DIMENSIONADOS 3% C.B.C.A. NMX-C-038-ONNCCE-2013</b>				
<b>Número</b>	<b>Clave</b>	<b>Soga</b>	<b>Tizón</b>	<b>Grueso</b>
1	CBC03-1	22.9	12.4	5.4
2	CBC03-2	22.8	12.5	5.4
3	CBC03-3	23.0	12.5	5.2
4	CBC03-4	22.4	12.3	5.5
5	CBC03-5	23.0	12.5	5.3
6	CBC03-6	22.4	12.2	5.4
7	CBC03-7	22.3	12.1	5.3
8	CBC03-8	22.8	12.5	5.3
9	CBC03-9	22.7	12.3	5.1
10	CBC03-10	22.9	12.5	5.1
<b>PROMEDIO</b>		<b>22.7</b>	<b>12.4</b>	<b>5.3</b>

Anexo 3. 4 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 4% de C.B.C.A.

<b>TABIQUES DIMENSIONADOS 4% C.B.C.A. NMX-C-038-ONNCCE-2013</b>				
<b>Número</b>	<b>Clave</b>	<b>Soga</b>	<b>Tizón</b>	<b>Grueso</b>
1	CBC04-1	23.0	12.3	5.0
2	CBC04-2	23.2	12.5	5.5
3	CBC04-3	22.9	12.5	5.3
4	CBC04-4	23.0	12.2	5.4
5	CBC04-5	23.0	12.4	5.5
6	CBC04-6	23.1	12.5	5.5
7	CBC04-7	23.0	12.1	5.2
8	CBC04-8	22.9	12.5	5.4
9	CBC04-9	22.8	12.6	5.2
10	CBC04-10	23.0	12.5	5.3
<b>PROMEDIO</b>		<b>23.0</b>	<b>12.4</b>	<b>5.3</b>

Anexo 3. 5 Resultados obtenidos del dimensionamiento de las piezas adicionadas con 6% de C.B.C.A.

<b>TABIQUES DIMENSIONADOS 6% C.B.C.A. NMX-C-038-ONNCCE-2013</b>				
<b>Número</b>	<b>Clave</b>	<b>Soga</b>	<b>Tizón</b>	<b>Grueso</b>
1	CBC06-1	23.0	12.5	5.5
2	CBC06-2	23.2	12.2	5.8
3	CBC06-3	23.0	12.5	5.5
4	CBC06-4	22.8	12.6	5.6
5	CBC06-5	22.8	12.2	5.0
6	CBC06-6	22.9	12.5	5.5
7	CBC06-7	22.7	12.4	5.5
8	CBC06-8	22.9	12.3	5.3
9	CBC06-9	22.8	12.6	5.2
10	CBC06-10	23.1	12.5	5.5
<b>PROMEDIO</b>		<b>22.9</b>	<b>12.4</b>	<b>5.4</b>

Anexo 3. 6 Dimensionamientos promedios de los tabiques ensayados (piezas control y adicionados)

<b>DIMENSIONAMIENTO PROMEDIO</b>				
<b>Número</b>	<b>Clave</b>	<b>Soga</b>	<b>Tizón</b>	<b>Grueso</b>
1	MED	22.8	12.3	5.0
2	CB02	22.8	12.2	5.2
3	CB03	22.7	12.4	5.3
4	CB04	23.0	12.4	5.3
5	CB06	22.9	12.4	5.4

**DATOS DE ABSORCIÓN APLICADA A TABIQUES CONTROL Y ADICIONADOS CON C.B.C.A.**

*Anexo 3. 7 Resultados obtenidos de las absorciones de los tabiques control*

<b>ABSORCIÓN DE TABIQUES CONTROL (NMX-C-037-ONNCCE-2013)</b>			
<b>PIEZA</b>	<b>PESO EN ESTADO SECO (gr)</b>	<b>PESO EN ESTADO HÚMEDO (gr)</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
MED1	2539	2935	15.60
MED2	2718	3149	15.86
MED3	2611	3051	16.85
MED4	2547	2934	15.19
MED5	2600	3028	16.46
<b>PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN=</b>			<b>15.99</b>

*Anexo 3. 8 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 2% de C.B.C.A.*

<b>ABSORCIÓN DE TABIQUES CON 2% DE C.B.C.A. (NMX-C-037-ONNCCE-2013)</b>			
<b>PIEZA</b>	<b>PESO EN ESTADO SECO (gr)</b>	<b>PESO EN ESTADO HÚMEDO (gr)</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
CB02-1	2455	3046	24.07
CB02-2	2544	3129	22.995
CB02-3	2450	3039	24.041
CB02-4	2543	3134	23.240
CB02-5	2536	3126	23.265
<b>PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN=</b>			<b>23.52</b>

Anexo 3. 9 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 3% de C.B.C.A.

<b>ABSORCIÓN DE TABIQUES CON 3% DE C.B.C.A. (NMX-C-037-ONNCCE-2013)</b>			
<b>PIEZA</b>	<b>PESO EN ESTADO SECO (gr)</b>	<b>PESO EN ESTADO HÚMEDO (gr)</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
CB03-1	2455	2963	20.69
CB03-2	2530	3040	20.16
CB03-3	2450	2959	20.78
CB03-4	2510	3013	20.04
CB03-5	2505	3020	20.56
<b>PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN=</b>			<b>20.44</b>

Anexo 3. 10 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 4% de C.B.C.A.

<b>ABSORCIÓN DE TABIQUES CON 4% DE C.B.C.A. (NMX-C-037-ONNCCE-2013)</b>			
<b>PIEZA</b>	<b>PESO EN ESTADO SECO (gr)</b>	<b>PESO EN ESTADO HÚMEDO (gr)</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
CB04-1	2560	3080	20.31
CB04-2	2515	3013	19.80
CB04-3	2480	2995	20.77
CB04-4	2610	3120	19.54
CB04-5	2475	2970	20.00
<b>PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN=</b>			<b>20.08</b>

Anexo 3. 11 Resultados obtenidos de las absorciones a los tabiques adicionados con 6% de C.B.C.A.

<b>ABSORCIÓN DE TABIQUES CON 6% DE C.B.C.A. (NMX-C-037-ONNCCE-2013)</b>			
<b>PIEZA</b>	<b>PESO EN ESTADO SECO (gr)</b>	<b>PESO EN ESTADO HÚMEDO (gr)</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
CB06-1	2440	2965	21.52
CB06-2	2490	3010	20.88
CB06-3	2400	2922	21.75
CB06-4	2442	2938	20.31
CB06-5	2448	2948	20.42
<b>PROMEDIO DE % DE ABSORCIÓN=</b>			<b>20.98</b>

Anexo 3. 12 Resumen de los promedios de las absorciones obtenidas en las piezas control y los tabiques adicionados

<b>PROMEDIOS DE ABSORCIÓN</b>	
<b>PIEZA</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
MED	15.99
CB02	23.52
CB03	20.44
CB04	20.08
CB06	21.06

$$A = \frac{P_{mh} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100$$

Fórmula 8. 6 Cálculo de absorción del tabique

Donde:

$A$  = Absorción

$P_{mh}$  = Peso de la muestra húmeda

$P_{ms}$  = Peso de la muestra seca

<b>TABLA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A TABIQUES CONTROL</b>											
<b>Laboratorista:</b> Mariela Solano Mirando-Miguel Angel Arcos Guerrero								<b>Normativa :</b> NTC Mamposteria 2017 NMX-C-036-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE			
<b>Tabiguera:</b> Zamora											
<b>Localización:</b> Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.											
<b>Ensaye:</b> Dimensionamiento											
<i>Nota: Ensaye de piezas no modificadas y elaboradas en planta en condiciones normales obteniendo el muestreo en tabiguera Zamora</i>											
<b>Identificación</b>											
<b>D i m e n s i o n e s</b>	<b>Clave:</b>	<b>MED 1</b>	<b>MED 2</b>	<b>MED 3</b>	<b>MED 4</b>	<b>MED 5</b>	<b>MED 6</b>	<b>MED 7</b>	<b>MED 8</b>	<b>MED 9</b>	<b>MED 10</b>
	Soga (cm)	22.5	23.0	23.0	23.1	22.9	23.1	22.5	22.0	22.8	23.0
	Tizón (cm)	12.0	12.5	12.5	12.6	12.5	12.5	12.0	12.0	12.2	12.0
	Espesor (cm)	5.0	5.0	5.0	5.1	5.2	5.0	5.0	5.1	5.0	5.0
	Area de Tabla (cm <sup>2</sup> )	270.00	287.50	287.50	291.31	286.25	288.75	270.00	264.00	278.16	276.00
	Peso gr	2580	2740	2820	2920	2920	2760	2880	2660	2720	2600
	Volumen (cm <sup>3</sup> )	1350.0	1437.5	1437.5	1485.7	1488.5	1443.8	1350.0	1346.4	1390.8	1380.0
	Peso volumetrico	1.91111111	1.906087	1.9617391	1.9654152	1.9617064	1.9116883	2.1333333	1.9756387	1.9557089	1.884058
<b>Ensaye de resistencia a la compresión</b>	Resistencia en kg	22180	13050	15300	21630	18690	13950	18500	22100	16630	15210
	Resistencia de diseño referido a el area fp=kg/cm <sup>2</sup>	82.1	45.4	53.2	74.3	65.3	48.3	68.5	83.7	59.8	55.1

Anexo 3. 14 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas control ensayadas para fines de diseño estructural

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PIEZAS PARA FINES DE DISEÑO ESTRUCTURAL</b>			
Resistencia de diseño referido al área	Media de la resistencia a compresión referida al	Coficiente de variación de las piezas	Resistencia a la compresión para fines de
$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$
82.1	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{10}$	0.35	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5 C_p}$
45.4			
53.2			
74.3			
65.3			
48.3			
68.5			
83.7			
59.8			
55.1			
635.7364671	63.57364671		33.91
Resultados			
$f_p^*$		33.91	kg/cm <sup>2</sup>

Anexo 3. 15 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 2% de C.B.C.A.

<b>TABLA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A TABIQUES CON 2% DE C.B.C.A.</b>											
<b>Laboratorista:</b> Mariela Solano Mirando-Miguel Angel Arcos Guerrero								<b>Normativa :</b> NTC Mamposteria 2017 NMX-C-036-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE			
<b>Tabiguera:</b> Zamora											
<b>Localización:</b> Rancho del Padre, Medellin de Bravo, Ver.											
<b>Ensaye:</b> Dimensionamiento											
<i>Nota: Ensaye de piezas adicionadas con C.B.C.A., elaboradas en planta en la tabiguera Zamora</i>											
Identificación											
D i m e n s i o n e s	Clave:	CBC02-1	CBC02-2	CBC02-3	CBC02-4	CBC02-5	CBC02-6	CBC02-7	CBC02-8	CBC02-9	CBC02-10
	Soga (cm)	23.0	22.4	22.8	22.7	22.9	23.0	22.7	22.8	22.8	23.0
	Tizón (cm)	12.1	12.3	12.2	12.3	12.4	12.1	12.2	12.3	12.3	12.1
	Espesor (cm)	5.4	5.5	5.0	5.5	5.0	5.5	5.0	5.1	5.0	5.1
	Area de Tabla (cm <sup>2</sup> )	278.30	275.52	278.16	279.21	283.96	278.30	276.94	280.44	280.44	278.30
	Peso gr	2580	2740	2820	2920	2920	2760	2880	2660	2720	2600
	Volumen (cm <sup>3</sup> )	1502.8	1515.4	1390.8	1535.7	1419.8	1530.7	1384.7	1430.2	1402.2	1419.3
Peso volumetrico	1.7167725	1.8081512	2.02761	1.9014688	2.0566277	1.8031555	2.0798729	1.8598225	1.9398089	1.8318502	
Ensaye de resistencia a la compresión	Resistencia en kg	19350	18990	19500	20210	19400	19650	20350	19600	18900	19300
	Resistencia de diseño referido a el area fp=kg/cm <sup>2</sup>	69.5	68.9	70.1	72.4	68.3	70.6	73.5	69.9	67.4	69.3

Anexo 3. 16 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 2% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PIEZAS PARA FINES DE DISEÑO ESTRUCTURAL			
Resistencia de diseño referido al área	Media de la resistencia a compresión referida al	Coficiente de variación de las piezas	Resistencia a la compresión para fines de
$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$
69.5	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{10}$	0.35	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5 C_p}$
68.9			
70.1			
72.4			
68.3			
70.6			
73.5			
69.9			
67.4			
69.3			
699.9820836			
Resultados			
$f_p^*$		37.33	kg/cm <sup>2</sup>

Anexo 3. 17 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 3% de C.B.C.A.

<b>TABLA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A TABIQUES CON 3% DE C.B.C.A.</b>											
<b>Laboratorista:</b> Mariela Solano Mirando-Miguel Angel Arcos Guerrero								<b>Normativa :</b> NTC Mamposteria 2017 NMX-C-036-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE			
<b>Tabiguera:</b> Zamora											
<b>Localización:</b> Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.											
<b>Ensaye:</b> Dimensionamiento											
<i>Nota: Ensaye de piezas adicionadas con C.B.C.A., elaboradas en planta en la tabiguera Zamora</i>											
Identificación											
D i m e n s i o n e s	Clave:	CBC03-1	CBC03-2	CBC03-3	CBC03-4	CBC03-5	CBC03-6	CBC03-7	CBC03-8	CBC03-9	CBC03-10
	Soga (cm)	22.9	22.8	23.0	22.4	23.0	22.4	22.3	22.8	22.7	22.9
	Tizón (cm)	12.4	12.5	12.5	12.3	12.5	12.2	12.1	12.5	12.3	12.5
	Espesor (cm)	5.4	5.4	5.2	5.5	5.3	5.4	5.3	5.3	5.1	5.1
	Area de Tabla (cm <sup>2</sup> )	283.96	285.00	287.50	275.52	287.50	273.28	269.83	285.00	279.21	286.25
	Peso gr	2580	2740	2820	2920	2920	2760	2880	2660	2720	2600
	Volumen (cm <sup>3</sup> )	1533.4	1539.0	1495.0	1515.4	1523.8	1475.7	1430.1	1510.5	1424.0	1459.9
	Peso volumetrico	1.6825531	1.7803769	1.8862876	1.9269349	1.9163249	1.8702836	2.0138466	1.7610063	1.9101513	1.7809744
Ensaye de resistencia a la compresión	Resistencia en kg	19900	18820	19400	20750	19960	20763	19898	20150	20100	20970
	Resistencia de diseño referido a el area fp=kg/cm <sup>2</sup>	70.1	66.0	67.5	75.3	69.4	76.0	73.7	70.7	72.0	73.3

Anexo 3. 18 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 3% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PIEZAS PARA FINES DE DISEÑO ESTRUCTURAL</b>						
Resistencia de diseño referido al área	Media de la resistencia a compresión referida al	Coficiente de variación de las piezas	Resistencia a la compresión para fines de			
$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$			
70.1	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{10}$	0.35	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5 C_p}$			
66.0						
67.5						
75.3						
69.4						
76.0						
73.7						
70.7						
72.0						
73.3						
713.9998343				71.39998343		38.08
Resultados						
$f_p^*$	38.08		kg/cm <sup>2</sup>			

Anexo 3. 19 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 4% de C.B.C.A.

<b>TABLA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A TABIQUES CON 4% DE C.B.C.A.</b>											
<b>Laboratorista:</b> Mariela Solano Mirando-Miguel Angel Arcos Guerrero								<b>Normativa :</b> NTC Mamposteria 2017 NMX-C-036-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE			
<b>Tabiguera:</b> Zamora											
<b>Localización:</b> Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver.											
<b>Ensaye:</b> Dimensionamiento											
<i>Nota: Ensaye de piezas adicionadas con C.B.C.A., elaboradas en planta en la tabiguera Zamora</i>											
Identificación											
D i m e n s i o n e s	Clave:	CBC04-1	CBC04-2	CBC04-3	CBC04-4	CBC04-5	CBC04-6	CBC04-7	CBC04-8	CBC04-9	CBC04-10
	Soga (cm)	23.0	23.2	22.9	23.0	23.0	23.1	23.0	22.9	22.8	23.0
	Tizón (cm)	12.3	12.5	12.5	12.2	12.4	12.5	12.1	12.5	12.6	12.5
	Espesor (cm)	5.0	5.5	5.3	5.4	5.5	5.5	5.2	5.4	5.2	5.3
	Area de Tabla (cm <sup>2</sup> )	282.90	290.00	286.25	280.60	285.20	288.75	278.30	286.25	287.28	287.50
	Peso gr	2580	2740	2820	2920	2920	2760	2880	2660	2720	2600
	Volumen (cm <sup>3</sup> )	1414.5	1595.0	1517.1	1515.2	1568.6	1588.1	1447.2	1545.8	1493.9	1523.8
Peso volumetrico	1.8239661	1.7178683	1.8587789	1.9270875	1.8615326	1.7378985	1.9901048	1.7208475	1.8207913	1.7063167	
Ensaye de resistencia a la compresión	Resistencia en kg	20500	23440	22560	23690	21650	21100	22900	21850	22360	20840
	Resistencia de diseño referido a el area fp=kg/cm <sup>2</sup>	72.5	80.8	78.8	84.4	75.9	73.1	82.3	76.3	77.8	72.5

Anexo 3. 20 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 4% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PIEZAS PARA FINES DE DISEÑO ESTRUCTURAL</b>			
Resistencia de diseño referido al área	Media de la resistencia a compresión referida al	Coficiente de variación de las piezas	Resistencia a la compresión para fines de
$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$
72.5	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{10}$	0.35	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5 C_p}$
80.8			
78.8			
84.4			
75.9			
73.1			
82.3			
76.3			
77.8			
72.5			
774.4526554			
Resultados			
$f_p^*$		41.30	kg/cm <sup>2</sup>

Anexo 3. 21 Determinación de las resistencias obtenidas en la prueba de compresión axial aplicada a los tabiques adicionados con 6% de C.B.C.A.

<b>TABLA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADA A TABIQUES CON 6% DE C.B.C.A.</b>											
<b>Laboratorista:</b> Mariela Solano Mirando-Miguel Angel Arcos Guerrero								<b>Normativa :</b> NTC Mamposteria 2017 NMX-C-036-ONNCCE NMX-C-404-ONNCCE			
<b>Tabiguera:</b> Zamora											
<b>Localización:</b> Rancho del Padre, Medellin de Bravo, Ver.											
<b>Ensaye:</b> Dimensionamiento											
<i>Nota: Ensaye de piezas adicionadas con C.B.C.A., elaboradas en planta en la tabiguera Zamora</i>											
<b>Identificación</b>											
D i m e n s i o n e s	Clave:	CBC06-1	CBC06-2	CBC06-3	CBC06-4	CBC06-5	CBC06-6	CBC06-7	CBC06-8	CBC06-9	CBC04-10
	Soga (cm)	23.0	23.2	23.0	22.8	22.8	22.9	22.7	22.9	22.8	23.1
	Tizón (cm)	12.5	12.2	12.5	12.6	12.2	12.5	12.4	12.3	12.6	12.5
	Espesor (cm)	5.5	5.8	5.5	5.6	5.0	5.5	5.5	5.3	5.2	5.5
	Area de Tabla (cm <sup>2</sup> )	287.50	283.04	287.50	287.28	278.16	286.25	281.48	281.67	287.28	288.75
	Peso gr	2580	2740	2820	2920	2920	2760	2880	2660	2720	2600
	Volumen (cm <sup>3</sup> )	1581.3	1641.6	1581.3	1608.8	1390.8	1574.4	1548.1	1492.9	1493.9	1588.1
	Peso volumetrico	1.6316206	1.6690708	1.7833992	1.8150535	2.0995111	1.7530766	1.8602969	1.7818255	1.8207913	1.6371507
Ensaye de resistencia a la compresión	Resistencia en kg	20400	21170	23686	20960	22095	22973	23677	22199	21420	23530
	Resistencia de diseño referido a el area fp=kg/cm <sup>2</sup>	71.0	74.8	82.4	73.0	79.4	80.3	84.1	78.8	74.6	81.5

Anexo 3. 22 Resistencias a la compresión obtenidas de las piezas adicionadas con 6% de C.B.C.A. ensayadas para fines de diseño estructural

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PIEZAS PARA FINES DE DISEÑO ESTRUCTURAL</b>			
Resistencia de diseño referido al área	Media de la resistencia a compresión referida al	Coficiente de variación de las piezas	Resistencia a la compresión para fines de
$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$
71.0	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{10}$	0.35	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5 C_p}$
74.8			
82.4			
73.0			
79.4			
80.3			
84.1			
78.8			
74.6			
81.5			
779.764358			
Resultados			
$f_p^*$	41.59		kg/cm <sup>2</sup>



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Misantla, Ver., **22/enero/2019.**

Asunto: **Carta de Presentación.**

**C. Héctor Ortega,**  
Propietario de la Tabiguera Ortega.  
Localidad Cementeras  
San Rafael, Veracruz.

Por este conducto, agradecemos el espacio brindado a estudiantes de Ingeniería Civil para la realización de prácticas que les permiten desarrollar su tesis de titulación. Aprovecho para presentar a sus finas atenciones al **Mtro. Oscar Moreno Vázquez**, docente de Ingeniería Civil, así como a los estudiantes **Mariela Solano Miranda**, con matrícula 162T0543, **Luis Francisco Morales Melgarejo**, matrícula 152T0533 y a **Jesús Ronaldo López Hernández**, matrícula 152T0525, quienes continuaran realizando muestreo de materiales y elaboración de piezas.

Sin otro particular, reciba cordiales saludos.

**ATENTAMENTE**  
"Excelencia Académica,  
para un Futuro de Calidad"

**Lic. Lidia Herrera Domínguez**  
Subdirectora de Vinculación



K.m. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, C.P. 93821  
Misantla, Veracruz. Tel: (235) 323 1545, Ext. 123, e-mail: [lidiaherrera@itsm.edu.mx](mailto:lidiaherrera@itsm.edu.mx)  
[www.itsm.edu.mx](http://www.itsm.edu.mx)



Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Misantla, Ver., **22/enero/2019**

Asunto: Carta de Presentación.

**C. Héctor Ortega,**  
Propietario de la Tabiguera Ortega.  
Localidad Cementeras  
San Rafael, Veracruz.

Por este conducto, agradecemos el espacio brindado a estudiantes de Ingeniería Civil para la realización de prácticas que les permiten desarrollar su tesis de titulación. Aprovecho para presentar a sus finas atenciones al Mtro. Oscar Moreno Vázquez, docente de Ingeniería Civil, así como a los estudiantes Mariela Solano Miranda, con matrícula 162T0543, Luis Francisco Morales Melgarejo, matrícula 152T0533 y a Jesús Ronaldo López Hernández, matrícula 152T0525, quienes continúan realizando muestreo de materiales y elaboración de piezas.

Sin otro particular, reciba cordiales saludos.

**ATENTAMENTE**  
"Excelencia Académica,  
para un Futuro de Calidad"

*Lidia Herrera Domínguez*  
**Lic. Lidia Herrera Domínguez**  
Subdirectora de Vinculación

*Tabiguera Ortega*  
*Héctor Ortega*



*Recibida 22/enero/19*  
*SI se acepta la laboración de las piezas*



K.m. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, C.P. 93821  
Misantla, Veracruz. Tel: (235) 323 1545, Ext. 123, e-mail: lidiaherrera@itsm.edu.mx  
[www.itsm.edu.mx](http://www.itsm.edu.mx)





Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Misantla, Ver., a 11 de abril de 2019
Oficio No. IC-O-003-19
Asunto: Préstamo de Equipo de Laboratorio

Ing. Zita Monserrat Juárez Reyes
Jefa de carrera de Ingeniería Civil
Presente

Por medio de la presente se le comunica a usted que dentro del periodo de vacaciones de semana santa 2019, los alumnos testistas ejecutarán prácticas de laboratorio en la Localidad Cementeras del municipio de San Rafael, Ver. Requiriendo equipo de laboratorio para el desarrollo de los trabajos de investigación., el equipo a utilizar es el siguiente

- Copa de Casagrande
Ranurador
Tamices No 4, 8,16,30,50,100,200 tapa y Charola

Con este equipo los alumnos podrán concluir con la tercera fase de prácticas de laboratorio, retornando el equipo el lunes 29 de abril de 2019. espero su pronta respuesta, sin más por el momento, le envío un cordial saludo

Atentamente
"Excelencia Académica,
para un Futuro de Calidad"

M.V.T. Oscar Moreno Vázquez
Catedrático de Ingeniería Civil

C.c.p. Archivo

Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite S/N, C.P. 93821, Misantla, Veracruz
Tel. 01 235 323 1545, Ext 125, e-mail: analliasosa@itsm.edu.mx
www.itsm.edu.mx

Handwritten signatures and stamps including 'Autorizado', 'RECEBIDO', '12/10/19', 'CATEDRÁTICO DE INGENIERÍA CIVIL', 'OSCAR MORENO VÁZQUEZ', 'SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA', and '25 ANIVERSARIO TEC MISANTLA'.



## Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Misantla, Ver., a 02 de julio de 2019

Oficio No. IC-O-008-19

Asunto: Solicitud de Material

### A QUIEN CORRESPONDA

Por este conducto comunico usted, que los alumnos:

No de control	Alumnos
162T0507	AILYN YURITSY HERNANDEZ CARRERA
162T0511	OSCAR HERRERA CASTILLO
162T0504	MAURICIO GONZALEZ BANDALA
162T0533	JOSELINNE ORTIZ GONZALEZ
162T0543	MARIELA SOLANO MIRANDA

Llevan a cabo un proyecto de investigación escolar, donde requieren el uso de ceniza de bagazo de caña como material alternativo en la fabricación de tabiques de barro rojo recocido en la zona de San Rafael, Veracruz. Esperando que ustedes como empresa pudieran proporcionar a los alumnos ceniza suficiente para su investigación. Esperando su buena respuesta, muchas gracias por su atención, le envié un cordial saludo

Atentamente

"Excelencia Académica,  
para un Futuro de Calidad"

M.V.T. Oscar Madero Vázquez  
Catedrático de Ingeniería Civil  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla



Ing. Zita Mercedes Juárez Reyes  
Jefa de Carrera de Ingeniería Civil  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla

C.c.p. Archivo

Km. 1.8 Carretera a Loma del Cobinitán, P. 9821, Misantla, Veracruz  
Tel. 01 235 323 1545, Ext 125, e-mail: analillasosa@itsm.edu.mx  
[www.itsm.edu.mx](http://www.itsm.edu.mx)

INGENIO AZUCARERO MODELO  
S.A. DE C.V.  
**RECIBIDO**  
04 JUL. 2019  
DEPTO. DE CONEXION





## Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Misantla, Ver., a 10 de noviembre de 2020  
Oficio No. IC-O-020-20  
Asunto: Proyectos de Tesis

Ing. Eita Monserrat Juárez Reyes  
Jefa de Carrera de Ingeniería Civil  
Presente

Por medio de la presente, me dirijo a usted de la manera más cordial, para informarle que el día viernes 13 de noviembre de 2020, tendré una visita de campo con los alumnos tesisistas a la ciudad de Medellín de Bravo, Ver. Debido a que, en San Rafael, Ver. por la pandemia tienen parada la producción de tabique y solo elaboran ocasionalmente, en cambio, en Medellín las tabiqueras están retomando su elaboración diaria, además las alumnas y el alumno se encuentran cerca de esta ciudad y les es más fácil trasladarse al punto.

La tabiquera ubicada en Medellín es una pequeña empresa la cual conozco de años, ellos nos han brindado parte de sus patios para que los alumnos puedan ejecutar los prototipos, prestando maquinaria y hornos que se usa en la elaboración y ejecución de las piezas de tabique mejorado, la persona encargada de la tabiquera es el Sr. Ventura Zamora en la Tabiquera denominada "Zamora" en la localidad de Rancho del Padre Mpio de Medellín de Bravo, Ver.

Los alumnos están consientes y tienen permiso de sus tutores para asistir al lugar, donde yo personalmente los guiare y acompañaré. con esto estaríamos fabricando 3 prototipos. Que a continuación en la tabla se describe.

No	Alumnos	No de control	Tema:
1	Ángeles del Carmen Martínez Hernández – Mariela Reyes Vázquez	162T0521 162T0538	Diseño de Mezcla para la elaboración de prototipo de tabique adicionando sulfato de calcio.
2	Mariela Solano Miranda Miguel Ángel Arcos Guerrero	162T0543 162T0478	Propuesta para la fabricación de un prototipo de tabique de barro rojo recocido adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar



Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite S/N, C.P. 93821, Misantla, Veracruz

Tel. 01 235 323 1343

## Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Misantla, Ver., **26/noviembre/2020.**Asunto: **Solicitud de práctica de laboratorio.**

**C.P. RODOLFO GERARDO SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ,**  
GERENTE GENERAL, LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
PASEO DE LA ZAMORANA PONIENTE 675-A  
BOCA DEL RÍO, VER.

*Estimado Contador:*

Reciba cordiales saludos de la comunidad tecnológica. El motivo del presente, es solicitar su valioso apoyo para que cinco estudiantes de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, realicen pruebas de: cabeceo de piezas de mampostería, resistencia a la compresión axial del tabique, dimensionamiento de la pieza de tabique, y absorción y densidad de la pieza de tabique, como parte del desarrollo de su trabajo de tesis bajo la asesoría del Mtro. Oscar Moreno Vázquez.

Los estudiantes que acudirán son:

Estudiante	Matrícula
Ángeles del Carmen Martínez Hernández	162T0521
Mariela Reyes Vázquez	162T0538
Mariela Solano Miranda	162T0543
Miguel Ángel Arcos Guerrero	162T0478
Guadalupe Hernández Romero	162T0510

La fecha propuesta para las prácticas son 30 de noviembre y 01 de diciembre del presente año, a partir de las 10:00 hrs.

Agradeciendo la atención y no dudando de contar con su apoyo, quedo a sus órdenes.

**ATENTAMENTE**

"Excelencia Académica, para un Futuro de Calidad"

Lic. Lidia Herrera Domínguez  
Subdirectora de Vinculación



## GLOSARIO

**Amasar:** Formar o hacer masa, mezclando harina, yeso, tierra o cosa semejante con agua u otro líquido.

**Artesanal:** Que está hecho a mano y siguiendo las técnicas tradicionales.

**C.B.C.A.:** Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

**Careada:** Comparar o confrontar una cosa con otra.

**Cerner/Cernir:** Separar con el cedazo o la criba la parte final de una materia reducida a polvo de las partes más gruesas, especialmente la harina del salvado.

**Confort:** Bienestar físico o material que proporcionan determinadas condiciones, circunstancias u objetos.

**Desmenuzar:** Deshacer o trocear algo en partes muy pequeñas, generalmente con las manos y sin utilizar ningún instrumento cortante.

**Disgregar:** Separar o desunir los elementos que forman un conjunto o las partes de una cosa.

**Enarenar:** Echar arena sobre una superficie cubriéndola.

**Espécimen:** Muestra, modelo o ejemplar que tiene las cualidades o características que se consideran representativas de la especie a la que pertenece.

**Estibar:** Distribuir de manera adecuada la carga de una embarcación.

**Excedente:** Cantidad que excede.

**Forticar:** Hacer fuerte un lugar con obras de defensa.

**Gavera:** Recipiente con compartimentos para hacer cubos.

**Hiladas:** Serie horizontal de ladrillos o piedras que se van poniendo en un edificio.

**Homogeneizar:** Transformar en homogénea una cosa compuesta de elementos diversos o hacer que cosas diversas tengan características homogéneas.

**Mampostería:** Se conoce como el sistema tradicional de construcción que consiste en formar muros, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que lo componen, estos pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas, etc.

**Mampuesto:** Piedra sin labrar, que se emplea para la construcción de mampostería.

**Pasta:** Mezcla de arcilla y otros ingredientes susceptibles de ser quemados que sirve para fabricar los ladrillos.

**Perpiaño:** Piedra que atraviesa todo el grosor de una pared.

**Pórtico:** Estructura exterior de un edificio monumental que forma un acceso cubierto a la puerta de entrada y se apoya sobre columnas.

**Recocido:** Proceso de tratamiento térmico utilizado para reducir la dureza, aumentar la ductilidad y ayudar a eliminar las tensiones internas.

**Ripio:** Es una noción que proviene de replēre, un término latino que se traduce como “rellenar”. El concepto suele emplearse para nombrar al relleno que se realiza con trozos pequeños de piedra, ladrillo, grava y otros materiales para pavimentar un camino o cubrir un hueco.

**SARS-COV2:** Virus que causa una enfermedad respiratoria llamada enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19).

**Sedimento:** Todo aquel material formado por partículas o granos sin consolidar que hay sobre la superficie terrestre y que es consecuencia de un conjunto de procesos naturales.

**Tabique:** Pieza elaborada a partir de arcillas, extruidas o comprimidas, mediante un proceso de cocción o de concreto. Puede ser macizo, hueco o multiperforados este se emplea en la construcción de muros de mampostería.

**Tabiquera:** Sitio designado a la manufacturación de ladrillos o tabiques.

**Viscoso:** Que es espeso y pegajoso.

**Vitrocerámico:** Materia semejante a los productos cerámicos, obtenida mediante la tecnología del vidriado. Posee una gran resistencia mecánica.

## REFERENCIAS

- Albañiles*. (2014). Obtenido de <https://www.albaniles.org/albanileria/ladrillos-calidad-tipos-y-usos/>
- Arkiplus. (2020). *Tipos de arenas*. Recuperado el 2021, de <https://www.arkiplus.com/tipos-de-arena/>
- Arquitectura. (2015). *Tipos de muros de mampostería*. Obtenido de <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/20435.html#>
- BARRANZUELA LESCANO, J. (2014). PROCESO PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS DE ARCILLA PRODUCIDOS EN LA REGIÓN PIURA. *UNIVERSIDAD DE PIURA*, 95.
- Barrios, C. (2015). *Claudio Barrios*. Obtenido de <https://claudiobarrios.com/ladrillo/ladrillo-de-adobe/>
- Caliescribe*. (2019). Obtenido de <https://caliescribe.com/es/19092020-1653/medioambiente/19899-medioambiente/reducidas-quemas-de-cana-en-el-valle-del-cauca>
- Carolina. (15 de 01 de 2019). *Fachadas casas*. Obtenido de <https://fachadascasas.com/fachadas/fachadas-con-piedra/>
- Cibao, C. (18 de 01 de 2018). *Cementoscibao*. Obtenido de <https://www.cementoscibao.com/arena-sus-tipos-y-sus-clasificaciones/>
- Consiglieri, G. C. (2021). *Publicar gratis*. Obtenido de <https://lima-city.publicargratis.pe/arenas-cuarzosas-gravas-y-gravillas-para-la-elaboracion-de-pavimentos-id-2810>
- Cuando visitar*. (2019). Recuperado el 11 de 04 de 2021, de <https://www.cuandovisitar.com.mx/mexico/rancho-del-padre-2681587/>
- Decor, A. (08 de 2019). *Aviary Decor*. Obtenido de <https://es.aviarydecor.com/4706-decorating-the-walls-in-the-living-room-decorative-st.html>
- Decorex Pro. (2019). *Decorex Pro*. Obtenido de <https://es.decorexpro.com/kirpich/dekorativnyj-dlya-vnutrennej-otdelki/>
- DÍAZ CANEJA, J. P. (2016). *GUÍA INTERACTIVA PARA ENCONTRAR TRABAJO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de <https://jobtoday.com/es/blog/guia-para-encontrar-trabajo-en-el-sector-construccion/>
- ECN. (2019). Obtenido de <https://ecnautomation.com/proceso-de-clarificacion-del-jugo-de-cana/>
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. (s.f.). Recuperado el 2021 de 02 de 17, de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30105a.html>

- Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.* (2019). Recuperado el 2021 de 02 de 17, de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30105a.html>
- Escobar, C. (2020). *Portafolio digital tecnología de la construcción I*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecno1christianescobar/4-mamposteria/mamposteria-concertada>
- Ferrex. (2020). *Materiales para construcción*. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de <https://www.materialesparaconstruccion.com.mx/block-y-tabique/tabique-rojo-recocido/>
- Flickr. (2020). Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/arenasdelmundo/4363075511/galleries/>
- Freepik. (2021). Obtenido de [https://www.freepik.es/fotos-premium/vista-playa-arena\\_2488579.html](https://www.freepik.es/fotos-premium/vista-playa-arena_2488579.html)
- G., J. (2019). *Materiales Alicante*. Obtenido de <https://www.pinterest.es/pin/864620828434872961/>
- Gobierno de estado de Veracruz. (2016). *Cuardenillos municipales (Medellín)*. Veracruz.
- Google Maps. (2021). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Rancho+del+Padre/@19.0542282,-96.1950373,2526m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x85c369f0a9f774f3:0x87f455b5ef92dd73!8m2!3d19.055152!4d-96.1953916>
- Google Maps. (2021). Obtenido de <https://www.google.com/maps/dir/Fraccionamiento+Puente+Moreno,+Ver./Rancho+del+Padre,+Unnamed+Road,+Ver./Medell%C3%ADn,+Veracruz/@19.0811704,-96.2074152,12014m/data=!3m2!1e3!4b1!4m20!4m19!1m5!1m1!1s0x85c3421e9d9b3a63:0xd59e0ba8c4c18ae0!2m2!1d-96.1566754!2d>
- Google Maps. (2021). Obtenido de <https://www.google.com.mx/maps/place/19%C2%B003'49.8%22N+96%C2%B010'42.0%22W/@19.0639524,-96.1778467,188m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x0:0x0!7e2!8m2!3d19.0638362!4d-96.1783351>
- Google Maps. (2021). Obtenido de <https://www.google.com.mx/maps/place/18%C2%B058'11.9%22N+96%C2%B007'30.5%22W/@18.9700679,-96.1249761,266m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x0:0x0!7e2!8m2!3d18.9699698!4d-96.1251272>
- Guerrero Gómez, G. (2017). *Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos*. Bogotá, Colombia: Tecnura.
- lingenio Azucarero El Modelo*. (2020). Obtenido de <http://ingenioelmodelo.com.mx/fabrica.html>

- IMCYC. (2013). RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS, TABICONES Y ADOQUINES. México.
- INAFED. (2020). *H. Ayuntamiento de Medellín*. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30105a.html>
- Irene, C. (2018). *Cerámica Irene*. Obtenido de [https://ceramicairene.com.py/?cirene\\_productos=laminado-curvo](https://ceramicairene.com.py/?cirene_productos=laminado-curvo)
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos Tomo I - Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Ladrillera mecanizada*. (2020). Obtenido de <http://www.ladrillramecanizada.com/producto/ladrillo-solido>
- López Hernández, J. R. (02 de 2020). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL TABIQUE ROJO RECODIDO DE LA ZONA DE SAN RAFAEL VERACRUZ, ADICIONANDO CEMENTO PORTLAND. Misantla, México.
- Mabesser Construcciones S.A. de C.V. (2016). *Mabesser Construcciones*. Obtenido de <https://ventas.mabesser.com/materiales-para-construccion.php?Arena-de-Mina>
- Máster Logística. (2020). *Tipos de arenas*. Recuperado el 2021, de <https://www.masterlogistica.es/cuales-son-los-tipos-de-arenas/>
- Mazinales. (04 de 02 de 2015). *Residuos agroindustriales sirven para producir cemento*. Obtenido de [http://agenciadenoticias.unal.edu.co/index.php?id=1937&L=2&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=66121&cHash=d417814310d0a983b6758123872867eb](http://agenciadenoticias.unal.edu.co/index.php?id=1937&L=2&tx_ttnews%5Btt_news%5D=66121&cHash=d417814310d0a983b6758123872867eb)
- Mendoza Sauza, Á., & Rangel Ochoa, D. A. (11 de 2014). FABRICACIÓN DE TABIQUE ROJO RECODIDO CON AGREGADO DE CENIZA VOLANTE. Querétaro, México.
- Nuestro México*. (2020). Recuperado el 11 de 04 de 2021, de <http://www.nuestro-mexico.com/Veracruz-de-Ignacio-de-la-Llave/Medellin/Rancho-del-Padre/>
- ONNCCE. (2005). BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES PARA USO ESTRUCTURAL, ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. *NMX-C-404-ONNCCE-2005*. México.
- Pixabay*. (17 de 08 de 2019). Obtenido de <https://pixabay.com/es/photos/playa-arena-conchas-de-mar-4662611/>
- Producción de azúcar*. (2020). Obtenido de <http://riconzabrosongoh.blogspot.com/2015/05/hola.html>
- Revista Arqhys. (12 de 2012). *Revista Arqhys*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/construcciones/pisos-ladrillo.html>
- Reyes, L. (2019). Remediación de suelos con residuos de caña de azúcar. *Milenio*.
- Rivera, S. E. (2020). *Proceso de Fabricación de azúcar*. Obtenido de <http://procesoazucar2.blogspot.com/2018/10/centrifugacion.html>

- Robelo Hurtado, B. A., & Gadhimi Brenes, R. d. (Noviembre de 2016). Propuesta de elaboración de ladrillo a base de arcilla para viviendas de la comunidad de Cerro Colorado del municipio de Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua. Managua, Nicaragua. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de <http://repositorio.uca.edu.ni/4338/1/UCANI4827.pdf>
- ROCAS Y MINERALES. (2016). *ROCAS Y MINERALES*. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de <https://www.rocasym minerales.net/mamposteria/>
- S.C.T. (2003). *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*. México.
- S.C.T. (2007). MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES. *LÍMITES DE CONSISTENCIA*. México.
- SAGARPA. (2020). Obtenido de <http://www.cndsca.gob.mx/mapa/>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2003). Muestreo de materiales para terracerías. México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2003). Secado, disgregado y cuarteo de muestras. México.
- Trinoko*. (24 de 03 de 2019). Obtenido de <http://trinoko.com/cuerpo/arena-de-construccion-para-plantas/>
- Vallegres. (23 de 07 de 2016). *Vallegres*. Obtenido de <https://www.vallegres.com/norma-tecnica-colombiana-ntc-4205-1/>
- Vista alegre materiales*. (2019). Obtenido de <http://vistaalegremateriales.com/producto/arena-de-mina-cribada-especial/>
- Yañes Valdes, L. Á. (2019). TECNOLOGÍAS DE MEJORAMIENTO DE LA CENIZA VOLANTE CON ALTOS CONTENIDOS DE CARBÓN Y SUS BENEFICIOS AL UTILIZAR CENIZA MEJORADA COMO ADICIÓN AL CEMENTO PORTLAND. Chile.
- Zea Osorio, N. L. (11 de 2005). CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES. Guatemala.