



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Estudio de la Medición Indirecta de la Rigidez de Paredes de  
Mampostería.**

**AUTOR:**

**Suco Gómez José David**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de**

**INGENIERO CIVIL.**

**TUTOR:**

**Ing. Barros Cabezas José Andrés**

**Guayaquil, Ecuador**

**9 de septiembre del 2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **SUCO GÓMEZ JOSÉ DAVID**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Barros Cabezas José Andrés**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas Stefany Esther. MSc.**

**Guayaquil, 9 de septiembre del 2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Suco Gómez José David**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Estudio de la Medición Indirecta de la Rigidez de Paredes de Mampostería**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 9 de septiembre del 2019**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Suco Gómez José David**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Suco Gómez José David**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Estudio de la Medición Indirecta de la Rigidez de Paredes de Mampostería**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2019

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Suco Gómez José David**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

REPORTE URKUND

ESTUDIANTE: DAVID SUCO GÓMEZ

The screenshot shows the URKUND interface with the following details:

- Documento:** TESIS DAVID SUCO.docx (D55147654)
- Presentado:** 2019-08-30 02:29:00 AM
- Presentado por:** Clara Itzas (claglas@hotmail.com)
- Recibido:** claglas@ccs.ingenieria.uskand.com
- Mensaje:** DAVID SUCO: Muestra el resultado comparado

**Lista de fuentes:**

Categoría	Enlace/nombre de archivo
TT_VFUENTES avance.doc	D48314085
1447894753_23.pdf	D16271938
6c2e1cf-95d2-4d4a-aeb4-93213bf9ab00	

**Fuentes alternativas:**

**Fuentes no asociadas:**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
TEMA:  
Estudio de la medición indirecta de la rigidez de puentes en  
Municipalidad



Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TESIS DAVID SUCO.docx (D55147654)  
**Submitted:** 8/31/2019 2:29:00 AM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 5 %

Sources included in the report:

1447894753\_23.pdf (D16271938)  
TT\_VFUENTES avance.doc (D48314085)  
c6c2e1cf-95d2-4d4a-aeb4-93213bf9ab00

Instances where selected sources appear:

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme fuerza y perseverancia para poder terminar mi carrera.

A mi esposa Sara Mascote y a mi hijo Leonardo Suco, ya que no les he podido dedicar el tiempo que se merecen, a pesar que ellos han sido mi inspiración en todo lo largo de mi carrera y de mi trabajo.

A mis padres José Suco y Angela Gómez, por su inagotable paciencia y amor que han sido mi sustento y apoyo.

A mis hermanos Andrés y Guillermo, por siempre estar al cuidado mío, por haber sido un puntal importante en mi vida.

A mi tutor y profesor ing. José Barros, por su tiempo y conocimiento compartido.

A los profesores de la facultad, por sus cátedras compartidas.

## DEDICATORIA

Para mi Padre y mi Madre.

Deseo dedicarles este proyecto a ustedes por muchas razones, una de ellas agradecerles por todas las cosas que han hecho para verme crecer y convertirme en un gran profesional.

Madre, gracias por el tiempo invertido en mi cuidado, por cómo me cocinabas, por como jugabas conmigo, por chequear mis tareas aburridas y pesadas de la escuela, por las palabras de aliento en tiempo de enfermedad y de desánimo.

Padre, gracias por haber sido un gran mentor, gracias por haber forjado mi carácter, por haber sido un ejemplo para mí, por enseñarme como ser y como tratar a los demás, por enseñarme todo en la vida, como trabajar, como desenvolverme. Gracias por nunca escatimar tu inversión en mí, en mis estudios, en mis errores, en mis debilidades, en mis tiempos de sufrimiento, en tiempos de enseñanza, y sobre todo gracias siempre defender tu legado.

Los amo José y Ángela.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_  
**ING. BARROS CABEZAS JOSÉ ANDRÉS, MSc.**  
TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**ING. ALCÍVAR BASTIDAS STEFANY ESTHER, MSc.**  
DIRECTOR DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**ING. CAMACHO MONAR MÉLIDA ALEXANDRA, MSc.**  
COORDINADOR DEL ÁREA O DELEGADO DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**ING. HERNÁNDEZ BARREDO JAIME, MSc.**  
OPONENTE





**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CALIFICACIÓN**

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	2
<b>1 CAPÍTULO 1: Ensayos de caracterización .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Marco teórico .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Ensayos de Caracterización .....</b>	<b>5</b>
1.2.1 Ensayo de flexión del mortero ASTM C-348-02. ....	5
1.2.2 Ensayo de compresión del mortero ASTM C 109/C 109M. ....	7
1.2.3 Ensayo de compresión de mampostería ASTM - C 1314 - 01. ....	8
1.2.4 Ensayo de compresión y tensión sobre muretes ASTM 519M-10. .....	12
1.2.5 Ensayo de tracción de varillas de acero, ASTM E 466-E 468. ....	13
<b>1.3 Referencia de los Ensayos Realizados por Cai y Su.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Análisis de Fourier .....</b>	<b>17</b>
<b>2 Capítulo 2: Resultados .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Resultados de Caracterización .....</b>	<b>18</b>
2.1.1 Ensayo de flexión y ensayo de compresión del mortero. ....	18
2.1.2 Ensayo de compresión de mampostería. ....	21
2.1.3 Ensayo de compresión sobre muretes. ....	24
2.1.4 Ensayo a tracción de varillas de acero. ....	25
2.1.5 Ensayo de compresión de cilindros de hormigón. ....	27
<b>2.2 Ensayos de Pórticos a escala (CEINVES). ....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Resultados de Gráficas Fuerza vs Deformación.....</b>	<b>35</b>
<b>2.4 Resultado de Periodo fuera de Plano.....</b>	<b>39</b>
<b>3 CAPÍTULO 3: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Conclusiones .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Recomendaciones .....</b>	<b>41</b>
<b>4 CAPÍTULO 4: Bibliografías.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE GRÁFICOS

<i>Ilustración 1.</i> Moldes Cubos.....	7
<i>Ilustración 2.</i> Composición de Mortero.....	8
<i>Ilustración 3.</i> Construcción de Prismas de mampostería. ....	9
<i>Ilustración 4.</i> Construcción de Prisma.....	9
<i>Ilustración 5.</i> Tamaño de espécimen de Prisma. ....	9
<i>Ilustración 6.</i> Número de Especímenes para una prueba de Prisma. ....	10
<i>Ilustración 7.</i> Diseño estructural de los Marcos de hormigón armado.....	15
<i>Ilustración 8.</i> Protocolo y Configuración de carga.....	16
<i>Ilustración 9.</i> Desarrollo de Grietas en los marcos ensayados. ....	16
<i>Ilustración 10.</i> Dominio de tiempo y Dominio de frecuencia. ....	17
<i>Ilustración 11.</i> Transformada de Fourier. ....	17
<i>Ilustración 12.</i> Moldeo de Probetas.....	18
<i>Ilustración 13.</i> Material no absorbente para evitar la evaporación del agua. ....	19
<i>Ilustración 14.</i> Probeta ensayada a flexión. ....	19
<i>Ilustración 15.</i> Sobrantes de los especímenes usados en el ensayo a flexión. .....	20
<i>Ilustración 16.</i> Ensayo de compresión usando el sobrante del ensayo a flexión. ....	20
<i>Ilustración 17.</i> Construcción de 5 especímenes.....	21
<i>Ilustración 18.</i> Ensayo del Prisma.....	22
<i>Ilustración 19.</i> Ensayo del Bloque.....	22
<i>Ilustración 20.</i> Forma de Falla.....	23
<i>Ilustración 21.</i> Implementación de Bloque de Cargas para el ensayo. ....	24
<i>Ilustración 22.</i> Ensayo de Compresión Diagonal. ....	24
<i>Ilustración 23.</i> Gráfica del comportamiento de la Varilla de Acero.....	26
<i>Ilustración 24.</i> Ensayo de varilla de 5.48 mm de diámetro.....	26
<i>Ilustración 25.</i> Pórtico de Hormigón de 75cm x 75cm sin relleno.....	28
<i>Ilustración 26.</i> Pórtico de Hormigón de 75cm x 75cm con relleno. ....	28
<i>Ilustración 27.</i> Acero de refuerzo para vigas y columnas.....	29
<i>Ilustración 28.</i> Pórtico de hormigón de 50cm x 75cm con relleno. ....	29
<i>Ilustración 29.</i> Pórtico de hormigón de 100cm x 75cm con relleno. ....	30
<i>Ilustración 30.</i> Pórtico de Acero Estructural de 75cm x 75cm sin relleno.....	30

<i>Ilustración 31.</i> Pórtico de Acero Estructural de 75cm x 75cm con relleno. ...	31
<i>Ilustración 32.</i> Pórtico de acero estructural de 50cm x 75cm con relleno. ...	31
<i>Ilustración 33.</i> Pórtico de acero estructural de 100cm x 75cm con relleno. .	32
<i>Ilustración 34.</i> Armado estructural del Pórtico de acero.....	32
<i>Ilustración 35.</i> Aplicación de vibración forzada mediante golpes con martillo de goma.....	33
<i>Ilustración 36.</i> Implantación de chip para lectura de periodo fuera de plano. .....	34
<i>Ilustración 37.</i> Visualización del ensayo en el Pórtico del CEINVES. ....	35
<i>Ilustración 38.</i> Pared HA-100cmx75cm.....	36
<i>Ilustración 39.</i> Pared AE-100cmx75cm.....	36
<i>Ilustración 40.</i> Pared HA-75cm x 75cm.....	37
<i>Ilustración 41.</i> Pared AE-75cm x 75cm.....	37
<i>Ilustración 42.</i> Pared de HA-50cm x 75cm.....	38
<i>Ilustración 43.</i> Pared de AE-50cmx75cm.....	38
<i>Ilustración 44.</i> Línea de tendencia de cada pórtico ensayado. ....	39
<i>Ilustración 45.</i> Línea de tendencia de todos los pórticos en general.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tabla de resultados de Compresión y Flexión del Mortero</i> .....	21
Tabla 2. <i>Tabla de resultados de Compresión de Mampostería</i> .....	23
Tabla 3. <i>Tabla de resultados de Compresión sobre Muretes</i> . ....	25
Tabla 4. <i>Tabla de resultados Varillas de Acero</i> .....	26
Tabla 5. <i>Tabla de resultados Cilindros de Hormigón</i> . ....	27

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación estudia la posible correlación entre la rigidez de una pared de mampostería en su plano, frente al periodo de vibración de la misma fuera de su plano. Se realizarán ensayos para conocer la caracterización de los materiales a usarse en la construcción de los especímenes de cada ensayo, en el capítulo uno se describe la metodología a emplearse en cada ensayo basado en las normas ASTM respectivamente, se compararán los resultados del desplazamiento y fuerza (rigidez) versus el periodo de vibración fuera del plano, esta vibración forzada se realizará por medio de un martillo y tendrá como objetivo medir el periodo de vibración fuera del plano de la pared. Con las mediciones de fuerza y deformación lateral junto con las vibraciones fuera del plano se lograrán las correlaciones que muestran el objetivo del trabajo.

Se encuentra que existe una tendencia decreciente del periodo de vibración fuera del plano en comparación a la medida que se va degradando la rigidez en el plano.

**Palabras Claves: Rigidez, Vibración, Degradación, Periodo, Desplazamiento, Mampostería.**

## **ABSTRACT**

The present work studies the possible correlation between the rigidity of a masonry wall in its plane, against the period of vibration of the wall out of its plane. Sequel tests were done and the force versus displacement results are compared with period out of the plane of the wall, this forced vibration will be performed by means of a hammer and will aim to measure the period of vibration out of the plane of the wall. Measurements of lateral force and deformation along with out of the plane vibrations will achieve correlations that show the goal of the job, a decreasing trend line of the period of vibration out of the plane of the wall show a correlation with the degradation of the rigidity in the plane of the wall.

**Keywords:** Rigidity, Vibration, Degradation, Period, Displacement, Masonry.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico. De hecho, desde comienzos del siglo XX, terremotos de gran magnitud se han suscitado en la misma zona donde se dio el del 16 de abril. Uno de ellos, sucedido en 1906, provocó una ruptura de unos 400-500 metros y fue acompañado por un tsunami que causó la muerte de cientos de personas.

Así, el peligro sísmico en el territorio ecuatoriano, que afecta la vulnerabilidad de las edificaciones, es considerado de alto riesgo sísmico; sin embargo, pese a la historia sísmica en Ecuador, fue únicamente en el año 2014 que el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda llevó a cabo la actualización de la Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones (Código Ecuatoriano de la Construcción de 2011).

“El objetivo de dicha actualización fue determinar nuevas normas de construcción de acuerdo con los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios mínimos de diseño y montaje en obra, velar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, y fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación.” (Guevara y Paredes, 2014)

Al ser sometida a un movimiento sísmico, toda edificación experimenta deformaciones horizontales que, de ser muy grandes, podrían causar daños catastróficos. Ello debido a que, contrario a la base del edificio que tiende a seguir el movimiento del suelo durante un terremoto, la masa del edificio se opone a ser movida dinámicamente y, por lo tanto, se producen fuerzas inerciales en la estructura.

En cambio, una estructura sismo resistente, tiene la capacidad para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando ésta se sacude. El sistema sismo resistente difiere entre estructuras, ya que



el sistema está controlado tanto por el diseño básico y los elementos estructurales de la edificación. Estos elementos resisten cargas axiales de corte y flexión.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014), en su Capítulo Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente, establece como objetivo de su filosofía el “evitar la pérdida de vidas a través de impedir el colapso de todo tipo de estructuras,” así como “la protección de la propiedad y la búsqueda del cumplimiento de diversos niveles de desempeño sísmico, para cualquier tipo de estructura.”

La mampostería es un material heterogéneo de construcción ampliamente utilizado en América Latina y en el mundo, empleado para fines estructurales, decorativos, térmicos, divisorios de ambientes, entre otros usos. El énfasis de las construcciones sismo resistentes es la elasticidad de la estructura para resistir el movimiento de la tierra. No obstante, es una realidad que los criterios de diseño que proporcionan las normas no toman en cuenta la rigidez de la mampostería, así lo explica KAUSHIK (2006).

La mampostería tiene un gran aporte en un diseño sismo resistente; por su alta rigidez y resistencia, *Cai y Su* (2017) argumentan que, pese a que “los rellenos de mampostería proporcionan una acción de puntal diagonal para ayudar al marco a resistir la deformación lateral y las cargas axiales en la etapa temprana del comportamiento sísmico, la mayoría de la acción generalmente desaparecen en una gran deformación, por sus grietas diagonales y daños, debido a la discreción de las unidades de mampostería y al débil enlace entre las unidades o las unidades y el acero de conexión, el exceso de daño de la pared, tal como el colapso, provoca un grave desastre para los usuarios y la posesión de las estructuras en la etapa de gran deformación lateral.”

Por las experiencias sísmicas últimas vividas en el Ecuador; sobre todo en el sismo del 16 de abril del 2016; luego del análisis de los restos en las zonas de desastre, se pudo observar, que las estructuras sismo resistentes

soportaron el movimiento armónico del sismo; sin embargo, la condición de las mamposterías, magnificaban el desastre sucedido; por lo tanto, mi enfoque es el diseño y construcción de paredes sismo resistentes debería ser de gran importancia.

# 1 CAPÍTULO 1: Ensayos de caracterización

## 1.1 Marco teórico

En la presente sección se detallan los ensayos de caracterización, también se muestra los ensayos realizados por Cai & Su en comparación a lo que se muestra realizado en el laboratorio del CEINVES, y, por último, un análisis básico de la Transformada de Fourier.

## 1.2 Ensayos de Caracterización

En la siguiente sección se detallarán la metodología necesaria para llevar acabo los siguientes ensayos de caracterización:

### 1.2.1 Ensayo de flexión del mortero ASTM C-348-02.

Se prepara el mortero que será usado para la prueba con un encofrado para generar prismas de dimensiones 40x40X160mm. Los prismas necesitan un curado de un día dentro de los moldes y el resto del curado se realiza una vez ya realizado el desmoldado.

#### 1.2.1.1 *Objetivo*

Esta metodología de ensayo provee un medio para determinar la fuerza a Tensión y a Flexión de morteros con cemento-hidráulico.

#### 1.2.1.2 *Equipos y herramientas*

Los equipos y herramientas utilizados para realizar este ensayo son:

- Discos de Pesos.
- Balanzas.
- Graduaciones de vidrio, conforme al Método de ensayo C-109/ C-109M.
- Envases de Recipientes.
- Paleta.
- Mezclador mecánico eléctricamente como lo especifica la Sección del Aparato del Ensayo C -305.

### **1.2.1.3 Moldes para los especímenes**

- Los moldes serán fabricados de metal, preferencia en acero.
- Los lados de los moldes deben ser suficientemente rígidos para prevenir derrames en el momento del moldeo.
- La placa que será usada de base tendrá 10 mm de espesor con una superficie plana de 200x180 mm.

### **1.2.1.4 Número de especímenes**

- Se realizarán tres o más especímenes para cada periodo de trabajo en obra.

### **1.2.1.5 Procedimiento**

El siguiente Procedimiento está basado en el Método de Prueba ASTM C-109:

- Empezar a realizar el moldeo de los especímenes en un lapso total de tiempo de no más de 2 min. y 30sg, después de haber realizado la mezcla del mortero. Distribuir de manera uniforme una capa de mortero de aproximadamente 20 mm de espesor en cada uno de los tres moldes, usando una espátula.
- Después del moldeo se inicia la compactación de la mezcla del mortero con doce golpes usando la espátula, se debe completar los doce golpes en aproximadamente 15sg, aplicando con fuerza suficiente para sacar fuera una cantidad pequeña de mortero bajo la superficie de la espátula. Llenar los moldes con mortero de manera uniforme y compactarla en la misma manera como la capa del fondo. Retirar el exceso de mortero sobre los moldes, luego dejar reposar los testigos para después desmoldear.
- Almacenar los especímenes de la prueba de acuerdo con el Método de la Prueba C-109/C-109M, como esta especificado en el literal 1.1.2c.

## 1.2.2 Ensayo de compresión del mortero ASTM C 109/C 109M.

El ensayo a compresión consiste en romper una probeta ejerciendo una fuerza a compresión.

### 1.2.2.1 Procedimiento

#### 1.2.2.1.1 Preparación de los moldes

El ensayo de compresión se medirá sobre dos cubos de dimensiones 50 mm o 2" como se muestra en la ilustración 1 y se compactarán en dos capas. Los cubos serán curados un día en los moldes y después serán desmoldados para así ser sumergidos en agua con cal hasta realizar su ensayo.

A los moldes se les aplicará en sus caras interiores una capa delgada de aceite mineral ligero. Las superficies de contacto de los elementos separables se revestirán de una capa de aceite mineral pesado, luego se unen estos elementos y se elimina el exceso de aceite en cada uno de los compartimentos.

Luego se coloca el molde sobre una placa plana, no absorbente, se debe de cubrir con una capa delgada de aceite.

Parámetro	Cubos de 50 mm	
	Moldes nuevos	Moldes en uso
Planicie de los lados	< 0.025 mm	< 0.05 mm
Distancia entre los lados opuestos	50 mm $\pm$ 0.13 mm	50 mm $\pm$ 0.50 mm
Altura de cada compartimiento	50 mm + 0.25 mm a - 0.13 mm	50 mm + 0.25 mm a - 0.38 mm
Ángulo entre caras adyacentes (A)	90° $\pm$ 0.5°	90° $\pm$ 0.5°

Ilustración 1. Moldes Cubos.

FUENTE: ASTM C-109.

### 1.2.2.2 Composición del mortero

Las cantidades que deben ser mezcladas para formar la mezcla para seis 6 y nueve 9 cubos de ensayo, se muestran en la ilustración dos.

Material	6 Cubos	9 Cubos
Cemento (g)	500	740
Arena (g)	1375	2035
Agua (ml)		
- Pórtland (0.485)	242	359
Agua (ml)		
- Pórtland con incorporadores de aire (0.46)	230	340

Ilustración 2. Composición de Mortero.

FUENTE: ASTM C-109.

### 1.2.2.3 Almacenamiento de los especímenes

Los cubos que no serán ensayados a las 24 horas, se sumergen en agua-cal saturada dentro del tanque de almacenamiento, construido con material no corrosivo; el agua contenida en el tanque se renovará frecuentemente para que permanezca limpia.

## 1.2.3 Ensayo de compresión de mampostería ASTM - C 1314 - 01.

### 1.2.3.1 Descripción

La prueba del prisma a compresión sirve para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería ( $f'm$ ).

### 1.2.3.2 Objetivo

El objetivo es estipular la resistencia a la compresión de la mampostería construida durante la construcción de las paredes en los pórticos, utilizando los mismos materiales y mano de obra a ser utilizados durante la construcción.

### 1.2.3.3 Requerimientos

El ensayo, según la norma UBC No 21-17, esta se basa en la norma ASTM E 447-80, demanda que los especímenes de mampostería posean dos unidades en altura, con una junta en la pega del mortero, como se muestra en la ilustración tres.

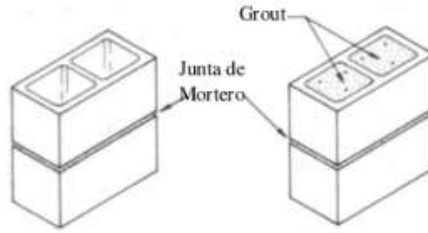


Ilustración 3. Construcción de Prismas de mampostería.

FUENTE: UBC 21-17.

Aunque la norma ASTM 447-92b, demanda que los prismas tengan al menos dos secciones en la pega del mortero, esto es en elevación, es decir que debe estar formado por la mitad de una unidad en la parte superior, una unidad entera al centro y otra mitad de unidad en la parte inferior, de acuerdo como se muestra en la siguiente ilustración.

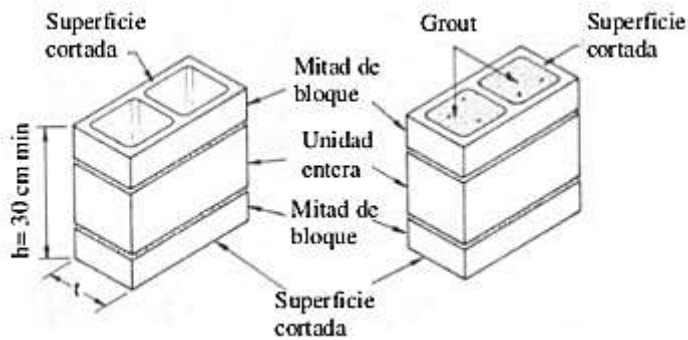
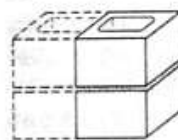


Ilustración 4. Construcción de Prisma.

FUENTE ASTM E 447-92b.



$h$  mínima = 30 cms  
 $1.3 \leq h/t \leq 5$   
 $l$  = Longitud de una unidad o parte de una unidad, incluyendo al menos una celda, pero la parte adyacente no debe ser menor a 10 cm

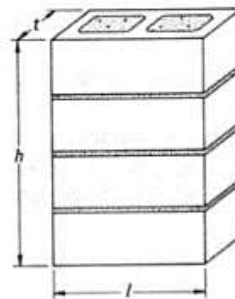
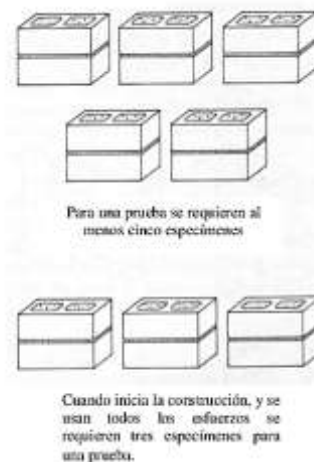


Ilustración 5. Tamaño de espécimen de Prisma.

FUENTE: ASTM E 447-92b.

Conforme lo denota la norma UBC en la sección 2105.3, es necesario construir cinco especímenes para una prueba (ver ilustración cuatro), antes de iniciar la construcción de cualquier prueba, la resistencia de la mampostería (f'm) requerida debe ser verificado con los materiales que se usarán.

En cambio, cuando se trata de construcciones en campo, cuando se construyen las paredes, se requiere construir tres especímenes de mampostería por cada 400 m de pared construida, es necesario aclarar que en cualquier proyecto mínimo se debe construir son tres prismas para ser ensayados, y probar de acuerdo al método estándar de prueba de la resistencia a la compresión de prismas, ASTM E 447, método B o ASTM C 1314.



*Ilustración 6. Número de Especímenes para una prueba de Prisma.*

FUENTE: ASTM E 447.

#### **1.2.3.4 Construcción de prismas**

- Los prismas serán construidos en una superficie plana.
- Los prismas serán construidos usando realmente los materiales que se encuentran en la construcción y también aplicando las técnicas de construcción que se utilizarán en campo.
- Los especímenes no llevarán acero de refuerzo.



- Cada prisma debe construirse sobre una bolsa abierta la cual debe ser lo suficientemente grande para contener y sellar el prisma completo para mantener la humedad.
- Los prismas de bloque hueco deberán tener en lo posible una unidad con una relación h/d de 2.0, pues para otros valores hay que hacer corrección.
- La longitud del prisma debe ser por lo menos 10 cm. Se recomienda que el prisma tenga una longitud igual al espesor del bloque por lo menos.
- Si los prismas son construidos en campo, antes de ser transportados al laboratorio, se deberá cortar dos piezas de plywood de la misma dimensión de la base de los prismas, esta se colocará en la base y en el tope (sin retirar la bolsa), se sujetan firmemente con alambre para evitar que las juntas se muevan durante el transporte.
- Remover los prismas de la bolsa sellada un día antes de la prueba a compresión.
- Cabecear los prismas de acuerdo con la norma ASTM C-140.
- Probar los prismas a los 28 días de edad.

La resistencia promedio a la compresión de cada juego de prismas deberá ser igual o excede al valor de la resistencia de la mampostería (f'm) de diseño.

## **1.2.4 Ensayo de compresión y tensión sobre muretes ASTM 519M-10.**

### **1.2.4.1 Descripción**

El presente método de ensayo fue desarrollado para medir, la resistencia de tracción diagonal (corte) del sistema mampostería (mortero de pega).

### **1.2.4.2 Requerimientos**

El tamaño del espécimen se selecciona al más razonablemente representativo de un modelo de mampostería a escala natural y que permita ser usado con las máquinas de ensayo usadas en muchos laboratorios. Típicamente, para poder acomodar un espécimen cuadrado de 1.2 (4 pies) de lado, de modo que su diagonal esté en una posición vertical, la máquina de ensayo debe tener una abertura de 2.13m (7 pies).

### **1.2.4.3 Bloques de carga**

Dos estructuras de metálicas deben ser usados en los extremos del espécimen para poder aplicar la carga de la máquina al espécimen.

### **1.2.4.4 Especímenes de ensayo**

#### **1.2.4.4.1 Tamaño**

El tamaño de cada espécimen no debe ser menor de 1.2m x 1.2m (4x4 pies) por el espesor del tipo pared que se ensaya. La altura y el largo de cada espécimen debe estar dentro de los 6mm (0.25 pulg) de diferencia entre uno y otro.

### **1.2.4.5 Número de especímenes**

Por lo menos tres especímenes construidos con el mismo tamaño y tipo de unidades mampostería, mortero y mano de obra.

## **1.2.5 Ensayo de tracción de varillas de acero, ASTM E 466-E 468.**

### **1.2.5.1 Descripción**

El ensayo consiste en someter a una carga de tensión a un elemento de acero e ir midiendo fuerza versus deformación para obtener la curva constitutiva del elemento.

### **1.2.5.2 Objetivo**

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del acero usado en construcción mediante el ensayo de tracción de varillas corrugadas y alambre. Verificar que se cumplan los requisitos especificados en la norma técnica ASTM que corresponda.

### **1.2.5.3 Equipos y herramientas**

Los equipos y herramientas utilizados para este ensayo son los siguientes:

- Cinta métrica.
- Calibrador.
- Máquina de ensayo.
- Barras de ensayo.
- Balanza.

### **1.2.5.4 Procedimiento**

Los elementos de acero se instalan en la máquina y se someten a fuerza de tracción hasta lograr su ruptura, para ello primero se marcan puntos equidistantes en las barras cuya longitud debe ser medida, desde la mitad de la barra con una separación de 200mm, seguidamente, se mide las distancias entre las ranuras, posteriormente se coloca la barra en las mordazas de la máquina de ensayos.

Una vez colocada, se procede a aplicar una carga de 20kN en tracción, y luego se descarga por completo. Luego se carga hasta pasar el esfuerzo de fluencia y se descarga una vez más. Repetir este procedimiento para cada barra.

## **1.2.6 Ensayo de compresión de probetas de hormigón ASTM C-39.**

### **1.2.6.1 Descripción**

El ensayo de compresión de probetas de concreto, consiste en someter una muestra cilíndrica de dimensiones estandarizadas a cambios en el volumen debido a cargas que la someten a deformarse para hallar cada una de las propiedades mecánicas que éste pueda tener, como; los tipos de resistencias, el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson.

### **1.2.6.2 Equipos y herramientas:**

Los equipos y herramientas utilizadas para este ensayo son los siguientes.

- Moldes de 4 pulgadas.
- Flexómetro.
- Combo de goma.
- Varilla lisa.
- Máquina Controls.
- Discos.
- Aceite.

### **1.2.6.3 Procedimiento**

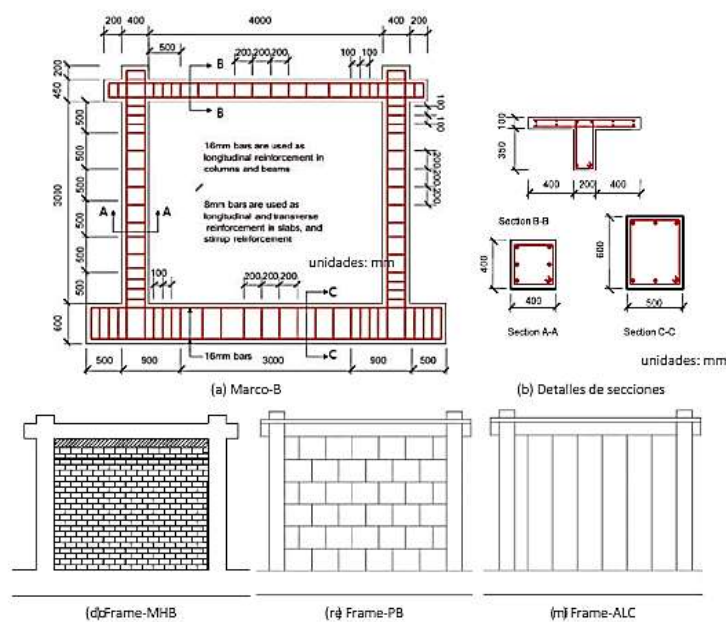
El ensayo consiste en sobreponer las muestras sobre un material que homogenice la superficie de contacto con la máquina para lograr una distribución uniforme del esfuerzo. Se mide las dimensiones del elemento, y se somete al elemento a la acción de compresión por medio de la máquina hasta llegar a la falla, se mide la fuerza de compresión que al ser dividida para el área del espécimen nos da como resultado el esfuerzo.

## **1.3 Referencia de los Ensayos Realizados por Cai y Su**

Gaochuang Cai y Qiwang Su, en su Artículo “ Efecto de los rellenos sobre el rendimiento sísmico de estructuras de armazón de hormigón armado: un estudio experimental a gran escala”, realizaron un estudio sobre el comportamiento sísmico de un marco hormigón armado, estos marcos fueron diseñados de acuerdo con el código de diseño sísmico actual chino

(GB50011-2010, 2010), cada uno de estos especímenes tenían un mismo diseño en lo que respecta al hormigón armado y un sistema de dos columnas con una altura de piso de tres metros y de cuatro metros de ancho.

Las probetas consistían de un marco hormigón armado sin relleno, y tres marcos de hormigón armado rellenos con diferentes materiales livianos incluidos ladrillos huecos (ver ilustración siete), bloques de yeso y paneles de concreto ligero, sometidos a cargas cíclicas.



*Ilustración 7. Diseño estructural de los Marcos de hormigón armado.*

FUENTE: Artículo Cai y Su.

Estos marcos fueron anclados para controlar el deslizamiento de la viga con tornillos de acero de alta resistencia, la cual se puede visualizar en la ilustración ocho. Todas estas pruebas fueron desarrolladas bajo carga axial constante y se aplicó una carga cíclica lateral en la viga superior del marco de cada muestra utilizando un gato hidráulico de capacidad de 2500 KN. Luego, se aplicaron dos cargas axiales constantes en la parte superior de las dos columnas mediante dos gatos hidráulicos con capacidad máxima de 1000KN.

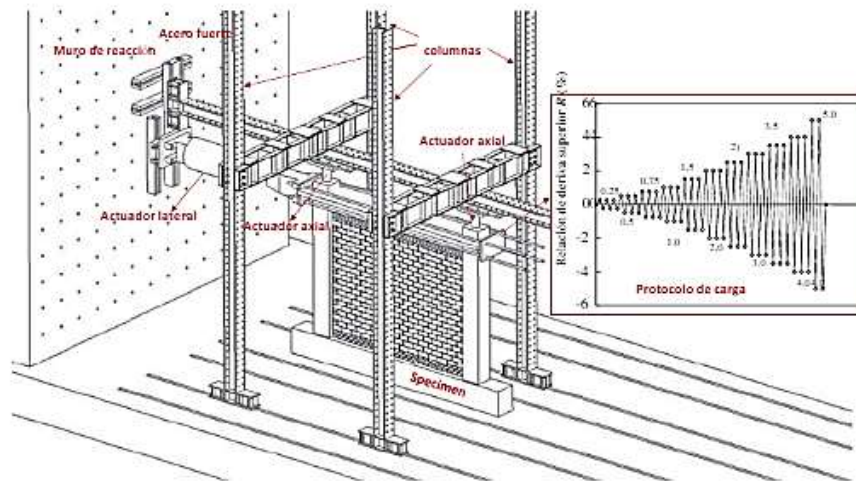


Ilustración 8. Protocolo y Configuración de carga

FUENTE: Artículo Cai y Su.

El objeto de estudio de este artículo fue estimar la capacidad de resistencia lateral, rigidez, daños en la pared, ductilidad y capacidad de disipación de energía de los marcos, para así determinar si los materiales de rellenos son ideales para las estructuras de marcos hormigón armado (ver ilustración nueve).

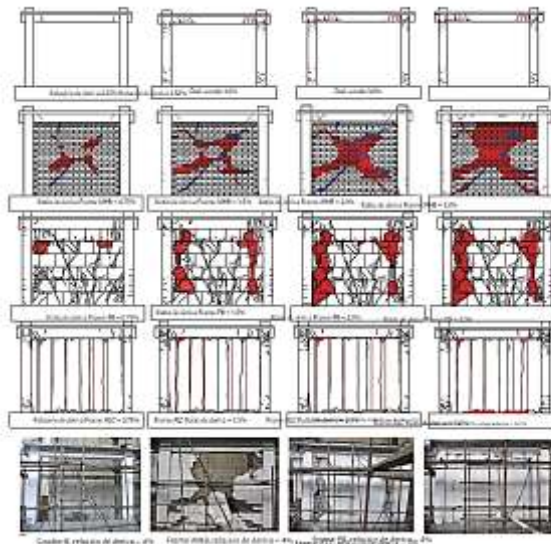


Ilustración 9. Desarrollo de Grietas en los marcos ensayados.

FUENTE: Artículo Cai y Su.

## 1.4 Análisis de Fourier

Una señal tiene una o más frecuencias en ella, y se pueden analizar en el Dominio del tiempo y en el Dominio de la frecuencia, visualizar en la ilustración diez.

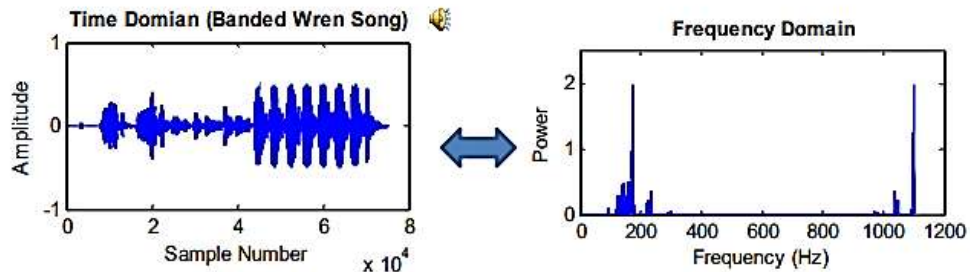


Ilustración 10. Dominio de tiempo y Dominio de frecuencia.

FUENTE: Wanjun Huang.

La ventaja de resolver un sistema en el Dominio de las frecuencias es que se modifica la forma de cálculo y se pasa de ecuaciones diferenciales a operaciones simples algebraicas. El paso entre el dominio del tiempo y del dominio de la frecuencia se puede realizar usando la transformada de Fourier, la transformada de Fourier convierte una señal en el dominio de la frecuencia (espectro) (ver ilustración 11).

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(j\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

Ilustración 11. Transformada de Fourier.

FUENTE: Wanjun Huang.

La transformada de Fourier debe cumplir con 3 condiciones, (1) es que sea absolutamente integrable, esto es que si integramos el módulo de señal debe dar como resultado un valor dentro de los parámetros establecidos (2) es que en cualquier intervalo finito debe cumplir con dos condiciones, una cantidad finita de máximos y una cantidad finita de mínimos y (3) debe haber una cantidad finita de discontinuidades.

## 2 Capítulo 2: Resultados

### 2.1 Resultados de Caracterización

En la siguiente sección se resumirán los resultados de la caracterización realizada por motivo que hubo problemas en el laboratorio y por un accidente se rompieron las mayorías de las probetas que se usarían para la caracterización, por lo que se mostraran solo las que se pudieron ensayar.

#### 2.1.1 Ensayo de flexión y ensayo de compresión del mortero.

##### 2.1.1.1 *Ensayo de flexión del mortero*

Se desarrolló el moldeo como se indicó en el capítulo número uno tal como se muestra en las ilustraciones (12 y 13).



*Ilustración 12. Moldeo de Probetas.*

Fuente: Autor.





*Ilustración 13.* Material no absorbente para evitar la evaporación del agua.

Fuente: Autor.

Este ensayo se realiza en una máquina de compresión y flexión, Marca: CONTROLS, Capacidad: 50 KN, de origen italiana, en la cual se apoya una de las caras laterales de la probeta sobre rodillos de apoyo. Se aplicó una carga mediante un rodillo superior hasta que la probeta falló. Tal como se muestran en la *Ilustración 14*, los resultados del ensayo se reflejarán en el cuadro (tabla uno) de datos obtenidos.



*Ilustración 14.* Probeta ensayada a flexión.

Fuente: Autor.

### **2.1.1.2 Ensayo de compresión del mortero.**

Este ensayo se realiza en la misma máquina utilizada para el ensayo 2.1.1.a en donde usando los sobrantes del ensayo anterior, se aplica una carga en una de las caras laterales de sección de 40x40 (mm), los resultados del ensayo se reflejarán en el cuadro (tabla 1). El ensayo se muestra en las ilustraciones *Ilustración 15* y *Ilustración 16*.



*Ilustración 15.* Sobrantes de los especímenes usados en el ensayo a flexión.

Fuente: Autor.



*Ilustración 16.* Ensayo de compresión usando el sobrante del ensayo a flexión.

Fuente: Autor.

### **2.1.1.3 Resultados Obtenidos**

En la tabla uno, se resumen los resultados de los ensayos de compresión y flexión realizados en los morteros que se usaron para la pega de la mampostería de las paredes que se construyeron el día 12 de junio del 2019.

**Tabla 1.** *Tabla de resultados de Compresión y Flexión del Mortero.*

NÚMERO DE ESPÉCIMEN	DESCRIPCIÓN	EDAD (días)	FUERZA COMPRESIÓN (KN)	FUERZA FLEXIÓN (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)
1	FC/M 19-junio-19	7	16,58	1,56	10,36	4,36
2	FC/M 19-junio-19	7	7,81	1,43	4,88	4
3	FC/M 19-junio-19	7	7,48	1,37	4,67	3,83
4	FC/M 19-junio-19	28	29,27	1,76	18.29	4.928
5	FC/M 19-junio-19	28	25,27	1,72	15.79	4.816
6	FC/M 19-junio-19	28	24,14	2,25	15.08	6.3
7	FC/M 19-junio-19	28	27,1	2,1	16.93	5.88
8	FC/M 21-junio-2019	28	12.19	0.97	7.61	2.72
9	FC/M 21-junio-2019	28	11.97	0.99	7.48	2.77
10	FC/M 21-junio-2019	28	12.43	1.03	7.76	2.884
11	FC/M 21-junio-2019	28	11.48	0.99	7.175	2.77

Fuente: Autor.

### 2.1.2 Ensayo de compresión de mampostería.

Este ensayo se realiza en una máquina de compresión, Marca: CONTROLS, Capacidad: 2000 KN, de origen italiana. Las ilustraciones 17 al 20 muestran las generalidades del ensayo.



*Ilustración 17.* Construcción de 5 especímenes.

Fuente: Autor.



*Ilustración 18. Ensayo del Prisma.*

Fuente: Autor.



*Ilustración 19. Ensayo del Bloque.*

Fuente: Autor.



Ilustración 20. Forma de Falla.

Fuente: Autor.

### 2.1.2.1 Resultados obtenidos.

Lamentablemente, de los cinco especímenes que se tomaron, solo quedó un espécimen debido a un accidente en el laboratorio. Con el único espécimen ensayado, se muestran los resultados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Tabla de resultados de Compresión de Mampostería.

Tipo de Mampostería	Dimensiones			Volumen	Carga		Área	Esfuerzo	Forma de Falla
	a	b	h	V	P	P	$mm^2$	Mpa	
	mm	mm	mm	$mm^3$	kgf	N			
<b>Bloque Victoria</b>	100	50	50	250000	40,8	400,248	5000	0,0800496	Plano vertical.
<b>Bloque Victoria solo 1</b>	100	50	50	250000	70.2	688.66	5000	0.137732	Plano vertical.
<b>Bloque Victoria solo 1</b>	100	50	50	250000	77.2	757.33	5000	0.151466	Plano vertical.

Fuente: Autor.

### 2.1.3 Ensayo de compresión sobre muretes.

Este ensayo se realiza en una máquina de compresión y flexión, Marca: CONTROLS, Capacidad: 2000 KN, de origen italiana. La resistencia a compresión diagonal del murete se debe calcular dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida antes de la prueba sobre la diagonal a compresión (ver ilustraciones 21 y 22). Esta área se obtiene como el producto del espesor del murete,  $t$ , y la longitud de la diagonal a compresión,  $L_c$ , medidos antes de la prueba.



*Ilustración 21.* Implementación de Bloque de Cargas para el ensayo.

Fuente: Autor.



*Ilustración 22.* Ensayo de Compresión Diagonal.

Fuente: Autor.

### 2.1.3.1 Resultados obtenidos.

El resultado de la prueba se debe expresar con una aproximación de 10 kPa ( $0.1 \frac{kgf}{cm^2}$ ) y se los muestra en la tabla 3 a continuación:

**Tabla 3.** *Tabla de resultados de Compresión sobre Muretes.*

Tipo de Mampostería	Dimensiones			Volumen	Carga		Área	Resistencia	Forma de Falla
	a	b	h	V	P	P	$cm^2$	$\frac{kgf}{cm^2}$	
	mm	mm	mm	$mm^3$	KN	kgf			
<b>Bloque Victoria</b>	250	250	50	3125000	26.5	2702.25	176.77	15.28	Plano inclinado.

Fuente: Autor.

### 2.1.4 Ensayo a tracción de varillas de acero.

Este ensayo se lo realizó en una máquina de Marca: CONTROLS, de Capacidad: 1000 KN, de origen italiana.

#### 2.1.4.1 Resultados obtenidos.

Se puede apreciar los resultados en la siguiente tabla 4 y además en las ilustraciones 23 y 24, donde:

Diámetro: Es el diámetro del espécimen a ser ensayado.

Peso: Peso del espécimen a ser ensayado.

Fm: Fuerza ejercida por la máquina de ensayo.

Rm: Resistencia última que soporta el espécimen.

Reh y Rel: Resistencia de fluencia (h = alta y l = baja) que soporta el espécimen.

Lo: Longitud inicial del espécimen antes de ser ensayado.

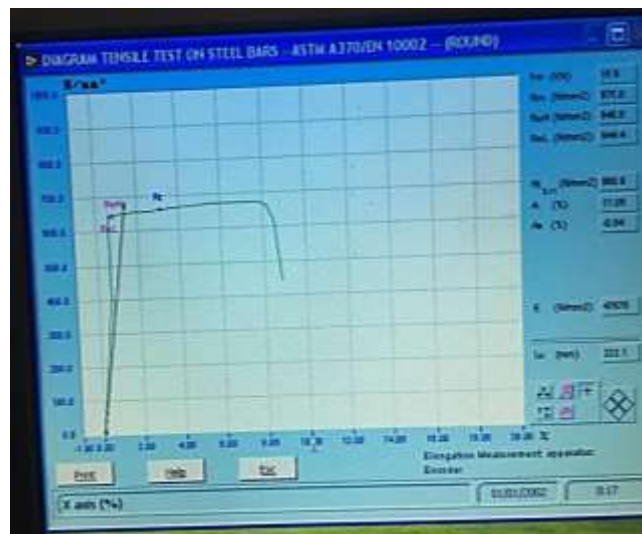
Lu: Longitud final del espécimen después de ser ensayado.



**Tabla 4. Tabla de resultados Varillas de Acero.**

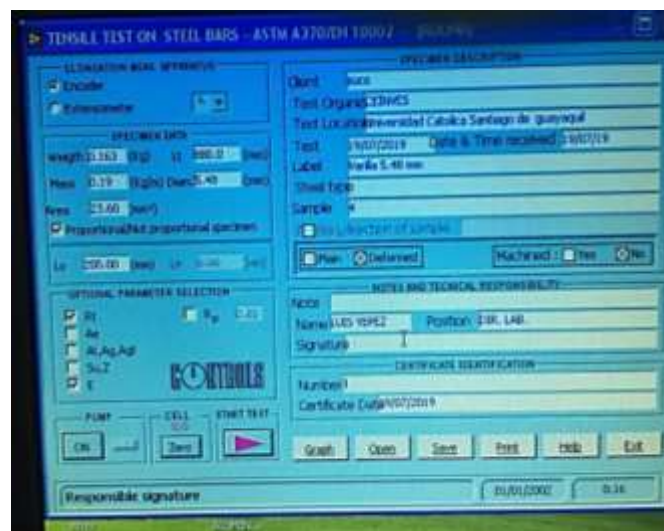
Diámetro (mm)	Peso (g)	Fm (KN)	Rm ( $\frac{KN}{mm^2}$ )	Reh ( $\frac{KN}{mm^2}$ )	Rel ( $\frac{KN}{mm^2}$ )	A (%)	Lo (mm)	Lu (mm)
3,52	46	4,8	494,1	442,5	441,7	10	200	220
5,51	165	14,4	604,9	573,2	568,8	5,8	200	211,6
4,47	110	8	511,3	466,8	466,3	3,35	200	206,7
5,47	163	15,9	675,6	645,6	644,4	11,05	200	222,1
7,5	175	33,7	761,4	702,2	699,6	12,55	200	225,1

Fuente: Autor.



*Ilustración 23. Gráfica del comportamiento de la Varilla de Acero.*

Fuente: Autor.



*Ilustración 24. Ensayo de varilla de 5.48 mm de diámetro.*

Fuente: Autor.



### 2.1.5 Ensayo de compresión de cilindros de hormigón.

Este ensayo se lo realizó en una máquina de Marca: CONTROLS, de Capacidad: 2000 KN, de origen italiana.

#### 2.1.5.1 Resultados obtenidos.

En la tabla 5 se resumen los resultados obtenidos.

**Tabla 5.** *Tabla de resultados Cilindros de Hormigón.*

Características	1-28d	2-28d	3-28d	4-28d	5-28d	6-28d	7-7d	8-7d
Diámetro (mm)	104	104	104	104	104	104	105	105
Área $cm^2$	84,94	84,94	84,94	84,94	84,94	84,94	86,59	86,59
Longitud (mm)	202	202	202	202	202	202	202	202
Carga (KN)	116,6	110,4	105,3	121,6	118,8	125	70,4	74,4
Resistencia $\left(\frac{Kg}{cm^2}\right)$	140	132,5	120,6	146,02	143,06	150,1	82,9	87,6

FUENTE: Autor.

## 2.2 Ensayos de Pórticos a escala (CEINVES).

El proyecto consiste en medir el periodo fuera de plano de 6 paredes que forman parte de un sistema aporticado bajo diferentes condiciones de degradación en el plano. Las dimensiones para este proyecto son a escala (1/4 de escala) por motivo de poder usar los equipos del laboratorio.

Se consideró un pórtico de espacio interno de 0.75 m x 0.75 m (largo x alto), los otros tres fueron llenados con bloques, uno de 0.75m x 0.75m, otro de 0.5m x 0.75m y otro de 1.0m x 0.75m. Los ocho pórticos resultan por el material (cuatro de hormigón y cuatro de acero). Todos los pórticos de hormigón están compuestos con el mismo armado estructural como se muestra en las ilustraciones 25-29, así mismo todos los pórticos de acero están compuestos con la misma estructura como se muestra en las ilustraciones 30-34.

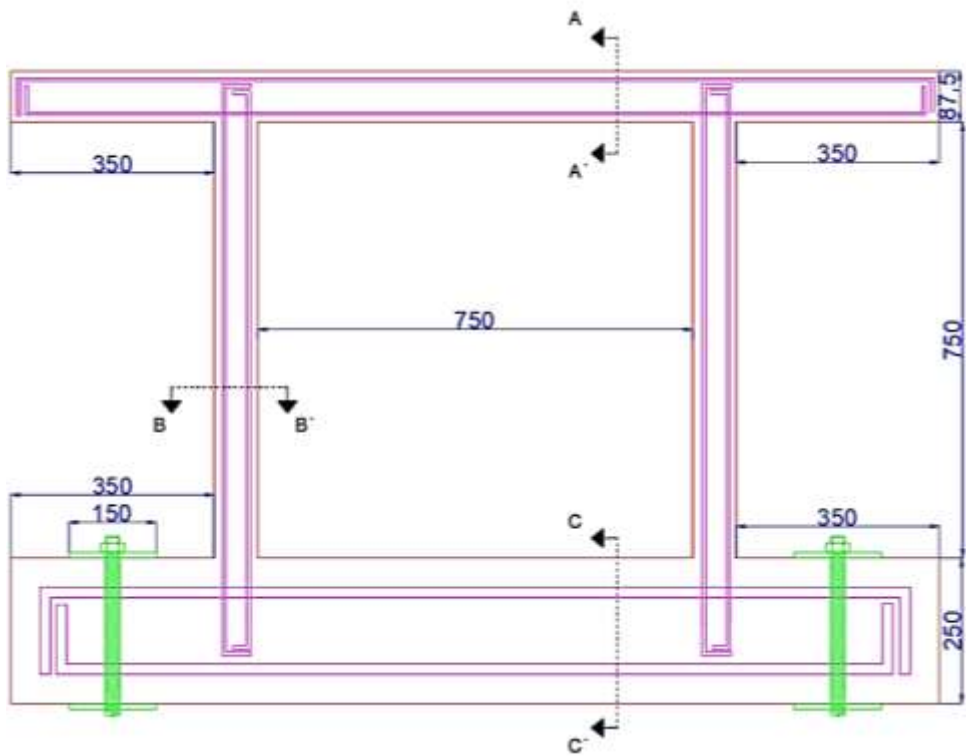


Ilustración 25. Pórtico de Hormigón de 75cm x 75cm sin relleno.

Fuente: Autor.

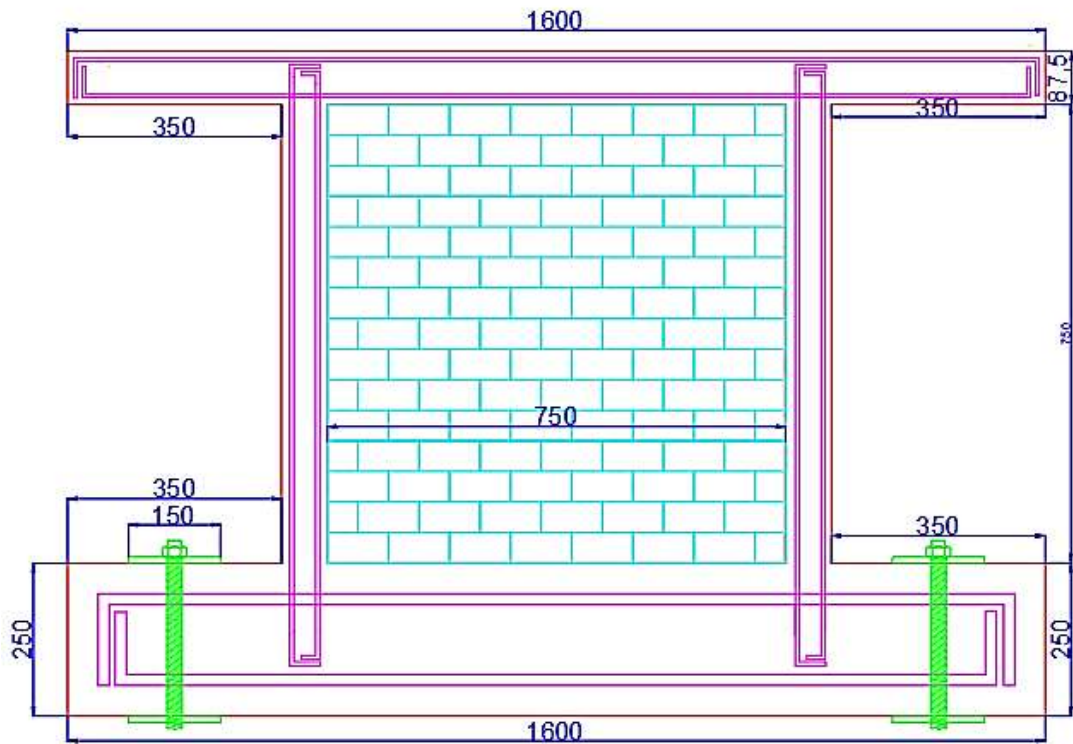
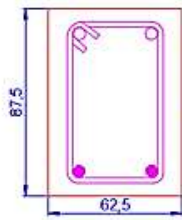


Ilustración 26. Pórtico de Hormigón de 75cm x 75cm con relleno.

Fuente: Autor.

**CORTE A-A'**

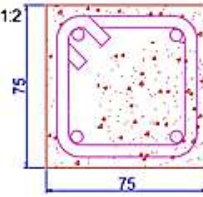
ESCALA 1:2



2 Ø 5.5 mm  
2 Ø 4.5 mm  
1 Est. Ø 2.5 mm c/ 18-37

**CORTE B-B'**

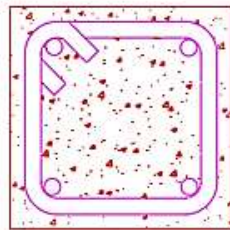
ESCALA 1:2



4 Ø 6.5 mm  
1 Est. Ø 3.5 mm c/ 18-25

**CORTE C-C'**

ESCALA 1:2



4 Ø 18 mm  
1 Est. Ø 5.5 mm c/ 150

Ilustración 27. Acero de refuerzo para vigas y columnas.

Fuente: Autor.

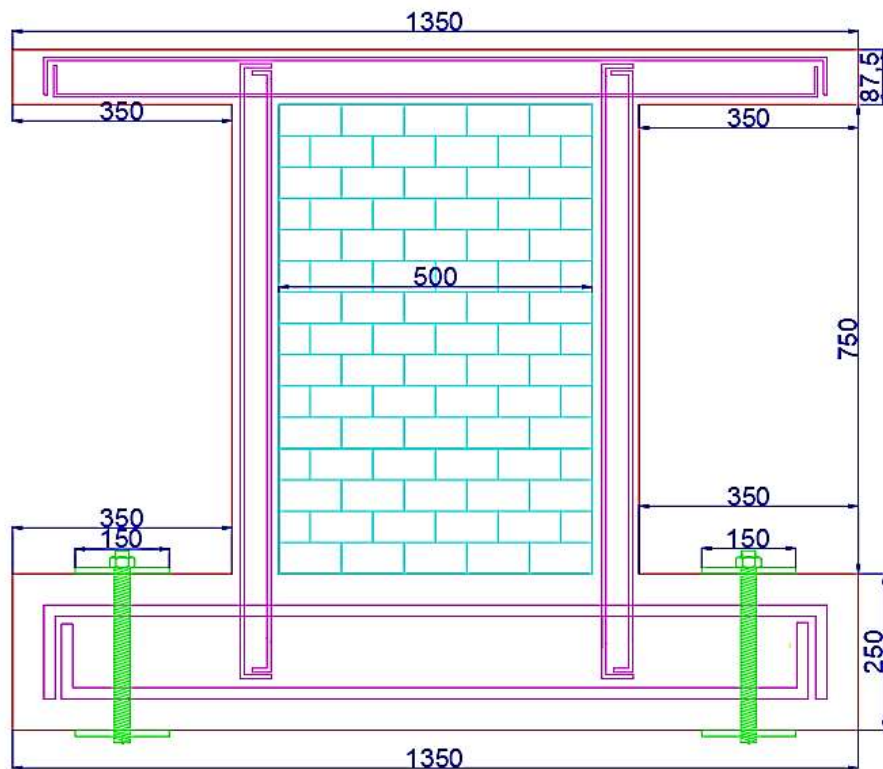


Ilustración 28. Pórtico de hormigón de 50cm x 75cm con relleno.

Fuente: Autor.

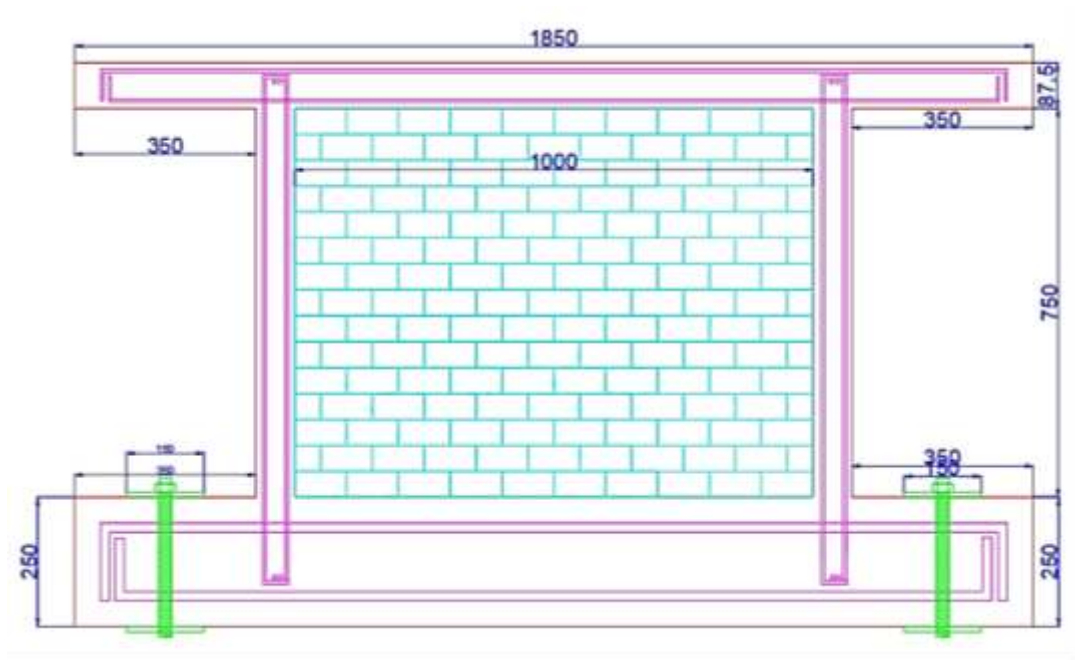


Ilustración 29. Pórtico de hormigón de 100cm x 75cm con relleno.

Fuente: Autor.

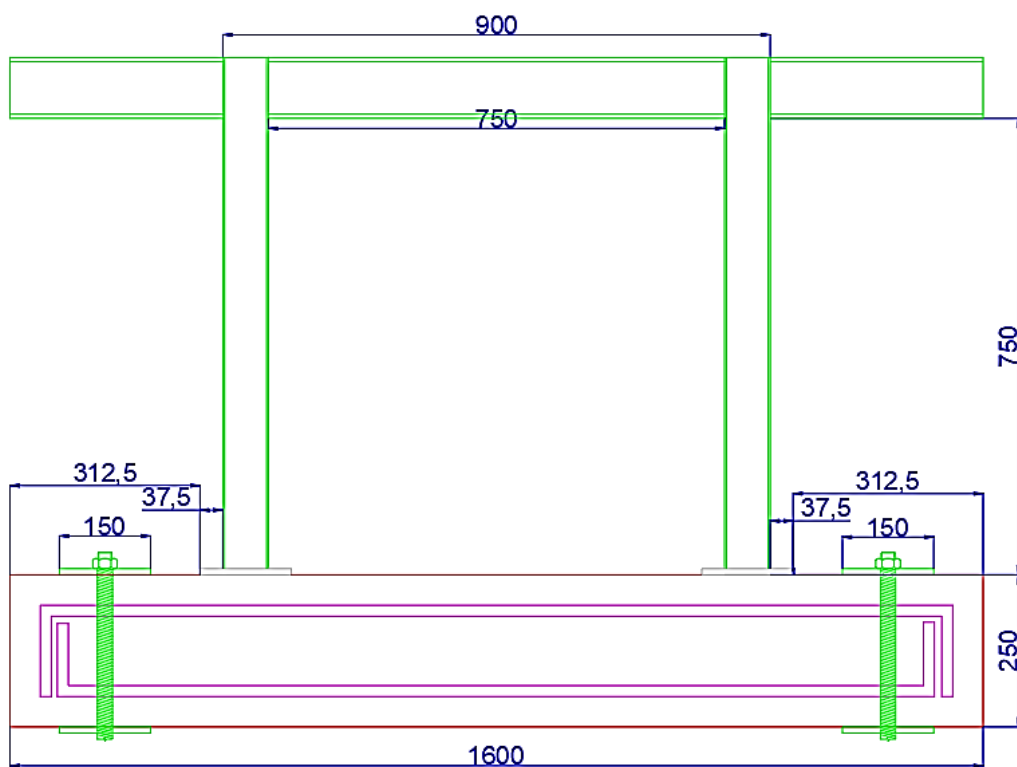


Ilustración 30. Pórtico de Acero Estructural de 75cm x 75cm sin relleno.

Fuente: Autor.

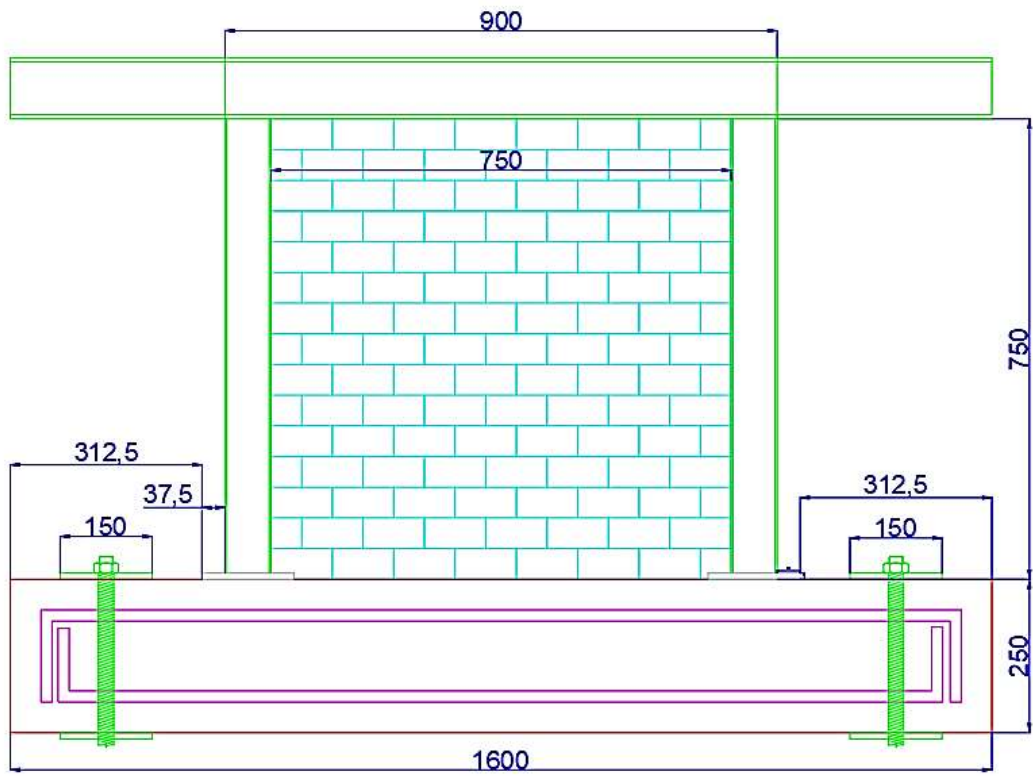


Ilustración 31. Pórtico de Acero Estructural de 75cm x 75cm con relleno.

Fuente: Autor.

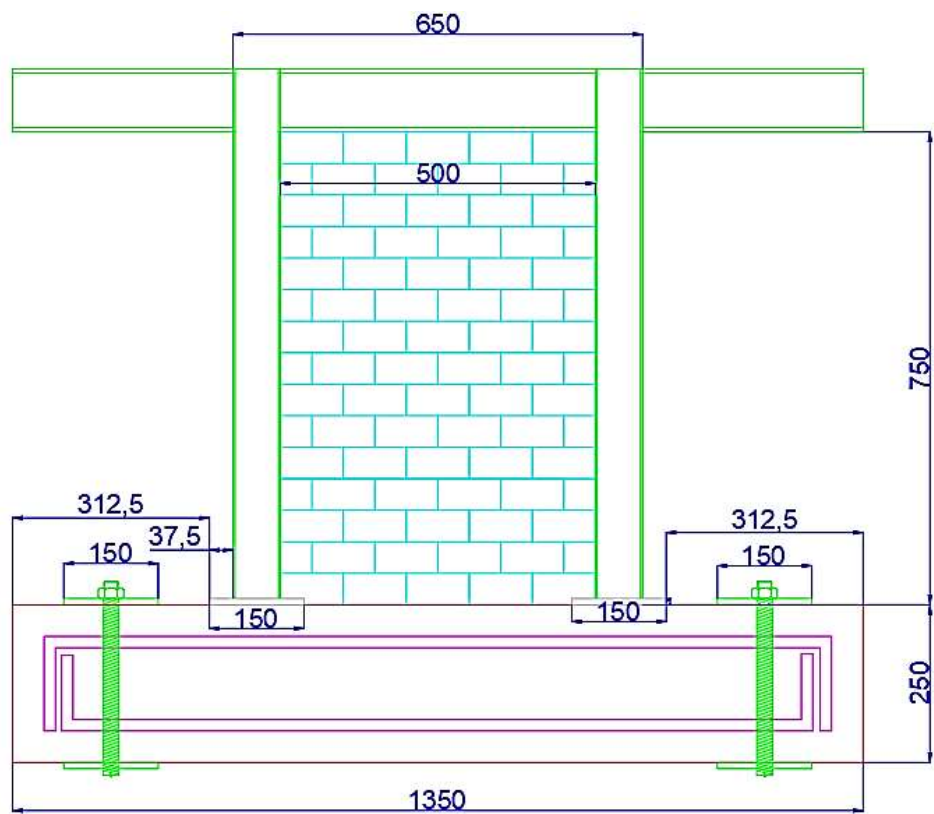


Ilustración 32. Pórtico de acero estructural de 50cm x 75cm con relleno.

Fuente: Autor.

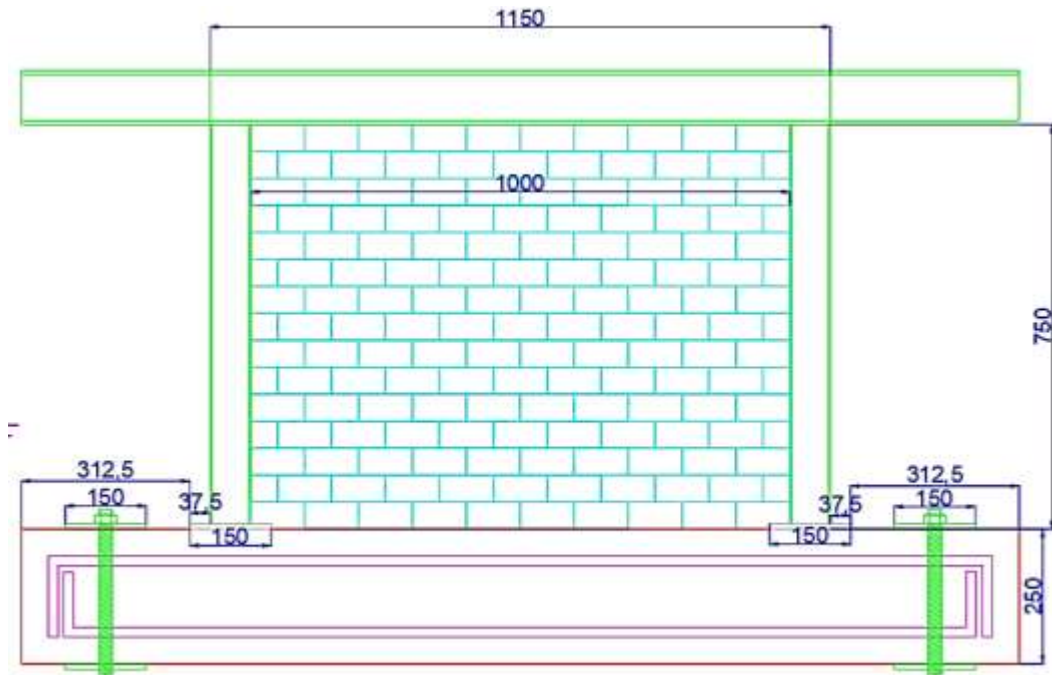


Ilustración 33. Pórtico de acero estructural de 100cm x 75cm con relleno.

Fuente: Autor.

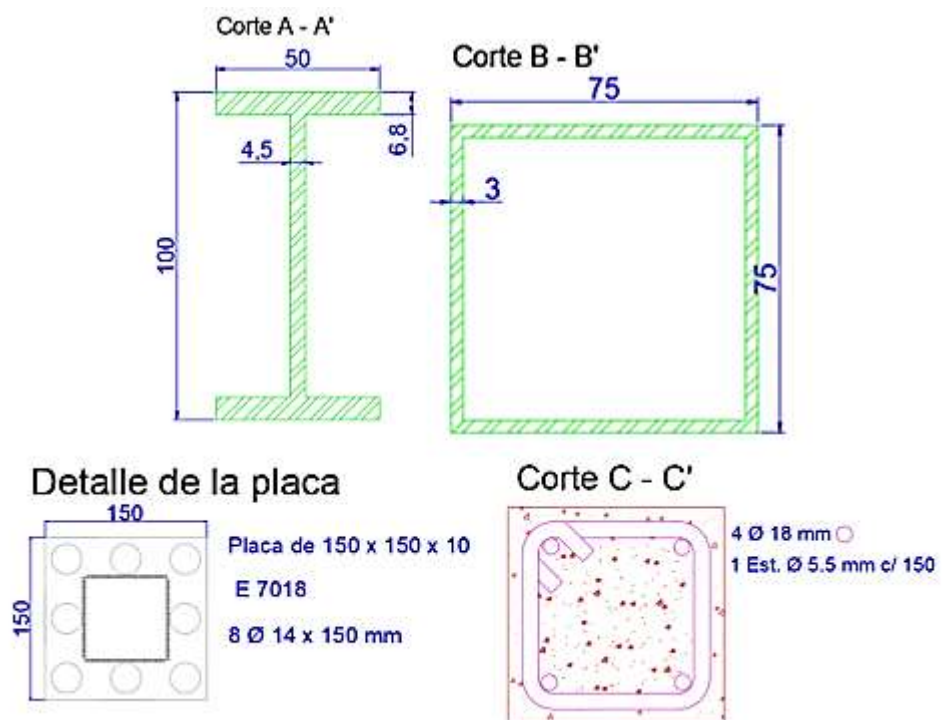


Ilustración 34. Armado estructural del Pórtico de acero.

Fuente: Autor.

El material que servirá como relleno para estos ensayos son bloques de cemento que pasado a escala  $\frac{1}{4}$  consisten en bloques de 100mm x 50mm x 50mm, este bloque a escala real mide 400mm x 200mm x 200mm.

Los ensayos consisten en someter a los pórticos a varios niveles de deformación, para cada nivel de deformación se medirá una aceleración forzada fuera del plano; esta vibración forzada se realizará aplicando golpes con un martillo de goma, en el lado posterior de la pared, como se muestra en la ilustración 35, esta lectura de la vibración fuera del plano se la realizará mediante un chip que será instalado en el centro de la pared como se lo muestra en la ilustración 36.

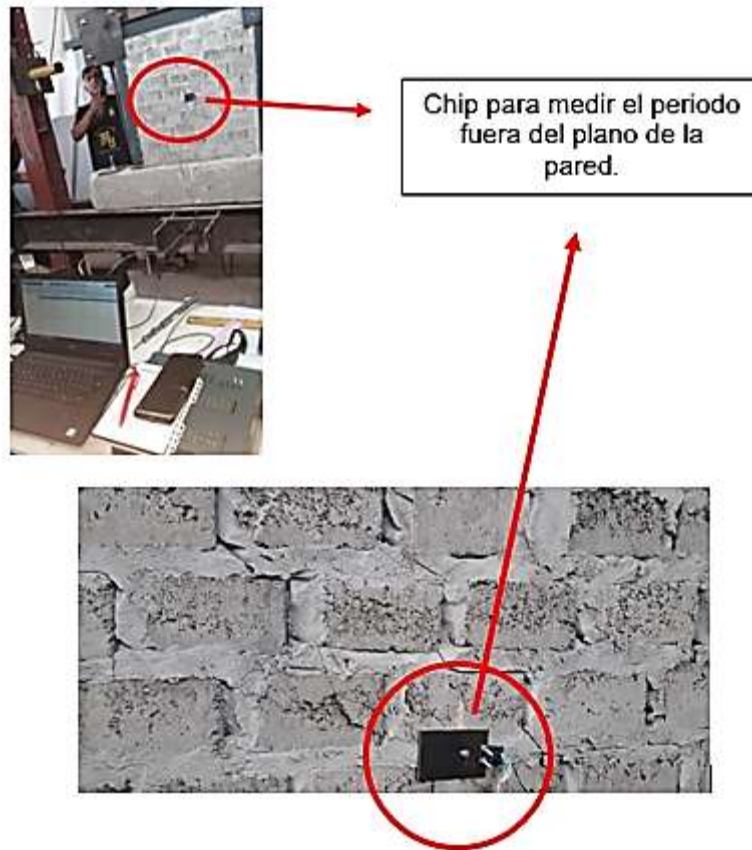
Con las mediciones de fuerza y deformación lateral junto con las vibraciones fuera del plano se lograrán las correlaciones que muestran el objetivo del trabajo.



*Ilustración 35.* Aplicación de vibración forzada mediante golpes con martillo de goma.

Fuente: Autor.



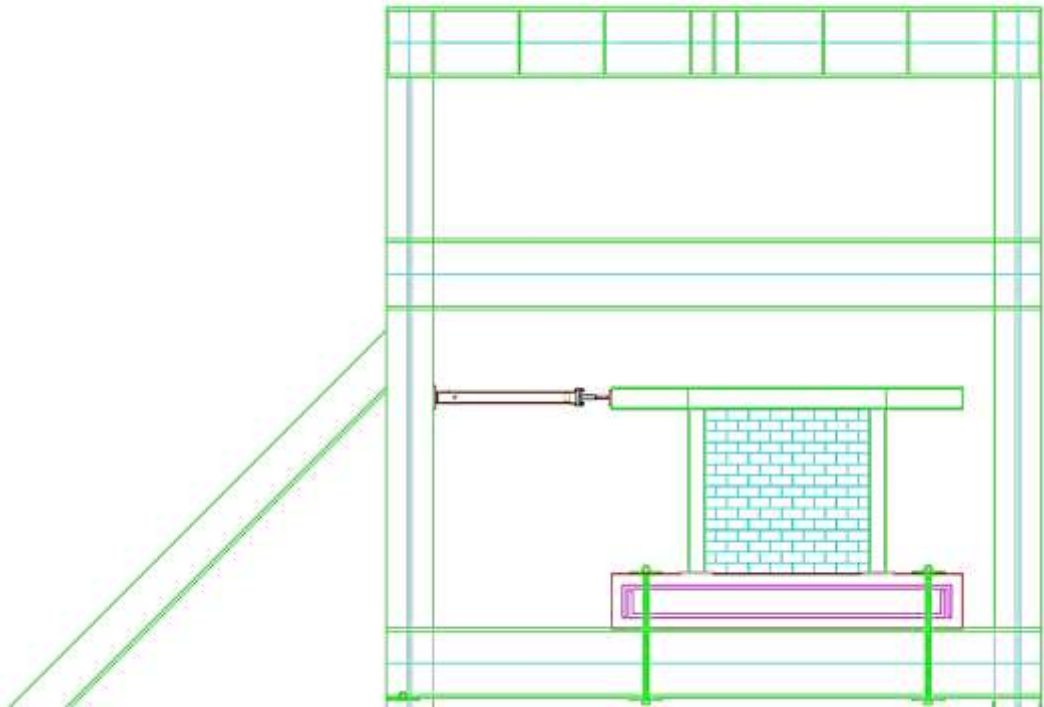


*Ilustración 36.* Implantación de chip para lectura de periodo fuera de plano.

Fuente: Autor.

Para realizar los ensayos se utilizó un gato hidráulico de capacidad 15 toneladas; para evitar deslizamiento del pórtico se usaron dos anclajes de 25mm de diámetro para así asegurar el elemento al pórtico de ensayo que se encuentra en el laboratorio del CEINVES (ver ilustración 37).





*Ilustración 37.* Visualización del ensayo en el Pórtico del CEINVES.

Fuente: Autor.

### **2.3 Resultados de Gráficas Fuerza vs Deformación**

En las gráficas (ilustraciones 38-43) se muestra que, al momento de ejercer fuerza mediante el uso del gato hidráulico, el elemento que va actuar primero es la mampostería por lo que su rigidez es mayor, esto implica que la mampostería en su inicio trata que la fuerza ejercida no afecte los elementos estructurales, pero esto no le es posible en su totalidad por lo que a mayor deformación los elementos estructurales son los que sufren los daños.

Al momento de descargar el gato hidráulico, se observa que la estructura no llega a su posición inicial y queda con una deformación residual. Cabe recalcar que cada probeta no fue ensayada con el mismo protocolo (misma deformación), por motivo de tener una mejor visualización de los resultados, esto se traduce que en las gráficas de la sección 2.4, exista mejor interpretación de la línea de tendencia de cada ensayo realizado.

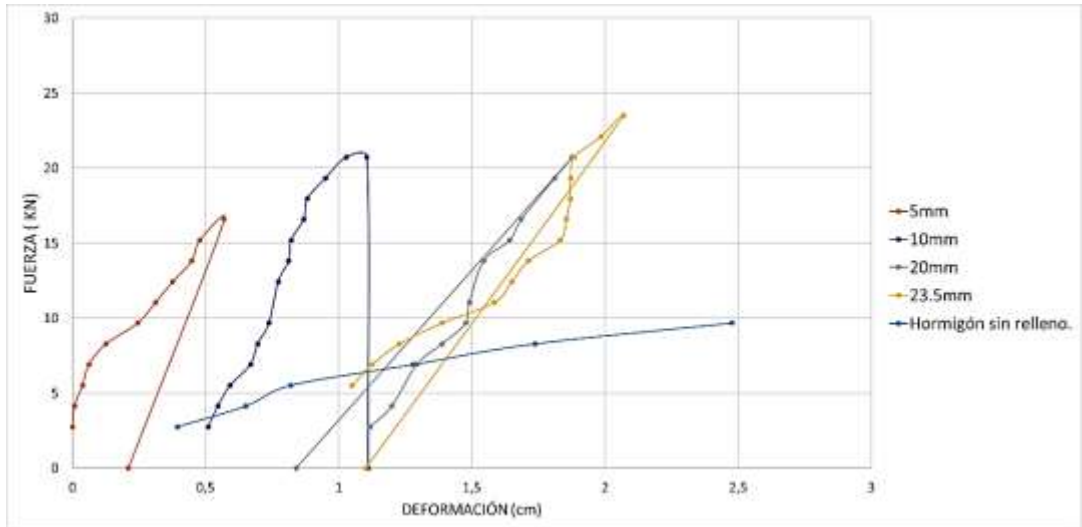


Ilustración 38. Pared HA-100cmx75cm.

FUENTE: Autor.

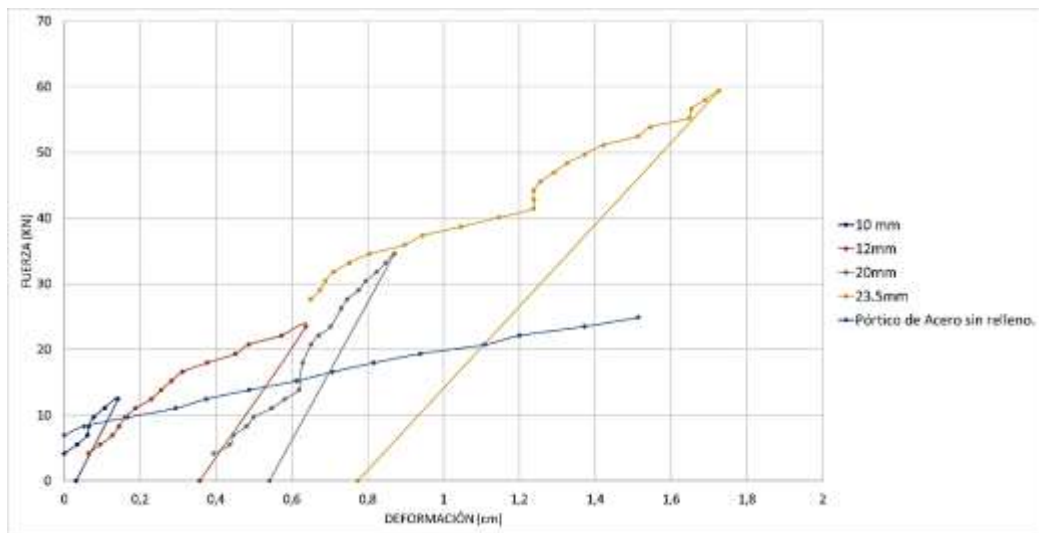


Ilustración 39. Pared AE-100cmx75cm.

FUENTE: Autor.

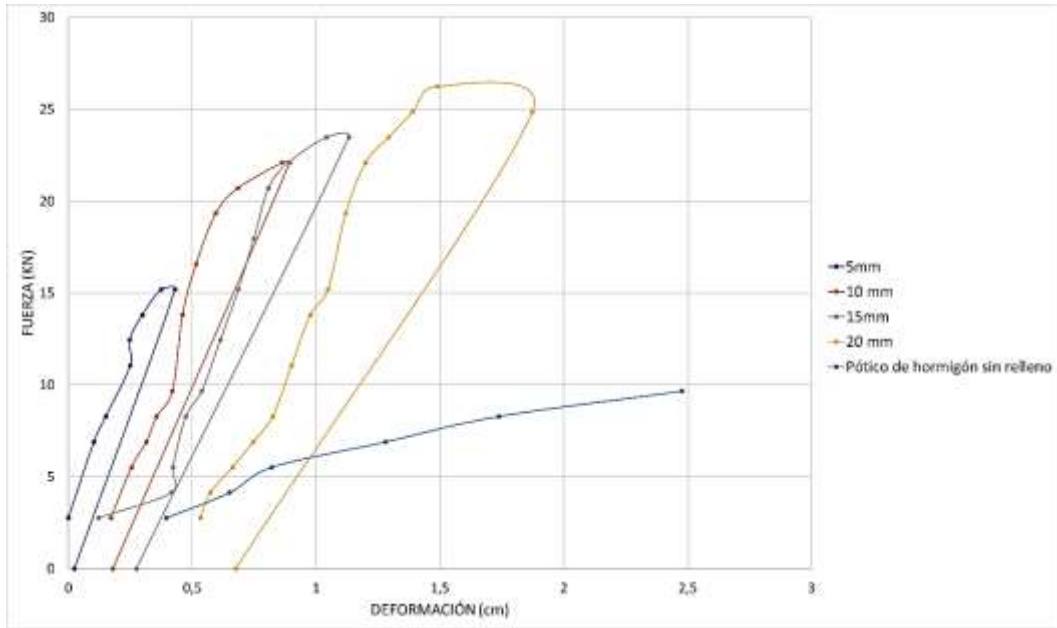


Ilustración 40. Pared HA-75cm x 75cm.

FUENTE: Autor.

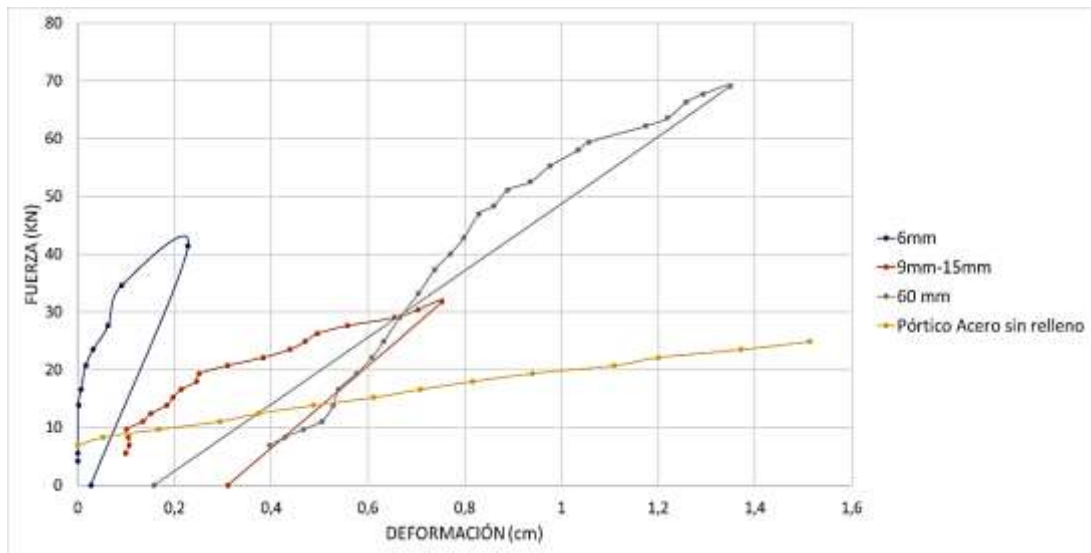


Ilustración 41. Pared AE-75cm x 75cm.

FUENTE: Autor.

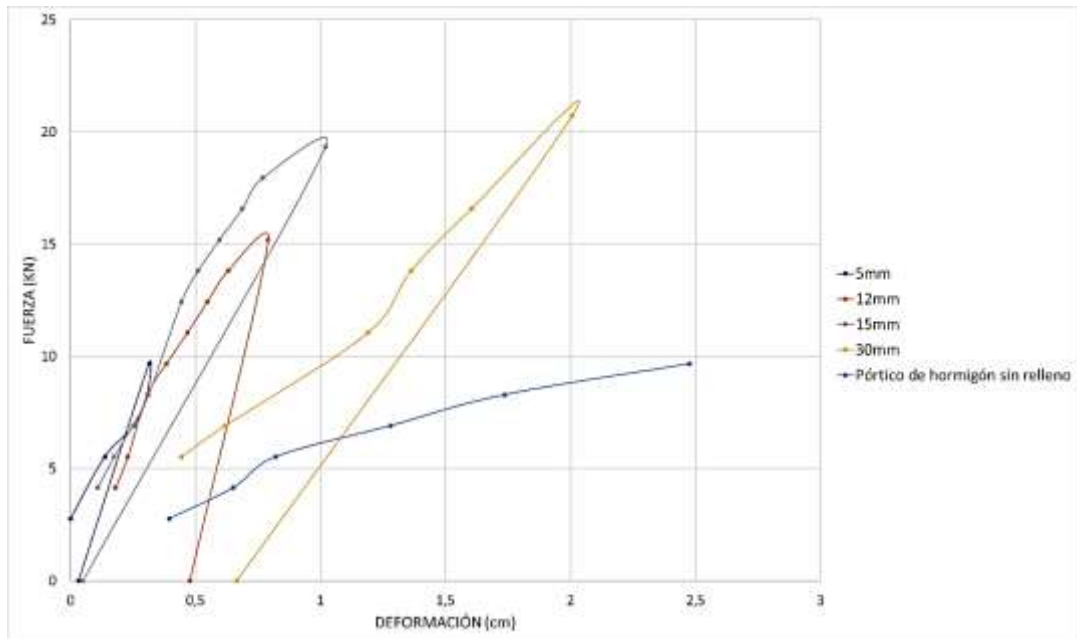


Ilustración 42. Pared de HA-50cm x 75cm.

FUENTE: Autor.

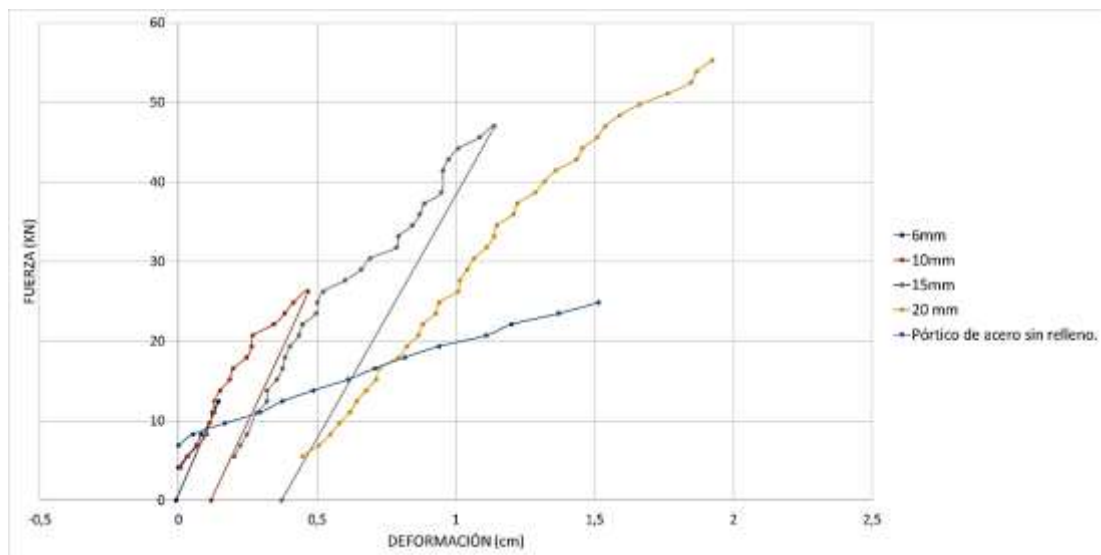


Ilustración 43. Pared de AE-50cmx75cm.

FUENTE: Autor.

## 2.4 Resultado de Periodo fuera de Plano.

En la gráfica (ilustración 44), se ve claramente la línea de tendencia en cada uno de los pórticos ensayados. En sí, los pórticos han sido sometidos a mayores deformaciones en su plano, se traduce en un efecto de reducción de frecuencia fundamental fuera del plano, por tal motivo la estructura tiende a degradarse y esto produce que pierda rigidez.

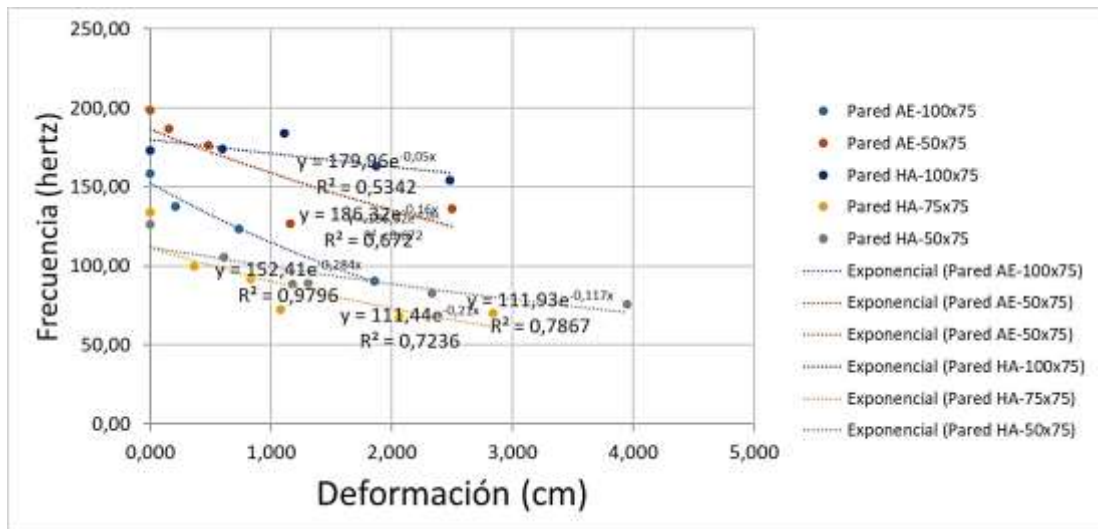
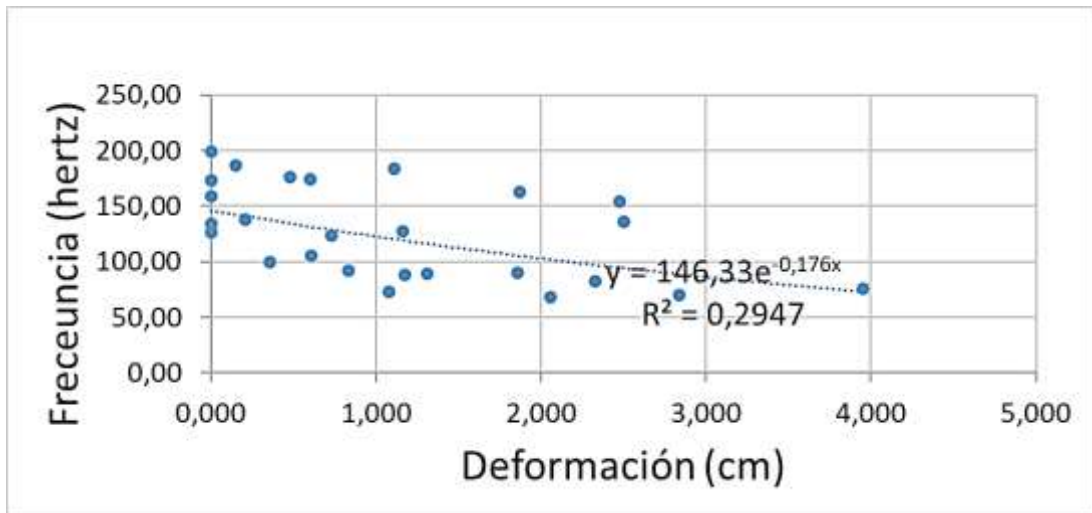


Ilustración 44. Línea de tendencia de cada pórtico ensayado.

FUENTE: AUTOR.

En la gráfica (ilustración 45), se muestra la línea de tendencia de todos los pórticos ensayados en general, retomando lo mismo, se observa claramente que cuando la deformación en el plano aumenta, la frecuencia fuera del plano disminuye, por el efecto de degradación de la estructura, es decir, pierde rigidez.



*Ilustración 45.* Línea de tendencia de todos los pórticos en general.

FUENTE: AUTOR.

### **3 CAPÍTULO 3: Conclusiones y recomendaciones**

Las siguientes conclusiones y recomendaciones solo serán aplicadas a los resultados obtenidos, pero es necesario realizar más ensayos que demuestren el mejor desempeño del mismo.

#### **3.1 Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos, sí existe una tendencia en la respuesta de la rigidez en el plano de la pared en comparación al periodo de vibración fuera de su plano, la tendencia es exponencial como se muestra en la ilustración 44 y 45.

#### **3.2 Recomendaciones**

- Es necesario ejecutar más ensayos para tener una mejor idea de las curvas de Fuerza vs Deformación.
- Realizar ensayos con cargas cíclicas.

#### 4 CAPÍTULO 4: Bibliografías

- Andreas, S., Benson, S., & Joel, C. (2010). Design, scaling, similitude, and modeling of shake-table test structures. In *Shake Table Training Workshop*.
- Arenas, CG, Marrero, M., Leiva, C., Solís-Guzmán, J., y Arenas, LFV (2011). Alta resistencia al fuego en bloques que contienen cenizas volantes de combustión de carbón y cenizas de fondo. *Gestión de residuos*, 31 (8), 1783-1789.
- ASTM, C. (2002). 109/C 109M–07. (2007). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*. American Society for Testing and Materials. 6-Avar, BB.
- Bury, JR, Vickers Jr, TM y Christensen, BJ (2012). *Patente de Estados Unidos N. ° 8.258.210*. Washington, DC: Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos.
- Cai & Su, Q. (2017). Effect of Infills on Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Structures A Full-Scale Experimental Study. *Journal of Earthquake Engineering*, 1-29.
- Çelebi, M. (1993). Seismic responses of two adjacent buildings. I: data and analyses. *Journal of Structural Engineering*, 119(8), 2461-2476.
- Chrysler, J. y Escobar, T. (1997). *1997 códigos y especificaciones de albañilería*. CRC Press.
- Cruz Valdivieso, C. E., Hidalgo Ordoñez, Á. R., Schalk, M., & Aquiles, O. (2006). *Elaboración de mampuestos con residuos relacionados de la construcción civil y comparación con las normas INEN y ASTM* (Bachelor's thesis, SANGOLQUÍ/ESPE/2006).



- El-Dakhakhni, W. W., Hamid, A. A., & Elgaaly, M. (2004). Seismic retrofit of concrete-masonry-infilled steel frames with glass fiber-reinforced polymer laminates. *Journal of Structural Engineering*, 130(9), 1343-1352.
- Fischer, S. (2008). *Solicitud de Patente de los Estados Unidos Núm. 11 / 765,319*.
- Fuentes, N., & Riviera, R. (2008). Análisis y Diseño Estructural de Edificios de Mampostería de Bloques de Concreto con Refuerzo Integral. *Universidad del Salvador, Ciudad Universitaria*.
- Huang, W. y MacFarlane, DL (2016). Transformación rápida de Fourier e implementación Matlab. *La Universidad de Texas en Dallas. Dr. Duncan L. MacFarlane. Web, 24*.
- Korany, Y., & Glanville, J. (2005). Comparing masonry compressive strength in various codes. *Concrete international*, 27(7), 35-39.
- Morandi, P., Hak, S., & Magenes, G. (2018). Performance-based interpretation of in-plane cyclic tests on RC frames with strong masonry infills. *Engineering Structures*, 156, 503-521.
- Ovararin, N., & Popescu, C. M. (2001). Field factors affecting masonry productivity. *AACE international transactions*, ES91.
- Rodríguez González, M. C., Belzunce Varela, F. J., & Fernández Canteli, A. C. (2013). Comparación entre el comportamiento mecánico a tracción, fractura y fatiga de armaduras de refuerzo fabricadas con distintos tipos de acero= A comparison of tensile, fracture and fatigue mechanical behaviour of structural reinforcing bars made with different steels. *Materiales de construcción*.

Sánchez, M., & Paul, A. (2017). *Análisis del performance de 3 tipos de muros de mampostería de ladrillo sometidos a carga axial* (Bachelor's thesis).

Sánchez Muñoz, F. L., Medina, T., & David, R. (2015). Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días.



## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Suco Gómez José David**, con C.C: # **0930082359** autor del trabajo de titulación: **Estudio de la Medición Indirecta de la Rigidez de Paredes de Mampostería**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2019

f. \_\_\_\_\_  
**Suco Gómez José David**  
C.C: # 0930082359



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Estudio de la Medición Indirecta de la Rigidez de Paredes de Mampostería.		
<b>AUTOR</b>	Suco Gómez José David		
<b>REVISOR/TUTOR</b>	Ing. Barros Cabezas José Andrés, Msc		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Carrera de Ingeniería Civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	9 de septiembre del 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	60
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería civil, industria de la construcción.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Rigidez, Vibración, Degradación, Periodo, Desplazamiento, Mampostería.		
<b>RESUMEN:</b>			
<p>El presente trabajo de titulación estudia la posible correlación entre la rigidez de una pared de mampostería en su plano, frente al periodo de vibración de la misma fuera de su plano. Se realizarán ensayos para conocer la caracterización de los materiales a usarse en la construcción de los especímenes de cada ensayo, en el capítulo uno se describe la metodología a emplearse en cada ensayo basado en las normas ASTM respectivamente, se compararán los resultados del desplazamiento y fuerza (rigidez) versus el periodo de vibración fuera del plano, esta vibración forzada se realizará por medio de un martillo y tendrá como objetivo medir el periodo de vibración fuera del plano de la pared. Con las mediciones de fuerza y deformación lateral junto con las vibraciones fuera del plano se lograrán las correlaciones que muestran el objetivo del trabajo.</p> <p>Se encuentra que existe una tendencia decreciente del periodo de vibración fuera del plano en comparación a la medida que se va degradando la rigidez en el plano.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-997156949 +593-986503536		<b>E-mail:</b> davidsuco1301@gmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Clara Glas Cevallos		
	<b>Teléfono:</b> +593-4 -2206956		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			