



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA**

---

## **ELABORACIÓN DE TABIQUE ROJO RECOCIDO A BASE DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y HARINA DE HUESO**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERIO CIVIL**

P R E S E N T A

**HERNÁNDEZ CARRERA AILYN YURITSY  
HERRERA CASTILLO OSCAR**

DIRECTOR:  
M.V.T. OSCAR MORENO VÁZQUEZ.

CODIRECTOR:  
M.V.T. PABLO JULIÁN LÓPEZ GONZÁLEZ.



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

FECHA: 18 de Junio de 2021.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS PROFESIONAL.

**A QUIEN CORRESPONDA:**

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

AILYN YURITSY HERNÁNDEZ CARRERA

pasante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL con No. de Control 162T0507 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:

**“ELABORACIÓN DE TABIQUE ROJO RECOCIDO A BASE DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR Y HARINA DE HUESO”**

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: 18 de Junio de 2021.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS PROFESIONAL.

A QUIEN CORRESPONDA:

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

OSCAR HERRERA CASTILLO

---

pasante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL con No. de Control 162T0511 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:

**“ELABORACIÓN DE TABIQUE ROJO RECOCIDO A BASE DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR Y HARINA DE HUESO”**

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.

## **AGRADECIMIENTOS.**

### ***AILYN YURITSY HERNÁNDEZ CARRERA.***

#### **A Dios.**

Le agradezco infinitamente por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

#### **A mi padres.**

Les agradezco infinitamente A mis padres Magdalena y Vicente quienes a través de su esfuerzo me dieron la oportunidad de superarme y me brindaron su apoyo incondicionalmente a lo largo de la carrera, gracias por animarme todos los días a no rendirme y culminar mis estudios, por inculcarme a ser una mujer capaz y darme los medios para ser una mejor persona, pero sobre todo por ofrecerme su cariño y comprensión.

#### **A mi compañero y amigo.**

Oscar Herrera Castillo le agradezco su empeño en este trabajo ya que en el quedo plasmado esfuerzo y dedicación, le agradezco por su apoyo y su comprensión a través de nuestra investigación, por haberme elegido como su compañera, por siempre mantenerse al pie del cañón recordándome la meta, agradezco a dios por haber contado con tan valiosa amistad a lo largo de esta travesía.

#### **A mi tío.**

David Hernández Y Aguilera le agradezco por motivarme hasta el último de sus días a superarme, a salir adelante y ser un orgullo para mis padres, por sus palabras de aliento y por inculcarme a ser una mujer preparada, sé que estará orgulloso de mi donde quiera que esté.

#### **A mi asesor.**

El M.V.T. Oscar Moreno Vázquez por brindarnos su apoyo y amistad a lo largo de este proyecto, por caminar de la mano junto a nosotros en cada proceso y orientarnos cada vez que lo necesitábamos, por sus enseñanzas y su gran desempeño laboral pues gracias a él hoy podemos culminar este trabajo

## **AGRADECIMIENTOS.**

### ***OSCAR HERRERA CASTILLO.***

#### **A Dios.**

Por permitirme seguir con vida y salud, por brindarme la inteligencia y sabiduría necesaria en todo momento de mi formación profesional, por nunca dejarme solo y siempre seguirme guiando en cada uno de mis pasos.

#### **A mi padres.**

A ti madre que a pesar de la pérdida de mi padre nunca te rendiste y seguiste luchando para darnos a mi y a mi hermano la oportunidad de obtener el medio de como defendernos en la vida laboral. Por nunca dejarme solo, por escucharme y animarme cada vez que pasaba por una decepción, por siempre apoyarme en cada decisión que he tomado, por cuidarme en la enfermedad, por abstenerte de ciertas cosas para que nunca me faltara nada, por eso y mucho más TE AGRADEZCO INFINITAMENTE eres la mejor mamá que alguien pueda desear. A ti papá que si bien no estas presente en forma física siempre te llevo en mi corazón, que desde el cielo me estas cuidando, a ti te dedico este triunfo en mi vida y espero estés orgulloso de mi, siempre seguiré tu ejemplo seré un buen hombre como tu lo hiciste con mi madre y por eso mismo también te estoy agradecido.

#### **A mi hermano.**

Te agradezco por cuidarme y siempre estar al pendiente de mi en todo momento, por escucharme y apoyarme durante estos años que teniendo nuestras diferencias se que contare contigo siempre.

#### **A mi familia.**

Les agradezco por todo el apoyo que me han brindado durante mis estudios, principalmente a mi abuelita Susana porque sin ella no tendría un techo donde vivir, que siempre has visto por nosotros y nunca nos has dejado con el estomago vacío.

#### **A mis amigos.**

Estoy eternamente agradecidos a ese circulo pequeño de personas que siempre han estado para mi les agradezco a ustedes Marilyn, Julián, Ailyn, Felipe, Josselinne, Mauricio y todas las personas buenas y malas que fueron parte de mi camino que no ser ellos no seria la persona que soy actualmente.

Y en especial al ingeniero y amigo **Oscar Moreno Vázquez** por ser el pilar fundamental de este trabajo, por ser el mejor mentor brindándome sus conocimientos y enseñanzas por todo eso y más GRACIAS.

## **RESUMEN.**

En esta investigación se evalúa el efecto de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar y la Harina de hueso en la resistencia de un tabique rojo recocido elaborado de manera artesanal, con el objetivo de investigar el potencial del uso de ambos materiales en la mampostería de la región, siendo estos, aditamentos que proponen aumentar la resistencia debido a sus propiedades puzolánicas. Estos materiales se adicionaron en porciones de 2%, 3%, 5% y 10% elaborando prototipos de diseño para analizar la variación que estos pudieran presentar.

Los resultados mostraron que la resistencia del tabique aumento en comparación a la resistencia común del tabique de la zona de San Rafael, y la zona de Medellín de Bravo, sin embargo, se mantuvo por debajo de la resistencia mínima establecida en la Norma NMX-C-404-ONNCCE-2005.

La elaboración del tabique fue realizada con medios rudimentarios, uno de los factores que influyo de manera directa en la aproximación del punto de quiebre de los prototipos en las pruebas de compresión axial fue el Cabeceo base yeso, pues este método no otorgó una superficie de apoyo completamente plana.

No obstante, los prototipos elaborados muestran que estos tabiques pueden ser utilizados en construcciones de fachadas y muros divisorios de casas habitación, pues denotan una resistencia mejor a la ya obtenida en los tabiques de la zona. Esta investigación es pionera para futuras investigaciones que pretendan utilizar las propiedades de la CBCA y la Harina de hueso en la Construcción pues son materiales con alto potencial para mejorar las características mecánicas de los materiales de la construcción.

# CONTENIDO

CAPITULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN. ....	1
1.1. INTRODUCCIÓN. ....	1
1.2. PROBLEMÁTICA. ....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN. ....	3
1.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN. ....	4
1.5. OBJETIVOS. ....	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL. ....	5
1.5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	5
1.6. HIPÓTESIS. ....	6
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES. ....	7
1.7.1. ALCANCES. ....	7
1.7.2. LIMITACIONES. ....	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO. ....	8
2.1 MAMPOSTERÍA. ....	8
2.1.1. PIEZAS DE MAMPOSTERÍA. ....	8
2.2. TABIQUE. ....	9
2.2.1. ANTECEDENTES DE LA PIEZA. ....	11
2.2.2. TIPOS DE FABRICACIÓN. ....	12
2.2.3. PROCESO DE FABRICACIÓN. ....	12
2.2.4. ENSAYES DE LABORATORIO APLICADOS AL TABIQUE. ....	17
2.3. SUELO. ....	20
2.3.2. TIPOS DE SUELOS. ....	20
2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS. ....	21
2.4. ARCILLAS. ....	26
2.4.1. COMPOSICIÓN DE LAS ARCILLAS. ....	27
2.4.2. PROPIEDADES DE LA ARCILLA. ....	27
2.4.3. ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE TABIQUES. ....	28
2.4.4. FORMACIONES ARCILLOSAS EN MÉXICO. ....	29
2.5. HUESO. ....	30
2.5.1. COMPOSICIÓN DEL HUESO. ....	31
2.5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS HUESOS. ....	32
2.6. HARINA DE HUESO. ....	33
2.6.1. CONTENIDO NUTRICIONAL. ....	33
2.6.2. PROCESO PRODUCTIVO. ....	35

2.6.3.	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL .....	37
2.7.	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA). .....	39
2.7.1.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE AZUCAR ESTANDAR. ....	39
2.7.2.	PRODUCCIÓN DE AZUCAR. ....	43
2.7.3.	DISTRIBUCIÓN NACIONAL DE LA CAÑA DE AZUCAR. ....	45
2.7.4.	USOS.....	46
2.7.5.	COMPOSICIÓN QUÍMICA. ....	47
CAPITULO III DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO. ....		48
3.1	DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	48
3.2.	LOCALIZACIÓN. ....	49
3.2.1.	MACROLOCALIZACIÓN. ....	49
3.2.2.	MICROLOCALIZACIÓN. ....	50
3.3.	CLIMA.....	51
3.4.	UBICACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL. ....	51
3.4.1.	BANCO DE ARCILLA. ....	51
3.4.2.	BANCO DE ARENA.....	51
3.5.	PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TABIQUE EN EL LUGAR DE ESTUDIO. ....	52
3.5.1.	EXTRACCIÓN. ....	52
3.5.2.	PREPARACIÓN DE LA MEZCLA. ....	53
3.5.3.	AMASADO Y MOLDEADO. ....	54
3.5.4.	SECADO Y ESTIVACIÓN PARA COCCIÓN. ....	55
3.5.5.	COCCIÓN.....	55
3.5.6.	ESTIVACIÓN PARA VENTA.....	56
CAPITULO IV METODOLOGIA DE PRUEBAS DE LABORATORIO. ....		57
4.1.	PRUEBAS DE LABORATORIO PARA ARENAS. ....	57
4.1.1.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA. ....	57
4.1.2.	PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.....	59
4.1.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO.....	61
4.1.4.	ABSORCIÓN Y DENSIDAD.....	64
4.2.	PRUEBAS DE LABORATORIO PARA ARCILLAS.....	70
4.2.1.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA. ....	70
4.2.2.	GRANULOMETRÍA POR LAVADO. ....	72
4.2.3	LIMITES DE ATTERBERG. ....	75
4.3	PRUEBAS DE LABORATORIO AL TABIQUE. ....	82
4.3.1.	DIMENSIONAMIENTO. ....	82

4.3.2.	ABSORCIÓN.....	83
4.3.3.	CABECEO.....	85
4.3.4.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.....	92
CAPITULO V PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO Y CBCA.....		94
5.1.	OBTENCION DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	94
5.1.1.	HARINA DE HUESO.....	94
5.1.2.	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR.....	98
5.2.	DISEÑO DE EXPERIMENTACIÓN.....	101
5.3.	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA.....	102
CAPITULO VI RESULTADOS.....		106
6.1.	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACIÓN A LA ARENA.....	106
6.2.	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACIÓN A LA ARCILLA.....	107
6.2.1.	CARTA DE PLASTICIDAD.....	107
6.3.	RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PIEZAS ELABORADAS Y CONVENCIONALES.....	108
6.3.1.	ABSORCION DE PIEZAS NORMA NMX-C-037-ONNCCE-2013.....	108
6.3.2.	DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS NORMA NMX-C-038-ONNCCE-2004.....	109
6.3.3.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADO A LAS PIEZAS NMX-C-036-ONNCCE-2013.....	110
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		112
7.1.	CONCLUSIONES.....	112
7.2.	RECOMENDACIONES.....	114
CAPITULO VIII ANEXOS.....		115
CAPITULO IX REFERENCIAS.....		144

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura II.1 Ladrillo tejar</i> .....	9
<i>Figura II.2 Ladrillo refractario</i> .....	10
<i>Figura II.3 Ladrillo vitrificado</i> .....	10
<i>Figura II.4 Palacios de la cultura Mesopotámica</i> . ....	11
<i>Figura II.5 Galletera de Hélice</i> . ....	13
<i>Figura II.6 Boquilla</i> .....	14
<i>Figura II.7 Prensa de vacío</i> . ....	14
<i>Figura II.8 Absorción máxima</i> .....	17
<i>Figura II.9 Resistencia a la compresión de piezas de mampostería</i> . ....	19
<i>Figura II.10 Clasificación SUCS</i> . ....	22
<i>Figura II.11 Clasificación AASHTO</i> .....	25
<i>Figura II.12 Depósitos arcillosos de México</i> . ....	29
<i>Figura II.13 Flujo de procesamiento de la harina de carne y hueso vacuno</i> . ....	36
<i>.Figura II.14 Germinación de semillas de caña de azúcar</i> . ....	39
<i>Figura II.15 Recepción de la caña transportada</i> .....	40
<i>Figura II.16 Desfibradora de caña</i> . ....	40
<i>Figura II.17 Calderas de combustión de bagazo de caña de azúcar</i> . ....	41
<i>Figura II.18 Silos de evaporación para obtener meladura</i> . ....	42
<i>Figura II.19 Templa formada en tachos de vacío</i> . ....	42
<i>Figura II.20 Productividad del campo cañero mexicano</i> . ....	44
<i>Figura II.21 Características agronómicas de la caña de azúcar</i> . ....	46
<i>Figura III.1 Estación de trabajo</i> . ....	48
<i>Figura III.2 Medellín de Bravo, Ver</i> . ....	49
<i>Figura III.3 Vista satelital de la estación de trabajo, Medellín de Bravo, Ver</i> . ....	49
<i>Figura III.4 Imagen satelital de la Tabiguera Zamora</i> . ....	50
<i>Figura III.5 Tabiguera Zamora ubicada en la comunidad del Rancho del Padre</i> .....	50
<i>Figura III.6 Imagen satelital de la comunidad de Los Robles (banco de arena)</i> . ....	51
<i>Figura III.7 Banco de material arcilloso</i> .....	52
<i>Figura III.8 Transporte de material</i> , .....	53
<i>Figura III.9 Reposo de la mezcla de barro</i> . ....	53
<i>Figura III.10 Preparación del lugar de trabajo</i> . ....	54

<i>Figura III.11 Amasado de la pieza de tabique.</i> .....	54
<i>Figura III.12 Estivación de tabiques previamente a la cocción.</i> .....	55
<i>Figura III.13 Horno artesanal.</i> .....	56
<i>Figura IV.1 Secado de material arcilloso.</i> .....	58
<i>Figura IV.2 Disgregado de material.</i> .....	58
<i>Figura IV.3 Cuarteo del material arenoso.</i> .....	59
<i>Figura IV.4 Peso de la muestra de material.</i> .....	61
<i>Figura IV.5 Vertido del material sobre el juego de tamices,</i> .....	62
<i>Figura IV.6 Tamizado del material.</i> .....	62
<i>Figura IV.7 Muestras de material segregado en las diferentes mallas de acuerdo a su tamaño.</i> .....	63
<i>Figura IV.8 Saturación del material.</i> .....	64
<i>Figura IV.9 Secado de material por medio de una parrilla eléctrica.</i> .....	65
<i>Figura IV.10 Enfriamiento de la muestra.</i> .....	65
<i>Figura IV.11 Compactación de material en cono troncocónico.</i> .....	66
<i>Figura IV.12 Consistencia del material arenoso al retirar el molde.</i> .....	67
<i>Figura IV.13 Aforado del matraz de Chapman.</i> .....	67
<i>Figura IV.14 Lectura del resultado que indica el matraz de Chapman.</i> .....	68
<i>Figura IV.15 Registro del masa del material mas el matraz de Chapman.</i> .....	68
<i>Figura IV.16 Secado del material arcilloso.</i> .....	71
<i>Figura IV.17 Saturación de la muestra.</i> .....	73
<i>Figura IV.18 Muestra de material retenido expuesto al calor para perdida de humedad.</i> .....	74
<i>Figura IV.19 Registro de la masa del material retenido en las mallas.</i> .....	74
<i>Figura IV.20 Tamizado del material sobre la malla no.40.</i> .....	76
<i>Figura IV.21 Homogenizado de la muestra.</i> .....	76
<i>Figura IV.22 Medida de cierre del talud del material por causa de golpes.</i> .....	77
<i>Figura IV.23 Muestra del material de la capsula, pesado y registrado.</i> .....	77
<i>Figura IV.24 Rollos de material con diámetro de 3.2 mm.</i> .....	80
<i>Figura IV.25 Peso de los rollo previamente moldeado y medido.</i> .....	80
<i>Figura IV.26 Material expuesto al fuego para perdida de humedad.</i> .....	81
<i>Figura IV.27 Toma de medidas del tabique con ayuda de un vernier.</i> .....	82
<i>Figura IV.28 Registro de la masa del tabique.</i> .....	83
<i>.Figura IV.29 Registro del nuevo peso del tabique saturado.</i> .....	84

<i>Figura IV.30 Roció de una ligera capa de pintura en aerosol sobre los especímenes.</i>	85
<i>Figura IV.31 Azufre expuesto al calor para obtener un estado líquido.</i>	86
<i>Figura IV.32 Esparcimiento de aceite vegetal sobre la cabeceadora.</i>	87
<i>Figura IV.33 Azufre vertido sobre el molde.</i>	87
<i>Figura IV.34 Tabique asentado sobre el azufre líquido.</i>	88
<i>Figura IV.35 Tabique cabeceado de ambas caras.</i>	88
<i>Figura IV.36 Identificación y etiquetado de los especímenes.</i>	89
<i>Figura IV.37 Roseado y secado de la pintura en aerosol sobre los tabiques.</i>	90
<i>Figura IV.38 Mezcla de yeso homogeneizado sobre recipiente de aluminio.</i>	90
<i>Figura IV.39 Extendido de yeso sobre espécimen de tabique.</i>	91
<i>Figura IV.40 Endurecimiento de yeso sobre especímenes.</i>	91
<i>Figura IV.41 Colocación el tabique sobre la placa de compresión axial.</i>	92
<i>Figura IV.42 Tabique sometido a compresión axial.</i>	93
<i>Figura V.1 Carnicería "El Kanelo" proveedora de hueso.</i>	94
<i>Figura V.2 Carnicería "Tapia" proveedora de hueso.</i>	95
<i>Figura V.3 Huesos limpios sin restos de piel.</i>	95
<i>Figura V.4 Hueso corroído por hormigas.</i>	95
<i>Figura V.5 Hueso calcinado.</i>	96
<i>Figura V.6 y V.7 Proceso de calcinación del hueso.</i>	96
<i>Figura V.8 Molino de mano utilizado para la molienda de hueso.</i>	97
<i>Figura V.9 y V.10 Harina de hueso tamizada sobre la malla no. 40.</i>	97
<i>Figura V.11 Ceniza de bagazo de caña de azúcar recolectada del Ingenio "El Modelo".</i>	98
<i>Figura V.12 Visita técnica al Ingenio "El Modelo".</i>	99
<i>Figura V.13 Ceniza de bagazo de caña de azúcar expuesta al sol para perdida de humedad.</i>	100
<i>Figura V.14 Tamizado de muestra de CBCA.</i>	100
<i>Figura V.15 Peso de la masa equivalente a un tabique.</i>	102
<i>Figura V.16 Preparación de las porciones de material a adicionar.</i>	102
<i>Figura V.17 Amasado de la arcilla con los aditamentos.</i>	103
<i>Figura V.18 Harina de hueso y CBCA adicionados a la masa de equivalente de 7 tabiques.</i>	103
<i>Figura V.19 Moldeado de tabiques con proporción de 2% de harina de hueso mas CBCA.</i>	103
<i>Figura V.20 Enrase de material sobre la gavera.</i>	104
<i>Figura V.21 Desmoldeado del material.</i>	104

<i>Figura V.22 Tabiques recién desmoldeados reposados sobre el suelo.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura V.23 Estivación de tabiques previo al horneado. ....</i>	<i>105</i>
<i>Figura V.24 Cocción de tabiques en horno artesanal.....</i>	<i>105</i>

## **ÍNDICE DE TABLAS.**

<i>Tabla II-A Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación. ....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla II-B Absorción máxima de agua de piezas de mampostería. ....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla II-C Dimensiones de piezas típicas de mampostería. ....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla II-D Peso volumétrico mínimo de piezas en estado seco.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla II-E Resistencia mínima a la compresión de las piezas de mampostería. ....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla II-F Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común. .</i>	<i>27</i>
<i>Tabla II-G Dureza en escala Mohs. ....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla II-H Composición de hueso de toro desgrasado y seco.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla II-I Composición mineral de un hueso de toro desgrasado y seco. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla II-J Contenido nutricional de harinas de origen animal. ....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla II-K Ingenios azucareros del territorio mexicano. ....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla II-L Resultados de las propiedades químicas de las muestras de CBCA. ....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla V-A Porcentajes de adiciones al tabique. ....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla VI-A Resultados obtenidos de pruebas a la arena. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla VI-B Coeficientes de la arena. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla VI-C Resultados obtenidos de pruebas a la arcilla. ....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla VI-D Registro de dimensiones promedio de piezas de tabique.....</i>	<i>109</i>

## **ÍNDICE DE GRAFICAS.**

<i>Gráfico VI-1 Carta de plasticidad correspondiente a la arcilla utilizado en la tabiquera Zamora. ...</i>	<i>107</i>
<i>Gráfico VI-2 Carta de plasticidad correspondiente a la arcilla utilizada en la Tabiquera Ortega. ...</i>	<i>107</i>
<i>Gráfico VI-3 Resultados de absorciones de las piezas analizadas. ....</i>	<i>108</i>
<i>Gráfico VI-4 Resultados de resistencias a la compresión axial en las piezas analizadas.....</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico VI-5 Resultados de resistencia a la compresión axial para fines de diseño.....</i>	<i>111</i>

# **CAPITULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN.**

## **1.1. INTRODUCCIÓN.**

La mampostería es aquella que se le como un sistema tradicional de construcción que sirve para erigir muros para diversos fines, esto a través de la colocación manual de los elementos que los componen, denominados “mampuestos”, estos pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas entre otros. Esta alternativa tiene larga trascendencia ya que es utilizada desde tiempos remotos y aporta ventajas como ser una opción eficaz, práctica y redituable ya que disminuye el desperdicio de materiales en la construcción.

El tabique es uno de los mampuestos más populares por su uso hoy en día, se utiliza como elemento estructural de muros divisorios o fachadas de casas habitación, sin embargo, debido a su habitual elaboración artesanal no suelen tener estándares de calidad establecidos y previamente analizados antes de su comercialización.

En la zona del estado de Veracruz se han estado realizando diversos trabajos de investigación acerca de los parámetros de resistencia a la que los mampuestos pueden ser sometidos para concluir en si estos cumplen o no con las especificaciones establecidas en la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005, la cual indica si estos están dentro de la calidad y confinamiento adecuado, mínimo para la construcción.

En este trabajo de investigación se plantea el estudio de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar y Harina de Hueso como aditamento en la mezcla de los tabiques rojos recocidos elaborados en la región de Medellín de Bravo, Ver verificando si estos aportan resistencia a dichas piezas.

Las propiedades puzolánicas que aporta la ceniza de bagazo de caña de azúcar debido a su alto porcentaje de alúmina y sílice y la harina de hueso rica en calcio, llevan a la hipótesis de la posibilidad de que el tabique aumente su resistencia en base a la fusión de dichos materiales con la mezcla del tabique.

Para la realización de este trabajo se emplearían proporciones de 2,3,5 y 10% de cada aditamento para realizar prototipos que se someterán a compresión axial determinando así su resistencia final, pudiendo evaluar si se cumple o no la hipótesis establecida.

## 1.2. PROBLEMÁTICA.

En la región, uno de los materiales más empleados para la elaboración de muros de mampostería es el tabique rojo recocido. Este es un material de construcción realizado con arcilla y cocido al horno, se utiliza como elemento estructural de muros para las casas habitación o para fachadas de las mismas. Sin embargo, el tabique al ser fabricado artesanalmente y de una forma no industrial, no tiene un estricto control de calidad, por ende, sus propiedades pueden llegar a causar cierta incertidumbre en cuanto si estos cumplen con los requisitos que establece la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005.

De acuerdo a la ONNCCE los parámetros a destacar de las piezas son la absorción y la resistencia a la compresión axial, por esta razón, la norma estipula una resistencia mínima y una absorción máxima que deben de tener los tabiques. Sin embargo, la zona no cuenta con la supervisión necesaria para garantizar la calidad de estos parámetros. A consecuencia de esto, los tabiques están expuestos a diversos factores que incidan su falla como son los efectos de la intemperie, los excedentes de carga y las fuerzas externas (sismos). ((SMIE), 2008)

Debido a que el país ha tenido una alta actividad sísmica en los últimos años, ha ocasionado que se generen sismos en zonas que eran poco vulnerables ante estos efectos. Por consiguiente, se ha vuelto un tema preocupante para la población que habita en viviendas con muros de carga elaborados con mampostería, ya que si estos son expuestos a ondas sísmicas de alta intensidad pueden llegar a colapsar si no se tiene una buena calidad del material, además de un buen confinamiento. ((SMIE), 2008)

Es por ello que se trata de solucionar las deficiencias de producción a través del desarrollo de una mezcla con orientación ambiental, que logre mejorar las propiedades mecánicas y la capacidad de carga del tabique por medio de la combinación de arcilla, harina de hueso y ceniza de bagazo de caña de azúcar, para obtener ladrillos factibles en la elaboración de muros de casas habitación.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN.

La importancia que ha adquirido el tabique a través de su historia lo ha colocado como un material indispensable en muchas de las construcciones que se realizan hoy en día.

Debido a esto la Organización Nacional de Normatividad Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE) ha establecido que un tabique debe tener una resistencia a la compresión axial mínima de  $60 \frac{kg}{cm^2}$ , además de una absorción máxima del 23%. No obstante, gracias a los estudios que han realizado los investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, se ha percatado que las tabiqueras ubicadas en el municipio de Medellín de Bravo, Ver, que se encargan de producir y distribuir este material de construcción no cumple con las especificaciones mencionadas anteriormente, dado a esto es importante realizar proyectos que mejoren la producción de estas piezas garantizando que los resultados finales tengan un efecto positivo en la calidad del material.

Es por ello que, en un esfuerzo por contribuir a la innovación y el desarrollo de nuevos materiales de construcción, se pretende diseñar una mezcla compuesta por arcilla y la combinación de ceniza de bagazo de caña de azúcar con harina de hueso para la fabricación de un tabique que mejore sus propiedades físicas y mecánicas, y al mismo tiempo que apoye en la disminución de la contaminación ambiental.

Por ende, se ha analizado que estos materiales tienen un gran potencial como materia prima pues pueden ser aprovechados mediante su recolección para su previa transformación en un material de construcción. De acuerdo a Vidal, Torres y González (2014) la ceniza de bagazo de caña de azúcar ha demostrado que tiene un alto contenido de Sílice ( $SiO_2$ ) y Alúmina ( $Al_2O_3$ ) que le dan una buena actividad puzolánica como material cementante, así mismo los desechos cárnicos contienen nutrientes que se pueden aprovechar mediante su transformación en harinas el cual es un proceso de calcinación del hueso y es rica en fósforo ( $P$ ) y calcio ( $Ca$ ). (Sánchez Reyes 2003, como se citó en Guallichico G & Cabrera C, 2017)

La investigación es viable pues se dispone de los materiales necesarios para llevarlo a cabo.

#### **1.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.**

1. ¿Se logrará el cumplimiento de las propiedades mecánicas del tabique?
2. ¿El tabique cumplirá con lo estipulado en la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005?
3. ¿El tabique alcanzará la resistencia adecuada?
4. ¿Los elementos a desarrollar proporcionarán un material factible?

## **1.5. OBJETIVOS.**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar y evaluar un tabique alternativo a base de arcilla, harina de hueso y ceniza de bagazo de caña en planta Medellín de Bravo, Ver. El cual cumpla con lo estipulado en la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005

### **1.5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- 1) Visitar una tabiquera de la región de Medellín de Bravo, Ver, para observar el proceso de fabricación de dicho material.
- 2) Caracterizar los materiales de interés para la realización del proyecto
- 3) Elaborar alternativas de mezcla para conformar un material factible para la construcción.
- 4) Encontrar alternativas que permitan el uso de materiales reciclados y que ayude a la reducción de la contaminación.
- 5) Comprobar y verificar que el tabique a base de harina de hueso y ceniza de bagazo de caña cumple las especificaciones técnicas de acuerdo a la Norma (NTC-404-ONNCCE-2005) para mampostería mediante ensayos de especímenes sometidos a pruebas de laboratorio.

## **1.6. HIPÓTESIS.**

El tabique elaborado con arcilla, harina de hueso y ceniza de bagazo de caña mejorará sus propiedades físicas y mecánicas en comparación de un tabique rojo recocido común elaborado en la región de Medellín de Bravo, Ver.

## **1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### **1.7.1. ALCANCES.**

En el desarrollo de la presente investigación se presentan los siguientes alcances:

- En esta investigación se pretende desarrollar el espécimen de un tabique elaborado con la combinación de desechos encontrados en la región.
- El espécimen será puesto a prueba de laboratorio para obtener su resistencia a la compresión axial la cual brindará datos para el análisis de factibilidad del producto.
- Evaluar las características físicas del tabique.

### **1.7.2. LIMITACIONES.**

En el desarrollo de la presente investigación se presentan las siguientes limitaciones:

- Comercialización de la materia prima a utilizar.
- Falta de instrumentación para la elaboración del tabique, así como en la preparación de cada uno de los componentes, debido a que se requieren instrumentos de medición específicos para algunos aspectos de esta investigación como la evaluación de la resistencia a la compresión axial.
- Poca disponibilidad de presupuesto y de recursos materiales para la optimización del tabique convencional.
- Adecuación del tiempo de la zafra azucarera para la obtención de la CBCA.

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO.

### 2.1 MAMPOSTERÍA.

#### 2.1.1. PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.

Norma: NMX-C-404-ONNCCE-2005

Las piezas que se utilizan para la elaboración de elementos estructurales de mampostería deben cumplir de acuerdo a dicha norma. A continuación, se muestran los tipos de piezas de mampostería y los materiales con los cuales son creados.

Tabla II-A Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación.

<b>Tipo de pieza</b>	<b>Materiales</b>	<b>Forma</b>
<b>Bloque macizo hueco</b>	Grava-cemento	Rectangular
	Arena-cemento	Rectangular
	Barro extruido	Rectangular
	Arcilla recocida	Rectangular
	Otros	Otras
<b>Tabique macizo (ladrillo) hueco y multiperforado</b>	Silicio calcáreo	Rectangular
	Barro extruido	Rectangular
	Arcilla recocida	Rectangular
	Otros	Otras
<b>Tabicón</b>	Grava-cemento	Rectangular
	Arena-cemento	Rectangular
	Tepojal-cemento	Rectangular
	Otros	Otras

(NMX-C-404-ONNCCE-2005).

## 2.2. TABIQUE.

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

Cabe mencionar, que México es el único país en donde se conoce como tabique a una pieza de mampostería. En otros países de habla hispana, el tabique es un muro de relleno sin función estructural y el ladrillo es lo que aquí conocemos como tabique. ((SMIE), 2008)

Otra forma de definir al ladrillo es la siguiente: Pieza cerámica de forma ortoédrica y de poco grosor, formada a partir de arcilla amasada seca y cocida, que se utiliza para construir muros. Siendo estas piezas de forma paralelepípedo resultante de la cocción de tierras arcillosas.(Pérez López, 2016)

Por su fabricación se clasifican en:

- Ladrillos de tejar: Son hechos a mano, toscos, de caras rugosas y no muy planas. Se obtienen con arcillas seleccionadas, moldeadas con máquinas o prensas, cocidos en hornos de fábrica, lo que se traduce en uniformidad de tamaño y cocción.



Figura II.1 Ladrillo tejar

*(Ladrillo tejar o manual, 2013)*

- Ladrillos refractarios: En él se encuentran dos tipos, que dependen según su contenido de arcillas con sílices o alúminas. Sus características les permiten soportar temperaturas muy elevadas, aunque ambos se comportan de diferente manera.



Figura II.2 Ladrillo refractario.

*(¿Qué son los ladrillos refractarios y para que sirven?,2020)*

- Ladrillo vitrificado: Se empleaban en los pavimentos de la antigua Babilonia y estos pueden llegar a ser tan duros y resistentes.



Figura II.3 Ladrillo vitrificado.

*(Ladrillo refractario, 2018)*

### 2.2.1. ANTECEDENTES DE LA PIEZA.

El ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. Los primeros ladrillos se fabricaron en Oriente Medio hace más de 6.000 años utilizándose un método primitivo, todavía vigente en cabañas de adobe de África y centro y Sudamérica. Se fabricaban allí donde se disponía de arcilla: zonas próximas a los ríos o llanuras aluviales. En función del lugar de procedencia el color y la textura eran variables. El ladrillo ha sido un material muy apreciado en zonas 6 del norte de Europa: Países Bajos, Alemania y Gran Bretaña, donde se utilizaba en edificios domésticos o en palacios y castillos. Los enladrillados policromáticos propios de la arquitectura neogótica del siglo XIX supusieron otro desarrollo estilístico europeo que se extendió por el mundo. En la actualidad el ladrillo es un material muy presente en el ámbito doméstico. A lo largo del siglo XX reconocidos diseñadores y arquitectos han demostrado en forma fehaciente el papel contemporáneo que puede asumir el ladrillo. (Pérez López, 2016)



Figura II.4 Palacios de la cultura Mesopotámica.

*(Ladrillo refractario, 2018)*

### **2.2.2. TIPOS DE FABRICACIÓN.**

La fabricación del tabique se presenta de 3 formas:

- a) Artesanal: Ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.
- b) Semi-Industrial: Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El ladrillo semiindustrial se caracteriza por presentar una superficie lisa.
- c) Industrial: Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad. (Barranzuela Lescano, 2014)

Los primeros dos contienen los mismos pasos de fabricación, diferenciándose por el instrumento que utilizaron, pero su principal diferencia es el proceso de moldeado, debido a que los ladrillos fabricados de forma semiindustrial utilizan maquinaria.

Además, el ladrillo fabricado industrialmente se diferencia de los dos primeros no solo por utilizar maquinaria en su proceso de moldeado, si no también, por usar hornos de calidad que controlan la temperatura, obteniendo una mejor calidad final.

### **2.2.3. PROCESO DE FABRICACIÓN.**

El proceso de fabricación de tabiques se divide en procesos, los cuales son:

#### **a) Selección y preparación de la mezcla**

Este proceso se destaca debido a que la fineza del material a usar dependerá de que tan bien logrado este nuestro ladrillo.

Los depósitos de arcilla se encuentran al pie de colinas o en tierras agrícolas cercanas a ríos. Los criterios para seleccionar una localización adecuada son la calidad de la arcilla, disponibilidad a nivel superficial y la cercanía de una vía transitada. (Barranzuela Lescano, 2014)

La arcilla se somete a ciertos procesos de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) ayuda a que la materia orgánica se descomponga, purificando así el material. (Barranzuela Lescano, 2014)

La principal dificultad inherente a la fabricación consiste en la elección de una mezcla de diferentes arcillas. Así por ejemplo con aquellas que son muy grasas se les mezclará con materiales desgrasantes como la arena. (Barranzuela Lescano, 2014)

### **b) Moldeado**

En esta etapa, se moldea la arcilla con ayuda de moldes para después se lleven al proceso de cocción. El moldeo se puede realizar manualmente o con máquinas.

El proceso de moldeado en la producción de ladrillo artesanal únicamente consiste en llenar las gaveras o moldes vaciando la mezcla dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada. (Rhodes, como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

La fabricación mecánica puede ser mediante una máquina que se conoce como galletera de hélice o mediante una prensa de vacío. (Moreno como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

Consiste en un cilindro, de la cual gira un eje guarnecido con una hélice que impulsa la pasta obligándola a salir por una boquilla.

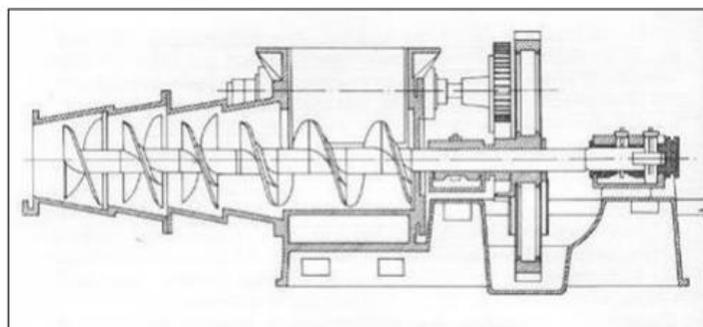


Figura II.5 Galletera de Hélice.

(Moreno, como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

La boquilla tiene como función darle forma al ladrillo, está formado por una pieza de madera sujeta por tornillos a una gruesa placa de rectangular de fundición llamado portaboquillas. La portaboquillas recoge la arcilla la hace compacta antes de que llegue a la boquilla.

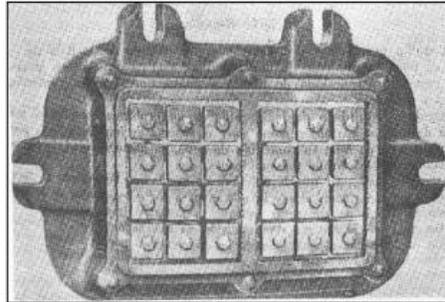


Figura II.6 Boquilla.

(Moreno, como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

Actualmente se usan galleteros de vacío, también conocidos como Prensas de Vacío, que tiene la ventaja de que al momento de realizar el moldeado consiguen una homogenización de la arcilla y eliminación del aire. (Moreno, como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

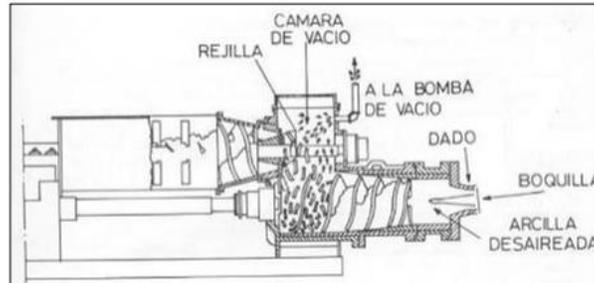


Figura II.7 Prensa de vacío.

(Moreno, como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

### c) Secado

El proceso de secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta. (Barranzuela Lescano, 2014)

Durante el proceso de secado, hay un subproceso del mismo conocido como presecado, el cual consiste en dejar a la intemperie el ladrillo recién moldeado en su mismo lugar de elaboración, con el fin de que pierda humedad para facilitar su manipulación.

En el proceso de secado se involucran dos fenómenos físicos: Transferencia de calor y Transferencia de masa. La transferencia de calor se da cuando el ladrillo y el ambiente encuentran un equilibrio térmico, del cual dependerá en parte la velocidad de difusión del agua presente en la arcilla. El fenómeno de transferencia de masa se da siempre y cuando exista un gradiente de humedad entre el ambiente y la arcilla, ya que se produce cuando el vapor de agua se difunde a través de los poros de la matriz arcillosa. El tiempo de secado dependerá de la velocidad de difusión, misma que está en función del tamaño, longitud y forma del poro de la arcilla. (Rhodes, como se citó en Barranzuela Lescano, 2014)

El secado puede ser natural o artificial. En el primer caso el secado está condicionado a las características climáticas de la región y algunas veces el lugar de secado es colocado sobre los hornos para que de esta manera se pueda recuperar algo de la energía perdida a través de la bóveda del horno.

En el caso de secado artificial, este proceso es acelerado por acondicionamiento del aire. Existen muchos tipos de secadores artificiales pero los más conocidos son los de cámara y los de túnel. Los productos a secar son llevados por medio de pequeñas vagonetas en donde son sometidos a un proceso de secado regulado al contenido de agua de los productos. El aire caliente utilizado para el secado proviene de máquinas especiales que algunas veces aprovechan el calor de los hornos cuando éstos están en proceso de enfriamiento.

El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento. (Robusté, como se cito en Barranzuela Lescano, 2014)

#### **d) Cocción**

El proceso consiste en someter ladrillos previamente secados a un horno con altas temperaturas por tiempo prolongados, con la finalidad de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas.

Las fases de cocción son tres:

- **Pre calentamiento:** Se elimina el agua paulatinamente, presenta una temperatura de 200 a 900°C
- **Cocción:** Es el proceso más importante, la eficiencia de esta etapa nos proporcionara un ladrillo en sus mejores condiciones. Se presenta una temperatura de 900 a 1000°C y debe permanecer, pero periodos largos.
- **Enfriado:** Se emplea un enfriamiento lento hasta alcanzar los 500°C ya que nos permitirá obtener ladrillos tenaces y resistentes, por el contrario, si se realiza un enfriamiento rápido obtendríamos un producto frágil con bajas propiedades mecánicas.

## 2.2.4. ENSAYES DE LABORATORIO APLICADOS AL TABIQUE.

### 2.2.4.1. ABSORCIÓN DE LA PIEZA.

Norma: **NMX-C-037-ONNCCE-2013, NMX-C-404-ONNCCE-2005**

Tabla II-B Absorción máxima de agua de piezas de mampostería.

<b>Tipo de pieza</b>	<b>Absorción máxima de agua en % durante 24 hrs</b>
<b>Bloques</b>	9-20
<b>Tabique(ladrillo) recocido</b>	13-21
<b>Tabique(ladrillo) extruido</b>	12-19
<b>Tabicones</b>	9-20

(NMX-C-404-ONNCCE-2005)



Figura II.8 Absorción máxima.

(IMCYC, 2008)

### 2.2.4.2. DIMENSIONAMIENTO.

Norma: **NMX-C-038-ONNCCE-2013, NMX-C-404-ONNCCE-2005**

Tabla II-C Dimensiones de piezas típicas de mampostería.

<b>Tipo de pieza</b>	<b>Dimensiones</b>
Ladrillo	Pieza paralelepípedo de dimensiones teóricas de 2.5x7x28 cm
Tabiques	Pieza de arcilla de 7x14x28 cm. Mínimo 5x10x19 cm
Bloque	Pieza de concreto o de otros materiales. Mínimo de 10x10x30 cm
Tabique de concreto (tabicón)	Pieza de concreto o de otros materiales. Mínimo 6x10x24 cm.

(NMX-C-404-ONNCCE-2005)

### 2.2.4.3. PESO VOLUMÉTRICO DE LA PIEZA.

Norma: **NMX-C-036-ONNCCE-2013, NMX-C-404-ONNCCE-2005.**

Tabla II-D Peso volumétrico mínimo de piezas en estado seco.

<b>Tipo de pieza</b>	<b>Valores en kN/m<sup>3</sup>(kg/cm<sup>3</sup>)</b>
Tabique de barro recocido	13(1300)
Tabiques de barro con huecos verticales	17(1700)
Bloques de concreto	17(1700)
Tabique de concreto (tabicón)	15(1500)

(NMX-C-036-ONNCCE-2013)

#### 2.2.3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.

Norma: **NMX-C-036-ONNCCE-2013, NMX-C-404-ONNCCE-2005.**

Tabla II-E Resistencia mínima a la compresión de las piezas de mampostería.

<b>Tipo de pieza</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Bloque	60
Tabique (ladrillo) recocido	60
Tabique (ladrillo) extraído	60(hueco horizontal) 100(hueco vertical)
Tabicón	100

(NMX-C-404-ONNCCE-2005)



Figura II.9 Resistencia a la compresión de piezas de mampostería.

(IMCYC 2008)

## 2.3. SUELO.

Es común creencia la de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”. En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en el horizontal. El suelo tiene perfil y este es un hecho del que se hace abundantemente aplicación. (Badillo,2005)

Para Braja (2013), el suelo se define como “el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido de gas que ocupan los espacios entre las partículas sólidas” (p.200).

### 2.3.2. TIPOS DE SUELOS.

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferentes tamaños de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades. Así se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría.

- a) Gravias: Con tamaño entre unos 8-10 cm y 2 mm; se caracteriza porque los granos son observables directamente. No retienen el agua, por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.
- b) Arenas: Con partículas comprendidas entre 2 y 0.060, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.
- c) Limos: Con partículas comprendidas de 0.060 y 0.002. Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve como el agua se exuda con facilidad.
- d) Arcillas: Formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0.002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños. Están formadas, principalmente por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos. Todo ello hace que la capacidad de retención de agua sea muy grande, por lo que son generalmente los materiales más problemáticos. (González, Ferrer, et al., 2002)

### 2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.

La clasificación de los suelos permite categorizar los suelos de acuerdo a su comportamiento geomecánico y acceder a la experiencia acumulada en los suelos similares, obteniendo una idea general de como se va a comportar como material en diversas obras de ingeniería.

- **SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS)**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o también conocido por sus siglas en inglés USCS Unified Soil Classification System, fue desarrollado por el profesor A. Casagrande en el año de 1948. Clasificando los suelos en dos amplias categorías “suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando la malla no.200 y suelos de grano fino con 50% o mas pasando la malla no.200” (Das,2001).

Según Das (2001), para clasificar apropiadamente un suelo utilizando este sistema deben conocerse el porcentaje de grava, el porcentaje de arena, el porcentaje de limo y arcilla, los coeficientes de uniformidad y curvatura y el límite líquido e índice de plasticidad.

El método SUCS presenta diversas nomenclaturas: para suelos granulares, las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). Para suelos finos la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta plasticidad) y L (baja plasticidad). Y para los suelos orgánicos la sigla es Pt (Turba).

El procedimiento para la clasificación de suelo viene descrito de la siguiente forma:

1. Descartar que el suelo no sea una Pt.
2. Determinar si el suelo es fino o granular:
  - a. Granular...% pasando #200 <50%
  - b. Fino...% pasando #200 ≥50%
3. Si el suelo es granular, según los siguientes pasos:
  - a. Determinar si es grava o arena:
    - i. Si  $\text{Ret. \#4} > 50\% \text{ Ret. \#200}$ , hay más grava que arena, por lo que es un suelo tipo de grava.
    - ii. Si  $\text{Ret. \#4} \leq 50\% \text{ Ret. \#200}$ , hay más arena que grava, por lo que es un suelo tipo de arena
  - b. Determinar si G ó S está limpia, intermedia o sucia:
    - i. Limpia, si el % que pasa #200 es < 5%. Determinar si es W ó P.

- ii. Intermedia, si el % pasa #200 esta entre 5 y 12%. Determinar si es W ó P. Determinar si esa contaminada con M ó C.
  - iii. Sucia, si el % pasa #200 es > 12%. Determinar si esta contaminada con M ó C. Para determinar si el suelo es W o P se utiliza el Cc y el Cu.
  - iv. Para las gravas es W su  $Cu > 4, 1 < Cc < 3$ , es P si incumple alguno de los dos parámetros.
  - v. Para las arenas, es W si  $Cu > 6, 1 < Cc < 3$ , es P si incumple alguno de los dos parámetros
4. Determinar el nombre de grupo utilizando al cuadro de respectivo.
  5. Si el suelo es fino, determinar directamente la clasificación por medio de la carta plasticidad, conociendo el limite liquido (LL) y el índice de plasticidad (IP).
  6. Determinar si el suelo es inorgánico (M o C) u orgánico (O).
  7. Determinar el nombre de grupo utilizando la respectiva figura (Quesada,2005).

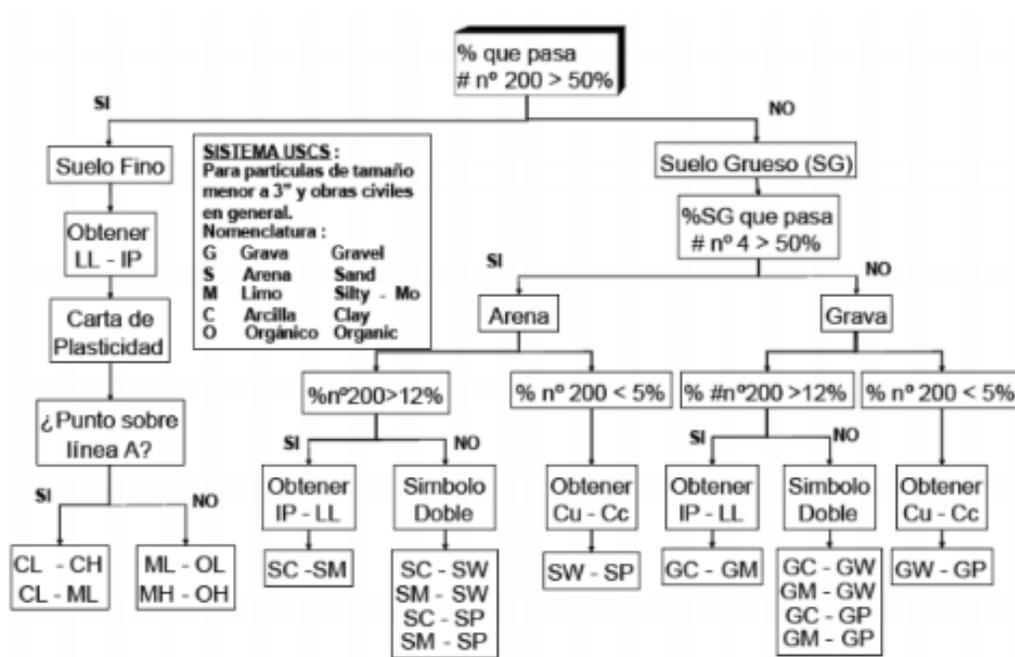


Figura II.10 Clasificación SUCS.

(Quesada,2005)

- **CLASIFICACION AASHTO.**

El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) traducido al español Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte, se usa principalmente para la clasificación de capas de carreteras.

Fue desarrollado en 1929 como el Public Road Administration Clasification System (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos). Ha sufrido varias versiones, con la versión actual propuesta por Highway Reserch Board's Commitee sobre clasificación de materiales para subrasantes y caminos de tipo granular.

Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares donde 35% o menos partículas pasan por la crina no. 200 y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son suelos de los que mas del 35% pasan por la criba no.200.

1. Materiales granulares. Contienen 35% o menos de material que pase el tamiz de 75 mm (#200)
  - a. Grupo A-1: El material típico de este grupo es una mezcla bien graduada de fragmentos de piedra o grava, arena gruesa, arena fina, y un ligante de suelo no plástico o de baja de plasticidad. Sin embargo, este grupo incluye también fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc.
    - i. Subgrupo A-1-a: Incluye aquellos materiales que consisten predominantes de fragmentos de roca o grava con o sin un ligante bien graduado de material fino.
    - ii. Subgrupo A-1-b: Incluye aquellos materiales que consisten predominantes de arena gruesa con o sin ligante de suelo bien graduado.
  - b. Grupo A-3: El material típico de este grupo es la arena fina de playa o la arena fina de desierto, sin finos de arcilla, limo o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Este grupo también incluye las mezclas aluviales de arena fina mal graduada con pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.
  - c. Grupo A-2: Este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares que se encuentran en el limite entre los materiales que se clasifican en los grupos A-1 y A-3, y los materiales de timo limo y arcilla que se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Incluye todos los materiales que contienen 35% o menos material que pasa el tamiz de 75 mm (#200) que no pueden ser clasificados en

los grupos A-1 o A-3, debido al contenido de finos o a los índices de plasticidad, o ambos, por encima de las limitaciones de estos grupos. }

- i. Subgrupo A-2-4 y A-2-5: Incluye varios materiales granulares que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75 mm (#200) y con una porción que pasa el tamiz de 425 mm (#40) que tiene las características de los grupos A-4 y A-5 respectivamente.
  - ii. Subgrupos A-2-6 y A-2-7 Incluyendo materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción fina contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7.
2. Material limo arcilloso. Contiene mas de 35% de material que pasa la malla de 75 mm (#200).
- a. Grupo A-4: El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75% o mas material que pasa el tamiz de 75 mm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo limoso fino y hasta 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz de 75 mm (#200).
  - b. Grupo A-5: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4 salvo que usualmente tiene un carácter diatomáceo y micáceo y puede ser elástico, como lo indica su alto LL.
  - c. Grupo A-6: El material típico de este grupo es una arcilla plástica que usualmente tiene el 75% o mas del material que pasa el tamiz de 75 mm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso y hasta el 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz no.200.
  - d. Grupo A-7: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene el LL elevado, característico del grupo A-5 y puede presentar elasticidad o alto potencial de expansión.
    - i. Subgrupo A-7-5: Incluye materiales con IP moderados en relación con el LL y que pueden presentar un alto potencial de expansión.  
  
Subgrupo A-7-6: Incluye materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión.

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM N° 200)						MATERIALES LIMO ARCILLOSOS (más de 35% pasa el tamiz ASTM N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % que pasa por cada tamiz											
N°10	≤ 50 50 máx.										
N°40	≤ 30 30 máx.	≤ 50 50 máx.	≥ 51 51 mín.								
N°200	≤ 15 15 máx.	≤ 25 25 máx.	≤ 10 10 máx.	≤ 35 35 máx.	≤ 35 35 máx.	≤ 35 35 máx.	≤ 35 35 máx.	≥ 36 36 mín.	≥ 36 36 mín.	≥ 36 36 mín.	≥ 36 36 mín.
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM N°40)											
Límite Líquido		NP	≤ 40 40 máx.	≥ 41 41 mín.	≤ 40 40 máx.	≥ 41 41 mín.	≤ 40 40 máx.	≥ 41 41 mín.	≤ 40 40 máx.	≥ 41 41 mín. (IP≤LL-30)	≥ 41 41 mín. (IP>LL-30)
Índice de Plasticidad	≤ 6 6 máx.		≤ 10 10 máx.	≤ 10 10 máx.	≥ 11 11 mín.	≥ 11 11 mín.	≤ 10 10 máx.	≤ 10 10 máx.	≥ 11 11 mín.	≥ 11 11 mín.	≥ 11 11 mín.
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0		≤ 4 4 máx.		≤ 8 8 máx.	≤ 12 12 máx.	≤ 16 16 máx.	≤ 20 20 máx.	
TIPOS DE MATERIALES CARACTERÍSTICOS	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena Limo o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
CALIDAD GENERAL COMO SUB-BASE	Excelente a bueno						Regular a malo				

Figura II.11 Clasificación AASHTO

(Quesada,2005)

## 2.4. ARCILLAS.

Desde un punto geológico las arcillas son minerales naturales que se formaron hace varios millones de años y que reúnen las características peculiares de composición y formación relacionados con el curso de la Evolución de la Tierra. (Domínguez & Schifter, 1992)

El diccionario de la Real Academia Española dice con respecto a la palabra arcilla: “Sustancia mineral, ordinariamente blanca, combinación de sílice y alúmina, empapada de agua, da olor característico y se hace muy plástica, y por la calcinación pierde esta propiedad y se contrae (arcilla figulina: la que contiene caliza, arena, óxidos de hierro, etc., y es de uso corriente en alfarería)”

Sin embargo, el termino arcilla, se considera muy difícil de definir y variable. La imprecisión del termino arcilla es que conceptualmente es diferente para un ceramista, un geólogo, el edafólogo o un fabricante de ladrillos.

Una definición mas completa la encontramos por Rhodes (Barranzuela Lescano, 2014), que indica que la arcilla constituye un agregado mineral y por sustancias coloidales que se han formado mediante la desintegración química de las rocas alúminas. Esta ha sido obtenida por procesos geológicos de envejecimiento del planeta. Debido a que el proceso de envejecimiento es continuo y ocurre en cualquier punto del planeta, es considerada un material corriente y bastante abundante.

Las arcillas son materiales que el hombre a utilizado para la manufactura de utensilios de cocina como son vasijas de barro para almacenar alimentos o bebidas, cazuelas sirven para la cocción de alimentos, pisos de mosaico, piezas macizas para la construcción de viviendas, entre otras. Existen varias aplicaciones de las arcillas para la vida cotidiana del ser humano.

### 2.4.1. COMPOSICIÓN DE LAS ARCILLAS.

Como se sabe las arcillas son materiales que contienen minerales como silicatos de aluminio derivados por el intemperismo de rocas ígneas o de feldspatos o en casos de depósitos aluviales o eólicos. Es por eso que hay una similitud en la composición química de la corteza terrestre y de la arcilla común.

Tabla II-F Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común.

Componente	Corteza Terrestre (%)	Arcilla Roja Común (%)
<i>SiO<sub>2</sub></i>	59.14	57.02
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	15.34	19.15
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	6.88	6.70
<i>MgO</i>	3.49	3.08
<i>CaO</i>	5.08	4.26
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	3.84	2.38
<i>K<sub>2</sub>O</i>	3.13	2.03
<i>H<sub>2</sub>O</i>	1.15	3.45
<i>TiO<sub>2</sub></i>	1.05	0.91

Rhodes(Barranzuela Lescano, 2014)

### 2.4.2. PROPIEDADES DE LA ARCILLA.

Con el propósito de comprender el comportamiento de la arcilla utilizada para la conformación de la mezcla para ladrillos, a continuación, se describen algunas propiedades principales de la arcilla.

a) Plasticidad

Es la propiedad principal de las arcillas, y esta hace referencia a la habilidad de la arcilla que, en combinación con el agua, puede mantener casi cualquier forma que se le dé. Esto se debe a que el grano debido a su forma (delgada, plana y alargada) al contacto con el agua forma una película que produce tal efecto.

b) Contracción.

Es la propiedad de la arcilla que produce una disminución de sus dimensiones al perder su humedad inicial. En el instante que se realiza un moldeado con arcilla este contiene un alto nivel de agua, y al momento de que se evapore el agua hay una disminución del tamaño de la pieza que se moldeó.

c) Refractariedad.

Propiedad que permite a las arcillas tener una resistencia a los aumentos de temperaturas. Existen variaciones de refractariedad de una arcilla con otras y esto se debe al contenido químico de alúmina y sílice. Entre mayor porcentaje de estos compuestos mayor será su resistencia.

d) Porosidad.

Esta propiedad dependerá del tamaño de la partícula de la arcilla que se utilizará en la fabricación de ladrillos. Las arcillas con granos pequeños al momento de moldearse y compactarse quedan más unidas unas con otras. Esto evita que al momento de que se cueza la pieza haya menos cavidades provocadas por la evaporación de las partículas de agua.

e) Color.

Las arcillas se presentan con variados colores, siendo blancas las arcillas más puras, pero, en general, son más o menos grises, a veces azules o negras, y frecuentemente, amarillas, rojas o pardas. (Del Río, como se citó Barranzuela Lescano, 2014)

Los causantes de la coloración son las impurezas del lugar de origen, principalmente: óxido de hierro, óxido de cobalto, óxido de cobre, pentóxido de vanadio, cobalto y óxido de manganeso.

### **2.4.3. ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE TABIQUES.**

Los materiales utilizados para la fabricación de ladrillos son por lo regular arcillas rojas o amarillas con una composición heterogénea o parcialmente impura.

Las arcillas deben ser plásticas al combinarse con agua, de tal forma que puedan ser formados por moldes o máquinas extrusoras.

Deben tener suficiente adhesión para mantener la forma después del molde y tener la capacidad de unirse cuando se calientan a temperaturas elevadas.

De acuerdo a estas características, son las arcillas superficiales las que satisfacen estas condiciones para ser adecuadas para la fabricación de ladrillos. Este tipo de arcillas son las más fáciles de explotar porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto, son las más empleadas. Sin embargo, al estar más expuestas a la contaminación con sales por razones naturales y por el empleo agrícola del suelo, ellas producen las unidades más vulnerables a la eflorescencia. (Barranzuela Lescano, 2014)

#### 2.4.4. FORMACIONES ARCILLOSAS EN MÉXICO.

Trabajos realizados por Enciso y De Pablo (Domínguez & Schifter, 1992) indican que el territorio nacional estuvo sujeto a una gran actividad volcánica durante los periodos Oligoceno-Mioceno, lo cual provoco la formación de depósitos de rocas vidriosas que a su vez fueron alteradas y dieron origen a la mayor parte de las arcillas que encontramos en México. Estas son principalmente, de tipo montmorillonita y se encuentran localizadas en la parte norte del país, en el estado de Durango y que actualmente se encuentran en explotación.

Además, existen depósitos importantes en los estados de Puebla, en los limites de Tlaxcala y Puebla, en Chupaderos, Zacatecas, En Oaxaca, en Neutla, Guanajuato, en Huayacocotla, Veracruz y en numerosas formaciones localizadas las zonas lacustres de como el Valle de México.(Domínguez & Schifter, 1992)



Figura II.12 Depósitos arcillosos de México.

(Domínguez & Schifter, 1992)

## 2.5. HUESO.

Los huesos funcionan como una armadura para el cuerpo, asimismo proporcionan protección a ciertos órganos vitales para el mamífero, por ejemplo, el corazón, pulmones, encéfalo y medula espinal. Los huesos almacenan minerales, principalmente el calcio y fosforo. (Sisson & Grossman, 1999)

Un hueso fresco tiene un color amarillento, al momento de hervirse se hace de un color mas blanco. La gravedad especifica del hueso fresco es de alrededor de 1,9. Es muy duro y resistente a la presión. Su dureza de compresión es aproximadamente de  $1400 \frac{kg}{cm^2}$  y su dureza de tensión  $1054 \frac{kg}{cm^2}$ , mucho mas alta que la del roble. (Getty, como se citó en Guallichico G & Cabrera C, 2017)

En experimentos donde el hueso se le ha visto como materia prima para transformarlo en objetos de adorno, herramientas o otros productos, se obtuvo que su dureza en escala de Mohs es la siguiente: (Dureza del hueso en la escala de Mohs, 2011)

- Hueso fresco (recién retirada la carne) esta en la escala de 2.5.
- Hueso hervido (en agua corriente) está en 3.
- Hueso quemado con coloración marrón o negra en superficie es de 2.5.
- Hueso calcinado con coloración gris a blanco, esta en 2.
- Hueso incinerado esta en 1.

A continuación, en la Tabla II-G se presentan algunos materiales con lo que se pueden comparar el hueso en esta escala.

Tabla II-G Dureza en escala Mohs.

Escala Mohs	Ejemplo	Descripción
5	Apatita	Similar a dureza de los dientes
4	Fluorita	No se puede rayar con un clavo.
3	Calcita	Difícil de rayar con un clavo.
2	Yeso	Raya fácilmente con la uña.
1	Talco	Muy suave, similar a la tiza.

(Dureza del hueso en la escala de Mohs, 2011)

### 2.5.1. COMPOSICIÓN DEL HUESO.

El hueso se compone principalmente de colágeno, sustancia fundamental y minerales en hombres y mamíferos. (Dukes y Sweson 1981, como se citó en Ramos, 2010)

El colágeno y la sustancia fundamental comprenden la parte orgánica del hueso, mientras que la fase inorgánica comprende las sales minerales. La rigidez y consistencia típica del hueso se debe a que las fibras de colágeno forman andamios sobre las cuales se depositan los cristales de las sales minerales.(Ramos, 2010)

De acuerdo a Sisson & Grossman (1999) la relación parte orgánica con la inorgánica es de 1:2 aproximadamente. A continuación, se muestra la composición media de la fracción orgánica y mineral de un hueso de toro.

Tabla II-H Composición de hueso de toro desgrasado y seco.

<b>Nutriente</b>	<b>Porcentaje</b>
Colágeno (gelatina)	33.30
Fosfato de cal	57.35
Carbonato de cal	3.85
Fosfato de magnésico	2.05
Carbonato y cloruros sódicos	3.45
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

(Sisson & Grossman, 1999)

La parte mineral constituye entre el 65% y 70% mientras que la parte orgánica entre el 30% y 35%. La composición de la fracción mineral posee en su mayoría calcio, fosfatos y iones de hidroxilo. Además, puede contener cationes de magnesio y estroncio. Aproximadamente corresponde un 80% de fosfato de calcio con respecto al fosfato de magnesio, fosfato de sodio, carbonato de calcio y citrato de calcio, también existen pequeñas cantidades de potasio, sodio, fluoruros y cloruros. (Dukes y Sweson 1981, como se citó en Ramos, 2010)

Tabla II-I Composición mineral de un hueso de toro desgrasado y seco.

Constituyentes del hueso	Porcentaje
Cationes	
Calcio	26.70
Magnesio	0.44
Sodio	0.73
Potasio	0.05
Aniones	
Fosforo como $PO_4^{-3}$	12.50
Dióxido de carbono como $CO_3^{-2}$	3.50
Ácido cítrico como $Cit^{-2}$	0.36
Cloruros	0.08
Fluoruros	0.07

(Dukes y Sweson 1981, como se citó en Ramos, 2010)

### 2.5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS HUESOS.

De acuerdo a Sisson & Grossman (1999) existen cuatro tipos de huesos: largos, planos, cortos e irregulares. Los huesos largos tienen forma cilíndrica con ensanchamientos en sus extremidades, la parte tubular cilíndrica comprende la cavidad medular que contiene médula ósea. En este grupo comprende los huesos de las extremidades delanteras y posteriores.

Los huesos planos son de dos dimensiones con dos capas de hueso compacto y una capa intermedia de hueso esponjoso. Como por ejemplo la escápula y en gran número los huesos del cráneo. (Sisson & Grossman, 1999)

Los huesos cortos son similares en longitud, ancho y grosor. Poseen hueso esponjoso recubierto con una delgada capa de hueso compacto. Entre estos se encuentra el carpo, tarso y huesos que se desarrollan en articulaciones. Y, por último, los huesos irregulares comprenden las vértebras y los de la base del cráneo. (Sisson & Grossman, 1999)

## **2.6. HARINA DE HUESO.**

Un subproducto es el producto secundario obtenido durante la elaboración de un producto principal. Los subproductos de los camales incluyen piel, pelo, plumas, pezuñas, cuernos, patas, cabezas, huesos, sangre, órganos, glándulas, intestinos, tejido muscular y grasa. Aproximadamente el 49 por ciento del peso vivo del ganado, 44 por ciento del peso vivo de los cerdos, 37 por ciento del peso vivo de los pollos de carne y 57 por ciento del peso vivo de peces constituye un material no consumido por el humano. (Meeker y Hamilton 2006, como se citó en Valencia B., 2017)

Los desechos cárnicos contienen nutrientes los cuales se pueden aprovechar mediante su transformación en harinas. La harina de huesos es rica en fósforo, magnesio y calcio, y tiene grandes utilidades como el disminuir la concentración de metales pesados tales como el aluminio, arsénico, cadmio, cromo, hierro, plomo y zinc en efluentes. Se emplea también para disminuir el contenido de fluoruros en el agua de valores de 1 hasta 10 ppm iniciales, además es utilizada como abono orgánico debido a que reduce los niveles de barro y no usa ácidos fosfóricos. (Traves Soler 1962, como se citó en Guallichico G & Cabrera C, 2017)

De acuerdo a la norma venezolana COVENIN 1606-80 se define como el producto resultante del procesamiento térmico y molienda de huesos (no descompuestos) de animales beneficiadas.

### **2.6.1. CONTENIDO NUTRICIONAL.**

Cabe mencionar que, existen gran variedad con referencia a las harinas. Los principales productos son la harina de huesos, harina de carne y huesos, harina de carne y harina de sangre, y estas son empleadas en su mayoría como mezclas en los alimentos balanceados para animales debido a que son ricas en proteínas, grasas, minerales y vitaminas.

En la industria de los subproductos existen regulaciones en los procesos y se utilizan procedimientos estándares como el Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) para asegurar la inocuidad de los productos o la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) que regula los estándares de los ingredientes legales utilizados en alimentación.

A continuación, se muestra una comparación de valor nutricional en distintos tipos de harinas a partir de subproductos cárnicos.

Tabla II-J Contenido nutricional de harinas de origen animal.

<b>Nutriente</b>	<b>Harina de carne y hueso</b>	<b>Harina de carne</b>	<b>Harina de plumas hidrolizada</b>	<b>Harina de menudencias</b>	<b>Harina de sangre</b>
Proteína cruda (%)	50	55	80	58	85
Grasa cruda (%)	10	10	6	12	1
Fibra cruda (%)	3	2	3	2	1
Ceniza cruda (%)	29	15	3	18	5
Humedad (%)	8	8	8	7	10
Calcio (%)	10	9	0.3	3	0.3
Fósforo (%)	5	4	0.5	1.7	0.3
Metionina (%)	0.7	0.8	0.6	1.2	0.6
Metionina y cisteína (%)	1	1	4	2.2	2
Lisina (%)	3	3	2	2.7	7
Triptófano (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	1

(National Renderers Association, Inc., como se citó en Ramos, 2010)

La variación en el valor nutritivo de la harina de carne y hueso se debe principalmente a la composición de la materia prima y el exceso de temperatura en el proceso afectando a la biodisponibilidad de aminoácidos (Batterham et al 1986, como se citó en Valencia B., 2017).

## 2.6.2. PROCESO PRODUCTIVO.

Todos los procesos de obtención de harinas de subproductos involucran calor, extracción de humedad y separación de grasas. Uno de los factores determinantes para la calidad del producto final son la temperatura y la duración de la cocción; y cada proceso puede variar en función de la composición de la materia prima. (Meeker y Hamilton 2006, como se citó en Valencia B., 2017)

Existen dos métodos para la obtención de estas harinas:

- Vía húmeda.
- Vía seca.

A comienzos del siglo veinte se cocinaba los subproductos cárnicos en ollas con agua o autoclaves esto permitía la separación de las grasas en el agua durante el proceso mientras que la autoclave al exponer los desechos a vapor directo y presión atmosférica, se aceleraba el proceso y se extraía mayor contenido de grasa, este método se conoce como transformación por vía húmeda. Sin embargo, al momento de separar la humedad y grasa de los tejidos óseos se formando un caldo. Por otro lado, las proteínas se solubilizaban generando un desperdicio importante de nutrientes. (Bisplinhoof 2006, como se citó en Ramos, 2010)

La alternativa vía seca reemplaza este proceso en el cual estos subproductos son cargados en un cilindro horizontal con camisa de calentamiento y un agitador en el centro. Durante este proceso las células del tejido adiposo se abren debido a los cambios de paredes celulares a medida que la humedad se separa debido al calor transmitido por el vapor contenido de la camisa del calentamiento, la temperatura del vapor oscila entre 115-145 °C y debe durar un aproximado de 40 a 90 minutos. Es importante monitorear las temperaturas para poder eliminar microorganismos específicos, así como también evitar prolongar el tiempo de cocción para evitar alterar el valor nutricional. (Bisplinhoff 2006, como se citó en Ramos, 2010; Blas et al 2003, como se citó en Valencia B., 2017)

Debido a que las harinas de origen animal son susceptibles a contaminación bacteriana, hongos, adulteración y oxidación de lípidos, es necesario agregar bactericida y antioxidante a razón de 150 ppm durante la molienda.

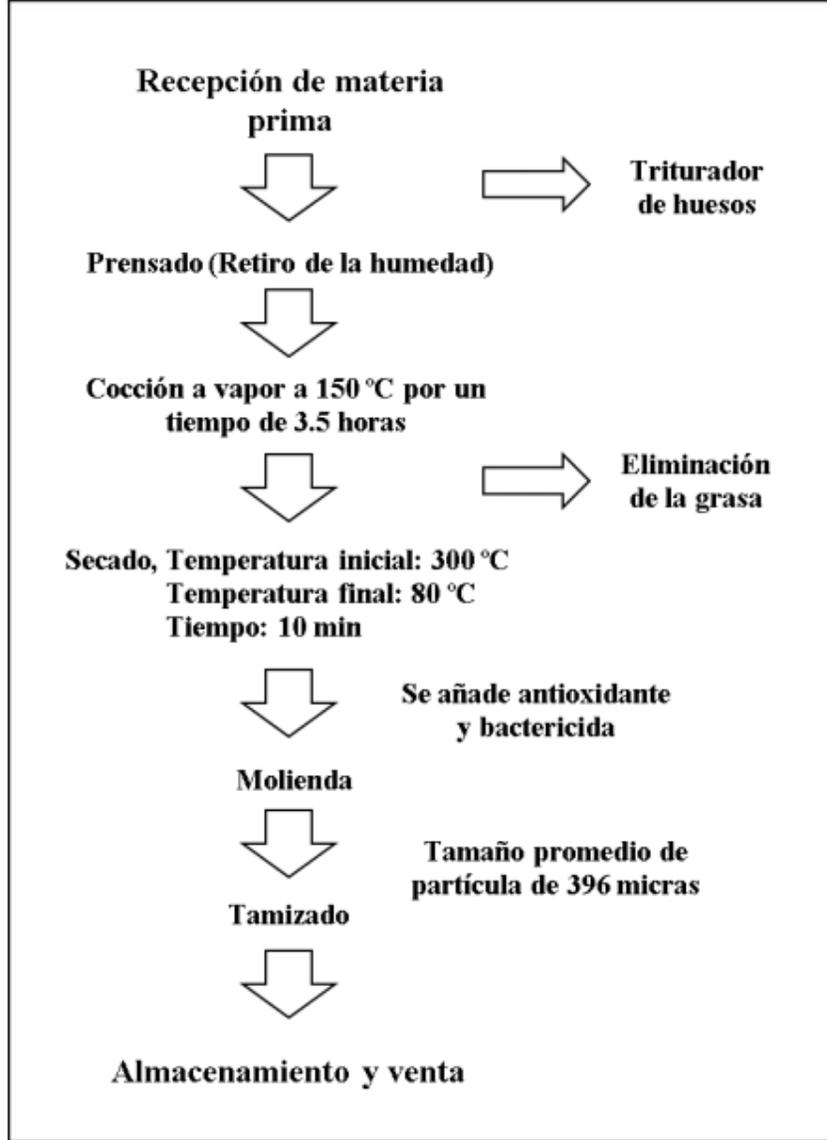


Figura II.13 Flujo de procesamiento de la harina de carne y hueso vacuno.

(North Pacific S.A.C. 2007, como se citó en Valencia B., 2017)

### **2.6.3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

La porcicultura es la tercera ganadería más importante del país; el inventario porcino es de aproximadamente 14 millones de cerdo, la producción de carne es de 966 mil toneladas (el 23% de la producción total de los cárnicos) y el consumo per cápita asciende a 12 kg por habitante (SAGAR 1998, como se citó en Pérez, 2001).

También es significativa porque ocupa de manera indirecta grandes extensiones de cultivo de sorgo y soya, que son unos de los principales alimentos de los cerdos; porque genera una compleja cadena de producción, transformación, industrialización y comercialización de productos, además, es una de las actividades pecuarias que mayor impacto tiene en el medio ambiente por la cantidad y tipo de residuos que genera. (Scialabba 1994 y Steinfeld 1998, como se citó en Pérez, 2001)

Actualmente la generación de los desechos orgánicos es uno de los principales causantes de contaminación ambiental en muchos países, incluido México, ya que se producen en grandes volúmenes y se acumulan en espacios inadecuados.(Uicab-Brito & Castro, 2003)

Sólo el 75% de la basura es colectada para depositarla en rellenos sanitarios y tiraderos, mientras que el 25% restante no es colectada. (Sparling et al 1998, como se citó en Uicab-Brito & Castro, 2003).

Por otra parte, en muchos países las empresas que conforman la industria cárnica y, en especial, los mataderos, se han clasificado dentro del grupo de empresas que presentan una alternativa valiosa de recursos proteínicos para la alimentación animal, por medio de los desechos comestibles que se producen en estos lugares. Un uso adecuado de estos desechos, no solamente redundará en beneficio de la producción pecuaria, sino que también contribuirá a mejorar la protección al ambiente, ya que se evitarían que desechos tales como la sangre y el contenido ruminal, sean vertidos a los arroyos y ríos sin ninguna consideración sanitaria previa. (Falla-Cabrera 1995, como se citó en Uicab-Brito & Castro, 2003)

Los residuos porcinos originan gases nocivos que afectan el aire como metano, amoníaco, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico. El impacto más severo de las excretas y del agua residual (AR) porcina, cuyos ingredientes son heces y orina, agua, alimento desperdiciado, paja, suelo, entre otras. (Taiganides 1992, como se citó en Pérez, 2001).

Los problemas ambientales que genera la porcicultura en México son el resultado, de la adopción de un modelo de crecimiento que tiene las siguientes características:

- Altamente especializado, que se integra con la agricultura solo en forma limitada y poco técnica.
- Concentrador de la pira en un número cada vez menor en grandes cantidades.
- Con una importante presencia en zonas periurbanas y urbanas.
- Con sistemas de alimentación ricos de proteínas que el aparato digestivo del cerdo no puede asimilar en su totalidad.
- Carente de personal capacitado en el manejo de residuos. (Pérez, 2001)

## **2.7. CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA).**

El proceso de extracción de jugo de caña de azúcar genera una gran cantidad de bagazo (alrededor de 30% de caña de azúcar molida), biomasa que corresponde a una importante fuente de energía. Alrededor del 95% del total del bagazo de caña de azúcar producido en México es quemado en calderas de vapor, que producen residuos de ceniza de bagazo, que en la mayoría de los casos no cumplen con las normas adecuadas y, por lo tanto, causan serios problemas ambientales. La ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBC), compuesta principalmente de sílice, SiO<sub>2</sub>, tiene el potencial para ser usada como mezcla mineral en morteros y concretos (Cordeiro et al., 2008). Las estimaciones muestran que, por cada tonelada de azúcar de caña procesada, aproximadamente se producen seis kilos de CBC (SALES y LIMA, 2010).

### **2.7.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE AZÚCAR ESTANDAR.**

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 la misma, la caña es cortada manual y mecánicamente, los camiones que la transportan son cargados por medio de alzadoras.



Figura II.14 Germinación de semillas de caña de azúcar.

(INGENIO EL MODELO, 2014)

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 II.15 Recepción de la caña transportada.

(INGENIO EL MODELO, 2014)

2. **EXTRACCIÓN:** Al salir de la desfibradora la caña es enviada al tándem de molinos constituido por 4 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 II.16 Desfibradora de caña.

(INGENIO EL MODELO, 2014)

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 II.17 Calderas de combustión de bagazo de caña de azúcar.

(INGENIO EL MODELO, 2014)

4. **CLARIFICACION:** 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 a 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%.

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 II.18 Silos de evaporación para obtener meladura.

(INGENIO EL MODELO, 2014)

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 II.19 Templa formada en tachos de vacío.

(INGENIO EL MODELO, 2014)

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 templas de “A “, por último, con la azúcar obtenida de la masa de “C” se elaboran las templas de “B” por lo tanto este sistema de 3 templas permite recuperar la mayor cantidad de sacarosa contenida en el jugo.
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.
9. **ALMACENAMIENTO:** Donde se estiba o sale a distribución al mercado  
(INGENIO EL MODELO, 2014)

### **2.7.2. PRODUCCIÓN DE AZUCAR.**

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 D.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.).

Desde entonces, el cultivo de la caña de azúcar se extendió a casi todas las regiones tropicales y subtropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical. A México llegó en la época de la conquista (1522 aprox.), fue así como la primera plantación se llevó a cabo en el estado de Veracruz, instalándose posteriormente los primeros ingenios azucareros en las partes cálidas del país como parte de la colonización (SAGARPA, 2011).

Según (Zafranet, 2008) y (PRONAC, 2007) (como se sijo en la Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad) la caña de azúcar es la materia prima de la agroindustria azucarera y esta es una actividad de alto impacto social por su producción, por el empleo que crea en el campo mexicano y porque el azúcar está enraizado profundamente en la economía y la cultura del país y es un producto básico en la dieta del mexicano. En este sentido, el Consumo Nacional Aparente de azúcar de caña es 4.8 millones de toneladas anuales (promedio 2001- 2007), el valor generado en la producción de azúcar es por más de 3 mil millones de dólares anuales y el 57% se distribuye entre los 164 mil productores de caña. La caña de azúcar aporta el 13.5% del valor de la producción agrícola nacional y representa el 0.4% del PIB y el 7.3% del PIB agropecuario, genera más de 450 mil empleos directos y beneficios directos a más de 2.2 millones de personas. La producción nacional de caña se realiza en 683,008 hectáreas que generan 48,363,316 toneladas de materia prima que abastecen a 57 ingenios o fábricas azucareras localizados en 15 estados cañeros con productividad de la gramínea diversa donde vive el 13% de la población nacional. Así mismo los coproductos y subproductos de la agroindustria azucarera (sacarosa, melazas, bagazo, cachazas y vinazas) sirven como insumo para las industrias que fabrican refrescos y bebidas, jugos, néctares, galletera, repostería, licores, papel y cartón, tableros aglomerados, alimentos pecuarios y farmacéutica entre otros usos, contribuyendo al desarrollo industrial del país (Zafranet, 2008) y (PRONAC, 2007).

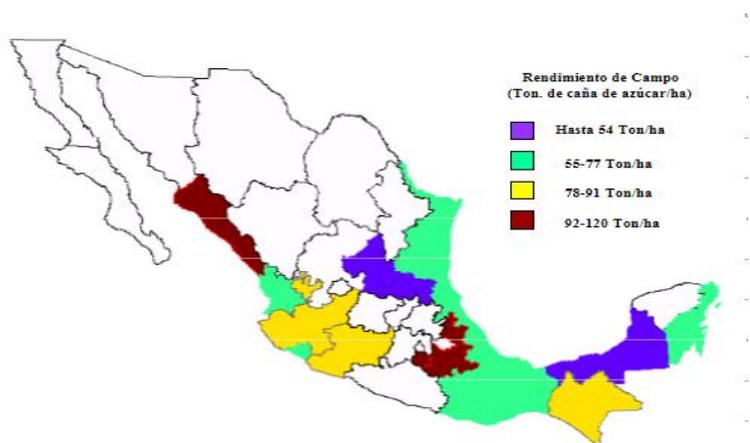


Figura II.20 Productividad del campo cañero mexicano.

(COAAZUCAR, 2018)

### 2.7.3. DISTRIBUCIÓN NACIONAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

El azúcar es uno de los 10 cultivos más consumidos por las familias mexicanas, su producción en México durante 2017 fue de 56,955 miles de toneladas, los 10 principales Estados Productores fueron Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Oaxaca, Tamaulipas, Chiapas, Nayarit, Tabasco, Morelos y Puebla. México ocupa el 6° lugar en producción mundial de caña de azúcar y es 7° Exportador a nivel mundial.

Tabla II-K Ingenios azucareros del territorio mexicano.

<b>Ingenios Agrupados por Entidades Federativas</b>			
<b>Entidad federativa</b>	<b>Ingenio</b>	<b>Entidad federativa</b>	<b>Ingenio</b>
Campeche	La Joya	Tabasco	Aszuremex
Chiapas	Cía. La Fe (Pujilic)		Presidente Benito Juárez
	Huixtla		Santa Rosalía
Colima	Quesería	Tamaulipas	Aarón Sáenz Garza
Jalisco	Bellavista		El Mante
	José María Morelos	Central El Potrero	
	Melchor Ocampo	Central La providencia	
	San Francisco Ameca	Central Motzorongo	
	Tala	Central progreso	
	Tamazula	Central de San Miguelito	
Michoacán	Lázaro Cárdenas	Veracruz	CIASA (Cuautotlapam)
	Pedernales		Constancia
	Santa Clara		El Carmen
Morelos	Centro Casasano		El Higo
	Emiliano Zapata		El Modelo
Nayarit	El molino		Independencia
	Puga		La Concepción
Oaxaca	Adolfo López Mateos		La Gloria
	El refugio		Mahuixtlán
	La Margarita		Nuevo san Francisco
Puebla	Atencingo		Pánuco
	Calipam		San Cristóbal
Quintana Roo	San Rafael de Pucté		San Gabriel
San Luis Potosí	Alianza Popular		San José de Abajo
	Plan de Ayala		San Nicolás
	Plan de San Luis		San Pedro
	San Miguel del Naranjo		Tres Valles
Sinaloa	El Dorado		
	Avance Regional (La Primavera)		
	Los Mochis		

(Comité Nacional de para el desarrollo Sustentable de la caña de azúcar, 2019)

Actualmente existen 51 ingenios en el país que conforman la producción nacional de azúcar. Veracruz cuenta con 18 ingenios en operación; le sigue Jalisco con 6, que juntos cubren 87.8% del volumen de la producción nacional generado por 15 estados productores.

La caña de azúcar es considerada un producto básico y estratégico; por ello, cuenta con su propia legislación, la “Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar”, y es El Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) el organismo público descentralizado encargado de proponer y coordinar la instrumentación de las políticas públicas óptimas para este sector. (GOBIERNO DE MEXICO, 2018)

#### 2.7.4. USOS.

Mediante el proceso de la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros materiales, siendo el más importante el jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado en los ingenios para formar azúcar y otras materias primas que producen una amplia gama de derivados, entre los que se encuentra el etanol, mismo que se ha constituido como una fuente de energía alternativa sustentable. Los principales subproductos de la industria azucarera son la melaza (miel incristalizable y el bagazo (fibra).

La melaza es la materia prima para la producción de alcohol y por lo tanto un insumo fundamental para la industria alcoholera. El bagazo excedente está siendo utilizado como materia prima en la industria del papel, además, la co-generación de energía eléctrica usándolo como combustible en calderas para la mayoría de los ingenios azucareros. (Romero et al, 2012).

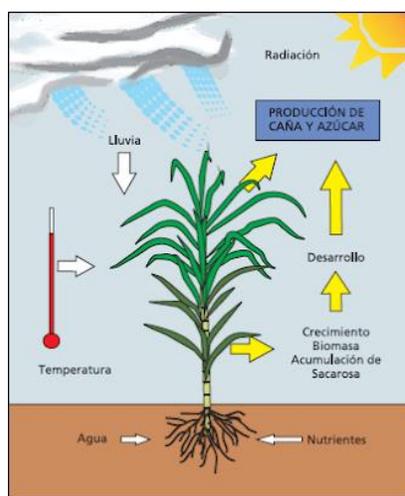


Figura II.21 Características agronómicas de la caña de azúcar.

(Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, 2014)

### 2.7.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA.

En la revista colombiana de materiales de la universidad de Antioquia muestra una investigación donde se realizaron una serie de análisis en dos tipos de ceniza de bagazo de caña las cuales fueron caracterizadas tanto física como químicamente, lo cual muestra como resultado que el contenido de sílice aproximado de CBC es del 89%, y ha sido reportado como un material que posee características puzolánicas apto para su utilización en mezclas con cemento.

Tabla II-L Resultados de las propiedades químicas de las muestras de CBCA.

Características (%)	CBC1	CBC2
SiO <sub>2</sub>	72,8	61,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,4	5,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,5	5,6
CaO	3,8	3,9
MgO	2,3	3,2
K <sub>2</sub> O	2,7	5,0
Na <sub>2</sub> O	1,2	0,9
Pérdidas por ignición	3,7	11
Tamaño de partícula (µm)	79,8	41,5

(Vidal D., Torres J., Gómez L., 2014)

Sin embargo, también analizaron la actividad puzolánica en ambas muestras, se evaluó a través de la resistencia a la compresión, según la norma ASTM C311, esta evaluación se realizó a la CBC normal o sin tratamiento térmico y a la tratada térmicamente a 700 °C por tres horas. En la figura 3 se presentan los resultados para 7 y 28 días de curado. Para el análisis de dicha gráfica se debe tener en cuenta que la norma ASTM C618 establece un valor mínimo de índice de actividad puzolánica (IAP) del 75% a 28 días de curado, para considerar a un material como una puzolana.

Los índices de actividad puzolánica de los dos tipos de CBC utilizados en el presente estudio, luego de un tratamiento térmico a 700°C para reducir el nivel de inquemados, fue superior al 91%, superando lo especificado en la Norma ASTM C618 para materiales muestra el potencial aprovechamiento de este tipo de materiales. (VIDA D., TORRES J., GOMEZ L., 2014) Revista Colombiana de Materiales N. 5 pp. 13-18.

## CAPITULO III DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.

### 3.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### Ficha de identificación de estación de monitoreo

<b>Nombre de la Estación</b>	Estación Uno
<b>Código de la estación</b>	1
<b>Ciudad</b>	Medellín de Bravo.
<b>Estado</b>	Veracruz
<b>País</b>	México
<b>Ubicación de la estación</b>	Tabiguera Zamora de la localidad de Rancho del Padre, Medellín de Bravo
<b>Fecha de la Instalación de la estación</b>	16 de marzo del 2021
<b>Atmosfera aparente</b>	Rural



Figura III.1 Estación de trabajo.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

## 3.2. LOCALIZACIÓN.

### 3.2.1. MACROLOCALIZACIÓN.

La estación de estudio se encuentra ubicado dentro del municipio de Medellín de Bravo que se encuentra ubicado en la zona centro del Estado de Veracruz, 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. 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. (Veracruz-Medellín-INA FED, 2016)

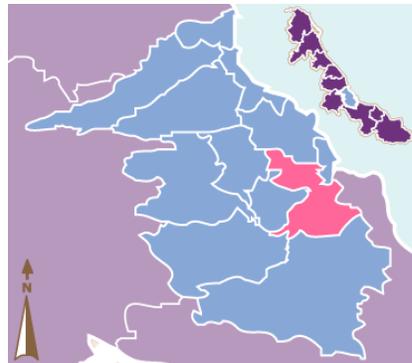


Figura III.2 Medellín de Bravo, Ver.  
(Veracruz-Medellín-INA FED, 2016)

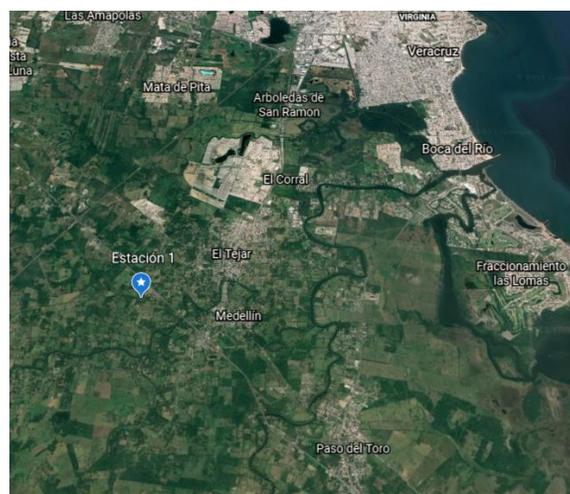


Figura III.3 Vista satelital de la estación de trabajo, Medellín de Bravo, Ver.  
(Google Earth)

### 3.2.2. MICROLOCALIZACIÓN.

La tabiquera Zamora se encuentra ubicada en la localidad del Rancho del Padre, Medellín de Bravo, del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, México. A 3 km aproximadamente de la cabecera municipal.

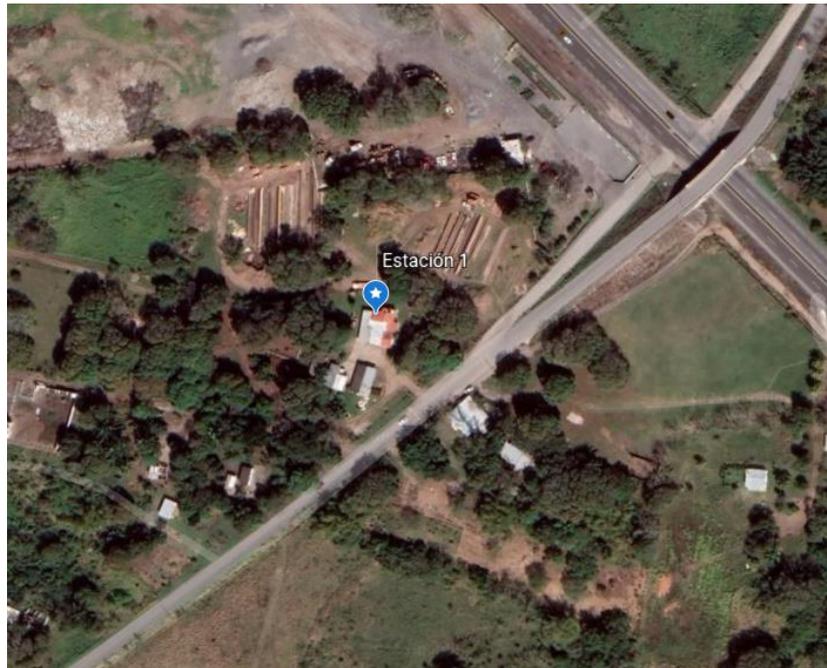


Figura III.4 Imagen satelital de la Tabiquera Zamora.

(Google Earth)



Figura III.5 Tabiquera Zamora ubicada en la comunidad del Rancho del Padre.

(Herrera O. & Hernández A, 2019).

### **3.3. CLIMA.**

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. (Veracruz-Medellín-INAFED, 2016)

### **3.4. UBICACIÓN DE BANCOS DE MATERIAL.**

#### **3.4.1. BANCO DE ARCILLA.**

La arcilla utilizada en la tabiguera Zamora ubicada en la localidad Rancho del Padre, Medellín de Bravo, Ver., es extraída dentro de las instalaciones.

#### **3.4.2. BANCO DE ARENA.**

La arena para la fabricación de tabiques es importada de la localidad de Los Robles, Medellín de Bravo, Ver., que se localiza a 5 km al sur de la cabecera municipal. Debido a que dentro del municipio no cuenta con material granular apropiado para la fabricación de ladrillos.

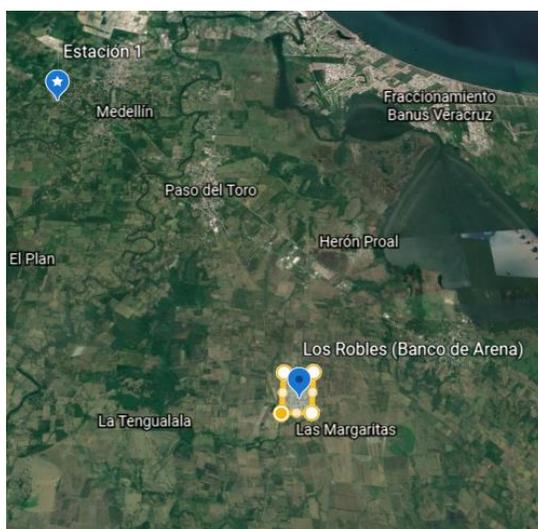


Figura III.6 Imagen satelital de la comunidad de Los Robles (banco de arena).

(Google Earth)

### **3.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TABIQUE EN EL LUGAR DE ESTUDIO.**

Para la elaboración de los ladrillos en el Municipio de Medellín Valle de Bravo se lleva a cabo un proceso de elaboración artesanal que se consiste en diferentes fases las cuales son: Extracción del Material, Preparación del Mezcla, Amasado, Moldeado, Secado, Estivación para cocción, Cocción y Estivación para venta.

#### **3.5.1. EXTRACCIÓN.**

La arcilla utilizada para la elaboración de los ladrillos de la tabiquera Zamora de la comunidad Rancho del Padre del municipio de Medellín es obtenido de un banco de material que se encuentra dentro de las instalaciones. Esta se extrae de manera manual con ayuda de pico y pala, y se transporta por medio de una carretilla.

Según los productores, esta arcilla tiene excelentes propiedades a la hora de trabajarla como buena compactación durante el moldeo, buena absorción del agua, entre otros.



Figura III.7 Banco de material arcilloso.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### 3.5.2. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.

De acuerdo a la Tabiquera Zamora para la fabricación de un millar de ladrillos artesanales se requieren alrededor de 20 carretillas de arcilla con 3 carretillas de arena y 3 tambores de agua.

Como primer paso se transporta la arcilla a uno de los patios de las instalaciones donde se le verterá los tres tambores de agua transformándolo en una especie de lodo y dejándolo reposar alrededor de cuatro horas, esto permitirá que el material orgánico se descomponga y la mezcla sea más pura. A continuación, el material es llevado al patio de mezclado en la cual se le es agregado arena, y si la mezcla lo requiere se vierte una cantidad mínima de agua hasta que la mezcla no se adhiera tan fácilmente. La masa se mezcla con ayuda de un azadón para homogenizarla, por último, se obtiene lo que comúnmente conocemos como barro.



Figura III.8 Transporte de material,  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura III.9 Reposo de la mezcla de barro.  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### 3.5.3. AMASADO Y MOLDEADO.

El proceso de amasado comienza con la preparación del lugar donde se colocara el barro, situando arena en el suelo y esparciéndola uniformemente en una capa delgada abarcando toda la zona que se utilizara para el amasado y moldeado, colocando después el barro en la zona de trabajo, posteriormente la persona humedece la gavera, la cual es un molde de madera utilizado para elaborar los tabiques, este método eliminara el excedente de material restante de cada moldeado y facilitara la separación de el molde con la mezcla de barro. Una vez ya efectuado, pequeñas masas de barro son cortadas con las manos de manera rápida y son colocadas sobre la gavera cubriendo el área de los tabiques de manera uniforme, además, se ejerce presión con las manos para que el material se acomode dentro de este. El excedente de material es enrasado, finalmente el molde es colocado boca abajo sobre suelo para su desmoldado colocando las manos de manera firme y retirándolo lentamente hasta que la pieza salga por completo.



Figura III.10 Preparación del lugar de trabajo.  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura III.11 Amasado de la pieza de tabique.  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### 3.5.4. SECADO Y ESTIVACIÓN PARA COCCIÓN.

Posterior, los ladrillos recién moldeados son colocados en hiladas sobre el piso a la intemperie de manera horizontal, pasado 12 horas se procede a colocarlos de canto. El proceso de secado dura aproximadamente 4 días esto varía dependiendo de las condiciones climáticas de la localidad. Terminado este proceso las piezas son trasladadas al horno para su debida cocción.



Figura III.12 Estivación de tabiques previamente a la cocción.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### 3.5.5. COCCIÓN.

Por consiguiente se da la etapa de cocción; en el cual son colocados alrededor de 10 a 12 millares de tabiques dentro de un horno artesanal que utiliza como combustible leña de la región, estos son expuestos al fuego, que oscila entre los 650 a 800° C, por un aproximado de 18 horas, pasado ese tiempo las piezas son retiradas del horno listas para el proceso de enfriamiento, esta talvez es la etapa más importante del proceso de fabricación del tabique ya que en esta se dará la confinación y estructura final de la pieza, en efecto un buen resultado en la etapa de cocción depende de la preparación de las materias primas y de todo el proceso realizado correctamente.



Figura III.13 Horno artesanal.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### **3.5.6. ESTIVACIÓN PARA VENTA.**

Finalmente, acabado el proceso de cocción de los ladrillos es necesario dejar que estos se enfríen, por lo que se dejan reposar 3 días antes de estivarlos para su debida distribución. Acabado el tiempo de espera, las piezas son trasladadas al patio de estivación y son colocados en hiladas unos sobre otros esperando a que sean compradas y transportadas a las distintas casas de materiales de la región.

# CAPITULO IV METODOLOGIA DE PRUEBAS DE LABORATORIO.

## 4.1. PRUEBAS DE LABORATORIO PARA ARENAS.

### 4.1.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

#### SECADO Y DISGREGADO.

##### Referencias:

- *M-MMP-1-03-03*
- *NMX-C-416-ONNCCE-2003*

**Objetivo:** Estos procedimientos permiten la preparación de las muestras representativas de los materiales, mediante su secado, disgregado y cuarteo, con el propósito de obtener las porciones representativas para efectuar las pruebas de laboratorio necesarias.

##### Herramientas:

- Charola de metal.
- Cucharón
- Espátula.
- Mazo de goma o madera.

##### **Procedimiento:**

- Paso 1,- Se extiende material de suelo obtenido de la muestra sobre una charola de metal que se encuentre limpia y lisa. Aproximadamente 2 kilogramos.
- Paso 2,- Se coloca al sol o al aire a temperatura ambiente durante 24 horas o mas si este lo requiere.
- Paso 3,- Se debe revolver frecuentemente para obtener un secado homogéneo y rápido, hasta reducir su humedad que permita disgregarlo fácilmente.



Figura IV.1 Secado de material arcilloso.  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 4,- Una vez seca la muestra con ayuda de un mazo de madera se comienza a disgregar de tal manera que se disuelvan todos los grumos de material. Sin embargo, se debe tener cuidado de no romper la estructura del suelo.



Figura IV.2 Disgregado de material.  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).

#### 4.1.2. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO.

##### Referencias:

- *M-MMP-1-08-03*

**Objetivo:** Determinar la masa volumétrica del material, es decir, la relación masa-volumen dentro de un acomodo.

##### Herramientas:

- Molde.
- Cucharón.
- Báscula.
- Enrasador o varilla punta de bala.
- Charola.
- Vernier o regla.

##### Procedimiento:

- Paso 1,- Se debe conocer las medidas del molde, se mide el molde con el fin de obtener su volumen con ayuda del vernier o la regla.
- Paso 2,- Se pesa el molde y se registra su masa.
- Paso 3,- Se agrega el material sobre la charola y se homogeniza con ayuda del cucharón.
- Paso 4,- Se vierte sobre el molde a una altura de 20 cm dejando caer el material por gravedad hasta que este sea llenado por su propio reacomodo.



Figura IV.3 Cuarteo del material arenoso.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- Se enrasa el material y posteriormente se limpia el molde.

Paso 6,- Se pesa el molde con el material y se anota para sus debidos cálculos.

**Formulas:**

$$PVSS = \frac{W_m}{V_r}$$

Donde:

$W_m$  = Peso del material = (Peso del recip + mat) – (Peso del recip.)

$V_r$  = Volumen del recipiente

### 4.1.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO.

#### Referencias:

- *M-MMP-1-06-03*
- *NMX-C-416-ONNCCE-2003*
- *ASTM D 421-58 y D422-63*
- *AASHTO T 88 70*

**Objetivo:** La granulometría es la distribución del tamaño de sus partículas. Esta determina la distribución de las partículas por medio de mallas, de suelos que conforman cualquier tipo de estructura terrea, así como la clasificación de todos sus componentes, para la realización de estudio geotécnico.

#### Materiales:

- Cucharón.
- Charola.
- Juego de mallas o tamices (No.4,10,20,40,60,100, 200 y charola)
- Balanza de precisión.
- Brocha.
- Moneda.

#### Procedimiento:

- Paso 1,- Se agrega el material sobre la charola y se homogeniza con ayuda del cucharón.
- Paso 2,- Del material homogenizado se pesó una muestra de 1kg



Figura IV.4 Peso de la muestra de material.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 3,- Se colocan los tamices en orden para iniciar el tamizado, estos van desde la malla 4,10, 20, 40, 60,100, 200 y charola adicionalmente.



Figura IV.5 Vertido del material sobre el juego de tamices,  
. (Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 4,- Se vierte la muestra de material en los tamices y por medio de una serie de movimientos oscilatorios o vibrantes se criba el material por 5 min.



Figura IV.6 Tamizado del material.  
(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- Se cuantifica el material retenido en cada malla pesándolo por medio de una báscula y posteriormente colocando cada peso retenido en una hoja de papel con el número de malla que le corresponde.



Figura IV.7 Muestras de material segregado en las diferentes mallas de acuerdo a su tamaño.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 6,- Se limpian los tamices con ayuda de la moneda para evitar restos de material en el tamiz y para las mallas 100 y 200 se utilizó una brocha para a misma función.

Paso 7,- Por último, se registran los valores en una tabla granulométrica.

#### 4.1.4. ABSORCIÓN Y DENSIDAD.

##### **Referencias:**

- *M-MMP-1-05-18*
- *NMX-C-165-ONNCCE-2014*

**Objetivo:** Estas pruebas permiten determinar las relaciones masa-volumen de los materiales respecto a la relación masa-volumen del agua, así como la absorción, en sus diferentes condiciones de contenidos de agua y el cambio de masa del material debido a la entrada de agua en sus poros, con respecto a su condición en estado seco; las pruebas se realizan en la fracción retenida en la malla N° 4 (4,75mm) y en la porción que pasa dicha malla.

##### **Materiales:**

- Balanza.
- Charolas.
- Parrilla
- Cristal.
- Embudo.
- Espátula.
- Cono troncocónico.
- Pisón de compactación.
- Matraz de Chapman.

##### **Procedimiento:**

Paso 1,- Se coloca el material en agua durante 24 hrs.



Figura IV.8 Saturación del material.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 2,- Pasado el tiempo, es depositado en una charola e inmediatamente se coloca sobre la parrilla para dar inicio a su proceso de secado. Con ayuda de la espátula se mueve el material para obtener un secado uniforme.



Figura IV.9 Secado de material por medio de una parrilla eléctrica.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 3,- Posteriormente, se verifica con el cristal si este ha perdido la suficiente humedad para que se encuentre en un estado superficialmente seco. Si no es el caso, se deja en la parrilla unos minutos mas hasta.

Paso 4,- A continuación, el material es retirado de la parrilla y se deja reposar unos minutos para que este se enfríe. Una vez que el material se encuentre listo se coloca el cono troncónico sobre una superficie lisa, siendo el lado con el diámetro mayor el que se quede en la parte inferior.



Figura IV.10 Enfriamiento de la muestra.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- En seguida, se comienza a depositar capas de material dentro del cono, en total deben ser tres capas, las cuales se compactaron dejando caer el pisón 25 veces. La primera capa se aplican 11 golpes consecutivamente a una altura razonable de la parte superior del cono, la segunda capa solo se aplicarán 8 golpes y la tercera 6 golpes cumpliendo así el total de 25 golpes.



Figura IV.11 Compactación de material en cono troncocónico.

(Herrera O. & Hernández A, 2021)

Paso 6,- Consecutivamente una vez lleno el cono se enraza el material y con mucho cuidado se levanta el cono verticalmente, si aun esta presente humedad superficial el agregado fino conservara la forma del molde. Por otro lado, cuando exista una caída ligera del agregado fino se dice que ha alcanzado la condición saturada superficialmente seca.



Figura IV.12 Consistencia del material arenoso al retirar el molde.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 7,- Por consiguiente, una vez alcanzada la consistencia del material, se pesó 500 gr del agregado.
- Paso 8,- Se afora el matraz de Chapman con agua y se pesó en la báscula posteriormente, una vez conocido su masa se procede a verter los 500 grs de agregado sobre él, haciendo pequeños movimientos circulares para eliminar las burbujas de aire que se presentaban.



Figura IV.13 Aforado del matraz de Chapman.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 9,- Una vez depositado el material sobre el matraz y al encontrarse totalmente mezclado con el agua, se determinó la densidad observando el límite de mezcla con respecto a la graduación del matraz.



Figura IV.14 Lectura del resultado que indica el matraz de Chapman.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 10,- Finalmente se pesa el matraz con material para saber su nueva masa y se registran los datos.



Figura IV.15 Registro de la masa del material mas el matraz de Chapman.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

## Formulas

$$w = \frac{\textit{peso del agua absorvida}}{\textit{peso de la muestra}} * 100$$

Donde:

w = Absorción

$$D = \frac{\textit{peso de material seco}}{\textit{volumen deslojado}}$$

Donde:

D = Densidad

## **4.2. PRUEBAS DE LABORATORIO PARA ARCILLAS.**

### **4.2.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.**

#### **SECADO Y DISGREGADO.**

##### **Referencias:**

- *M-MMP-1-03-03*
- *NMX-C-416-ONNCCE-2003*

**Objetivo:** Estos procedimientos permiten la preparación de las muestras representativas de los materiales, mediante su secado, disgregado y cuarteo, con el propósito de obtener las porciones representativas para efectuar las pruebas de laboratorio necesarias.

##### **Herramientas:**

- Charola de metal.
- Cucharón
- Espátula.
- Mazo de goma o madera.

##### **Procedimiento:**

- Paso 1,- Se extiende material de suelo obtenido de la muestra sobre una charola de metal que se encuentre limpia y lisa. Aproximadamente 2 kilogramos.
- Paso 2,- Se coloca al sol o al aire a temperatura ambiente durante 24 horas o mas si este lo requiere. De la misma forma se puede realizar un secado rápido con ayuda de una parrilla eléctrica.



Figura IV.16 Secado del material arcilloso.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 3,- Se debe revolver frecuentemente para obtener un secado homogéneo y rápido, hasta reducir su humedad que permita disgregarlo fácilmente.
- Paso 4,- Una vez seca la muestra con ayuda de un mazo de madera se comienza a disgregar de tal manera que se disuelvan todos los grumos de material. Sin embargo, se debe tener cuidado de no romper la estructura del suelo.

## 4.2.2. GRANULOMETRÍA POR LAVADO.

### **Referencias:**

- *M-MMP-1-08-03*
- *NMX-C-084-ONNCCE-2018*
- *NMX-C-416-ONNCCE-2003*
- *ASTM D 422-63*
- *AASHTO T 88 00 (2004)*

**Objetivo:** Tiene como objetivo separar y clasificar por tamaño de partículas de un suelo. Determinando las constantes de suelos: coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura, porcentaje de gravas, porcentaje de arenas, porcentaje de finos, clasificación y curva granulométrica. 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.

### **Herramientas:**

- Juego de mallas o tamices (No.4,10,20,40,60,100, 200 y charola)
- Charola.
- Báscula de precisión.
- Estufa.
- Espátula.
- Brocha.
- Cristal.

### **Procedimiento:**

Paso 1,- Para iniciar, se vierte material arcilloso sobre la malla no. 4 y se aparta lo que pase para la realización del lavado. Cabe mencionar que, la cantidad de material a utilizar depende del tamaño promedio de las partículas.

Paso 2,- A continuación, se es colocado sobre una charola y se deja reposar en agua 24 hrs. Pasado el tiempo, se decanta el material para eliminar las partículas orgánicas que no necesitamos.



Figura IV.17 Saturación de la muestra.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 3,- Agregamos agua al material y se comienza a “lavar”, separando las partículas finas de las gruesas realizando movimientos oscilatorios en forma de 8. Después se eliminan pasando el agua por la malla no. 200 y se repite el proceso hasta que el agua se encuentre limpia.



Figura 50 Lavado de material sobre la malla 200.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 4,- El material es llevado y secado en una estufa. Se verifica que el material ya no contenga humedad con ayuda de un cristal.



Figura IV.18 Muestra de material retenido expuesto al calor para perdida de humedad.

(Herrera O. & Hernández A, 2019).

Paso 5,- El material seco se vierte sobre el juego de mallas, agitándose con fuerza durante 5 minutos. Se pesa el material retenido en cada malla y se anotan para sus debidos cálculos.



Figura IV.19 Registro de la masa del material retenido en las mallas.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### **4.2.3 LÍMITES DE ATTERBERG.**

#### **4.2.3.1 LÍMITE LÍQUIDO.**

##### **Referencias:**

- *AASHTO T 89-02*
- *ASTM D 4318- 00*
- *M-MMP-1-07-07*
- *NMX-C-416-ONNCCE-2003*

**Objetivo:** Consiste en proporcionar el contenido de humedad que tiene el suelo, por debajo del cual, tiene un comportamiento plástico.

##### **Herramientas:**

- Copa de Casa Grande.
- Ranurador.
- Placa de vidrio.
- Espátula
- Malla o tamiz (no.40)
- Charola.
- Báscula.
- Capsulas.
- Parrilla.
- Guantes contra altas temperaturas.
- Cucharón.
- Bolsa de plástico.

##### **Procedimiento:**

Paso 1,- Se toma una parte de material y se homogeniza completamente. Se coloca el tamiz no.40 sobre una charola y se comienza a agregar material. Se coloca la tapa y se comienza agitar.



Figura IV.20 Tamizado del material sobre la malla no.40.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 2,- Del material que pasa la malla se aparta 300 gr., se coloca en una bolsa, se agrega un aproximado del 5% de agua, y se deja reposar por 3 horas.
- Paso 3,- Se prepara el material colocándolo sobre la placa de vidrio y se le va agregando agua, homogenizándolo correctamente.



Figura IV.21 Homogenizado de la muestra.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 4,- Una vez se haya preparado el material, se coloca en la cazuela y se extiende el material del centro hacia los lados sin ejercer una presión excesiva.
- Paso 5,- Mediante una pasada con el enrasador de arriba hacia abajo, se realiza una ranura lo más uniforme posible.

Paso 6,- Se acciona la manivela para hacer que la cazuela golpee la base a una velocidad de dos golpes por segundo. Se cuenta los golpes hasta que el talud de la ranura se cierre a lo largo de 13 mm.



*Figura IV.22 Medida de cierre del talud del material por causa de golpes.*

*(Herrera O. & Hernández A, 2021).*

Paso 7,- Se extrae una parte del suelo que hay en la cazuela y se coloca en una capsula con conocido peso. Es necesario que las muestras correspondan a ciertos numero de golpes: 15,25 y 35.

Paso 8,- Se lleva la capsula a la báscula y se anota su masa.



*Figura IV.23 Muestra del material de la capsula, pesado y registrado.*

*(Herrera O. & Hernández A, 2021).*

- Paso 9,- Se somete a un secado en la parrilla y se dejan enfriar. Se apunta la masa del material seco.
- Paso 10,- Con ayuda de una hoja de Excel se establece una línea de tendencia entre el número de golpes y la humedad de las muestras.

**Formulas:**

$$\omega(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_h - W_r} * 100$$

Donde:

$W_h$  = Masa del recipiente + suelo húmedo

$W_s$  = Masa del recipiente + suelo seco.

$W_r$  = Masa del recipiente

#### 4.2.3.2 LÍMITE PLÁSTICO.

##### **Referencias:**

- *AASHTO T 90-00 (2004)*
- *ASTM D 4318-00*
- *M-MMP-1-07-07*
- *NMX-C-416-ONNCCE-2003*

**Objetivo:** Obtener el contenido de humedad, por debajo del cual el suelo deja de tener un comportamiento plástico, el suelo empieza a endurecerse y pasa al estado semisólido.

##### **Herramientas:**

- Placa de vidrio.
- Espátula
- Vernier.
- Capsula.
- Báscula.
- Parrilla.
- Malla o tamiz del no. 40.
- Guantes de alta temperatura.

##### **Procedimiento:**

- Paso 1,- Se toma una porción de material ya preparado que se utilizo para el límite líquido. Y se deja que pierda el exceso de humedad. Sabremos que ya perdió la suficiente humedad cuando al tomarla con nuestros dedos no se ensucien de con material.
- Paso 2,- Se toma una porción y se forma una pequeña esfera y se moldea con los dedos sobre la placa de vidrio hasta que se formen rollos de con un diámetro de 3.2 mm.

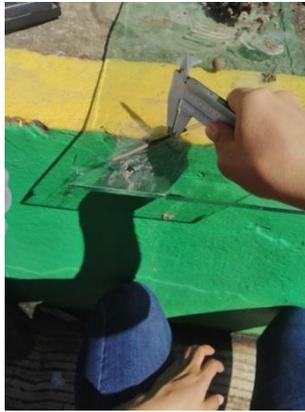


Figura IV.24 Rollos de material con diámetro de 3.2 mm.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 3,- SI al alcanzar este diámetro los rollos presentan agrietamiento y desmoronamiento se considera satisfactoria el estado del suelo, para obtener el limite plástico. En caso de que no suceda esto, se junta de nuevo el material formando una esfera y se manipula con las manos para producir la pérdida de la humedad.

Paso 4,- Se colocan en las capsulas con masa conocida los rollos, se llevan a la báscula y se registra el peso. Se recomienda obtener 6 gr de muestra de material.



Figura IV.25 Peso de los rollo previamente moldeado y medido.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- Las capsulas son puestas sobre la parrilla para su secado. Se verifica con ayuda de un cristal si el material ya no contiene agua.



Figura IV.26 Material expuesto al fuego para perdida de humedad.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### **Formulas:**

$$\omega(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_h - W_r} * 100$$

Donde:

$W_h$ = Masa del recipiente + suelo húmedo

$W_s$ = Masa del recipiente + suelo seco.

$W_r$ = Masa del recipiente.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

$IP$ = Índice Plástico.

$LL$ = Límite Líquido.

$LP$ = Límite Plástico

## 4.3 PRUEBAS DE LABORATORIO AL TABIQUE.

### 4.3.1. DIMENSIONAMIENTO.

#### Referencias:

- *NMX-C-038-ONNCCE-2004.*
- *NMX-C-404-ONNCCE-2005.*

**Objetivo:** Conocer las medidas estándares de tabiques elaborados en las diferentes regiones.

#### Materiales:

- Regla o Vernier.

#### Procedimiento:

Paso 1,- Se colocó el tabique en una superficie plana para poder medir cada uno de sus lados con ayuda del vernier.



Figura IV.27 Toma de medidas del tabique con ayuda de un vernier.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 2,- Se tomaron 3 medidas de cada lado (Soga, tizón y grueso) para poder hacer un promedio de las tres y así establecer una medida estándar de cada lado.

Paso 3,- Con las respectivas medidas se determinó el Área total de los tabiques tomando en cuenta la pequeña oquedad en forma de pirámide que se encuentra en el centro del tabique.

Paso 4,- Se repitió el procedimiento para todos los tabiques.

### 4.3.2. ABSORCIÓN.

#### Referencias:

- *NMX-C-037-ONNCCE-2013.*
- *NMX-C-404-ONNCCE-2005.*

**Objetivo:** Determinar de la cantidad de agua que absorben de los tabiques.

#### Materiales:

- Recipiente grande
- Agua
- Tabiques
- Bascula

#### Procedimiento:

Paso 1,- Se obtiene la masa del tabique con la ayuda de una báscula.



Figura IV.28 Registro de la masa del tabique.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 2,- Posteriormente se sumergen en agua durante 24hrs dentro del recipiente.

Paso 3,- Pasado el lapso de tiempo se retiran del recipiente, dejando reposar por unos minutos hasta que el tabique pierda el excedente de agua.

Paso 4,- Se coloca nuevamente en la báscula y se registra su nueva masa.



Figura IV.29 Registro del nuevo peso del tabique saturado.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

**Formulas:**

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

Donde:

$P_{mh}$  = Peso de la muestra húmeda

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

A = Absorción

### 4.3.3. CABECEO.

#### 4.3.3.1. VIA AZUFRE.

##### Referencias:

- *NMX-C-037-ONNCCE-2013.*
- *NMX-C-109-ONNCCE-2013*

**Objetivo:** Proporcionar una superficie plana a los tabiques y perpendicularidad con las placas de la maquina de compresión axial, y así la carga se vea distribuida uniformemente sobre toda la pieza a analizar.

##### Materiales:

- Placa cabeceadora.
- Bascula.
- Azufre.
- Espátula.
- Martillo.
- Recipiente de aluminio.
- Parrilla.
- Aerosol.
- Aceite vegetal.
- Franela o papel.
- Accesorios de seguridad.
- Cuchara.

##### Procedimiento:

- Paso 1,- Para iniciar, se obtiene la masa del tabique con la ayuda de una báscula y se registran los datos.
- Paso 2,- A continuación, los tabiques son etiquetados con claves correspondientes para evitar alguna confusión.
- Paso 3,- Con ayuda del aerosol se rocía una ligera capa de pintura sobre la “tabla” del ladrillo, esto permitirá rellenar algunos poros de la pieza y así evitar que absorba el azufre en su estado líquido.



Figura IV.30 Roció de una ligera capa de pintura en aerosol sobre los especímenes.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 4,- Se coloca, dentro del recipiente de aluminio trozos pequeños de azufre, para que posteriormente sean llevados a la parrilla y así dar inicio al quemado de este. En caso de que el azufre se encuentre en pedazos grandes se puede usar un martillo para pulverizarlos y sea mas rápido su fundición.
- Paso 5,- De manera constante se mueve con la cuchara hasta obtener un estado líquido, cuidando que este se queme y adquiriera una consistencia viscosa. En caso de que suceda, se debe retirar de la parrilla y se desecha.



Figura IV.31 Azufre expuesto al calor para obtener un estado líquido.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 6,- Posteriormente, se procede a realizar el “cabecero” pertinente de acuerdo al procedimiento estipulado en la norma vigente. Para ello, se coloca la placa cabeceadora en una superficie plana y estable y se vierte sobre ella una pequeña capa de aceite vegetal esparciéndola sobre toda la placa con la franela o papel. Esto ayudará a que el azufre no se adhiera a la placa y sea mas fácil y rápido su retirado.



Figura IV.32 Esparcimiento de aceite vegetal sobre la cabeceadora.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 7,- En el momento que se tenga todo preparado y el azufre se encuentre en sus óptimas condiciones, se comienza a vaciar el azufre sobre la placa, llenando el espacio requerido establecido para rellenar la cara del tabique esta debe tener un espesor de 8 mm.



Figura IV.33 Azufre vertido sobre el molde.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 8,- Inmediatamente, se asienta sobre la capa de azufre el tabique sumergiéndolo 5 mm aproximadamente. Se debe tener mucho cuidado, ya que se puede llegar a quemar debido a que el azufre se encuentra a una temperatura alta, y al mismo tiempo hacerlo de manera rápida ya que si se tarda de más el azufre puede llegar a endurecer y el cabeceo no sea el correcto.



Figura IV.34 Tabique asentado sobre el azufre líquido.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 9,- Se deja reposar un par de minutos y se retiran las varillas delimitadoras de la placa cabeceadora para su debida extracción de la pieza, se verifica con un nivel, se limpia la placa retirando los restos de azufre con la espátula y se repite el proceso para la siguiente cara.



Figura IV.35 Tabique cabeceado de ambas caras.

(Herrera O. & Hernández A, 2019).

#### 4.3.3.2. VIA YESO.

##### Referencias:

- *NMX-C-037-ONNCCE-2013.*
- *NMX-C-109-ONNCCE-2013*

**Objetivo:** Proporcionar una superficie plana a los tabiques y perpendicularidad con las placas de la maquina de compresión axial, y así la carga se vea distribuida uniformemente sobre toda la pieza a analizar.

##### Materiales:

- Balanza.
- Yeso.
- Espátula lisa flexible.
- Recipiente de aluminio.
- Pintura en aerosol.

##### Procedimiento:

- Paso 1,- Para iniciar, se obtiene la masa de los prototipos con la ayuda de una balanza y se registran los datos.
- Paso 2,- A continuación, los tabiques son etiquetados con las claves correspondientes para evitar alguna confusión.



Figura IV.36 Identificación y etiquetado de los especímenes.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 3,- Con ayuda de la pintura en aerosol se rocía una ligera capa de pintura sobre la “tabla” del ladrillo, esto permitirá rellenar algunos poros de la pieza y así evitar que absorba el yeso.



Figura IV.37 Roseado y secado de la pintura en aerosol sobre los tabiques.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 4,- Se coloca, dentro del recipiente de aluminio el yeso y se le agrega agua hasta formar una pasta. Se debe tener cuidado con la cantidad de la pasta ya que se endurece fácilmente, por lo que es recomendable hacer en pequeñas porciones.



Figura IV.38 Mezcla de yeso homogeneizado sobre recipiente de aluminio.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- Posteriormente, con ayuda de la espátula se comienza a extender la pasta en la superficie del tabique, procurando formar una capa de aproximadamente 3 mm y que esta se encuentre lo mas plana posible.



Figura IV.39 Extendido de yeso sobre espécimen de tabique.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 6,- Se deja reposar hasta que el yeso se encuentre completamente endurecido, se verifica con un nivel, y se repite el proceso para la siguiente cara. En caso de que la superficie tenga irregularidades se puede utilizar una lija para eliminarlas.



Figura IV.40 Endurecimiento de yeso sobre especímenes.

(Herrera O. & Hernández A, 2019).

#### 4.3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.

##### Referencias:

- *NMX-C-037-ONNCCE-2013.*
- *NMX-C-404-ONNCCE-2005.*

**Objetivo:** Determinar el esfuerzo máximo que pueden soportar los ladrillos fabricados en la región de San Rafael y Misantla bajo una carga de aplastamiento.

##### Materiales:

- Máquina de compresión axial.
- Martillo.
- Brocha.
- Accesorios de seguridad.

##### Procedimiento:

- Paso 1,- Para la realización de esta prueba, debe haberse hecho previamente las pruebas de dimensionamiento y cabeceo. En caso no haberlo hecho, los resultados no serán los esperados y estaría incumpliendo lo estipulado en la norma.
- Paso 2,- Como primer paso, se debe preparar la maquina colocándolo los accesorios necesarios para realizar un ensaye de compresión axial a un tabique.
- Paso 3,- Se coloca sobre la placa inferior el tabique y posteriormente se sitúa la siguiente placa encima de la pieza. Se agrega en el monitor de la maquina los datos correspondientes (masa, sogá, tizón y grueso).



Figura IV.41 Colocación el tabique sobre la placa de compresión axial.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 4,- A continuación, se aplica la carga a una velocidad continua sin producir impacto, ni pérdida de carga hasta que el indicador señale que es la carga máxima alcanzada o que la pieza comience a presentar fallas.



Figura IV.42 Tabique sometido a compresión axial.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- Por ultimo, se registran los datos obtenidos.

## **CAPITULO V PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO Y CBCA.**

### **5.1. OBTENCION DE LAS MATERIAS PRIMAS.**

#### **5.1.1. HARINA DE HUESO.**

##### **5.1.1.1 LUGAR DE OBTENCIÓN.**

Para la obtención de huesos cárnicos, fue necesario visitar algunos establecimientos que se dedican al comercio de carne rojas, ubicados en la ciudad de Misantla, Ver.

Uno de ellos es la carnicería llamada “El Kanelo” que tiene dirección en calle Francisco I Madero entre calles Úrsulo Galván y Hermanos Bojalil Gil, Colonia Centro, C.P. 93820, Misantla, Ver. Que, además, cuenta con otra sucursal ubicado en los bajos del Mercado Municipal de Misantla. Siendo el propietario muy amable proporcionando una cierta cantidad de huesos del mismo día de visita.



Figura V.1 Carnicería "El Kanelo" proveedora de hueso.

(Herrera O. & Hernández A, 2020).

Otra carnicería que proporciono de esta materia prima, fue el establecimiento conocido como carnicería “Tapia”, que tiene lugar en la calle Ezequiel Alatriste entre calles José Ma. Pino Suarez y Miguel Hidalgo, Colonia Centro, C.P. 93820, Misantla, Ver. Que de la misma forma cuenta con otra sucursal en los bajos del Mercado Municipal.



Figura V.2 Carnicería "Tapia" proveedora de hueso.

(Herrera O. & Hernández A, 2020).

Siendo así estos los principales proveedores de hueso crudo para su previa transformación en harina. Cabe mencionar que las industrias tablajeras de la ciudad de Misantla, desechan todo este tipo de residuo junto con pelo, vísceras, pesuñas o cualquier otro residuo que no se pueda comercializar. Depositados en el basurero municipal sin ningún tipo de tratamiento para su descomposición, llegando a ser un riesgo biológico para la salud humana y animal.

#### 5.1.1.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL.

En esta etapa el objetivo es tener un producto lo mas limpio posible, es por ello que se requiere retirar toda la carne, tendones o grasa que se encuentre en el hueso. Esto debido a que, al comenzar la etapa de calcinación la grasa o carne caiga sobre las llamas arrebate la temperatura del mismo, además, que este se adhiere al hueso y tome un color oscuro.

A continuación, se deja los huesos a los rayos del sol durante un periodo de 24 horas con la finalidad que todos los fluidos de estos salgan y se encuentre superficialmente seco.



Figura V.4 Hueso corroído por hormigas.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura V.3 Huesos limpios sin restos de piel.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

### 5.1.1.3. CALCINACIÓN.

Esta etapa puede considerarse la mas importante puesto que en ella se lleva a cabo la extracción de grasas y la humedad que hay en ella, además, esteriliza el material de algún tipo de riesgo biológico. El lugar donde se llevará a cabo la calcinación debe establecerse al aire libre, esto es para que el humo liberado no se concentre en lugar y provoque algún tipo de molestia.

En este caso en particular, por no contar con el material o herramienta necesaria se improviso el proceso de calcinado, mediante un fogón casero. Y fue accionado con la ayuda de leña de Haya que se encontraba dentro del lugar de trabajo.

Se coloca el hueso previamente preparado directamente sobre el fuego, donde debido a las altas temperaturas este perderá todos sus componentes orgánicos llegando al punto de su desintegración parcial. En este punto el hueso toma una apariencia blanquecina o grisácea, la cual indica que el hueso ha llegado al punto de calcinación y pasa a tener una estructura frágil, lo que lo convierte en un material óptimo para triturar.



Figura V.6 y V.7 Proceso de calcinación del hueso

. (Herrera O. & Hernández A, 2021).

Figura V.5 Hueso calcinado.

(Herrera O. & Hernández A, 2019).

#### 5.1.1.4. MOLIENDA.

Se selecciona el material con mejor acabado para realizar la molienda. Una vez hecho esto, se fragmenta en pedazos pequeños para facilitar el proceso. Posteriormente, se vierte dentro de un molino de mano para su transformación en harina.



Figura V.8 Molino de mano utilizado para la molienda de hueso.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

#### 5.1.1.5. TAMIZADO.

El producto terminado del proceso de molienda es colocado dentro del tamiz no. 40 y mediante movimientos oscilatorios se separa las partículas finas de las gruesas. Esto con el objetivo de facilitar la cohesión con las partículas de arcilla.



Figura V.9 y V.10 Harina de hueso tamizada sobre la malla no. 40

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

## **5.1.2. CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR.**

### **5.1.2.1. ACOPIO DE MATERIAL.**

Para la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar fue necesario recurrir a un ingenio azucarero cerca de la zona que pudiera proporcionar de este desecho.

El material se adquirió del ingenio “El Modelo” que tiene dirección en Salvador Esquer 9, Nueva Generación, 91680 José Cardel, Ver.

De acuerdo a lo comentado por el Ingenio El Modelo este desecho no es utilizado para la fabricación de productos que beneficien a la sociedad, además, que es depositado a cielo abierto desplazándose por las corrientes de aire.



Figura V.11 Ceniza de bagazo de caña de azúcar recolectada del Ingenio "El Modelo".

(Herrera O. & Hernández A, 2020).

### **5.1.2.2. PROCESO DE OBTENCION.**

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un desecho que se obtiene del fondo de las calderas de los ingenios azucareros.

Para dar origen a este producto es necesario describir algunas de las etapas del proceso de fabricación del azúcar.

- a) Batey: Los camiones cargados con caña de azúcar llegan a la zona de Batey, en donde se obtiene su peso con basculas electrónicas y por medio de un sistema de volteadores el camión es descargado conduciendo la caña de azúcar a una desfibradora, la cual, desmenuza los trozos de caña de azúcar en tiras sin llegar a extraer su jugo.

- b) Extracción: Al salir de la desfibradora la caña es enviada a 6 molinos la cual extraerán el jugo de la caña de azúcar. La molienda produce una mezcla de jugo y un residuo fibroso, para facilitar la extracción del jugo se vierte agua hirviendo en el ultimo molino. Los jugos extraídos en cada molino son dirigidos a un colador.
- c) Calderas: El residuo fibroso que sale de la extracción se llama *bagazo de caña* la cual contiene un 50% de sacarosa y 2% de humedad por lo cual se utiliza como combustible. El bagazo de caña alimenta a 4 calderas que se encargan de suministrar vapor a los procesos de extracción, planta eléctrica, clarificación, evaporación y secado por lo cual se cuida constantemente la presión de vapor. La temperatura de las calderas oscila alrededor de los 900° C. Cabe mencionar que este proceso es el más importante con respecto a la investigación puesto que el bagazo de caña que es incinerado a esas temperaturas se transforma en **ceniza de bagazo de caña de azúcar** o **CBCA**, se estima que por cada ocho horas se extrae alrededor de dos carretillas de CBCA ( $0.132\ m^3$ ) lo cual nos brindara una idea más clara con respecto a la cantidad se desechan durante la zafra.



Figura V.12 Visita técnica al Ingenio "El Modelo".

(Herrera O. & Hernández A, 2020).

### 5.1.2.3. SECADO.

Se prepara el material obtenido extendiéndolo a la intemperie dejando que los rayos del sol evaporen la humedad adquirida en el almacenamiento. Además, para asegurar que el material se encuentre completamente seco, fue necesario secarlo al fuego. Para terminar, se deja enfriar el material para su debido tamizado y almacenamiento.



Figura V.13 Ceniza de bagazo de caña de azúcar expuesta al sol para pérdida de humedad.

(Herrera O. & Hernández A, 2020).

### 5.1.2.4. TAMIZADO.

El producto terminado del proceso de secado es depositado dentro del tamiz no. 40 y mediante movimientos vigorosos se separa las partículas finas de las gruesas. Esto con el objetivo de facilitar la cohesión con las partículas de arcilla y la harina de hueso.



Figura V.14 Tamizado de muestra de CBCA.

(Herrera O. & Hernández A, 2020).

## 5.2. DISEÑO DE EXPERIMENTACIÓN.

Para el diseño del prototipo propuesto del proyecto se optó por utilizar cuatro porcentajes de ceniza de bagazo de caña y harina de hueso para adicionar a la mezcla con la que es elaborada los tabiques rojos recocidos fabricados en la tabiquera Zamora.

A continuación, se presentan los porcentajes propuestos la cual se será la base de este proyecto.

Tabla V-A Porcentajes de adiciones al tabique.

<b>Diseño de Prototipo.</b>			
<b>Clave</b>	<b>Pieza</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Cantidad de piezas elaboradas</b>
<b>CH1</b>	Harina de hueso 2% + CBCA 2%	2	7
<b>CH2</b>	Harina de hueso 3% + CBCA 3%	3	7
<b>CH3</b>	Harina de hueso 5% + CBCA 5%	5	7
<b>CH4</b>	Harina de hueso 10% + CBCA 10%	10	7
<b>C1</b>	CBCA 2%	2	7
<b>C2</b>	CBCA 3%	3	7
<b>C3</b>	CBCA 5%	5	7
<b>H1</b>	Harina de hueso 2%	2	7
<b>H2</b>	Harina de hueso 3%	3	7
<b>H3</b>	Harina de hueso 5%	5	7

Los porcentajes presentados anteriormente se encuentran vinculados con respecto a la masa correspondiente a un tabique recién moldeado que es igual a 3.800 kg.

Cabe destacar, que en ningún momento se alterará las proporciones utilizadas de arcillas y arena para la fabricación de tabiques, ya que estos materiales solo servirán de aditamentos.

### 5.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA.

Se utilizará el mismo método usado en la tabiquera Zamora para la fabricación del prototipo de pieza, la única diferencia es que durante el proceso de preparación de la mezcla se añadirá los materiales de interés del proyecto con sus respectivos porcentajes.

- Paso 1,- Para iniciar, con ayuda de la báscula se preparan las porciones correspondientes para cada una de las mezclas. En la cual se depositará el material adicinante (ceniza de bagazo de caña de azúcar y harina de hueso) en bolsas plásticas.



Figura V.15 Peso de la masa equivalente a un tabique.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura V.16 Preparación de las porciones de material a adiconar.

(Herrera O. & Hernández A. 2021).

- Paso 2,- Se extrae la mezcla correspondiente para la fabricación del primer lote de tabiques y se coloca dentro de una carretilla, para que posteriormente sean añadidos los aditivos.

- Paso 3,- Una vez añadido se homogeniza el material con los aditamentos, hasta obtener una textura uniforme. En este paso se puede notar un leve cambio en la consistencia de la mezcla, ya que entre mayor porcentaje de aditamentos tomaba una textura reseca, por lo cual, se añadió agua hasta obtener una masa manejable.



Figura V.18 Harina de hueso y CBCA adicionados a la masa de equivalente de 7 tabiques.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura V.17 Amasado de la arcilla con los aditamentos.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 4,- Seguido a esto se lleva a cabo el proceso de moldeado, colocando la nueva mezcla dentro de la gavera acomodando el material de forma que se rellenen los huecos que puedan formarse.



Figura V.19 Moldeado de tabiques con proporción de 2% de harina de hueso mas CBCA.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 5,- Moldeados los tres tabiques posteriormente son enrasados y desmoldeados en el suelo.

Paso 6,- Se repite el proceso descrito anteriormente para las demás proporciones.



Figura V.20 Enrase de material sobre la gavera.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura V.21 Desmoldeado del material.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

Paso 7,- Se etiquetaron cada uno de los especímenes de acuerdo al porcentaje de adición.

Paso 8,- Todos los tabiques moldeados se dejan secar por un periodo de 7 días a la intemperie con el propósito de que pierda humedad para facilitar su manipulación



Figura V.22 Tabiques recién desmoldeados reposados sobre el suelo.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

- Paso 9,- El secado de los tabiques es una de las partes delicadas de la fabricación, pues si los tabiques se meten a hornear sin secarse adecuadamente puede afectar la dureza de los mismos.
- Paso 10,- Previamente secados los tabiques son llevados un horno artesanal donde se cocerán aproximadamente a 700 °C durante un lapso de 18 hrs una vez pasado este tiempo las piezas se dejan reposar durante tres días antes de estivarlos para su debida distribución.



Figura V.23 Estivación de tabiques previo al horneado.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).



Figura V.24 Cocción de tabiques en horno artesanal.

(Herrera O. & Hernández A, 2021).

## CAPITULO VI RESULTADOS.

Para la elaboración de los prototipos de tabique base harina de hueso y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en planta Medellín de Bravo, Veracruz se realizaron todas las pruebas necesarias con normativa ONNCCE para su debido análisis, comparando cada uno de los resultados con los datos obtenido de las piezas control de la Tabiquera Zamora ubicada en Medellín de Bravo, además con tabiques elaborados en la Tabiquera Ortega ubicada en San Rafael, Veracruz. El procedimiento que se llevo a cabo se describe en el CAPITULO IV y los resultados se presentan a continuación.

### 6.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACIÓN A LA ARENA.

Tabla VI-A Resultados obtenidos de pruebas a la arena.

PRUEBA.	NORMA.	TABIQUERA ZAMORA.	TABIQUERA ORTEGA.
GRANULOMETRÍA.	NMX-C-416-ONNCCE-2003	SP	SP
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO.	NMX-C-073-ONNCCE-2004	$1063.15 \frac{kg}{m^3}$	$884.21 \frac{kg}{m^3}$
ABSORCIÓN.	NMX-C-165-ONNCCE-2014	0.83%	0.84%
DENSIDAD.	NMX-C-165-ONNCCE-2014	$1.28 \frac{gr}{cm^3}$	$1.19 \frac{gr}{cm^2}$

Tabla VI-B Coeficientes de la arena.

	TABIQUERA ZAMORA.	TABIQUERA ORTEGA.
$C_u$ (Coeficiente de uniformidad)	2.50	1.85
$C_c$ (Coeficiente de curvatura)	1.01	1.19

La arena en ambas tabiqueras son consideradas del tipo SP arena mal graduada, con respecto a la SUCS. El Sistema de Unificación y Clasificación de Suelos nos dice que para arenas (S) no debe poseer mas de 5% de finos y para saber si esta es bien graduada (SW) debe tener un  $C_u > 6$  y  $1 < C_c < 3$ , en caso de no cumplir simultáneamente estas condiciones se otorgara una clasificación SP. Los parámetros y solución de cada uno de los ensayos se encuentran en el **Anexo I-Anexo 8**

## 6.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACIÓN A LA ARCILLA.

Tabla VI-C Resultados obtenidos de pruebas a la arcilla.

PRUEBA.	NORMA.	TABIQUERA ZAMORA.	TABIQUERA ORTEGA.
LÍMITE LÍQUIDO.	NMX-C-493-ONNCCE-2018	32.1%	41.6%
LÍMITE PLÁSTICO.	NMX-C-493-ONNCCE-2018	19.33%	38.66%
ÍNDICE PLÁSTICO.	NMX-C-493-ONNCCE-2018	12.74%	2.95%
GRANULOMETRÍA POR LAVADO.	NMX-C-084-ONNCCE-2018	CL	ML

El material utilizado en la tabiquera Zamora es un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL), con respecto a la SUCS. En cambio, en la tabiquera Ortega presenta un material limoso de baja plasticidad (ML), de acuerdo a la SUCS. En el **Anexo 9-Anexo 12** se presenta los parámetros y resultados de cada una de las pruebas.

### 6.2.1. CARTA DE PLASTICIDAD.

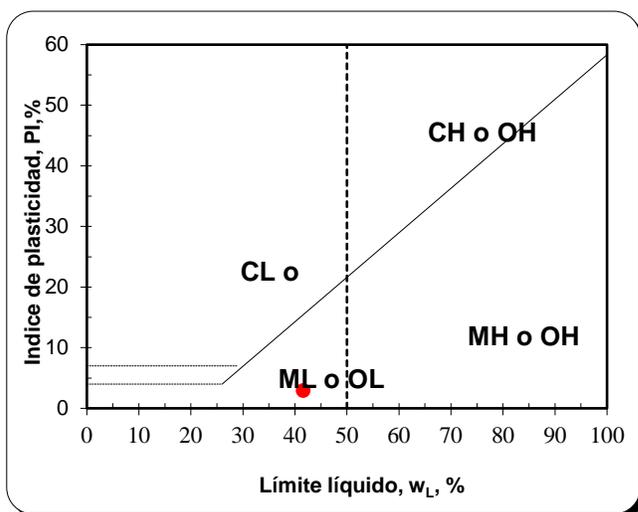


Gráfico VI-2 Carta de plasticidad correspondiente a la arcilla utilizada en la Tabiquera Ortega.

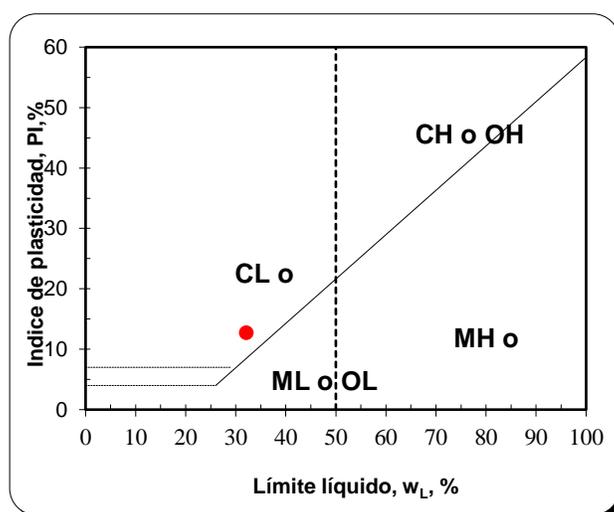


Gráfico VI-1 Carta de plasticidad correspondiente a la arcilla utilizado en la tabiquera Zamora.

### 6.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PIEZAS ELABORADAS Y CONVENCIONALES.

Las piezas que son analizadas en esta sección son los prototipos de tabiques añadiendo harina de hueso y ceniza de bagazo de caña de azúcar con sus respectivas proporciones, además, se comparan con los tabiques control de la planta Medellín de Bravo y convencionales de la zona de San Rafael, Veracruz.

#### 6.3.1. ABSORCION DE PIEZAS NORMA NMX-C-037-ONNCCE-2013

A continuación, se muestran los resultados de la absorción de las piezas analizadas en la siguiente grafica:

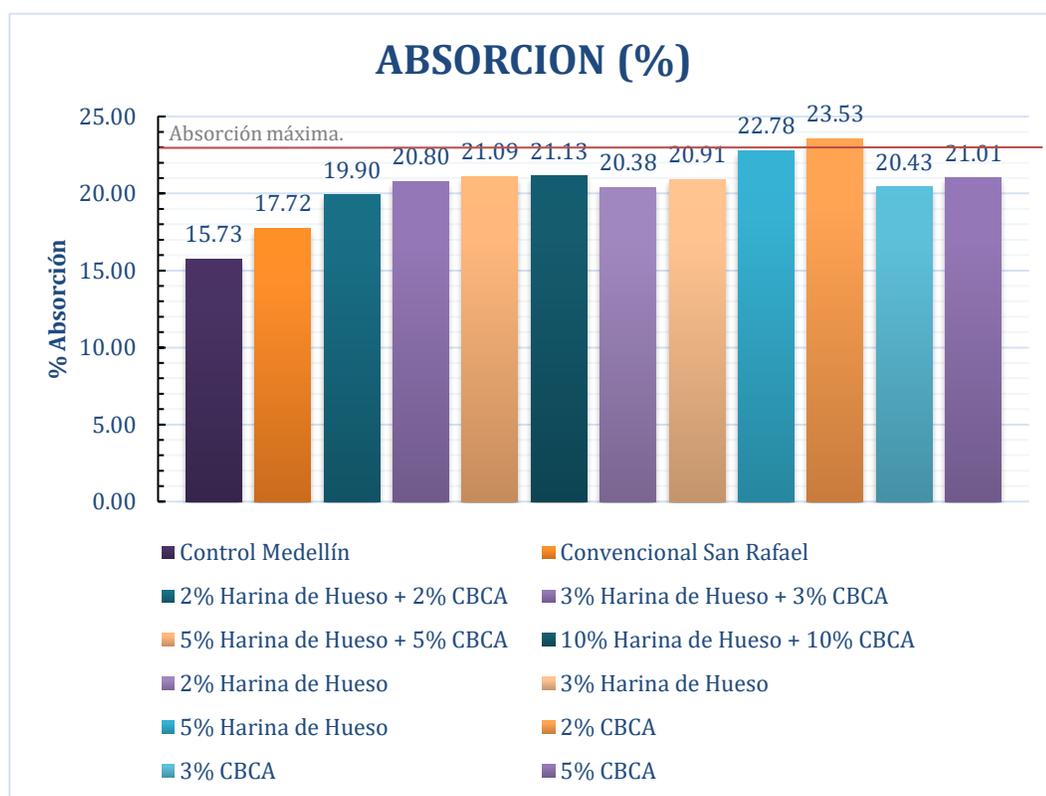


Gráfico VI-3 Resultados de absorciones de las piezas analizadas.

En la cual se puede observar las distintas absorciones de las piezas con sus respectivas mezclas, donde se percata que hay un incremento considerable en todos los prototipos elaborados siendo la mezcla de harina de hueso con proporción 5% y el prototipo de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar 2% de los que sobrepasan el 23% de absorción que nos permite la norma NMX-C-037-ONNCCE-2013. Para mayor información visitar el **Anexo 13** donde se presentan los datos obtenidos y cálculos correspondientes.

### 6.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS NORMA NMX-C-038-ONNCCE-2004.

En la siguiente tabla se demuestra el dimensionamiento obtenido para cada una de las piezas tanto control de Medellín de Bravo y convencional de San Rafael como las piezas con adición, demostrando los siguientes resultados.

Tabla VI-D Registro de dimensiones promedio de piezas de tabique.

REGISTRO DE DIMENSIONES PROMEDIO DE PIEZAS DE TABIQUE.				
TABIQUERA	PIEZA	TIZÓN (cm)	SOGA (cm)	GRUESO (cm)
	Norma	<b>28/19</b>	<b>14/10</b>	<b>7/5</b>
ORTEGA SAN RAFAEL	Convencional San Rafael	27.80	13.78	5.00
ZAMORA MEDELLIN	Control Medellín	27.63	13.70	5.10
	2% Harina de Hueso + 2% CBCA	22.46	12.14	5.39
	3% Harina de Hueso + 3% CBCA	22.57	12.00	5.19
	5% Harina de Hueso + 5% CBCA	22.50	12.27	5.10
	10% Harina de Hueso + 10% CBCA	22.82	12.09	5.21
	2% Harina de Hueso	22.59	12.05	5.22
	3% Harina de Hueso	22.60	12.01	5.01
	5% Harina de Hueso	22.57	12.10	5.13
	2% CBCA	22.76	12.26	5.28
	3% CBCA	22.82	12.44	5.36
	5% CBCA	22.68	12.29	5.47

La normativa NMX-C-038-ONNCCE-2013 nos dice que para ladrillos rojos recocidos existe un dimensionamiento mínimo de 19x10x5 cm y un máximo de 28x14x7 cm con una tolerancia de  $\pm 3$  cm en cualquiera de las dos medidas. Las piezas elaboradas en la tabiquera Zamora cumplen de acuerdo a lo estipulado en la norma en sogas y gruesos, sin embargo, las medidas en Tizón se exceden por medio centímetro, cabe recalcar en esta tabiquera no cuenta con un molde específico para la elaboración de tabiques es por ello que hay cierta variación entre sus medidas. En cambio, la Tabiquera Ortega opta por utilizar las medidas máximas encontrándose dentro del rango que nos dice la norma, esto es debido a que la Tabiquera Ortega si cuenta con un molde específico para la elaboración de sus ladrillos. Para mayor información diríjase al **Anexo 14** y **Anexo 15**

### 6.3.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL APLICADO A LAS PIEZAS NMX-C-036-ONNCCE-2013

Por ultimo, se presentan los resultados de las pruebas mecánicas aplicadas a las piezas de tabiques tanto convencional como prototipos con sus debidas adiciones.

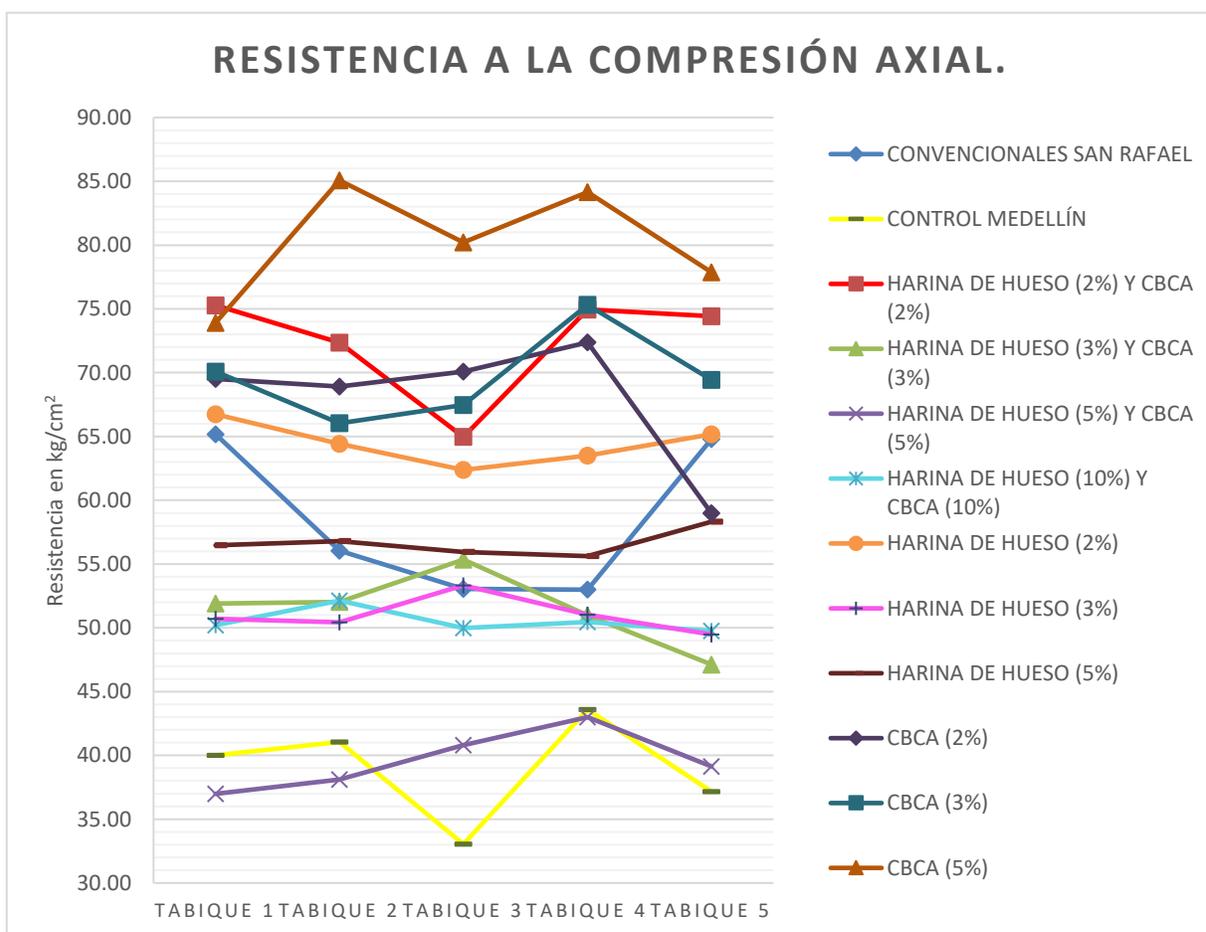


Gráfico VI-4 Resultados de resistencias a la compresión axial en las piezas analizadas.

Se puede observar que los prototipos de tabiques Harina de hueso (2%) + CBCA (2%), Harina de hueso (2%) y CBCA (5%) existe una mejoría en comparación al tabique control de la zona de Medellín de Bravo y convencional de la zona de San Rafael mejorando así el comportamiento mecánico de las piezas, sin embargo, el prototipo de Harina de hueso (5%) y CBCA (5%) obtuvo una resistencia bastante baja. Asimismo, se percibe una relación inversa entre el contenido de aditamento y su resistencia, a mayor contenido de aditamento menor resistencia, con excepción de los prototipos de añadidos con CBCA. Visite del **Anexo 16** al **Anexo 27** para mayor información.

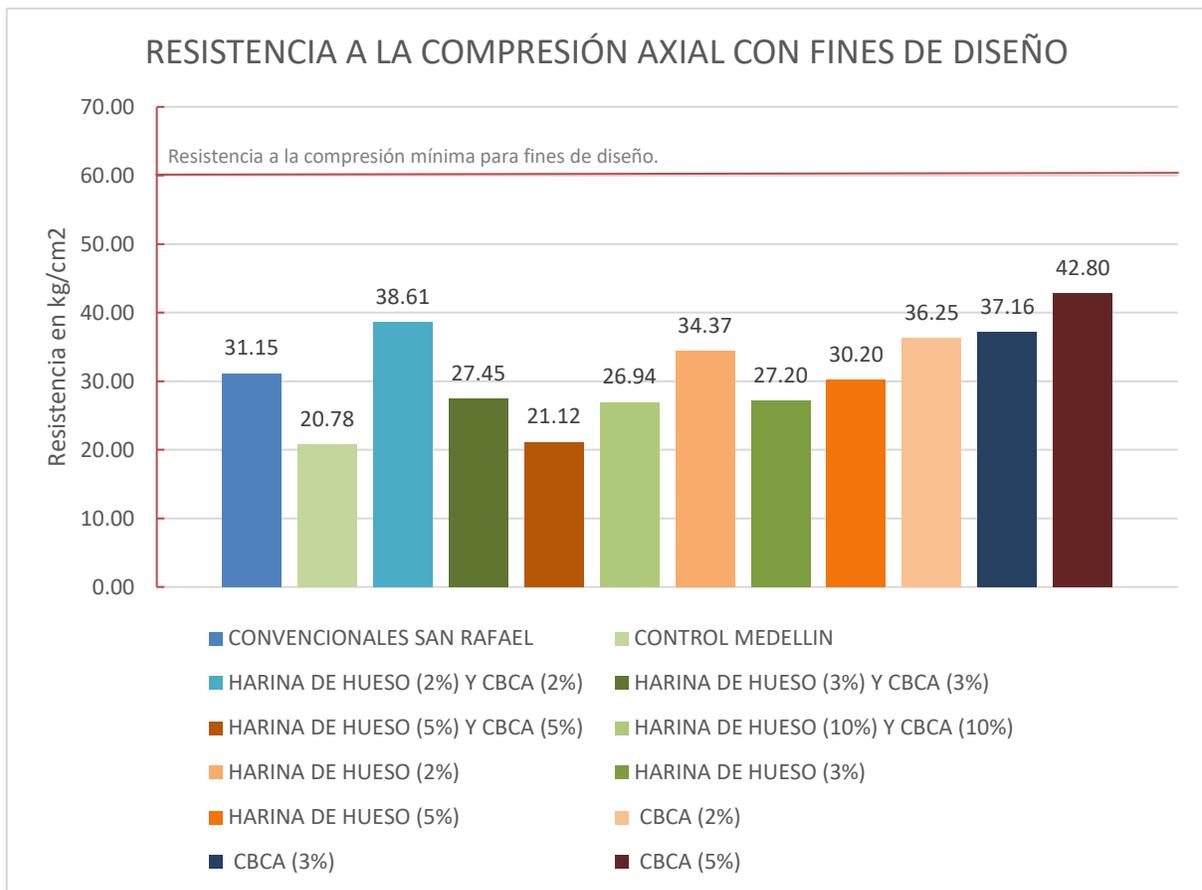


Gráfico VI-5 Resultados de resistencia a la compresión axial para fines de diseño

Los datos presentados en la grafica anterior nos permiten observar que los tabiques control elaborados en planta Medellín de Bravo, los tabiques convencionales fabricados en la región de San Rafael y los prototipos de tabiques base harina de hueso y ceniza de bagazo de caña de azúcar no cumplen con la resistencia a la compresión axial para fines de diseño estructural estipulado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013. Los cálculos correspondientes se encuentran en el **Anexo 28** al **Anexo 39**

## CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES.

En esta investigación, se exploró la posibilidad de usar residuos agrícolas y cárnicos, adicionándolos a la mezcla para fabricar ladrillos en la región de Medellín de Bravo, Veracruz. Así, se prepararon varias muestras utilizando ciertas proporciones de harina de hueso ceniza de bagazo de caña de azúcar y harina de hueso.

A partir de los ensayos realizados se pudo confirmar que los tabiques tradicionales que se comercializan en las regiones de Medellín de Bravo y San Rafael, Ver., tienen un bajo desempeño en su comportamiento mecánico.

Además, se muestra que los prototipos realizados tienen un ligero incremento en su capacidad de absorber las partículas de agua aumentando en promedio un 5% en los prototipos de harina de hueso + CBCA con su valor máximo en la mezcla de 10% harina de hueso + 10% CBCA, un 5.62% en los prototipos de harina de hueso con un valor máximo en la mezcla 5% harina de hueso y un 5.92% en los prototipos de CBCA con un valor máximo en la mezcla 2% CBCA, todo en comparación con las piezas control de la zona de Medellín de Bravo.

En el rubro de la resistencia a la compresión axial se vieron sutilmente favorecidas las piezas adicionadas con un 2% de harina de hueso + 2% CBCA teniendo un incremento  $17.83 \frac{kg}{cm^2}$ , un  $13.11 \frac{kg}{cm^2}$  en la mezcla de 2% de harina de hueso y un  $22.01 \frac{kg}{cm^2}$  en la mezcla de 5% de CBCA, con respecto al ladrillo control de Medellín de Bravo, sin embargo, aunque se vieron beneficiadas no llegan a cumplir la resistencia mínima que estipula la norma NMX-C-404-ONNCCE-2014 descartando la hipótesis planteada al inicio de la investigación.

Cabe mencionar que durante la realización estas pruebas hubo diversos factores externos que influyeron en su comportamiento final de las piezas adicionadas, una de ellas fue el método utilizado en la Tabiquera Zamora para la elaboración de las piezas ya que los tabiques en su etapa final contenían deformidades y oquedades, esto es debido a que no cuentan un molde con características estándares. Además, por falta de capital y el equipo necesario se optó por realizar el cabeceo vía yeso y, dado que las piezas no tenían homogeneidad entre sus grosores no se obtuvo una superficie completamente plana. Así mismo, el tipo de suelo utilizado en ambas tabiqueras son completamente diferentes, la tabiquera Zamora utiliza una

arcilla de baja plasticidad (CL) por ende las piezas elaboradas tienen un porcentaje de absorción mayor a la tabiquera Ortega ya que esta cuenta con un tipo de suelo ML limo de baja plasticidad según la SUCS.

Por lo tanto, las piezas adicionadas con 2% de harina de hueso + CBCA, 2% Harina de hueso y 5% de CBCA tienen características idóneas para aplicarse en muros divisorios, muros aparentes y muros arquitectónicos debido a que son medianamente resistentes para la colocación de muros no estructurales.

Por último, se sabe que estos desechos reutilizados pueden tener un alto potencial para futuras líneas de investigación siendo esta una alternativa segura, responsable y de alto valor económico, teniendo ventajas como el procesamiento inmediato de los subproductos, reducción del volumen de basura, disminución de la contaminación ambiental y el riesgo de enfermedades.

## 7.2. RECOMENDACIONES.

Para próximas líneas de investigación se recomienda lo siguiente:

- Utilizar huesos limpios libres de material orgánico, para que en el proceso calcinación el tendón no se adhiera al hueso y opte un color oscuro, además se evita que la grasa caiga sobre el fuego y se incremente la llama.
- Para limpiar los huesos se recomienda colocarlos en un lugar al aire libre esto con el fin de evitar los malos olores y acumulación de moscas y, así mismo las hormigas puedan roer el excedente de piel y carne.
- Realizar un estudio de la cantidad de calcio que se obtiene de los huesos calcinados, además, se recomienda contar con el equipo adecuado para el proceso de calcinación así se podrá aprovechar al máximo sus elementos químicos. Igualmente, se aconseja monitorear la temperatura y el tiempo de exposición al fuego.
- Tener un tamaño de partícula similar en ambos aditamentos para tener mayor cohesión con la arcilla, por ello se recomienda tamizar la harina de hueso y la ceniza de bagazo de caña de azúcar con ayuda de la malla no.200 (0.074 mm).
- Dosificar de manera exacta las cantidades de arcillar, arena, agua y material adicionante para obtener correcta homogeneidad entre sus partículas.
- Fabricar un molde exclusivamente para la fabricación de ladrillos rojos recocidos que cumplan con lo especificado en la norma NMX-C-404.ONNCCE-2014.
- Realizar el cabeceo de las piezas vía azufre, pues otorgará mayor planicidad.
- Elaborar un análisis de carga a tensión diagonal en muros para evaluar fallas provocados por sismos.
- Se recomienda realizar un análisis exhaustivo ante el intemperismo esto permitirá saber el desgaste que sufre la pieza en un tiempo determinado.
- Ejecutar un estudio de impacto ambiental referente a la ceniza de bagazo de caña y desechos cárnicos en la región de estudio.
- Efectuar un análisis costo beneficio de la pieza.

## CAPITULO VIII ANEXOS.

### RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LA ARENA.

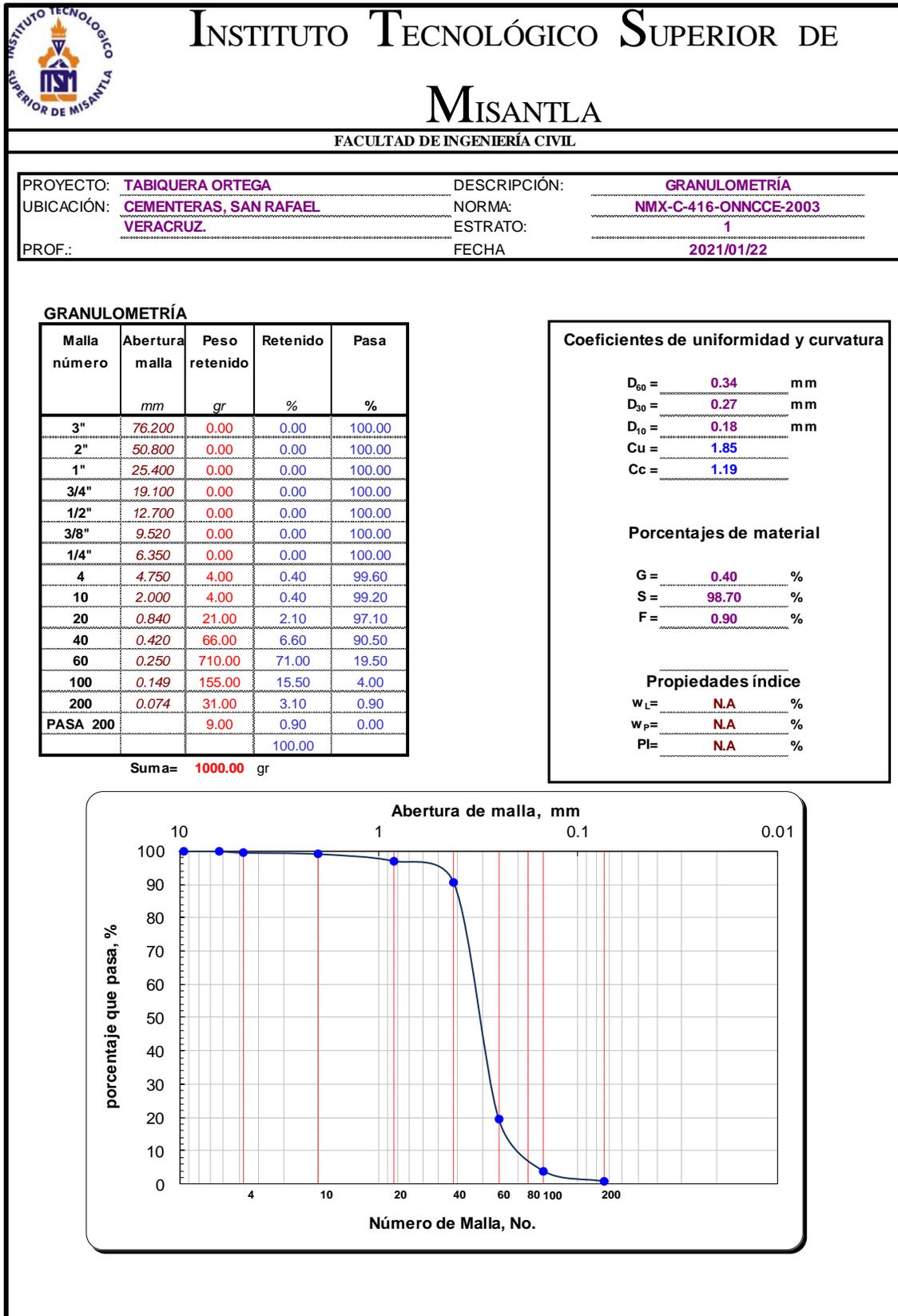
**Anexo 1** Resultados de la prueba de peso volumétrico seco suelto (PVSS) de la arena de la Tabiguera Ortega.

<b>Determinación del Peso Volumétrico Seco Suelto.</b>	
Peso del molde + suelo ( <i>kg</i> )	4.38
Peso de molde ( <i>kg</i> )	3.54
Diámetro del molde ( <i>m</i> )	0.1023
Altura del molde ( <i>m</i> )	0.1160
Volumen del molde ( <i>m</i> <sup>3</sup> )	0.00095
Peso del material ( <i>kg</i> )	0.84
Peso volumétrico seco suelto ( <i>kg/cm</i> <sup>3</sup> )	<b>884.21</b>

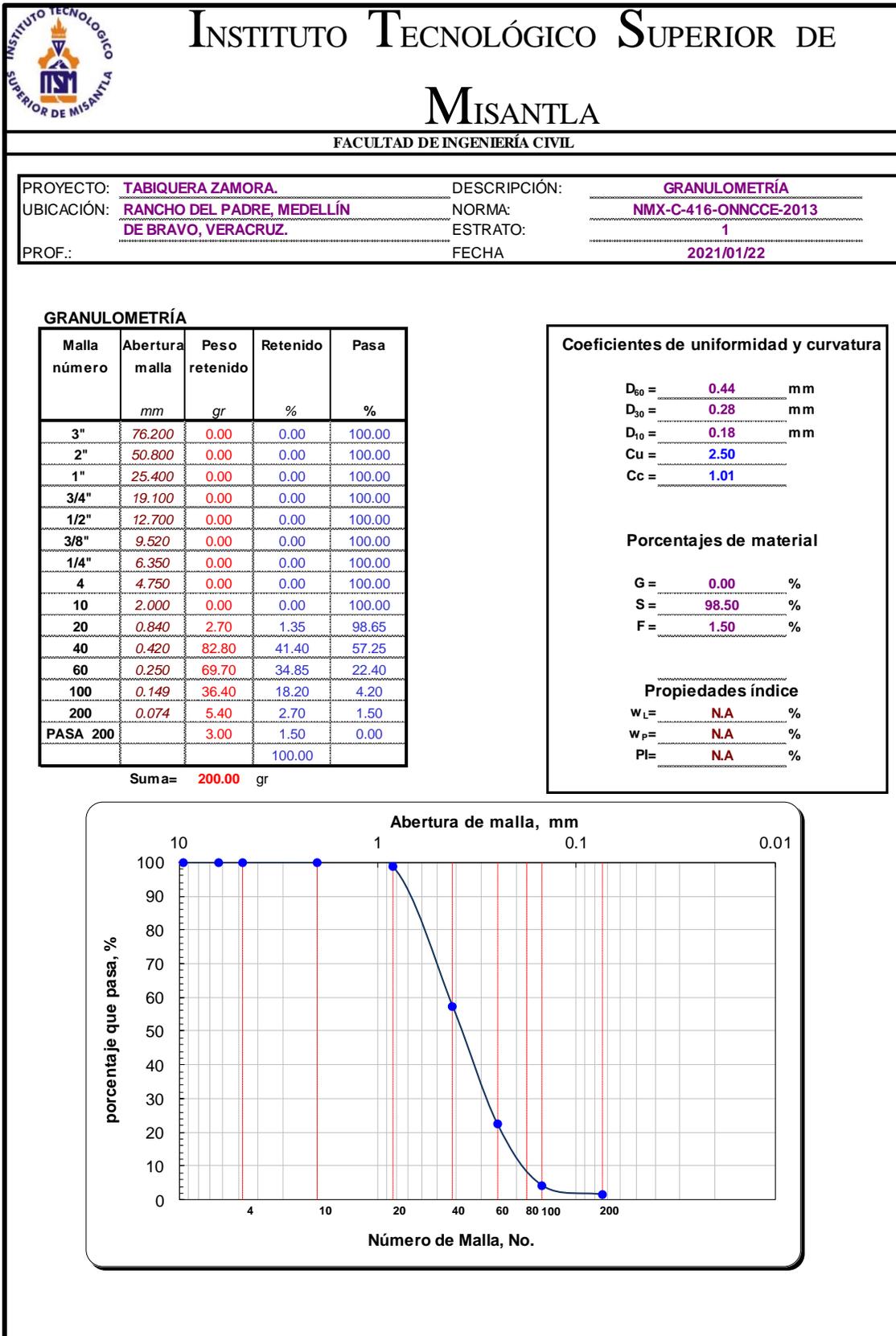
**Anexo 2** Resultados de la prueba de peso volumétrico seco suelto (PVSS) de la arena de la Tabiguera Zamora.

<b>Determinación del Peso Volumétrico Seco Suelto.</b>	
Peso del molde + suelo ( <i>kg</i> )	4.55
Peso de molde ( <i>kg</i> )	3.54
Diámetro del molde ( <i>m</i> )	0.1023
Altura del molde ( <i>m</i> )	0.1160
Volumen del molde ( <i>m</i> <sup>3</sup> )	0.00095
Peso del material ( <i>kg</i> )	1.01
Peso volumétrico seco suelto ( <i>kg/cm</i> <sup>3</sup> )	<b>1063.15</b>

Anexo 3 Análisis granulométrico de la arena extraída de la Tabiguera Ortega.



Anexo 4 Análisis granulométrico de la arena extraída de la Tabiguera Zamora.



**Anexo 5** Densidad de arena Tabiguera Ortega.

<b>Determinación de la Densidad de Arenas.</b>	
Peso del agua + matraz ( <i>gr</i> )	482
Material seco ( <i>gr</i> )	500
Volumen desalojado ( <i>cm<sup>3</sup></i> )	418
Densidad. ( <i>gr/cm<sup>3</sup></i> )	<b>1.19</b>

**Anexo 6** Densidad de arena Tabiguera Zamora.

<b>Determinación de la Densidad de Arenas.</b>	
Peso del agua + matraz ( <i>gr</i> )	482
Material seco ( <i>gr</i> )	500
Volumen desalojado ( <i>cm<sup>3</sup></i> )	392
Densidad. ( <i>gr/cm<sup>3</sup></i> )	<b>1.28</b>

**Anexo 7** Absorción de arena extraída de la Tabiguera Ortega.

<b>Determinación de la Absorción de Arenas.</b>	
Peso del material + agua de absorción ( <i>gr</i> )	500
Peso del material seco ( <i>gr</i> )	495.8
Peso del agua absorbido ( <i>gr</i> )	4.2
Densidad. (%)	<b>0.84</b>

**Anexo 8** Absorción de arena extraída de la Tabiguera Zamora.

<b>Determinación de la Absorción de Arenas.</b>	
Peso del material + agua de absorción ( <i>gr</i> )	300
Peso del material seco ( <i>gr</i> )	297.5
Peso del agua absorbido ( <i>gr</i> )	2.5
Densidad. (%)	<b>0.83</b>

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LA ARCILLA.

Anexo 9 Análisis granulométrico por método de lavado a la arcilla de la Tabiquera Ortega.



# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

---

PROYECTO: **TABICQUERA ORTEGA.**

UBICACIÓN: **CEMENTERAS, SAN RAFAEL VERACRUZ.**

PROF.:

DESCRIPCIÓN: **GRANULOMETRÍA POR LAVADO**

NORMA: **NMX-C-084-ONNCCE-2018**

ESTRATO: **1**

FECHA: **2021/01/22**

---

**GRANULOMETRÍA**

Malla número	Abertura malla <i>mm</i>	Peso retenido <i>gr</i>	Retenido %	Pasa %
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.100	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00
4	4.750	4.00	0.40	99.60
10	2.000	4.00	0.40	99.20
20	0.840	21.00	2.10	97.10
40	0.420	66.00	6.60	90.50
60	0.250	31.00	3.10	87.40
100	0.149	155.00	15.50	71.90
200	0.074	284.00	28.40	43.50
PASA 200		435.00	43.50	0.00
Suma=		1000.00	gr	

**Coefficientes de uniformidad y curvatura**

D<sub>60</sub> = - mm

D<sub>30</sub> = - mm

D<sub>10</sub> = - mm

Cu = -

Cc = -

**Porcentajes de material**

G = 0.40 %

S = 56.10 %

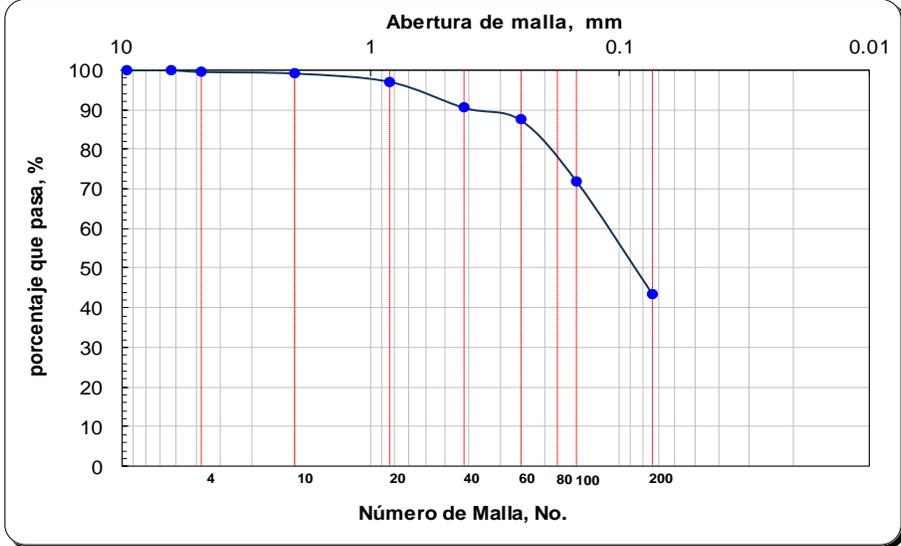
F = 43.50 %

**Propiedades índice**

w<sub>L</sub> = 41.61 %

w<sub>p</sub> = 38.66 %

PI = 2.95 %



Abertura de malla, mm

porcentaje que pasa, %

Número de Malla, No.

Anexo 10 Análisis granulométrico por método de lavado a la arcilla de la Tabiguera Zamora.



# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: **TABIGUERA ZAMORA**

UBICACIÓN: **RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VERACRUZ.**

PROF.: \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN: **GRANULOMETRÍA**

NORMA: **NMX-C-084-ONNCCE-2018**

ESTRATO: **1**

FECHA: **2021/01/22**

### GRANULOMETRÍA

Malla número	Abertura malla <i>mm</i>	Peso retenido <i>gr</i>	Retenido <i>%</i>	Pasa <i>%</i>
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.100	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.520	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	100.00
10	2.000	0.10	0.05	99.95
20	0.840	0.50	0.25	99.75
40	0.420	1.40	0.70	99.30
60	0.250	1.50	0.75	99.25
100	0.149	5.20	2.60	97.40
200	0.074	14.30	7.15	92.85
<b>PASA 200</b>		<b>177.00</b>	<b>88.50</b>	<b>0.00</b>
Suma=		<b>200.00</b>	<b>gr</b>	

#### Coeficientes de uniformidad y curvatura

D<sub>60</sub> = **-** mm

D<sub>30</sub> = **-** mm

D<sub>10</sub> = **-** mm

Cu = **-**

Cc = **-**

#### Porcentajes de material

G = **0.00** %

S = **11.50** %

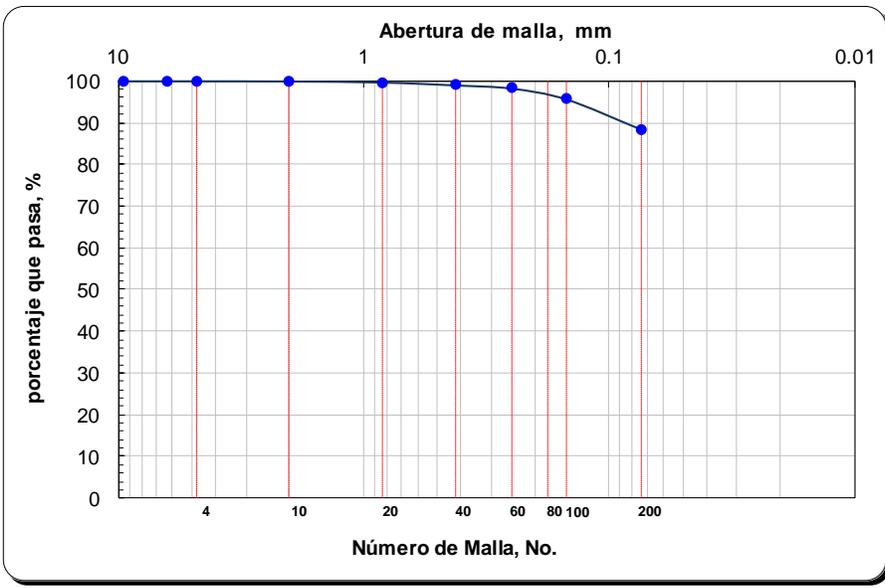
F = **88.50** %

#### Propiedades índice

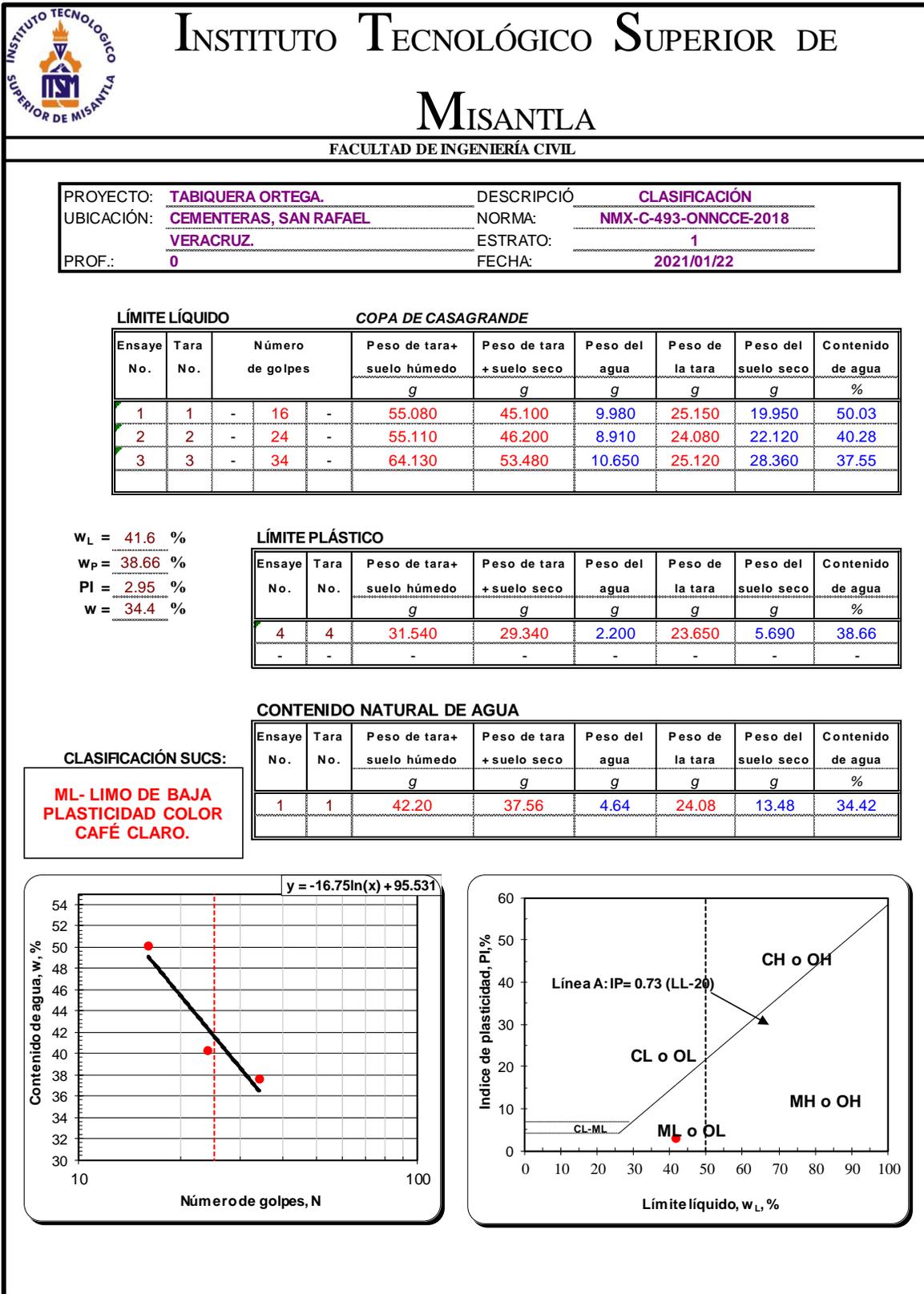
w<sub>L</sub> = **32.07** %

w<sub>p</sub> = **19.33** %

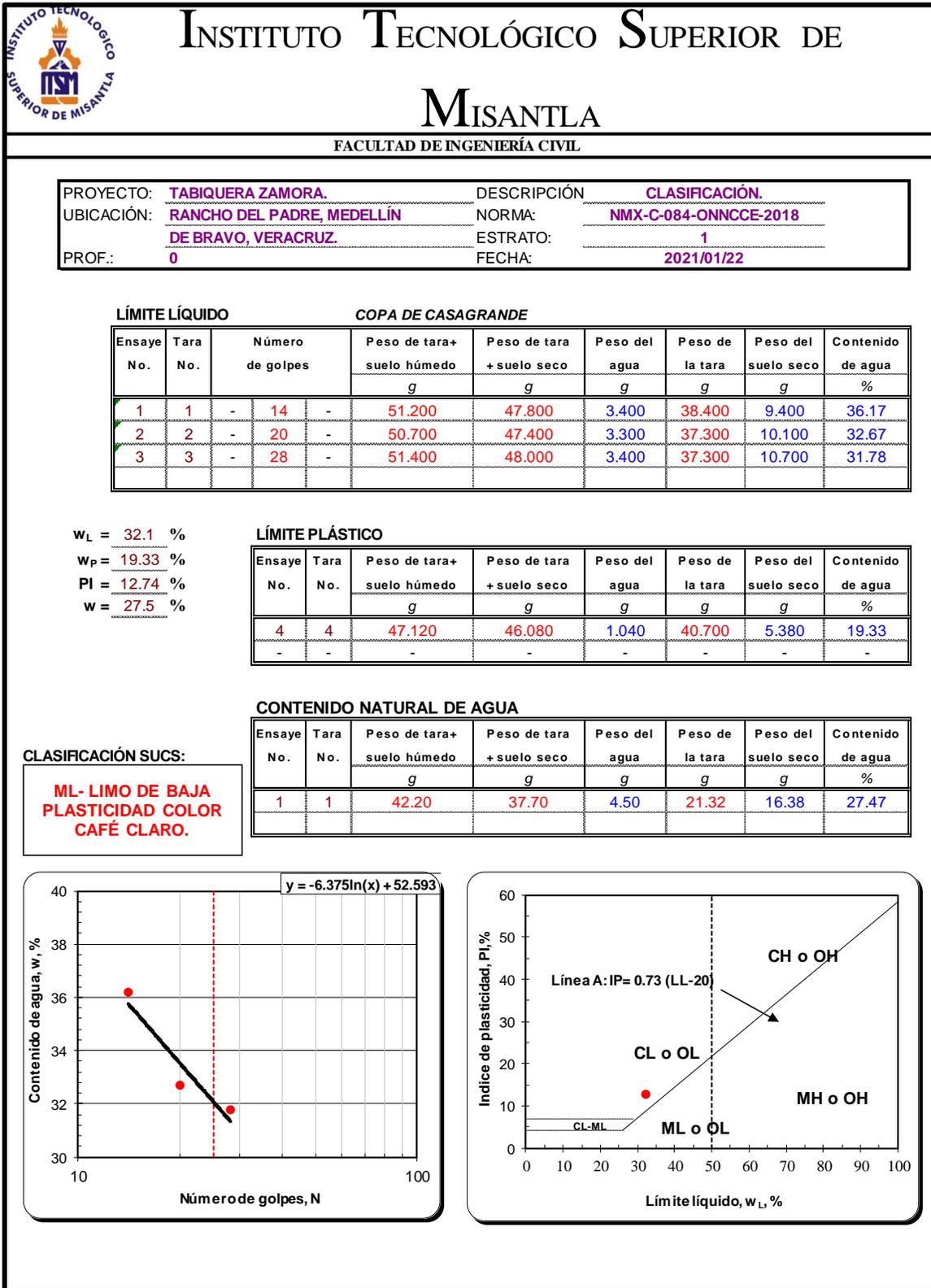
PI = **12.74** %



Anexo 11 Límites de Atterberg correspondiente a la arcilla de la Tabiguera Ortega.



Anexo 12 Límites de Atterberg correspondiente a la arcilla de la Tabiguera Zamora.



## RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS PIEZAS DE TABIQUES.

**Anexo 13** Registro de absorciones de las piezas de tabiques.

		<h1 style="margin: 0;">INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</h1>			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>ABSORCIÓN DE PIEZAS DE MAMPOSTERÍA NMX-C-037-ONNCC-2013</b>					
<b>PROYECTO:</b> TABIQUERA ORTEGA, TABIQUERA ZAMORA <b>UBICACIÓN:</b> CEMENTERAS, SAN RAFAEL, VER.; RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER. <b>LABORATORISTA:</b> OSCAR HERRERA CASTILLO <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA</span> <span>FECHA DE REPORTE: <b>07/04/2021</b></span> </div>					
REGISTRO DE DATOS DE ABSORCIÓN DE TABIQUES					
TABIQUERA	PIEZA	CÓDIGO	PESO DE LA PIEZA SATURADO (kg)	PESO DE LA PIEZA SECA (kg)	% DE ABSORCIÓN
ORTEGA SAN RAFAEL	Convencional San Rafael	SR-06	3.005	2.555	17.61
		SR-07	2.940	2.495	17.84
Z A M O R A  M E D E L L I N	Control Medellín	MB-06	2.935	2.539	15.60
		MB-07	3.149	2.718	15.86
	2% Harina de Hueso + 2% CBCA	HC2-06	2.750	2.293	19.93
		HC2-07	2.871	2.395	19.87
	3% Harina de Hueso + 3% CBCA	HC3-06	2.681	2.218	20.87
		HC3-07	2.703	2.239	20.72
	5% Harina de Hueso + 5% CBCA	HC5-06	2.673	2.206	21.17
		HC5-07	2.620	2.165	21.02
	10% Harina de Hueso + 10% CBCA	HC10-06	2.720	2.243	21.27
		HC10-07	2.760	2.281	21.00
	2% Harina de Hueso	H2-06	2.764	2.301	20.12
		H2-07	2.688	2.228	20.65
	3% Harina de Hueso	H3-06	2.641	2.187	20.76
		H3-07	2.810	2.321	21.07
	5% Harina de Hueso	H5-06	2.750	2.244	22.55
		H5-07	2.844	2.312	23.01
	2% CBCA	C2-06	3.046	2.455	24.07
		C2-07	3.129	2.544	23.00
	3% CBCA	C3-06	2.963	2.455	20.69
		C3-07	3.040	2.530	20.16
5% CBCA	C5-06	3.080	2.556	20.50	
	C5-07	2.965	2.440	21.52	

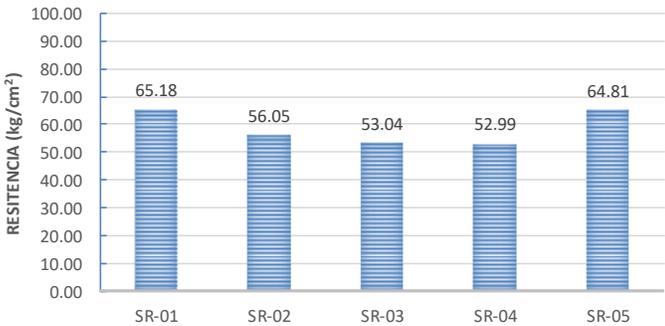
**Anexo 14** Registro de dimensiones promedio de las piezas comerciales de las regiones de Medellín de Bravo y San Rafael.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL							
DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-038-ONNCCE-2004							
<b>PROYECTO:</b> DIMENSIONAMIENTO PROMEDIO DE PIEZAS CONTROL Y CONVENCIONALES. <b>UBICACIÓN:</b> CEMENTERAS, SAN RAFAEL, VER.; RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER. <b>LABORATORISTA:</b> OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA							
						FECHA DE REPORTE:	16/03/2021
ANÁLISIS ESTADÍSTICO							
TABIQUERA	PIEZA	CODIGO	TIZÓN (cm)	SOGA (cm)	GRUESO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)
ORTEGA SAN RAFAEL	CONVENCIONAL	SR-01	27.80	13.97	4.97	388.27	3.36
		SR-02	27.87	13.80	5.03	384.56	3.18
		SR-03	27.77	13.58	5.03	376.98	3.02
		SR-04	27.77	13.77	4.97	382.25	3.24
		SR-05	27.50	13.67	5.23	375.83	4.24
<b>PROMEDIO</b>			<b>27.80</b>	<b>13.78</b>	<b>5.00</b>	<b>383.01</b>	<b>3.20</b>
<b>DESVIACIÓN MEDIA</b>			<b>0.13</b>	<b>0.19</b>	<b>0.06</b>	<b>4.73</b>	<b>0.14</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>			<b>0.005</b>	<b>0.014</b>	<b>0.012</b>	<b>0.012</b>	<b>0.044</b>
TABIQUERA	PIEZA	CODIGO	TIZÓN (cm)	SOGA (cm)	GRUESO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)
ZAMORA MEDELLÍN	CONTROL	MB-01	22.50	12.00	5.00	270.00	2.37
		MB-02	23.00	12.50	5.00	287.50	2.59
		MB-03	23.00	12.50	5.03	287.50	2.34
		MB-04	23.00	12.47	4.97	286.73	2.78
		MB-05	22.97	12.53	5.10	287.85	2.66
<b>PROMEDIO</b>			<b>27.63</b>	<b>13.70</b>	<b>5.10</b>	<b>378.62</b>	<b>2.52</b>
<b>DESVIACIÓN MEDIA</b>			<b>0.18</b>	<b>0.17</b>	<b>0.15</b>	<b>8.63</b>	<b>0.21</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>			<b>0.006</b>	<b>0.013</b>	<b>0.030</b>	<b>0.023</b>	<b>0.082</b>

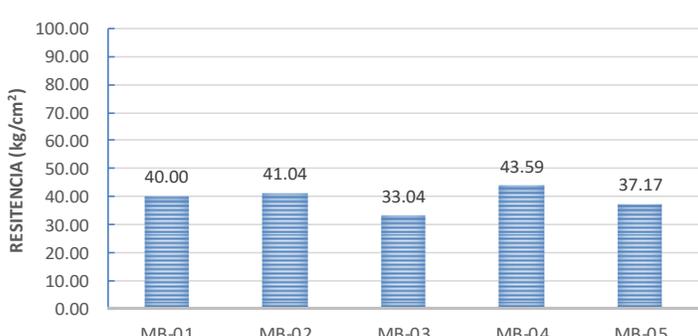
Anexo 15 Registro de dimensiones promedio de los prototipos de tabiques elaborados en planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL							
DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS DE MAMPOSTERÍA NMX-C-038-ONNCE-2004							
<b>PROYECTO:</b> DIMENSIONAMIENTO PROMEDIO DE PROTOTIPOS DE PIEZAS. <b>UBICACIÓN:</b> RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER. <b>LABORATORISTA:</b> OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA							
						FECHA DE REPORTE:	07/04/2021
ANÁLISIS ESTADÍSTICO							
TABIQUERA	PIEZA	CODIGO	TIZÓN (cm)	SOGA (cm)	GRUESO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)
Z A M O R A  M E D E L L I N	2% Harina de Hueso + 2% CBCA	HC2-01	22.70	12.30	5.43	279.21	2.15
		HC2-02	22.77	12.20	5.60	277.75	2.43
		HC2-03	22.67	12.37	5.27	280.31	2.32
		HC2-04	22.07	11.83	5.30	261.12	2.29
		HC2-05	22.10	12.00	5.37	265.20	2.31
	3% Harina de Hueso + 3% CBCA	HC3-01	22.60	11.97	5.13	270.45	2.23
		HC3-02	22.57	11.97	5.27	270.05	2.31
		HC3-03	22.57	12.03	5.20	271.55	2.22
		HC3-04	22.50	12.03	5.13	270.75	2.24
	5% Harina de Hueso + 5% CBCA	HC3-05	22.60	12.00	5.20	271.20	2.28
		HC5-01	22.67	12.17	5.03	275.78	2.26
		HC5-02	22.23	12.13	5.23	269.76	2.22
		HC5-03	22.57	12.40	5.00	279.83	2.21
		HC5-04	22.53	12.23	5.03	275.66	2.27
	10% Harina de Hueso + 10% CBCA	HC5-05	22.50	12.40	5.20	279.00	2.32
		HC10-01	22.80	11.93	5.37	272.08	2.24
		HC10-02	22.70	12.10	5.20	274.67	2.17
		HC10-03	22.97	12.10	5.07	277.90	2.24
		HC10-04	22.73	12.13	5.27	275.83	2.27
	2% Harina de Hueso	HC10-05	22.90	12.20	5.13	279.38	2.18
		H2-01	22.60	11.97	5.33	270.45	2.35
		H2-02	22.63	11.93	5.43	270.09	2.38
		H2-03	22.57	12.23	4.97	276.07	2.30
		H2-04	22.57	11.97	5.47	270.05	2.40
	3% Harina de Hueso	H2-05	22.60	12.17	4.90	274.97	2.37
		H3-01	22.60	12.00	4.93	271.20	2.21
		H3-02	22.43	12.07	5.10	270.70	2.24
		H3-03	22.77	12.03	4.97	273.96	2.19
		H3-04	22.60	12.00	5.07	271.20	2.20
	5% Harina de Hueso	H3-05	22.60	11.97	4.97	270.45	2.22
		H5-01	22.53	11.87	5.27	267.40	2.26
		H5-02	22.60	12.00	5.07	271.20	2.18
		H5-03	22.67	12.33	5.10	279.56	2.24
		H5-04	22.43	11.93	5.10	267.70	2.20
	2% CBCA	H5-05	22.60	12.37	5.13	279.49	2.23
C2-01		23.00	12.10	5.40	278.34	2.58	
C2-02		22.40	12.30	5.50	275.52	2.74	
C2-03		22.80	12.20	5.00	278.20	2.82	
C2-04		22.70	12.30	5.50	279.25	2.92	
3% CBCA	C2-05	22.90	12.40	5.00	284.00	2.92	
	C3-01	22.90	12.40	5.40	283.92	2.58	
	C3-02	22.80	12.50	5.40	285.00	2.74	
	C3-03	23.00	12.50	5.20	287.50	2.82	
	C3-04	22.40	12.30	5.50	275.52	2.92	
5% CBCA	C3-05	23.00	12.50	5.30	287.50	2.92	
	C5-01	22.90	12.11	5.40	277.36	2.58	
	C5-02	22.40	12.30	5.50	275.52	2.74	
	C5-03	22.80	12.34	5.20	281.23	2.82	
	C5-04	22.70	12.40	5.50	281.52	2.92	
		C5-05	22.60	12.30	5.77	278.02	2.92
PROMEDIO			22.59	12.10	5.18	273.19	2.421
DESVIACIÓN MEDIA			0.22	0.18	0.24	4.63	0.26
COEFICIENTE DE VARIACIÓN			0.010	0.015	0.047	0.017	0.109

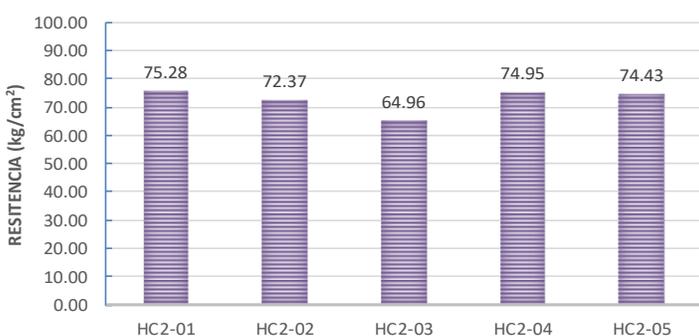
Anexo 16 Registro de resistencias a la compresión axial de tabiques convencionales planta San Rafael.

	<h1 style="margin: 0;">INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</h1>					
<p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p>						
<p><b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b></p>						
<p><b>PROYECTO:</b></p>	<p>TABIQUERA ORTEGA.</p>					
<p><b>UBICACIÓN:</b></p>	<p>CEMENTERAS, SAN RAFAEL, VER.</p>					
<p><b>LABORATORISTA:</b></p>	<p>OSCAR HERRERA CASTILLO                  AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA</p>					
<p>FECHA DE REPORTE: <b>23/01/2021</b></p>						
<p><b>REGISTRO DE DATOS DE TABIQUES CONVENCIONALES PLANTA SAN RAFAEL.</b></p>						
<p>D A T O S</p>	CLAVE	SR-01	SR-02	SR-03	SR-04	SR-05
	TIZÓN (cm)	27.80	27.87	27.77	27.77	27.50
	SOGA (cm)	13.97	13.80	13.58	13.77	13.67
	GRUESO (cm)	4.97	5.03	5.03	4.97	5.23
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	388.27	384.56	376.98	382.25	375.83
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1928.42	1935.62	1897.46	1898.53	1966.86
	PESO (gr)	3360	3180	3020	3240	4240
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.742	1.643	1.592	1.707	2.156
<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</p>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	25306	21553	19995	20256	24356
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg/cm}^2$ )	65.18	56.05	53.04	52.99	64.81
<p><b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013</p> <p>Cabeceo vía azufre.</p>				
						

Anexo 17 Registro de resistencias a la compresión axial de tabiques control planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>						
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA					
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.					
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO					
	AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA					
<b>FECHA DE REPORTE:</b>	<b>13/01/2021</b>					
REGISTRO DE DATOS DE TABIQUES CONTROL PLANTA MEDELLÍN DE BRAVO.						
D A T O S	CLAVE	MB-01	MB-02	MB-03	MB-04	MB-05
	TIZÓN (cm)	22.50	23.00	23.00	23.00	22.97
	SOGA (cm)	12.00	12.50	12.50	12.47	12.53
	GRUESO (cm)	5.00	5.00	5.03	4.97	5.10
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	270.00	287.50	287.50	286.73	287.85
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1350.00	1437.50	1447.08	1424.11	1468.03
	PESO (gr)	2368	2587	2341	2781	2657
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.754	1.800	1.618	1.953	1.810
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	10800	11800	9500	12500	10700
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	40.00	41.04	33.04	43.59	37.17
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b>						
		<b>OBSERVACIONES</b>				
		No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013  Cabeceo vía azufre.  Bajo desempeño mecánico.				

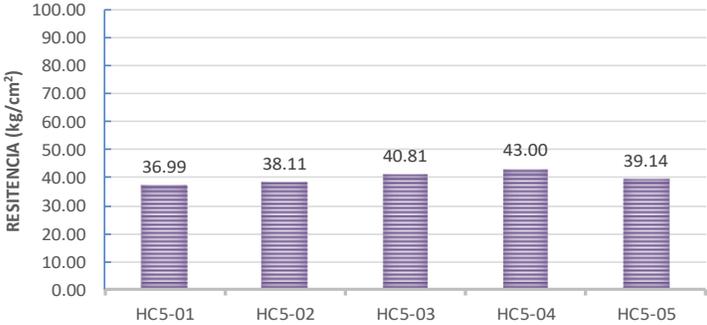
**Anexo 18** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (2%) + CBCA (2%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>																														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL																														
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCE-2013</b>																														
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA																													
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.																													
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO																													
	AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA																													
	<b>FECHA DE REPORTE: 08/04/2021</b>																													
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (2%) Y CBCA (2%) PLANTA MEDELLÍN																														
D A T O S	CLAVE	HC2-01	HC2-02	HC2-03	HC2-04	HC2-05																								
	TIZÓN (cm)	22.70	22.77	22.67	22.07	22.10																								
	SOGA (cm)	12.30	12.20	12.37	11.83	12.00																								
	GRUESO (cm)	5.43	5.60	5.27	5.30	5.37																								
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	279.21	277.75	280.31	261.12	265.20																								
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1517.04	1555.42	1476.31	1383.95	1423.24																								
	PESO (gr)	2153	2432	2323	2293	2310																								
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.419	1.564	1.574	1.657	1.623																								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	21020	20100	18210	19570	19740																								
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	75.28	72.37	64.96	74.95	74.43																								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCE-2013</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Cabeceo vía yeso.</td> </tr> <tr> <td colspan="6">La pieza presenta oquedades y deformidades.</td> </tr> </tbody> </table>					OBSERVACIONES						No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCE-2013						Cabeceo vía yeso.						La pieza presenta oquedades y deformidades.					
OBSERVACIONES																														
No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCE-2013																														
Cabeceo vía yeso.																														
La pieza presenta oquedades y deformidades.																														
																														

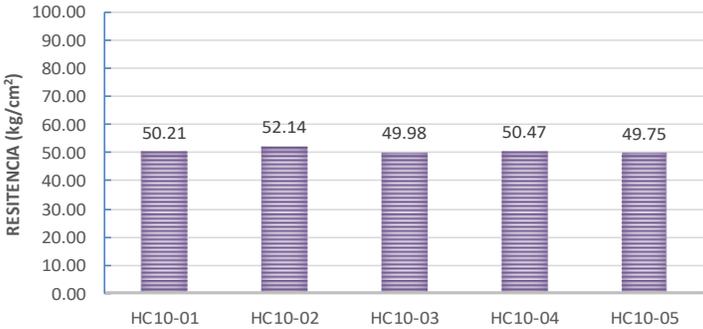
**Anexo 19** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (3%) + CBCA (3%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>																														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL																														
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>																														
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA																													
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.																													
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO																													
	AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA																													
	<b>FECHA DE REPORTE: 08/04/2021</b>																													
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (3%) Y CBCA (3%) PLANTA MEDELLÍN																														
D A T O S	CLAVE	HC3-01	HC3-02	HC3-03	HC3-04	HC3-05																								
	TIZÓN (cm)	22.60	22.57	22.57	22.50	22.60																								
	SOGA (cm)	11.97	11.97	12.03	12.03	12.00																								
	GRUESO (cm)	5.13	5.27	5.20	5.13	5.20																								
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	270.45	270.05	271.55	270.75	271.20																								
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1388.29	1422.25	1412.07	1389.85	1410.24																								
	PESO (gr)	2229	2306	2218	2240	2280																								
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.606	1.621	1.571	1.612	1.617																								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	14040	14050	15030	13800	12780																								
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	51.91	52.03	55.35	50.97	47.12																								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Cabeceo vía yeso.</td> </tr> <tr> <td colspan="6">La pieza presenta oquedades y deformidades.</td> </tr> </tbody> </table>					OBSERVACIONES						No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013						Cabeceo vía yeso.						La pieza presenta oquedades y deformidades.					
OBSERVACIONES																														
No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013																														
Cabeceo vía yeso.																														
La pieza presenta oquedades y deformidades.																														
																														

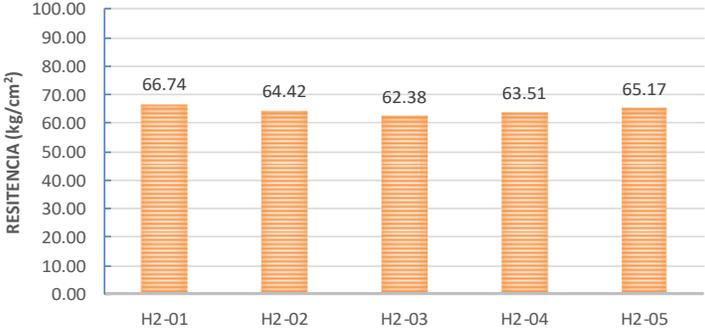
**Anexo 20** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (5%) + CBCA (5%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>						
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA					
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.					
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA					
	<b>FECHA DE REPORTE: 08/04/2021</b>					
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (5%) Y CBCA (5%) PLANTA MEDELLÍN						
D A T O S	CLAVE	HC5-01	HC5-02	HC5-03	HC5-04	HC5-05
	TIZÓN (cm)	22.67	22.23	22.57	22.53	22.50
	SOGA (cm)	12.17	12.13	12.40	12.23	12.40
	GRUESO (cm)	5.03	5.23	5.00	5.03	5.20
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	275.78	269.76	279.83	275.66	279.00
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1388.08	1411.77	1399.13	1387.48	1450.80
	PESO (gr)	2263	2222	2206	2270	2320
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.630	1.574	1.577	1.636	1.599
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	10200	10280	11420	11853	10920
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	36.99	38.11	40.81	43.00	39.14
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.</b>		<b>OBSERVACIONES</b> No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013  Cabeceo vía yeso.  La pieza presenta oquedades y deformidades.  Bajo desempeño mecánico.				
						

**Anexo 21** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (10%) + CBCA (10%) planta Medellín de Bravo.

	<h1 style="margin: 0;">INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</h1>					
<p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p>						
<p><b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b></p>						
<p><b>PROYECTO:</b></p>	<p>TABIQUERA ZAMORA</p>					
<p><b>UBICACIÓN:</b></p>	<p>RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.</p>					
<p><b>LABORATORISTA:</b></p>	<p>OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA</p>					
<p>FECHA DE REPORTE: <b>08/04/2021</b></p>						
<p><b>REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (10%) Y CBCA (10%) PLANTA MEDELLÍN</b></p>						
<p>D A T O S</p>	CLAVE	HC10-01	HC10-02	HC10-03	HC10-04	HC10-05
	TIZÓN (cm)	22.80	22.70	22.97	22.73	22.90
	SOGA (cm)	11.93	12.10	12.10	12.13	12.20
	GRUESO (cm)	5.37	5.20	5.07	5.27	5.13
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	272.08	274.67	277.90	275.83	279.38
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1460.16	1428.28	1408.01	1452.71	1434.15
	PESO (gr)	2235	2167	2243	2270	2180
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.531	1.517	1.593	1.563	1.520
<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</p>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	13660	14320	13890	13920	13900
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	50.21	52.14	49.98	50.47	49.75
<p><b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>OBSERVACIONES</b></p>				
		<p>No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013</p> <p>Cabeceo vía yeso.</p> <p>La pieza presenta oquedades y deformidades.</p>				

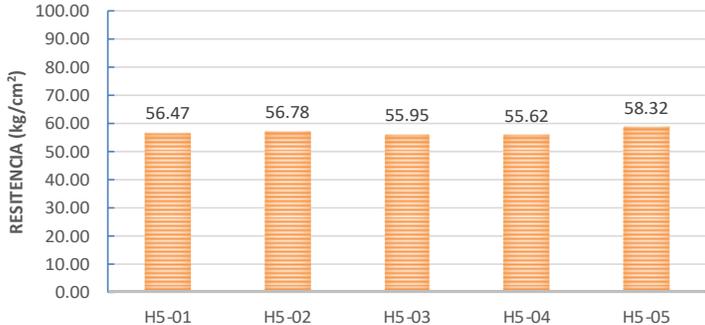
**Anexo 22** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (2%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>						
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA					
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.					
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA					
	<b>FECHA DE REPORTE: 08/04/2021</b>					
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (2%) PLANTA MEDELLÍN						
D A T O S	CLAVE	H2-01	H2-02	H2-03	H2-04	H2-05
	TIZÓN (cm)	22.60	22.63	22.57	22.57	22.60
	SOGA (cm)	11.97	11.93	12.23	11.97	12.17
	GRUESO (cm)	5.33	2.38	2.30	2.40	2.37
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	270.45	270.09	276.07	270.05	274.97
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1442.38	641.47	635.23	648.11	651.67
	PESO (gr)	2348	2375	2301	2400	2370
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.628	3.702	3.622	3.703	3.637
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	18050	17400	17220	17150	17920
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg/cm}^2$ )	66.74	64.42	62.38	63.51	65.17
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.</b>		OBSERVACIONES				
		No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013  Cabeceo vía yeso.  La pieza presenta oquedades y deformidades.				

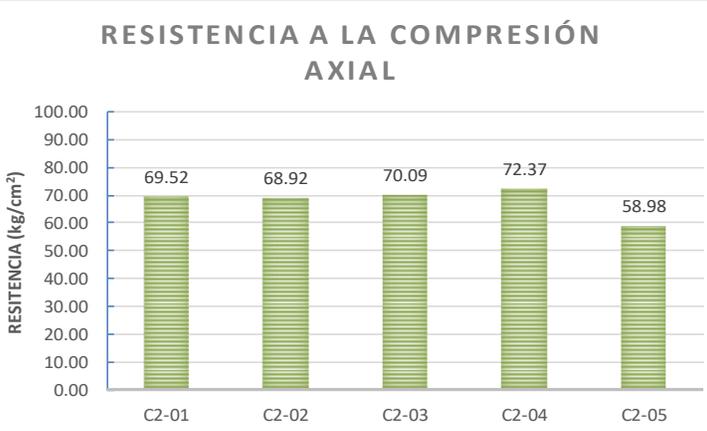
**Anexo 23** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (3%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>																														
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>																														
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCE-2013</b>																														
<b>PROYECTO:</b> TABIQUERA ZAMORA <b>UBICACIÓN:</b> RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER. <b>LABORATORISTA:</b> OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA	<b>FECHA DE REPORTE:</b> 08/04/2021																													
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (3%) PLANTA MEDELLÍN																														
D A T O S	CLAVE	H3-01	H3-02	H3-03	H3-04	H3-05																								
	TIZÓN (cm)	22.60	22.43	22.77	22.60	22.60																								
	SOGA (cm)	12.00	12.07	12.03	12.00	11.97																								
	GRUESO (cm)	4.93	5.10	4.97	5.07	4.97																								
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	271.20	270.70	273.96	271.20	270.45																								
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1337.92	1380.55	1360.66	1374.08	1343.22																								
	PESO (gr)	2211	2235	2187	2200	2220																								
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.653	1.619	1.607	1.601	1.653																								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	13750	13650	14610	13840	13380																								
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	50.70	50.43	53.33	51.03	49.47																								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.</b>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="background-color: #FFD700;">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCE-2013</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Cabeceo vía yeso.</td> </tr> <tr> <td colspan="6">La pieza presenta oquedades y deformidades.</td> </tr> </tbody> </table>					OBSERVACIONES						No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCE-2013						Cabeceo vía yeso.						La pieza presenta oquedades y deformidades.					
OBSERVACIONES																														
No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCE-2013																														
Cabeceo vía yeso.																														
La pieza presenta oquedades y deformidades.																														
																														

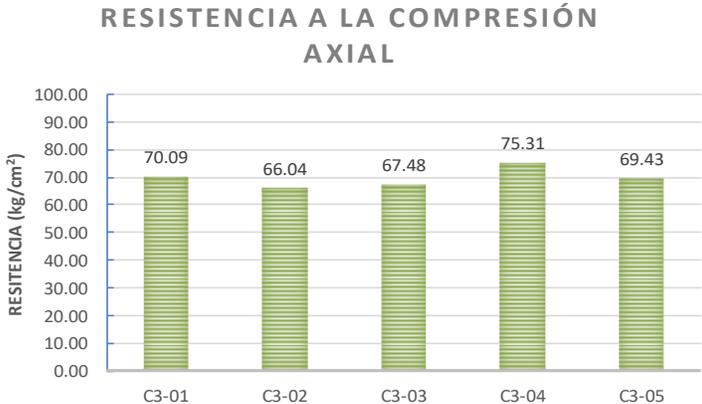
**Anexo 24** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base Harina de hueso (5%) planta Medellín de Bravo.

		<h1 style="text-align: center;">INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</h1>				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013						
<b>PROYECTO:</b>		TABIQUERA ZAMORA				
<b>UBICACIÓN:</b>		RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.				
<b>LABORATORISTA:</b>		OSCAR HERRERA CASTILLO				
		AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA				
						<b>FECHA DE REPORTE:</b> 08/04/2021
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (5%) PLANTA MEDELLÍN						
D A T O S	CLAVE	H5-01	H5-02	H5-03	H5-04	H5-05
	TIZÓN (cm)	22.53	22.60	22.67	22.43	22.60
	SOGA (cm)	11.87	12.00	12.33	11.93	12.37
	GRUESO (cm)	5.27	5.07	5.10	5.10	5.13
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	267.40	271.20	279.56	267.70	279.49
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1408.28	1374.08	1425.73	1365.29	1434.70
	PESO (gr)	2263	2184	2244	2200	2230
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.607	1.589	1.574	1.611	1.554
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg)	15100	15400	15640	14890	16300
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	56.47	56.78	55.95	55.62	58.32
		OBSERVACIONES				
		<p>No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013</p> <p>Cabeceo vía yeso.</p> <p>La pieza presenta oquedades y deformidades.</p>				
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL.				
						

Anexo 25 Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base CBCA (2%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>																								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL																								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERÍA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>																								
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA																							
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.																							
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO																							
	AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA																							
	<b>FECHA DE REPORTE: 08/04/2021</b>																							
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE CBCA (2%) PLANTA MEDELLÍN																								
D A T O S	CLAVE	C2-01	C2-02	C2-03	C2-04	C2-05																		
	TIZÓN (cm)	23.00	22.40	22.80	22.70	22.90																		
	SOGA (cm)	12.10	12.30	12.20	12.30	12.40																		
	GRUESO (cm)	5.40	5.50	5.00	5.50	5.00																		
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	278.34	275.52	278.20	279.25	284.00																		
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1503.04	1514.44	1391.90	1535.88	1420.01																		
	PESO (gr)	2580.00	2740	2820	2920	2920																		
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.717	1.809	2.026	1.901	2.056																		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	19350	18990	19500	20210	16750																		
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	69.52	68.92	70.09	72.37	58.98																		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Cabeceo vía yeso.</td> </tr> </tbody> </table>					OBSERVACIONES						No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013						Cabeceo vía yeso.					
OBSERVACIONES																								
No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013																								
Cabeceo vía yeso.																								
																								

**Anexo 26** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base CBCA (3%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>																								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL																								
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>																								
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA																							
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.																							
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO																							
	AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA																							
	FECHA DE REPORTE: <b>08/04/2021</b>																							
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE CBCA (3%) PLANTA MEDELLÍN																								
D A T O S	CLAVE	C3-01	C3-02	C3-03	C3-04	C3-05																		
	TIZÓN (cm)	22.90	22.80	23.00	22.40	23.00																		
	SOGA (cm)	12.40	12.50	12.50	12.30	12.50																		
	GRUESO (cm)	5.40	5.40	5.20	5.50	5.30																		
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	283.92	285.00	287.50	275.52	287.50																		
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1533.16	1539.95	1495.00	1515.36	1523.75																		
	PESO (gr)	2580	2740	2820	2920	2920																		
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.683	1.779	1.886	1.927	1.916																		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	19900	18820	19400	20750	19960																		
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	70.09	66.04	67.48	75.31	69.43																		
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Cabeceo vía yeso.</td> </tr> </tbody> </table>					OBSERVACIONES						No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013						Cabeceo vía yeso.					
OBSERVACIONES																								
No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013																								
Cabeceo vía yeso.																								
																								

**Anexo 27** Registro de resistencias a la compresión axial de prototipo de tabique base CBCA (5%) planta Medellín de Bravo.

 <b>INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA</b>						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PIEZAS DE MAMPOSTERIA NMX-C-036-ONNCCE-2013</b>						
<b>PROYECTO:</b>	TABIQUERA ZAMORA					
<b>UBICACIÓN:</b>	RANCHO DEL PADRE, MEDELLÍN DE BRAVO, VER.					
<b>LABORATORISTA:</b>	OSCAR HERRERA CASTILLO AILYN YURITZI HERNÁNDEZ CARRERA					
	<b>FECHA DE REPORTE: 08/04/2021</b>					
REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE CBCA (5%) PLANTA MEDELLÍN						
D A T O S	CLAVE	C5-05	C5-02	C5-03	C5-04	C5-05
	TIZÓN (cm)	22.90	22.40	22.80	22.70	22.60
	SOGA (cm)	12.11	12.30	12.34	12.40	12.30
	GRUESO (cm)	5.40	5.50	5.20	5.50	5.77
	ÁREA DE TABLA (cm <sup>2</sup> )	277.36	275.52	281.23	281.52	278.02
	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	1497.74	1514.44	1462.42	1548.37	1603.25
	PESO (gr)	2580	2740	2820.00	2920	2920
	PESO VOLUMETRICO (kg/cm <sup>3</sup> )	1.723	1.809	1.928	1.886	1.821
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	20500	23440	22560	23690	21650
	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p=kg/cm^2$ )	73.91	85.08	80.22	84.15	77.87
		<b>OBSERVACIONES</b> No cumple con la resistencia especificado en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013  Cabeceo vía yeso.  Desempeño mecánico destacable.				

**Anexo 28** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de tabiques convencionales planta San Rafael.

REGISTRO DE DATOS DE TABIQUES CONVENCIONALES PLANTA SAN RAFAEL.				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg/cm}^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $\text{kg/cm}^2$ )
	$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$
	65.18	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{n}$ $\bar{f}_p = \frac{292.06}{5}$	<b>0.35</b>	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5C_p}$ $f_p^* = \frac{58.41}{1 + 2.5(0.35)}$
	56.05			
	53.04			
	52.99			
	64.81			
<b>RESULTADOS</b>	$\Sigma =$ <b>292.06</b>	<b>58.41</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		<b>31.15</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

**Anexo 29** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de tabiques control planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE TABIQUES CONTROL PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg/cm}^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $\text{kg/cm}^2$ )
	$f_p$	$\bar{f}_p$	$C_p$	$f_p^*$
	40.00	$\bar{f}_p = \frac{\sum f_p}{n}$ $\bar{f}_p = \frac{194.85}{5}$	<b>0.35</b>	$f_p^* = \frac{\bar{f}_p}{1 + 2.5C_p}$ $f_p^* = \frac{38.97}{1 + 2.5(0.35)}$
	41.04			
	33.04			
	43.59			
	37.17			
<b>RESULTADOS</b>	$\Sigma =$ <b>194.85</b>	<b>38.97</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		<b>20.78</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

**Anexo 30** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (2%) + CBCA (2%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (2%) Y CBCA (2%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg}/\text{cm}^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
	$f_p$	$\overline{f_p}$	$C_p$	$f_p^*$
	75.28	$\overline{f_p} = \frac{\sum f_p}{n}$ $\overline{f_p} = \frac{361.99}{5}$	<b>0.35</b>	$f_p^* = \frac{\overline{f_p}}{1 + 2.5C_p}$ $f_p^* = \frac{72.40}{1 + 2.5(0.35)}$
	72.37			
	64.96			
	74.95			
	74.43			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>361.99</b>	<b>72.40</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		<b>38.61</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

**Anexo 31** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (3%) + CBCA (3%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (3%) Y CBCA (3%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg}/\text{cm}^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
	$f_p$	$\overline{f_p}$	$C_p$	$f_p^*$
	51.91	$\overline{f_p} = \frac{\sum f_p}{n}$ $\overline{f_p} = \frac{257.38}{5}$	<b>0.35</b>	$f_p^* = \frac{\overline{f_p}}{1 + 2.5C_p}$ $f_p^* = \frac{51.48}{1 + 2.5(0.35)}$
	52.03			
	55.35			
	50.97			
	47.12			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>257.38</b>	<b>51.48</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		<b>27.45</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

**Anexo 32** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (5%) + CBCA (5%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (5%) Y CBCA (5%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $fp=kg/cm^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $kg/cm^2$ )
	$fp$	$\bar{fp}$	$Cp$	$fp^*$
	36.99	$\bar{fp} = \frac{\sum fp}{n}$ $\bar{fp} = \frac{198.04}{5}$	<b>0.35</b>	$fp^* = \frac{\bar{fp}}{1 + 2.5Cp}$ $fp^* = \frac{39.61}{1 + 2.5(0.35)}$
	38.11			
	40.81			
	43.00			
	39.14			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>198.04</b>	<b>39.61</b> $\frac{kg}{cm^2}$		<b>21.12</b> $\frac{kg}{cm^2}$

**Anexo 33** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (10%) + CBCA (10%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (10%) Y CBCA (10%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $fp=kg/cm^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $kg/cm^2$ )
	$fp$	$\bar{fp}$	$Cp$	$fp^*$
	50.21	$\bar{fp} = \frac{\sum fp}{n}$ $\bar{fp} = \frac{252.54}{5}$	<b>0.35</b>	$fp^* = \frac{\bar{fp}}{1 + 2.5Cp}$ $fp^* = \frac{50.51}{1 + 2.5(0.35)}$
	52.14			
	49.98			
	50.47			
	49.75			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>252.54</b>	<b>50.51</b> $\frac{kg}{cm^2}$		<b>26.94</b> $\frac{kg}{cm^2}$

**Anexo 34** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (2%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (2%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $fp=kg/cm^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $kg/cm^2$ )
	$fp$	$\overline{fp}$	$Cp$	$fp^*$
	66.74	$\overline{fp} = \frac{\sum fp}{n}$ $\overline{fp} = \frac{322.22}{5}$	<b>0.35</b>	$fp^* = \frac{\overline{fp}}{1 + 2.5Cp}$ $fp^* = \frac{64.44}{1 + 2.5(0.35)}$
	64.42			
	62.38			
	63.51			
	65.17			
RESULTADOS	$\Sigma = 322.22$	<b>64.44</b> $\frac{kg}{cm^2}$		<b>34.37</b> $\frac{kg}{cm^2}$

**Anexo 35** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (3%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (3%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $fp=kg/cm^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $kg/cm^2$ )
	$fp$	$\overline{fp}$	$Cp$	$fp^*$
	50.70	$\overline{fp} = \frac{\sum fp}{n}$ $\overline{fp} = \frac{254.96}{5}$	<b>0.35</b>	$fp^* = \frac{\overline{fp}}{1 + 2.5Cp}$ $fp^* = \frac{50.99}{1 + 2.5(0.35)}$
	50.43			
	53.33			
	51.03			
	49.47			
RESULTADOS	$\Sigma = 254.96$	<b>50.99</b> $\frac{kg}{cm^2}$		<b>27.20</b> $\frac{kg}{cm^2}$

**Anexo 36** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base Harina de hueso (5%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE HARINA DE HUESO (5%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg/cm}^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $\text{kg/cm}^2$ )
	$f_p$	$\overline{f_p}$	$C_p$	$f_p^*$
	56.47	$\overline{f_p} = \frac{\sum f_p}{n}$ $\overline{f_p} = \frac{283.14}{5}$	<b>0.35</b>	$f_p^* = \frac{\overline{f_p}}{1 + 2.5C_p}$ $f_p^* = \frac{56.63}{1 + 2.5(0.35)}$
	56.78			
	55.95			
	55.62			
	58.32			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>283.14</b>	<b>56.63</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		<b>30.20</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

**Anexo 37** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base CBCA (2%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE CBCA (2%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $f_p = \text{kg/cm}^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $\text{kg/cm}^2$ )
	$f_p$	$\overline{f_p}$	$C_p$	$f_p^*$
	69.52	$\overline{f_p} = \frac{\sum f_p}{n}$ $\overline{f_p} = \frac{339.89}{5}$	<b>0.35</b>	$f_p^* = \frac{\overline{f_p}}{1 + 2.5C_p}$ $f_p^* = \frac{67.98}{1 + 2.5(0.35)}$
	68.92			
	70.09			
	72.37			
	58.98			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>339.89</b>	<b>67.98</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		<b>36.25</b> $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

**Anexo 38** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base CBCA (3%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE CBCA (3%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $fp=kg/cm^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $kg/cm^2$ )
	$fp$	$\bar{fp}$	$Cp$	$fp^*$
	70.09	$\bar{fp} = \frac{\sum fp}{n}$ $\bar{fp} = \frac{348.34}{5}$	<b>0.35</b>	$fp^* = \frac{\bar{fp}}{1 + 2.5Cp}$ $fp^* = \frac{69.67}{1 + 2.5(0.35)}$
	66.04			
	67.48			
	75.31			
	69.43			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>348.34</b>	<b>69.67</b> $\frac{kg}{cm^2}$		<b>37.16</b> $\frac{kg}{cm^2}$

**Anexo 39** Registro de resistencias a la compresión axial para fines de diseño de prototipos de tabiques base CBCA (5%) planta Medellín de Bravo.

REGISTRO DE DATOS DE PROTOTIPO DE TABIQUE BASE CBCA (5%) PLANTA MEDELLÍN				
D A T O S	RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA ( $fp=kg/cm^2$ )	MEDIA DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO REFERIDO AL ÁREA	COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PIEZAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA FINES DE DISEÑO ( $kg/cm^2$ )
	$fp$	$\bar{fp}$	$Cp$	$fp^*$
	73.91	$\bar{fp} = \frac{\sum fp}{n}$ $\bar{fp} = \frac{401.23}{5}$	<b>0.35</b>	$fp^* = \frac{\bar{fp}}{1 + 2.5Cp}$ $fp^* = \frac{80.25}{1 + 2.5(0.35)}$
	85.08			
	80.22			
	84.15			
	77.87			
RESULTADOS	$\Sigma =$ <b>401.23</b>	<b>80.25</b> $\frac{kg}{cm^2}$		<b>42.80</b> $\frac{kg}{cm^2}$

## CAPITULO IX      REFERENCIAS.

- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, (2014). Bagazo de caña, posible componente de concreto hidráulico. Recuperado de: <https://www.dicyt.com/noticias/bagazo-de-cana-posible-componente-de-concreto-hidraulico>
- Aguilar Rivera, N.; Galindo Mendoza, G.; Fortanelli Martínez, J.; Contreras Servin, C. Competitividad internacional de la industria azucarera de México Theoria, vol. 19, núm. 1, 2010, pp. 7-29. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/299/29916956002.pdf>
- Braja, M., D. (2015). Fundamentos de ingeniería geotecnia. CENCAGE learning. Recuperado de: <https://www.pdfdrive.com/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-e33997636.html>
- Guevara, U., L., F., Paredes, C., R., D., Toral, V., J., A. & Martin, E., J., A. (2014). Geotecnia y cimentaciones. Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda. Recuperado de: <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec6.pdf>
- Rodríguez, S., W. (2013). ingeniería geotécnica. Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque. Recuperado de:
- Rodríguez, S., W. (2019). Fundamentos de ingeniería geotécnica suelos y Cimentaciones. Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque. recuperado de:
- Polanco, R., A. (). Manual de Prácticas de Laboratorio de Mecánica de Suelos II. Universidad Autónoma de Chihuahua. Recuperado de: [http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL\\_LAB.%20DE%20MECANICA%20DE%20SUELOS%20II.pdf](http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB.%20DE%20MECANICA%20DE%20SUELOS%20II.pdf)
- Quesada, S. (2016). Clasificación de un suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) [tesis de pregrado, Instituto tecnológico de Costa Rica], Recuperado de: <https://baixardoc.com/documents/clasificacion-de-suelos-sucs-5dbf38f903282>
- J. Badillo, R. Rodríguez. (2005), Mecánica De Suelos, Tomo 1, Fundamentos De La Mecánica De Suelos (México): Limusa
- J. Bowles. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (México): Mc GRAW-HILL.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., (2002). Ingeniería Geológica. (Madrid) PEARSON EDUCACIÓN.

- Barranzuela Lescano, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*.
- Domínguez, J. M., & Schifter, I. (1992). Las Arcillas: El Barro Noble. In *Fondo de Cultura Económica*. <http://dlx.bok.org/foreignfiction/638000/793e839f32b0e174ae5e88d60c4183c4.pdf/> as/[ ] Las Arcillas El Barro Noble(b-ok.org).pdf
- Dureza del hueso en la escala de Mohs. (13 de Enero de 2011). Recuperado de: <https://huesotrabajado.wordpress.com/2011/01/13/%C2%BFcual-es-la-dureza-del-hueso-en-la-escala-de-mohs-bone-mohs/>
- Guallichico G, C. S., & Cabrera C, F. P. (2017). *Caracterización del producto molido de hueso de res calcinado para su utilización como abono orgánico*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13673/3/UPS-KT01351.pdf>
- Gobierno de México. (2014)Sexto Informe Estadístico del Sector agroindustrial de la Caña de Azucar en Mexico, Zafras (2009-2010)/(2018-2019). Recuperado de: [https://siiba.conadesuca.gob.mx/Archivos\\_Externos/6to\\_informe\\_estad%C3%ADstico.pdf](https://siiba.conadesuca.gob.mx/Archivos_Externos/6to_informe_estad%C3%ADstico.pdf)
- Ingenio Azucarero el modelo S. A. de C.V. (2014). Generalidades de la Caña de azúcar. Recuperado de: <http://ingenioelmodelo.com.mx/>
- Ladrillo tejar o manual. (3 de Junio de 2013). Recuperado de: <https://marzua.blogspot.com/2013/06/ladrillo-de-tejar-o-manual.html>
- Ladrillo vitrificado. (31 de Mayo de 2018). Recuperado de: <http://paolaanabel498.blogspot.com/2018/05/ladrillo-vitrificado.html>
- Pérez López, L. R. (2016). *Estudio de las características mecánicas de un tabicón elaborado con una mezcla de arena, cemento y tereftalato de polietileno (PET), como agregado grueso*.
- Pérez, R. (2001). Porcicultura y Contaminación del Agua en La Piedad, Michoacán, México. *Rev. Int. Contam.Ambient.*, 17(1), 5–13. <http://www.redalyc.org/pdf/370/37017101.pdf>
- ¿Qué son los ladrillos refractarios y para que sirven?. (25 de Octubre de 2020). Recuperado de: <https://www.archdaily.mx/mx/949969/que-son-los-ladrillos-refractarios-y-para-que-sirven>
- Ramos, N. (2010). Aprovechamiento Del Desecho De Carne Y Huesos De Res Para La Obtención De Harina De Carne Y Hueso En La Fábrica Federer. In *Dspace.Epn.Edu.Ec*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2379/1/CD-3111.pdf>
- Sales A., Lima S.(2016) Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/41465494\\_Use\\_of\\_Brazilian\\_sugarcane\\_bagasse\\_ash\\_in\\_concrete\\_as\\_sand\\_replacement](https://www.researchgate.net/publication/41465494_Use_of_Brazilian_sugarcane_bagasse_ash_in_concrete_as_sand_replacement)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). Caña de azúcar un cultivo de importancia para México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cana-de-azucar-un-cultivo-de-importancia-para-mexico?idiom=es>
- Sisson, S., & Grossman, D. (1999). Anatomía de los animales domésticos. In *Masson S.A.* (5ta. edición). <https://doi.org/10.4000/books.ifea.4990>

(SMIE), S. M. de I. E. (2008). *Guía para el análisis de estructuras de mampostería*. September 2012, 157.

Uicab-Brito, L. A., & Castro, C. A. S. (2003). Uso Del Contenido Ruminal Y Algunos Residuos De La Industria Cárnica En La Elaboración De Composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2, 45–63. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93912118001.pdf>

Valencia B., J. C. (2017). *Evaluación de la inclusión de harina de carne y huesos de vacunos en dietas de cerdos en crecimiento*. <https://core.ac.uk/download/pdf/162862266.pdf>

Veracruz-Medellín-INA FED. (2016). Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30105a.html>

VIDAL D., TORRES J., GOMEZ L., 2014. Revista Colombiana de Materiales N. 5 pp. 13-18. Recuperado de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/issue/view/1747>