

---

Evaluación Experimental de Pilas con Junta Seca y de Aluminio Ensayadas a Compresión Axial

Grisel Mercedes Ozuna Castro

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR

Facultad de Ciencias Básicas Ingenierías y Arquitectura

Programa de Arquitectura

Sincelejo

2021

---

Evaluación Experimental de Pilas con Junta Seca y de Aluminio Ensayadas a Compresión Axial

Grisel Mercedes Ozuna Castro

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Director

Elber José Cohen Cárdenas

M.sc

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR

Facultad de Ciencias Básicas Ingenierías y Arquitectura

Programa de Arquitectura

Sincelejo

2021

**Nota de Aceptación**

**4.55**

---



**Director**

---



**Evaluador 1**

---



**Evaluador 2**

Sincelejo, Sucre 14 de octubre 2021

## **Dedicatoria**

Al altísimo creador.

Agradecimiento a mi madre y padre, a quien le doy gracias por la vida, a Jesús por su Amor y paciencia, a mi abuela, por acogerme.

Agradezco a quienes me acompañaron y me apoyaron en este reto investigativo, a la corporación universitaria del caribe CECAR por esta gran oportunidad, al docente asesor en México el Dr. Agustín orduña, gracias a todos por compartir todo ese mundo de la arquitectura y de la investigación.

A mi tutor, Arquitecto, Élber Cohen, por enseñarme el valor de emprender el reto de la investigación con pasión.

A María cristina Albis, por hacer este sueño realidad.

## Tabla de Contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1 Planteamiento Del Problema .....	12
1.1 Pregunta Problema .....	12
1.2 Hipótesis de la Investigación.....	12
1.3 Localización y Contextualización .....	12
1.3.1 Herramientas .....	13
1.3.2 Herramientas de Seguridad .....	13
1.3.3 Materiales .....	13
1.4 Justificación.....	14
1.5 Objetivos de la Investigación .....	14
1.5.1 Objetivo General.....	14
1.5.2 Objetivos Específicos .....	15
1.6 Metodología .....	15
1.6.1 Consideraciones Previas .....	15
1.6.2 Enfoque metodológico .....	16

---

1.7 Marco Teórico .....	16
1.7.1 <i>Mampostería</i> .....	18
1.7.1.3 Mampostería Reforzada Interiormente .....	21
1.7.2 <i>Mampostería Con Junta De Mortero</i> .....	23
1.7.3 <i>Mampostería con Junta Seca</i> .....	26
2. Fases de la Metodología .....	28
2.1 Ensayos realizados a los materiales usados en la investigación.....	28
2.1.1 <i>Piezas</i> .....	28
2.1.2 <i>Dimensiones</i> .....	28
2.1.3 <i>Resistencia a compresión axial</i> .....	29
2.1.4 <i>Absorción máxima inicial</i> .....	30
2.1.5 <i>Adsorción volumétrica</i> .....	32
2.2 Fases de elaboración de pilas de ensayo .....	33
2.2.1 <i>Mortero para cabeceo</i> .....	33
2.2.2 <i>Cabeceo</i> .....	34
2.2.3 <i>Corte de latas</i> .....	35
2.3 Construcción de Pilas .....	36
2.3.1 <i>Pilas de mampostería con junta de mortero</i> .....	36
2.3.2 <i>Pilas de mampostería con Junta Seca</i> .....	37

---

2.3.3 Pilas con Junta de Aluminio .....	38
2.4 Montaje y ensaye de pilas .....	39
2.5 Dispositivos de Medición.....	40
3 Resultados de los Ensayos.....	42
3.1 Resultado de comparación de pilas de mampostería.....	43
4 Conclusiones.....	44
Referencias Bibliográficas .....	45

## Resumen

Este proyecto de investigación consiste en la realización de ensayos a compresión axial a pilas de mampostería con junta de mortero, junta seca, con juntas de láminas de aluminio, realizadas de acuerdo a lo especificado en las normas mexicanas y en el reglamento de construcción del Distrito Federal, esto con el fin de obtener la resistencia a compresión axial de la mampostería y poder hacer una comparación entre los diferentes tipos de pilas de mampostería y con ello determinar la viabilidad de usar un nuevo sistema de mampostería con junta seca con láminas de aluminio en las juntas. Para lograr lo anteriormente mencionado se ensayaron un total de 40 pilas ensayadas a compresión axial, 10 pilas por cada proveedor; las pilas fueron divididas de la siguiente manera; se contemplaron 4 diferentes tipos de pilas con 10 pilas por cada tipo, los cuales son: pila con junta de mortero (pila tipo 1), pila con junta seca (pila tipo 2) y pilas con junta seca con 1 y 2 capas de aluminio entre pieza y pieza (pila tipo 3, 4 y 5 respectivamente).

*Palabras clave:* Mampostería, junta seca, junta de aluminio, normas.



### **Abstract**

This research project consists of conducting axial compression tests on masonry piles with a mortar joint, dry joint, with aluminum sheet joints, carried out according to what is specified in Mexican standards and in the District's construction regulations. Federal, this in order to obtain the resistance to axial compression of the masonry and to be able to make a comparison between the different types of masonry piles and thus determine the feasibility of using a new masonry system with dry joint with aluminum sheets in the boards. To achieve the aforementioned, a total of 40 stacks were tested for axial compression, 10 stacks for each supplier; the piles were divided as follows; 4 different types of piles were considered with 10 piles for each type, which are: pile with mortar joint (pile type 1), pile with dry joint (pile type 2) and piles with dry joint with 1 and 2 layers of aluminum between piece and piece (pile types 3, 4 and 5 respectively).

*Keywords:* Masonry, dry joint, aluminum joint, standards.

## Introducción

El trabajo experimental consiste en ensayar pilas convencionales de mampostería junteada con mortero tipo 1, pilas de mampostería con junta seca y pilas de mampostería con junta seca con láminas de aluminio que será obtenido de las latas de refresco, jugo, cerveza o cualquier otro producto embazado en dicho material (aluminio). Con los resultados obtenidos de los ensayos a compresión axial de las pilas se hará una comparación con todos los diferentes tipos de pilas usadas durante este proyecto, para ver de cuales se obtiene una mayor resistencia pero que al mismo tiempo no sufra un daño en el material; Dando así una idea si el aluminio alcanza una resistencia aproximada a la de una mampostería con mortero.

Se dice que el uso de asiento de mortero todavía impone limitaciones sobre el número de capas que se puede construir en un día y por lo tanto la global aceleración en la construcción es aún limitada.

Así que con la finalidad de encontrar una manera constructiva de estructuras de mampostería que sea más rápida, segura y económica al evitar grandes desperdicios de material; lo cual influirá en el costo total de la vivienda haciéndolo este más accesible a todos los ciudadanos sin importar su posición económica social y así poder obtener una vivienda digna; y al mismo tiempo agilizar el proceso constructivo de las obras se desarrolló este proyecto experimental.

Una evaluación de la productividad relativa basada en el laboratorio de mampostería convencional y bloques interconectados (SILBLOCK, HILBLOCK) observo que para el apilamiento de mampostería en seco la productividad aumento de 80-120% en comparación con la mampostería convencional (Arturo Tena Colunga, 2007)

Antes de establecer un sistema constructivo novedoso es muy importante conocer el comportamiento de este, así como las propiedades físicas y mecánicas de los materiales constitutivos del mismo. El sistema que en este trabajo se propone evaluar, recibe el nombre de Mampostería con junta seca con láminas de aluminio. En esta investigación se han analizado las

---

propiedades de los materiales empleados, piezas y morteros, así como muestras del sistema constructivo las cuales son pilas que conformaran dicho sistema.

La manera para obtener y colocar las láminas sobre las pilas es descrita más adelante de este trabajo. Cabe resaltar que todas las pruebas realizadas en esta campaña experimental fueron realizadas lo más apegadas posibles a la normatividad vigente. Con los resultados obtenidos de los ensayos a compresión axial de las pilas se hará una comparación con todos los diferentes tipos de pilas usadas durante este proyecto.

## **1 Planteamiento Del Problema**

En la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez es muy común la utilización de la mampostería con junta de mortero (mezcla de arena, cemento, cal y agua), para la construcción de casas habitacionales; en la elaboración del mortero anteriormente descrito conlleva mucho desperdicio del mismo lo que provoca costos elevados de la obra y tiempos prolongados de construcción por la realización y colocación del mortero.

### **1.1 Pregunta Problema**

¿Cómo es posible implementar un sistema constructivo de mampostería con juntas secas de mortero, que permita disminuir desperdicios en obra, contribuyendo al costo y sustentabilidad del proyecto de arquitectura?

### **1.2 Hipótesis de la Investigación**

Como es posible implementar un nuevo sistema constructivo para VIS a partir de la comparación entre las propiedades mecánicas obtenidas de las pilas de mampostería convencionales (con junta de mortero) contra las propiedades obtenidas del nuevo sistema constructivo (pilas con junta seca con láminas de aluminio) exista una variación en los valores.

### **1.3 Localización y Contextualización**

El lugar donde se llevó a cabo el proceso de desarrollo de la investigación fue en México en el campus universitario de Coquimatlán, estado ubicado al oeste, logrando instalarnos en el laboratorio de ingeniería (ilustración 1), se contó con la materialidad dada por la universidad y las herramientas pertinentes para su correcta manipulación, consigo las herramientas de seguridad.

Dentro de los criterios de elaboración de la investigación se pueden mencionar las siguientes herramientas y materiales:

### **1.3.1 Herramientas**

Paleta, llana, flexómetro, carretilla, pala, cubo, cortadora, colador de arena, maquina universal, computador, transductores.

### **1.3.2 Herramientas de Seguridad**

Casco, guantes, gafas, botas, jeans gruesos, camisa.

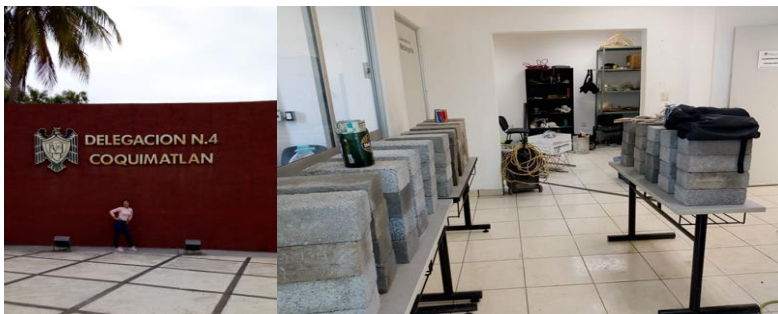
### **1.3.3 Materiales**

Arena, cemento, bloque (tabique), aluminio.

Sintetizando se puede decir que todas estas listas de materiales y herramientas utilizadas en el proceso fueron dadas por la universidad favoreciendo la realización de este trabajo y por consiguiente procediendo a la realización del mismo.

#### **Ilustración 1**

*Delegación n/4 Coquimatlán, laboratorio de ingeniería civil (2018)*



Fuente: Elaboración propia.

## **1.4 Justificación**

En esta investigación se trató el tema de la creación de viviendas que sean accesibles a toda la ciudadanía con ingresos económicos insuficientes, brindándole a estos el confort y la comodidad básicas para su bienestar, para aportar desde la práctica investigativa desde la constructividad con base al uso de una metodología de análisis para la búsqueda de una alternativa constructiva para este tipo de viviendas.

Actualmente, la temática que ha sido abordada sobre el tema de los sistemas constructivos para viviendas de bajo costo lo hace desde un enfoque meramente económico para la producción en serie de estas, esto fue el principal inicio para la investigación la cual se desarrolló bajo nuevos métodos de investigación (empírico experimental) usando métodos sustentables, para así llegar a obtener un nuevo sistema constructivo innovador, retroalimentando la investigación con conceptos constructivos manejados desde la antigüedad y sus posibles avances tecnológicos, hasta llegar a una respuesta que avale en gran magnitud la problemática y la nueva idea innovadora.

Por último, los motivos personales que motivaron esta investigación fue la posibilidad de participar en una estancia investigativa en el país de México, en el estado Colima, en el campus universitario de Coquimatlán, que tuvo una durabilidad de 2 meses; el cual fue supervisado por el Dr. Agustín Orduña, docente de la facultad de ingeniería.

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### ***1.5.1 Objetivo General***

Analizar el sistema tradicional “mampostería con juntas de mortero” a partir del uso de junta seca con láminas de aluminio, como un nuevo sistema innovador para la elaboración y construcción de viviendas en zonas sísmicas.

### **1.5.2 *Objetivos Específicos***

- Aplicar pruebas de carga axial sobre pilas de mampostería con junta de mortero y con junta seca, fabricadas con las piezas mencionadas anteriormente.
- Comparar los resultados por cada tipo de proveedor y pila.
- Formular el nuevo sistema estructural a partir del uso de mampostería con juntas de mortero.

## **1.6 Metodología**

### **1.6.1 *Consideraciones Previas***

La realización de esta investigación fue llevada a cabo en la Universidad (Colima - México, Campus Coquimatlán), de la cual salieron los recursos y materiales con los que se elaboraron las pilas.

Para las pilas con junta de mortero, se utilizó la mezcla de mortero tipo III ( $f^m$ : 45 kg/cm<sup>2</sup>) el cual tiene una relación de 1 unidad de cemento por 3 unidades de arena. Se elaboraron tres pilas con junta de mortero de cada uno de los materiales de las piezas (tabicón). Se dejaron fraguar por 28 días, ya que este es el tiempo mínimo que marcan las normas, para poder ensayar las pilas.

En la elaboración de las pilas con juntas secas, se cabecearon 6 piezas de tabicón. solo por una cara, para después poder llevarlas al laboratorio de mecánica de suelos, donde se ensayaron en la maquina universal; cuando estas iban a ser ensayadas se formaban las pilas con cuatro piezas, en ese mismo instante de las cuales las piezas de los extremos eran las piezas cabeceadas. La relación de la carga aplicada fue que se deformaría 2 mm por minuto.

Las pilas con juntas de aluminio, de igual manera se cabecearon 6 piezas por una sola cara. Para el ensaye de estas pilas con una capa de aluminio, para las láminas utilizadas como junta, se colocan una lámina formando estas una sola capa, esto se repite en cada junta de la pila.

### **1.6.2 Enfoque metodológico**

Debido a la información recolectada esta fue analizada desde una perspectiva enfocada al campo de la construcción desde, el presente trabajo investigativo se enmarca en un enfoque metodológico de tipo cualitativo y cuantitativo, con un diseño de corte experimental, es decir “*se obtiene datos a través de la experimentación y los compara con variables constantes, a fin de determinar las causas y/o los efectos de los fenómenos en estudio*” (significados, s.f.).

Se trata de una investigación profunda que al mismo tiempo sea de carácter analítico La observación constante, el análisis de cada situación relacionada con el comportamiento que sufra la mampostería, es la base de la investigación cualitativa y cuantitativa; la aplicación de un método de investigación cualitativo que recoja todas las secuencias de comportamientos de la mampostería en relación con la mampostería convencional.

esta investigación tendrá un apoyo primordial en la parte del enfoque cuantitativo, exactamente en lo que corresponde con el análisis “*Se basa en un protocolo de control, la presencia de variables, la manipulación de dichas variables y la observación de resultados cuantificables*”. (significados, s.f.).

## **1.7 Marco Teórico**

La necesidad del ser humano por obtener un sitio en el cual poder resguardarse de las inclemencias de la naturaleza va de la mano con la aparición del mismo ser, desde tiempos remotos, por esta razón, “Los seres humanos han estado buscando materiales accesibles que sean fáciles de



usar y ofrezcan el máximo confort. Los tipos de materiales utilizados por las culturas anteriores fueron determinados por las condiciones del medio en el que se asentaron” (Flores, 2009).

“La ingeniería civil también ha estado vinculada a la humanidad desde el principio, pero solo a mediados del siglo XVII” (Miguel, 2013).

Estando ya desde hace algunos años en una época de gran innovación tecnológica se considera de suma importancia la innovación y renovación de los sistemas constructivos y estructurales de mampostería, ya que éste es el más utilizado para la construcción de casas habitacionales en el estado (ilustración 2) para ello se han hecho investigaciones con propuestas de sistemas de mampostería novedosos, los cuales en su mayoría coinciden en la idea de reducir costos y tiempos en la construcción, así como brindar un elemento estructural seguro para el alojamiento del ser humano como lo ha venido haciendo a través de su historia.

#### Ilustración 2

*Tabla de Viviendas particulares habitadas y su distribución según resistencia de*

<b>Resistencia de los materiales en paredes</b>	<b>Viviendas particulares habitadas *</b>
<b>06 Colima</b>	<b>180,866</b>
Material de desecho o lámina de cartón	1,172
Embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma	3,046
Madera o adobe	4,961
Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto	171,244
<b>Material no especificado</b>	<b>443</b>

\* Excluye a las siguientes clases de vivienda: locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios.

Fuente: elaboración propia.

Varios intentos se han hecho para acelerar la velocidad de la construcción y para reducir la intensidad de trabajo, que van desde el aumento del tamaño de la unidad de mampostería a métodos no convencionales. (Ramamurthy, 2004).

Un trabajo de investigación realizado en la Facultad de Ingeniería Civil localizada en el campus universitario de coquimatlan que se relaciona con este proyecto de investigación es el de Tula (2012) en el cual se realizó la evaluación de un sistema innovador de mampostería con junta seca basado en muros postensados. Después de hacer una comparación entre distintos sistemas constructivos, en este proyecto se concluyó que la junta seca es la más apropiada para la fabricación de especímenes de mampostería postensada. Además, se planteó la hipótesis de que el sistema de mampostería postensada presentará ventajas significativas como el ahorro económico por no considerar cementantes para elaborar las juntas de mortero, presentando facilidad y rapidez constructiva mediante el empleo de elementos prefabricados y, por ende, ahorro de tiempo. (Kampfner, 2017).

Se ensayaron piezas, pilas (con junta vertical y sin junta vertical) y muretes (pres-forzados en sentido vertical y pres-forzados en sentido vertical y horizontal) elaboradas con piezas prefabricados de concreto ligero. En este trabajo se concluyó que tanto las piezas como las pilas presentan capacidades de carga satisfactorias proporcionando valores por encima de los propuestos por los reglamentos mexicanos. Asimismo, los muretes con presfuerzo en dos direcciones tienen adecuada resistencia a cortante y sólo aquellos con mayor presfuerzo presentan una rigidez a cortante aceptable. En el caso de los muretes con presfuerzo sólo vertical, no tienen apropiada resistencia y rigidez a cortante.

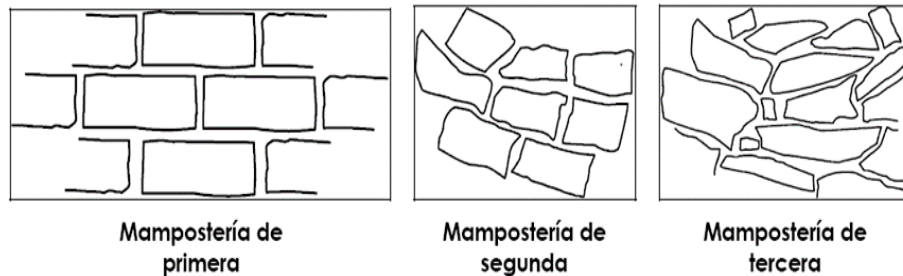
### ***1.7.1 Mampostería***

Se define como mampostería a la colectividad de nociones pétreas naturales o artificiales (llamados piezas), unidos (junteados) por atmósfera de un cañón con el fin de encaminar un ordenamiento resistente. (Gallo, 2005)

La mampostería es la técnica que predomina en la construcción de muros, y el ingrediente principal de esta técnica es la pieza, la cual tiene una procedencia natural o artificial. En nuestro país pueden distinguirse 3 tipos básicos de mampostería: la de primera, la de segunda y la tercera (ilustración 3).

### Ilustración 3

*Tipos de Mampostería, (SMIE, 1999).*



Fuente: Elaboración propia.

Uno de los usos que se les da a las piezas naturales del tercer tipo, es en la construcción de cimientos de piedra brasa para diferentes construcciones. Los cimientos cumplen una importante función estructural: transmitir las cargas al suelo. De ello se desprende que las piezas deben estar sanas y sin daños estructurales que afecten sus propiedades mecánicas. (Kampfner, 2017).

Asimismo, existen diversos procedimientos de procesamiento: desde los artesanales como la cocción en un cantero para tabiques comunes, hasta los industrializados como la vibro compactación para bloques de hormigón, y la extrusión para procesar la hierba gatera (caballero, entre otros).

Es de gran importancia que las piezas a utilizar en los procesos de construcción de elementos estructurales cumplan con las especificaciones de la normatividad mexicana vigente. Las normas que se aplican son las mexicanas.

En la NMX -C- 441-2013 se muestra la clasificación de las piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación, así como sus resistencias mínimas de las piezas de uso no estructural mientras que la NMX-C-404-ONNCCE-2012, las especificaciones y métodos de ensayo a cumplir por los bloques, tabiques o ladrillos y tabicones de uso estructural. El tabique se fabrica de manera prismática con arcillas, mediante un proceso de cocción, el bloque se fabrica moldeando el concreto, puede ser hueco o macizo y el tabicón, al igual que el bloque, también se fabrica utilizando concreto (Kampfner, 2017).

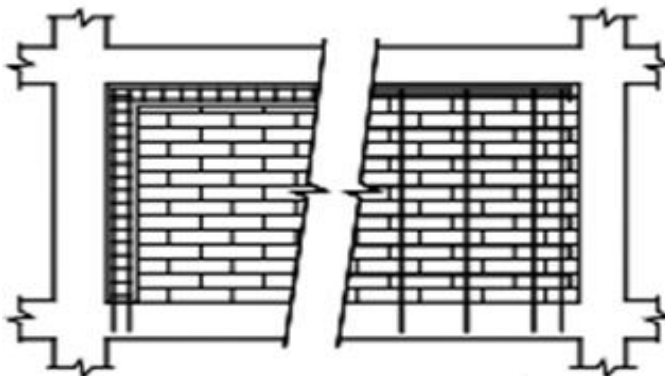
En las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., (Federal, 2004), clasifican la mampostería según su uso estructural de acuerdo a lo siguiente:

#### 1.7.1.1 Muros Diafragma.

Son los que están rodeados por las vigas y pilares de un sistema estructural a los que aportan rigidez frente a cargas laterales (ilustración 4). Pueden ser de mampostería confinada, reforzada internamente, no reforzada o piedra natural. El espesor de la mampostería de las paredes no debe ser inferior a 100 mm.

**Ilustración 4**

*Muro diafragma, (GDF, 2004)*



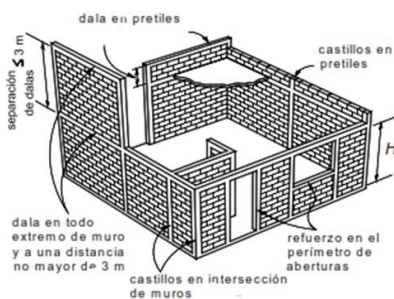
Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.1.2 Mampostería Confinada

Es el reforzado en sus cuatro lados con castillos y dalas de hormigón armado (ilustración 5). Los castillos y dalas pueden ser exteriores al muro, así como también el muro puede tener castillos interiores.

*Ilustración 5*

*Mampostería confinada, (GDF, 2004).*



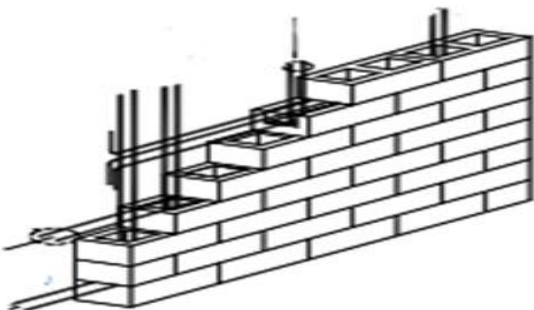
Fuente: Elaboración propia

### 1.7.1.3 Mampostería Reforzada Interiormente.

Es el que tiene paredes reforzadas con barras horizontales y verticales o con alambres de acero corrugados, colocados en las celdas de las piezas, en conductos o en las juntas (Fig. 6). El refuerzo de acero, tanto en horizontal como en vertical, se distribuirá a lo largo y alto del muro.

**Ilustración 6**

*Mampostería reforzada interiormente, (GDF, 2004).*



Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.1.3 Mampostería No Confinada Ni Reforzada.

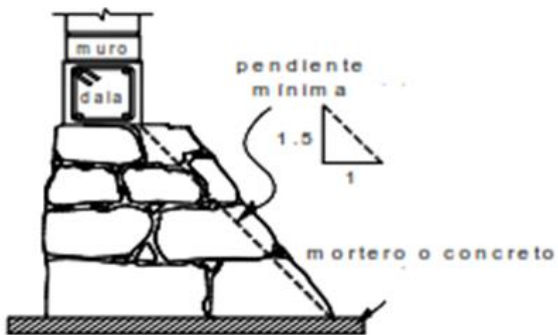
Se consideran muros no cerrados o armados aquellos que, incluso con algún tipo de refuerzo interno o cerramiento (externo o interno), no cuentan con el refuerzo necesario para ser clasificados en alguna de las categorías descritas anteriormente.

### 1.7.1.4 Mampostería De Piedras Naturales.

Es utilizada principalmente en la construcción de cimientos, muros de contención y otros elementos estructurales de mampostería del llamado tercer tipo, es decir, de piedras naturales sin interacción con el mortero (Fig. 7).

#### Ilustración 7

*Mampostería de piedras naturales, (GDF, 2004).*



Fuente: Elaboración

## ***1.7.2 Mampostería Con Junta De Mortero***

### **1.7.2.1 Morteros.**

Los morteros son mezclas de aglutinantes plásticos que resultan de la combinación de arena y agua con un material cementoso que puede ser cemento, cal o una mezcla de estos materiales. Las principales propiedades de los morteros son: resistencia a la compresión y tracción, adherencia a la piedra, módulo de elasticidad, trabajabilidad, velocidad de fraguado, impermeabilidad. Otra característica importante es su retención de agua, es decir, su capacidad para evitar que la pieza absorba el agua necesaria para el fraguado del mortero. El índice de resistencia generalmente aceptado es la resistencia a la compresión, obtenida según NMXC061 al probar muestras cúbicas con un lado de 5 cm. (Betancourt-Chávez, et al., 2019).

Las propiedades mecánicas de los morteros son muy variables y dependen principalmente del tipo de cemento utilizado y de la relación arena / cemento. A efectos estructurales, la relación arena / cemento recomendado debe estar entre 2,25 y 3 ya que la mezcla se obtiene con buena resistencia, buena adherencia a la piedra y baja retracción.

En la práctica, predominan los morteros de cemento y cal porque combinan las ventajas de ambos materiales y así dan como resultado mezclas con buena resistencia y trabajabilidad. Además, a menudo se utilizan materiales cementosos premezclados, como los denominados cementos para paredes, que contienen cemento, cal y aditivos plastificantes” (Betancourt Chávez, et al., 2019).

En la ilustración 8 se muestran algunas proporciones recomendadas para morteros utilizados en elementos de uso estructural, así como las resistencias mínimas que deben obtenerse.

**Ilustración 8.**

*Proporciones recomendadas en morteros de uso estructural, (GDF, 2004).*

Tipo de mortero	Partes de cemento	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal	Partes de arena*	valor típico de la resistencia nominal en compresión, Kg/cm <sup>2</sup>
I	1	0	0 a 1/4	No menos de 2.5 ni más de 3 veces la suma de cementantes en volumen	125
II	1	0	1/4 a 1/2		75
III	1	1/2 a 1	0		40

\* El volumen de arena se medirá en estado suelto

Fuente: Elaboración propia.

### 1.7.2.2 Propiedades Mecánicas del Conjunto Pieza-Mortero.

Las propiedades mecánicas del mortero que más influyen en el comportamiento estructural de un elemento de mampostería son su deformabilidad y su adherencia a las piezas; Las deformaciones totales del elemento de muro y en parte su resistencia a la carga vertical dependen en gran medida de la primera propiedad; La adherencia entre mortero y piezas define en muchos tipos de mampostería (especialmente aquellas en las que las piezas son muy resistentes) la resistencia al corte del elemento, esto a excepción de los morteros extremadamente débiles (Miranda, 2002).

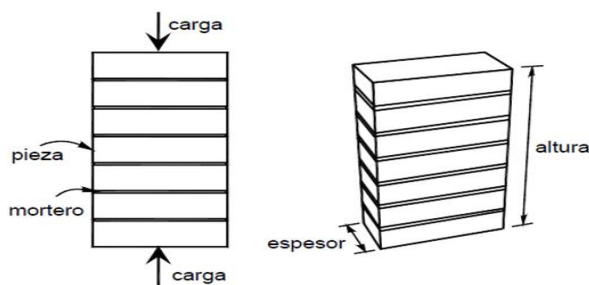
La resistencia en compresión de las piezas es el parámetro más importante del que dependen las propiedades mecánicas de los muros. Por otra parte, las propiedades mecánicas pueden deducirse ya sea del estudio de los materiales componentes, piedra y mortero, o del ensaye directo de probetas compuestas” (Betancourt Chávez et al., 2019).



Para mampostería de piedra artificial, la resistencia a la compresión de la unión se examinó probando pilotes que se formaron a partir de varias partes superpuestas hasta que se logró una relación de altura a espesor de entre 2 y 6 (Fig. 9).

#### Ilustración 9

*Pila para prueba en compresión (GDF, 2004).*



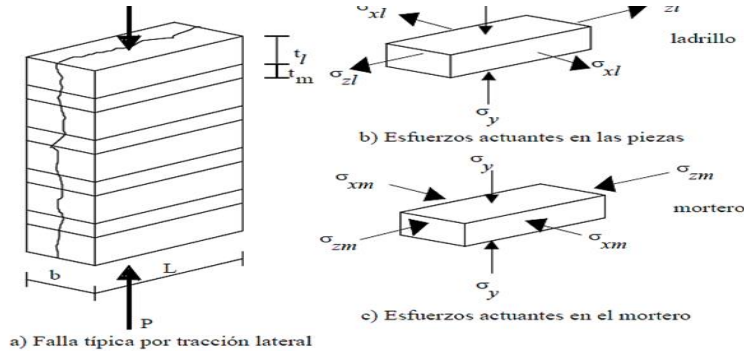
Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento y los modos de falla de la mampostería bajo carga axial dependen en gran medida de la interacción de las piezas y el mortero; Esto se puede interpretar de la siguiente manera: las piezas y el mortero tienen diferentes propiedades de tensión-deformación; Por tanto, con la misma carga, existe una interacción entre los dos, que consiste en que el material menos deformable, las piezas en general, restringen las deformaciones transversales del material más deformable e introducen fuerzas de compresión en la dirección transversal (Fig. .10c). Por el contrario, se introducen tensiones de tracción transversales en el material menos deformable (Fig. 10b), lo que reduce su resistencia a la obtenida simplemente intentando comprimir el material aislante.(Ramamurthy, 2004).

En el ensaye a compresión de pilas de mampostería el modo de fracasa más común es el conocido como fracasa por tracción lateral, o sea, por medio de grietas en las partes elaboradas por las deformaciones transversales incrementadas por el impacto de las deformaciones del mortero en las juntas (Fig.10). Para partes de baja resistencia, la fracasa se muestra por aplastamiento en compresión de las partes mismas.

**Ilustración 10**

*Mecánica típica de falla de la mampostería a la compresión (Tena y Miranda, 2002).*



Elaboración propia.

“Solo en partes con baja resistencia la curva tiende a ser parabólica y la falla se genera gradualmente. Solo en partes con baja resistencia la curva tiende a ser parabólica y la falla ocurre gradualmente”(Miranda, 2002).

**1.7.3 Mampostería con Junta Seca**

La mampostería de junta seca consiste en colocar las piezas sobre las juntas sin mortero adhesivo, formando el muro simplemente superponiendo las piezas (Fig.11), la unión estructural se logra mediante piezas machihembradas en las que se realiza un anclaje, o mediante un plano en los dos lados del muro que da continuidad al conjunto. La principal ventaja es la velocidad de construcción.

**Ilustración 11**

*Muro y pila con junta seca hechos de mampostería prefabricada.*

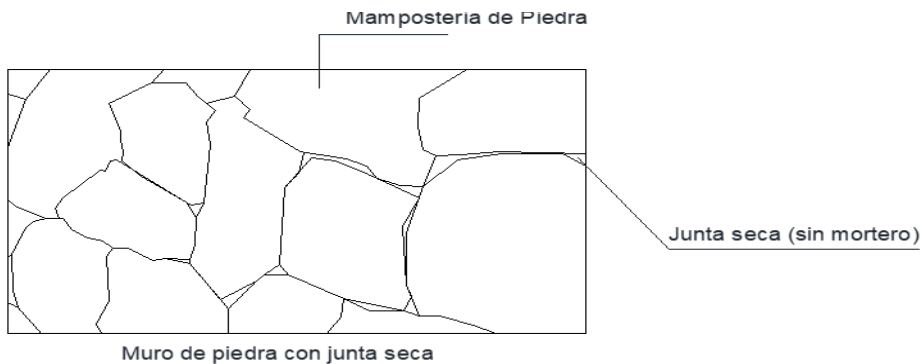


Fuente: Elaboración propia.

La mampostería con junta seca puede ser fabricada con piezas tanto naturales (piedras) como artificiales (prefabricada). Según la norma N-CTR- CAR-1-0 2- 001/00 del IMT la mampostería seca de piedra es el construido a partir de piedra en bruto para dejar el menor volumen de vacíos sin el uso de mortero (Fig. 12).

**Ilustración 12**

*Muro con junta seca hecho con piedra sin labrar (mampostería natural).*



Fuente: elaboración propia

Al estudiar los bloques de mortero entrelazados sin juntas, se encontró que permiten un ligero movimiento y un bloqueo riguroso en el tiempo, con la ayuda de refuerzos de acero, que además absorben más energía de una onda sísmica que la mampostería tradicional (Comportamiento a Compresión de un muro de Mampostería).

## **2. Fases de la Metodología**

### **2.1 Ensayos realizados a los materiales usados en la investigación**

Se realizaron pruebas a las piezas que compondrían los especímenes elaborados durante este proyecto de investigación, con la finalidad de observar su comportamiento individual; y a los morteros en su caso de utilización como lo fue en la fabricación de las pilas juntas con mortero.

Es importante que los materiales cumplan con las especificaciones de las normas mexicanas, así como con sus regulaciones. Se procedieron a hacer las pruebas de resistencia a compresión axial para los morteros y piezas, y para estas últimas también se realizaron las pruebas de dimensiones y absorción inicial y total.

#### **2.1.1 Piezas**

Una parte fundamental durante el desarrollo de este proyecto son las piezas de mampostería, por ello se realizaron pruebas para su caracterización y comportamiento individual, y también para obtener sus propiedades físicas y mecánicas.

Las pruebas que se realizaron fueron de resistencia a compresión axial, medición y absorción inicial y total. Dichos parámetros calculados deben cumplir con las especificaciones establecidas en las Normas Mexicanas.

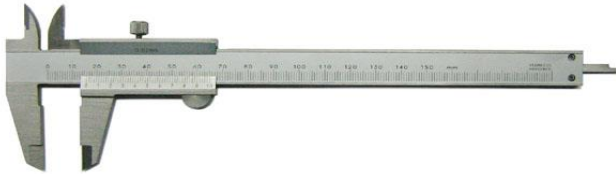
#### **2.1.2 Dimensiones**

Las dimensiones de las piezas son cada una de las tres direcciones en las que se mide la extensión de las piezas, llamadas largo, ancho y alto. . Para la medición de las piezas se consideró lo establecido en la norma mexicana NMX- C -038 en la cual se establece que el dispositivo de

medición de las piezas pueden ser cualquier regla graduada en mm o preferiblemente un nonio graduado en mm y debidamente calibrado, en esta ocasión se utilizó un vernier para realizar las mediciones el cual cuenta con dos graduaciones, en centímetros y en milímetros (figura 13).

### Ilustración 13

*Vernier para medición de dimensiones de piezas*



Fuente: elaboración propia

Se seleccionaron 5 piezas al azar de cada uno de los proveedores procurando que estas no contengan ninguna anomalía en alguna de sus caras, se colocaron las piezas seleccionadas en una superficie plana, en este caso una mesa previamente nivelada, se hicieron dos determinaciones de cada una de las dimensiones con aproximación de 1 mm, una colocando el vernier longitudinalmente y otra transversalmente (ONNCCE, 2004).

### **2.1.3 Resistencia a compresión axial**

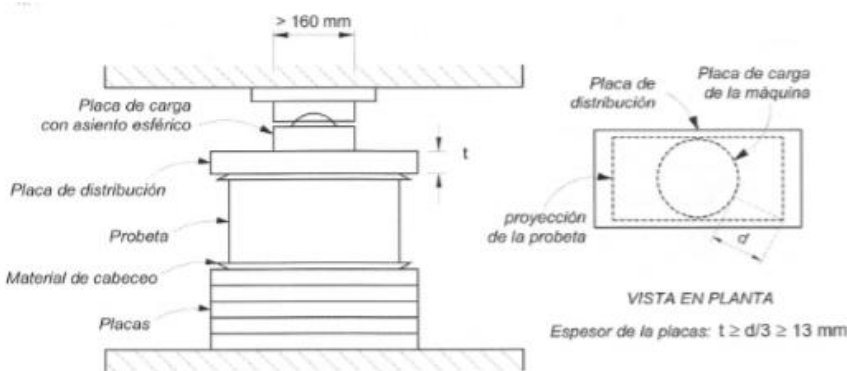
Para las pruebas de resistencia a compresión axial se llevó a cabo lo especificado en la norma ONNCC E (2013), se seleccionaron 5 piezas o muestras de cada proveedor las cuales deben estar en buen estado sin fallas ni fisuras según la norma mencionada, se tomaron las medidas de las piezas según la norma ONNCCE (2004) para obtener el área de aplicación de carga y posteriormente se cabecearon con mortero las superficies de las piezas que recibirían la carga aplicada.

Los ensayos se realizaron en una máquina universal con capacidad de carga de hasta 60 toneladas, la cual cumple con los requerimientos mencionados en la norma ONNCCE (2013). En

la colocación de las piezas se consideró la alineación vertical del centro de la placa de carga de la maquina universal con el centroide de las superficies que recibirían la carga, para garantizar una distribución de carga mejor se colocaron unas placas de acero de 25.4 mm (1 pulgada) de espesor tanto en la cara inferior y superior de la probeta (Fig. 14).

#### Ilustración 14.

*Colocación de probetas para ensayo a compresión axial (ONNCCE, 2013).*



Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.4 Absorción máxima inicial

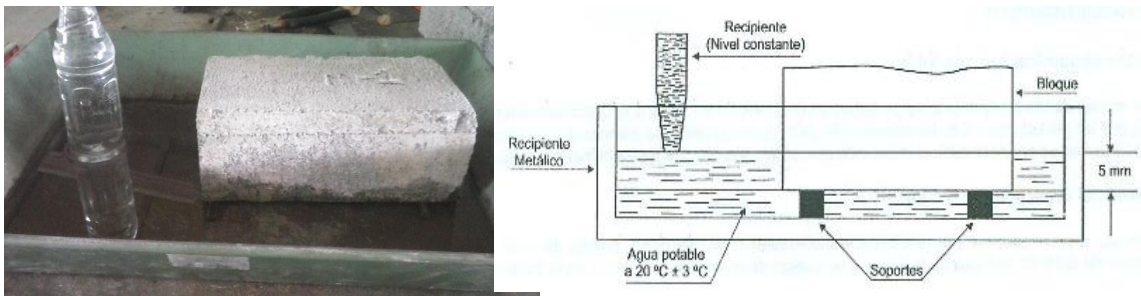
Para la obtención de este parámetro se consideró lo establecido en la norma ONNCCE (2013), de la cual establece que para la absorción máxima inicial se seleccionan 3 especímenes por cada lote.

Primeramente, se seleccionarán las 3 piezas por cada proveedor (9 piezas en total), Las muestras se almacenan en el laboratorio durante 2 horas a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del 75%. Las muestras se secan hasta alcanzar un peso constante, que se considera constante si dos pesadas sucesivas en un intervalo de 2 horas significan una disminución de peso del 0,1% con respecto al pesaje anterior. Las pesadas se hicieron en una báscula con precisión de 10gr, se tomaron las medidas de las piezas con precisión milimétrica.

Sobre una mesa nivelada se colocó una charola de una profundidad aproximada de 8 cm, dentro de la charola se acomodaron dos barras cuadradas de 0.63 mm (1/4 pulgada) por lado y de 15 cm de longitud las cuales servirían de soporte de la pieza. Se llenó de agua la charola hasta alcanzar un nivel dentro del intervalo de 3 a 3.5 mm por encima del nivel superior de las barras de metal, se colocó la pieza en contacto con el agua de tal manera que la cara sumergida estuviera a un nivel de profundidad de 5 mm por debajo del nivel de agua durante un periodo de 10 minutos. Se logró mantener el nivel constante de agua gracias a un matraz de aforo constante, el cual fue improvisado con una lata de pet (Fig. 15).

**Ilustración 15**

*Probeta en prueba de Absorción máxima inicial (ONNCCE, 2013).*



Fuente: Elaboración propia.

Una vez transcurrido el tiempo de contacto de prueba, se retira la muestra y se retira el exceso de agua de la superficie expuesta con un paño húmedo, no demorando más de 10 segundos en esta operación y la muestra se vuelve a pesar para obtener su peso húmedo. 2 minutos en este proceso.

Para la determinación de la absorción máxima inicial se empleó la ecuación 3.1 expresada en la norma ONNCCE (2013).

$$Cb = \frac{100M}{S\sqrt{t}} = \frac{100(P_1 - P_0)}{S\sqrt{10}} \text{ ----- 3.1)}$$

Donde:

$C_b$  → es la absorción máxima inicial en g/min

M → es el peso del agua en gramos absorbido por el bloqueburante el ensaye

S → es la superficie de la cara sumergida en cm<sup>2</sup>

t → es el tiempo de inmersión en minutos.

### 2.1.5 Adsorción volumétrica

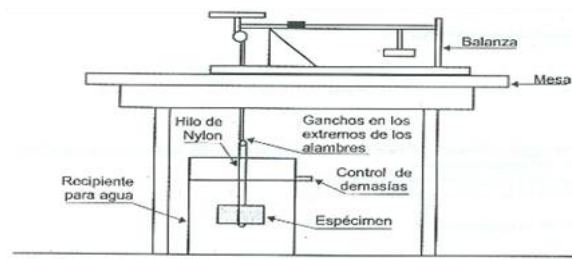
La absorción volumétrica es la cantidad de agua absorbida en litros por unidad del volumen aparente de la pieza en m<sup>3</sup>. El volumen aparente es el que corresponde a la geometría de la pieza y que incluye los poros internos, pero excluye los de las celdas. (ONNCCE, 2013).

Se tomaron 5 piezas por cada proveedor, se secan los especímenes en un horno por un periodo de 24 horas a una temperatura entre 100 ° C y 110 ° C; Se recogen y pesan periódicamente hasta que en dos pesajes sucesivos la diferencia de masa no sea superior a 0,2 ° la masa de las piezas.

Ya que se tiene el registro del peso en seco de los especímenes, son sumergidos totalmente en agua por un tiempo prolongado que consta de 24 horas, una vez cumplido este tiempo se sacan y se les quita el exceso de agua con un papel o paño absorbente y nuevamente se determina su masa. Posteriormente se determina el peso de los especímenes sumergidos en agua (Fig.16), como lo indica la norma ONNCCE (2013).

#### Ilustración 16

*Masa del espécimen sumergido (ONNCCE, 2013).*





Para obtener el volumen de agua absorbido en base al volumen aparente de la muestra de cada pieza, se utilizó la Ecuación 3.2 con los datos obtenidos durante la prueba.

$$A = \frac{M_{sss} - M_s}{M_{sss} - P_s} \times 1000 \quad \text{-----} \quad (3.2)$$

Donde:

A → es el volumen de agua absorbida referido al volumen aparente del espécimen en  $dm^3/m^3$ .

Ms → es la masa seca del espécimen en kg.

Msss → es la masa saturada y superficialmente seca en kg.

Pa → es el peso ahogado en kg.

## 2.2 Fases de elaboración de pilas de ensayo

### 2.2.1 Mortero para cabeceo

Como anteriormente se mencionó, se fabricó un mortero que cumpliera con lo especificado en la norma ONNCCE (2013) para poder ser utilizado como mortero de cabeceo de piezas y pilas, el cual después de hacer algunas variantes se llegó a la conclusión que una mezcla compuesta de cemento, arena de malla 60, agua y un aditivo acelerante de fraguado será la mezcla de mortero a utilizar, los resultados de las pruebas a compresión de este mortero se mostraran en el capítulo siguiente, dicha mezcla está compuesta con la siguiente relación 1:1 en cantidades de cemento gris y arena. El aditivo acelerante de fraguado que se utilizó fue de la marca Fester el modo de uso fue el indicado por el proveedor, el cual está basado en la temperatura del lugar donde se utilizara la mezcla, con esto se obtiene un porcentaje de aditivo en relación al peso de la cantidad de cemento a utilizar en la mezcla.

El proyecto se desarrolló en el municipio de Coquimatlán Colima Col. donde la temperatura ambiental promedio es de 30° C para esta temperatura la tabla de dosificación del aditivo Fester indica que se debe utilizar del 1.5% - 2.0% del peso de la cantidad de cemento que se utilizara en la mezcla, para esta ocasión el cemento se midió en un recipiente en el cual su peso es de 500 gr.

La composición final del mortero es la que a continuación se describe en proporciones, 1:1 en porciones de cemento-arena, 10 ml de aditivo acelerante de fraguado Fester y de 1.5-1.7 porciones de agua, la cantidad de agua debe ser la suficiente para que el mortero sea fluido y autonivelante de manera tal que al momento de colocarlo en los moldes de cabeceo, el mortero por si solo se nivele y con ello lograr un cabeceo uniforme (Fig. 17), aunque también hay que cuidar de no saturar demasiado la mezcla ya que esta perderá sus propiedades de resistencia.

#### **Ilustración 17**

*Mortero fluido para cabeceo de piezas.*



#### **2.2.2 Cabeceo**

Se utilizaron varillas de acero, motero, aceite vegetal como desmoldante, Barras de acero, espátula, cucharón y las piezas a cabecear. se limpió la mesa de trabajo donde se formarían los moldes con las varillas para verter el mortero, para esto con la espátula se quitaron imperfecciones en la mesa y varillas, una vez limpios se les colocó aceite para después formar los moldes en la mesa. Una vez en su estado líquido con cuidado se vertió hasta el nivel del molde y se colocó la

pieza procurando que esta quedara en el centro. Por último, solo se esperó 28 días a que el mortero cumpliera su tiempo de fraguado y así se solidificara para después poder desmoldar. (figura18).

*Ilustración 18*

*Cabeceo de piezas.*



Fuente: elaboración propia

### **2.2.3 Corte de latas**

Para cortar las latas se utilizó un esmeril para con este lijar la parte superior e inferior de la lata y así quitar las bases, haciendo esto con cuidado y utilizando lentes protectores. Después con unas tijeras cortar a la mitad de forma vertical a la lata para hacer más fácil el corte de las bases en donde tienen un “doblez”, recortando esta parte para poder hacer que la lámina que queda se pueda extender libremente. (figura19).

**Ilustración 19**

*Recolección y corte de latas.*



Fuente: elaboración propia.

## 2.3 Construcción de Pilas

### 2.3.1 Pilas de mampostería con junta de mortero

Las pilas fueron fabricadas con la superposición de 4 piezas (Fig.20). las cuales fueron unidas con mortero de cemento y arena en proporciones 1:1, el cual corresponde a un mortero tipo I según GDF (2004), el espesor de las juntas de mortero fue entre 10 y 12 mm ya que son hechas con piezas fabricadas de forma mecanizada, la relación que existe entre la altura y la menor dimensión de la sección transversal de la pieza debe ser entre 2 y 6 del cual se obtiene un factor correctivo por esbeltez, en este caso se obtuvo una relación de 3 y un factor correctivo de 0.9 cumpliendo con esto lo especificado en ONNCCE (2010).

**Ilustración 20**

*Pilas en su proceso de fabricación.*



Fuente: elaboración propia.

**2.3.2 Pilas de mampostería con Junta Seca**

Las pilas con junta seca se cabecearon dos piezas por un solo lado, las pilas se elaboraron con forme se iban ensayando ya que las piezas que conforman estas pilas no están unidas con ningún tipo de mortero solo se construyen con la superposición de las piezas de la siguiente manera, primero se coloca una pieza cabeceada, con el cabeceo sobre la placa metálica de la maquina universal sobre ella, se colocan dos piezas sin cabeceo sobre ella y para terminar nuevamente se sobrepone una pieza más cabeceada, siempre cuidando que todas las piezas queden alineadas verticalmente,( figura 21) se muestra una muestra de una pila con junta seca construida.

**Ilustración 21**

*Pila con junta seca*



Fuente: elaboración propia.

**2.3.3 Pilas con Junta de Aluminio**

Las pilas de mampostería con junta de aluminio se realizan de la misma forma que las pilas anteriormente mencionadas, pero con la gran diferencia que estas estarán unificadas por capas de aluminio de latas recicladas (fig.22).

**Ilustración 22**

*Pila con junta de aluminio.*



Fuente: elaboración propia.

## 2.4 Montaje y ensaye de pilas

Antes del ensaye a compresión axial del espécimen es importante revisar el eje centroidal de la pila que éste coincida con el eje de aplicación de carga del pistón de la maquina universal, esto se hace con la finalidad de evitar la generación de cargas excéntricas.

Los ensayos de las pilas se realizaron en la maquina universal de 60 Ton de capacidad a compresión de la Facultad de Ingeniería Civil. Se monta la pila en la maquina universal sobre una placa metálica de 20 x 40 cm. (Fig. 23).

### Ilustración 23

*Pila con junta de aluminio.*



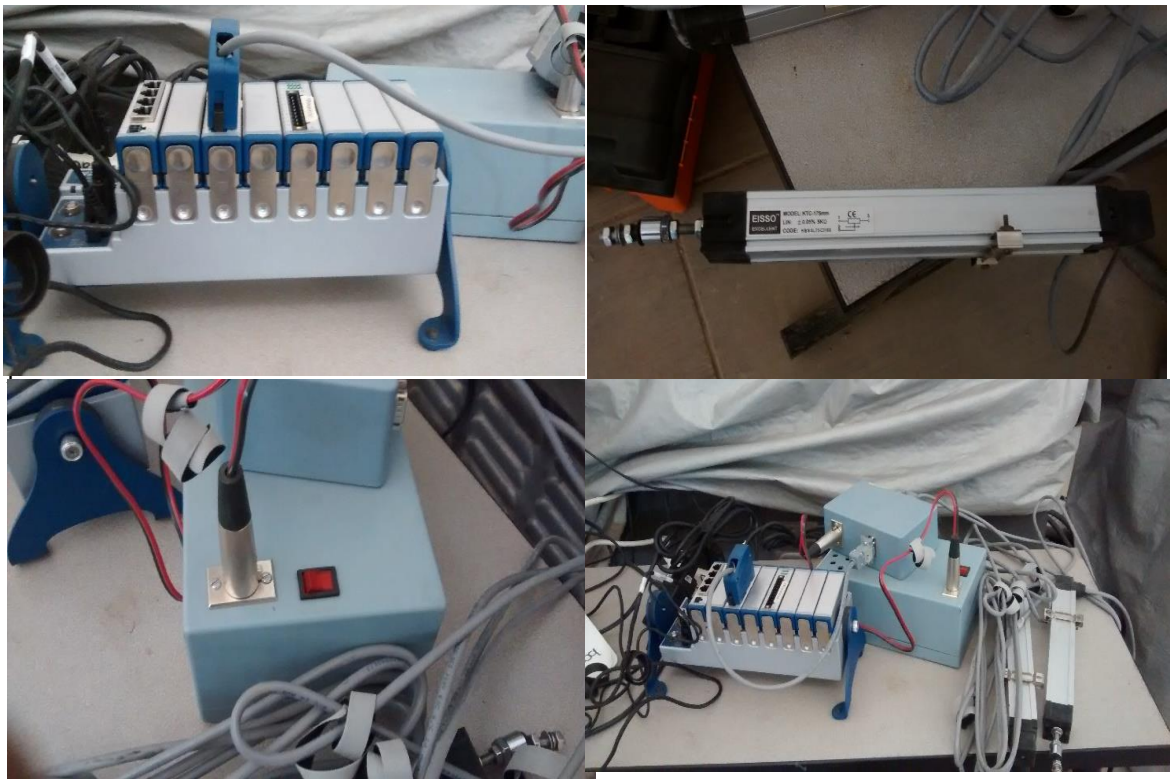
Fuente: elaboración propia.

## 2.5 Dispositivos de Medición

Los estados de deformación a compresión axial en las pilas de mampostería con junta seca se midieron con una instrumentación diferente a los micrómetros, se utilizó diversos equipos de la empresa National Instruments (Fig. 24) para formar una completa instalación de la cual forman parte una fuente de poder, un adquisidor de datos NI9201 instalado en el compactador NI cDAQ-9178 y los transductores de desplazamiento EISSO modelo KTC-175 mm.

### Ilustración 24

*Equipo para medición de la deformación ante carga axial sobre las pilas de A) Fuente de poder b) Transductor de desplazamiento c) Compactador DAQ Equipo de medición instalado*



Fuente: elaboración propia.

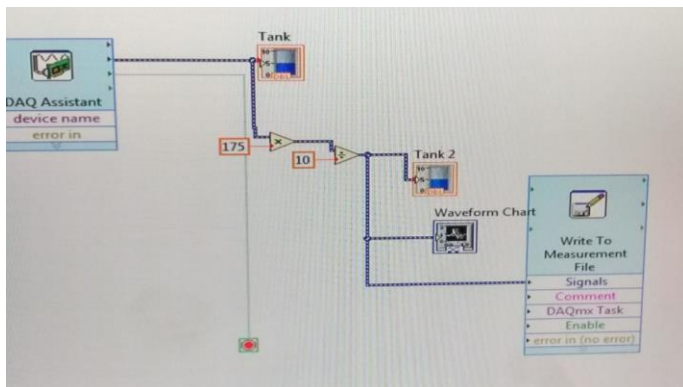
El equipo mencionado se complementó con la ayuda del programa LabVIEW en el cual se desarrolló un pseudocódigo de programación (Fig. 25) para poder hacer las lecturas de mediciones



y la obtención de datos de los ensayos a compresión axial, se programaron los transductores de manera tal que obtuvieran 10 lecturas de deformación de las pilas por cada segundo.

Ilustración 25

*Seudocódigo de programación del programa LavVIEW.*



Fuente: elaboración propia

### 3 Resultados de los Ensayos

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos durante los ensayos de pilas y piezas, de tabique y tabicón, por medio de tablas las cuales contienen el esfuerzo a compresión axial. (fig. 26).

*Ilustración 26*

*Ensayo de pilas de mampostería.*



Fuente: elaboración propia.

### 3.1 Resultado de comparación de pilas de mampostería

Ilustración 27

Resultados



Fuente: elaboración propia

## 4 Conclusiones

Después de varios ensayos de pilas bajo fuerza de compresión axial siendo estas con juntas secas, se obtuvieron resultados diversos en la resistencia a compresión del tipo de material, debido a la capa de aluminio que se le colocaban a cada pila, obteniendo una mayor resistencia en las pilas que tenía una capa de aluminio. Así como también se observó que las pilas con una capa de aluminio como junta, la falla se presentaba tanto en el tabicón o tabique, como en la junta, en cambio las pilas con capas de aluminio como junta, el aluminio no sufría ruptura alguna, obteniendo como única falla la del tabicón o tabique.

Debido a la poca adherencia del mortero con el tabique las pilas de dicho material no fueron llevadas a cabo por lo cual la comparación con estas no fue posible. Por otro lado, las pilas con junta de mortero para el tabicón se llevaron a tiempo, presentando una resistencia a la compresión menor a las pilas con juntas de aluminio a partir de la segunda capa a la tercera esto debido a las irregularidades de la pieza al ser adherida con el mortero y la falta de nivelación de las pilas al ser elaboradas.

Se espera que el aluminio sea considerado una opción a futuro como un material de construcción para casas de interés social ya sea por el costo como las facilidades que da este al momento de la realización de la obra ya que se logra apreciar que las resistencias obtenidas no están tan lejos a los promedios de una junta seca de aluminio con una junta con mortero, convirtiéndolo en una opción viable y sostenible, para ser pilar en las nuevas construcciones modernas.

Así mismo atreves de este método innovador contribuir al medio ambiente generando conciencia de la aplicación de materiales reciclables a la construcción. Se considera que el aluminio es un material resistente y moldeable.

### Referencias Bibliográficas

- Betancourt-Chávez, J. R., Cortés-Martínez, F., Rentería-Soto, J., y Díaz-Sierra, A. (2019). Comportamiento de mezclas de mortero con residuos de mármol (polvo), cáscara de nuez y mucílago de nopa. *Revista de arquitectura e Ingeniería*, 13 (1). <https://www.redalyc.org/journal/1939/193958877005/193958877005.pdf>
- Caballero, B., Cote, J. A., Cristancho, H. C., Fajardo, A., Maldonado, C. A., y Prieto, F. A. (s.f.). *Hipertexto*. <https://www.webcolegios.com/file/e4a22d.pdf>. Recuperado el 14 de 01 2019.
- Federal, Ó. d. (2004). *Gaceta oficial del distrito federal*. Mexico. de <https://www.smie.org.mx/archivos/informacion-tecnica/normas-tecnicas-complementarias/gaceta-oficial-df-2004-tomo-1.pdf>
- Flores, L. (20-21 de 10 de 2009). Diseño de estructuras para la prevención de desastres. *Simposio nacional sobre la enseñanza del concreto*, (pág. 26). Mexico. [http://www.imcyc.com/50/simposi09/empresa\\_organismo/mesa3/2M3\\_CenapredFlores](http://www.imcyc.com/50/simposi09/empresa_organismo/mesa3/2M3_CenapredFlores)
- Gallo, G. (2005). *Diseño estructural, casa habitación*. Mc Graw Hill, 193. [https://www.academia.edu/23779510/Gabriel\\_O\\_Gallo\\_DISE%C3%91O\\_ESTRUCTURAL\\_CASA\\_HABITACION](https://www.academia.edu/23779510/Gabriel_O_Gallo_DISE%C3%91O_ESTRUCTURAL_CASA_HABITACION).
- Imcyc (noviembre de 2010). Problemas, causas y soluciones. *Imcyc*, 5. <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas39.pdf>
- Kampfner, O. H. (8 de abril de 2017). Atención de emergencias por la Dirección Local Hidalgo de Comisión Nacional del Agua. *Revista de ingeniería civil. (E.-R. o. Peru, Ed.) Ecofan*, 1(2), 45. R [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Civil/vol1num2/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Civil\\_V1\\_N2\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol1num2/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V1_N2_4.pdf)
- Miguel, P. (3 de 10 de 2013). *Breve historia de la ingeniería estructural*. (A. N.-C. (BY-NC)), <https://es.scribd.com/document/173143139/BREVE-HISTORIA-DE-LA-INGENIERIA-ESTRUCTURAL>

- Miranda, A. T. (2002). *Comportamiento mecánico de la mampostería*. 32. file:///C:/Users/HP/Downloads/Tena\_Miranda\_cap4\_libro\_mamp\_vivienda.pdf
- Páez-M, D. (2006 ) Comportamiento A Compresión De Un Muro De Mampostería. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5 (8). <https://www.redalyc.org/pdf/750/75050808.pdf>
- Ramamurthy, N. (16 de enero de 2004). *wiley online library*. wiley online library: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pse.162>
- Ramos-Escamilla, M. (s.f.). Definición del Research Journal. *Revista de ingeniería civil*. [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Civil/vol2num3/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Civil\\_V2\\_N3.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol2num3/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Civil_V2_N3.pdf)
- Significados. (s.f.). *significados.com*. <https://www.significados.com/investigacion-experimental/>
- Tena-Colunga, A., Juárez, A. y Salina, V. (9 de marzo de 2007). Resistencia y deformación de muros de mampostería. *Ingeniería sísmica*, 33. <https://www.redalyc.org/pdf/618/61807603.pdf>