



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE PANELES DE  
MAMPOSTERÍA SISMO RESISTENTES**

**AUTOR:**

**Dillon Mendieta, Douglas Isaac**

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

**TUTOR:**

**Ing. Yépez Roca, Luis Octavio**

**Guayaquil, Ecuador**

**18 de Septiembre del 2017**



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 **Dillon Mendieta, Douglas Isaac**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero civil**.

### **TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Yépez Roca, Luis Octavio**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther**

**Guayaquil, a los 18 días del mes de Septiembre del año 2017**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Dillon Mendieta, Douglas Isaac**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **investigación experimental sobre paneles de mampostería sísmo resistentes** 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, a los 18 días del mes de Septiembre del año 2017**

### **EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Dillon Mendieta, Douglas Isaac**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Dillon Mendieta, Douglas Isaac**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **investigación experimental sobre paneles de mampostería sismo resistentes**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 18 días del mes de Septiembre del año 2017**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Dillon Mendieta, Douglas Isaac**

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Trabajo Titulacion ISSAC DILLONS.doc (D30429351)  
**Submitted:** 2017-09-08 03:31:00  
**Submitted By:** ciaglas@hotmail.com  
**Significance:** 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, a mis padres y abuelos que me apoyaron en lo económico desde el inicio de mis estudios. También agradezco a mis guías de este trabajo, Dr. Walter Mera y al Ing. Yépez, que siempre se dieron tiempo para ayudarme en la correcta elaboración del trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo a mi abuelo Lucho Mendieta y a mi bisabuela Ligia que no consiguieron permanecer conmigo hasta estos días, pero sé que la finalización de este trabajo los hubiera hecho muy felices.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**ING. LILIA MARLENE VALAREZO MORENO**  
DECANO

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

**ING. JOSÉ ANDRÉS BARRO CABEZAS**  
DOCENTE DE LA CARRERA

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

**PHD. WALTER VICENTE MERA ORTIZ**  
OPONENTE

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN Y COMPRA DE MATERIALES.....	4
1.1 Descripción de las mallas de reforzamiento .....	5
1.2 Descripción de los bloques de construcción.....	8
1.3 Descripción del mortero cementicio .....	9
CAPÍTULO 2: MANO DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN DE LOS PANELES.	11
2.1 Tiempo de construcción .....	11
2.2 Cargos dentro en la obra.....	11
2.3 Ubicación de los paneles.....	13
CAPÍTULO 3: TRABAJOS COMPLEMENTARIOS.....	16
3.1 Perforación del Pórtico de metal .....	16
3.2 Adaptación de las vigas del pórtico .....	18
3.3 Transporte de los paneles al laboratorio .....	18
CAPÍTULO 4: ENSAYOS. ....	21
4.1 Pruebas de compresión diagonal .....	21
4.2 Procedimiento previo antes del ensayo.....	23
4.3 Resultados del ensayo .....	26
4.4 Resistencia al corte .....	32
CONCLUSIONES .....	39
REFERENCIAS .....	40
ANEXOS.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> datos técnicos de la malla de fibra de basalto. por g&p intech (2002).	6
<i>Tabla 2.</i> datos técnicos de la malla de fibra de vidrio. por g&p intech (2002).	7
<i>Tabla 3.</i> datos técnicos de la malla de fibra de acero. por g&p intech (2002).	8
<i>Tabla 4.</i> nomenclatura de las abreviaciones. elaboración propia.	26
<i>Tabla 5.</i> resultados de los ensayos a los 24 paneles. elaboración propia.	27
<i>Tabla 6.</i> resultados de la resistencia al corte. elaboración propia.	33

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.</i> caseta donde el material fue guardado. elaboración propia.	4
<i>Ilustración 2.</i> materiales de construcción. elaboración propia.	5
<i>Ilustración 3.</i> malla fibra de basalto. elaboración propia.	6
<i>Ilustración 4.</i> malla fibra de vidrio. elaboración propia.	7
<i>Ilustración 5.</i> malla fibra de acero. elaboración propia.	8
<i>Ilustración 6.</i> bloque de arcilla rayado. por dolmen (2002).	9
<i>Ilustración 7.</i> bloque liviano pl-14. por disensa (2000).	9
<i>Ilustración 8.</i> saco de cemento 50kg. por disensa (2000).	10
<i>Ilustración 9.</i> saco arena limpia 48kg. por disensa (2000).	10
<i>Ilustración 10.</i> "bloqueada". elaboración propia.	11
<i>Ilustración 11.</i> mezcla seca del mortero. elaboración propia.	12
<i>Ilustración 12.</i> enlucido. elaboración propia.	12
<i>Ilustración 13.</i> paneles ubicados atrás de las puertas del laboratorio (50mts). elaboración propia.	13
<i>Ilustración 14.</i> paneles ubicados atrás de las puertas del laboratorio (50mts). elaboración propia.	14
<i>Ilustración 15.</i> paneles ubicados a la derecha de las puertas del laboratorio (5 mts). elaboración propia.	14
<i>Ilustración 16.</i> paneles ubicados a la izquierda de las puertas del laboratorio (7 mts). elaboración propia.	15
<i>Ilustración 17.</i> pórtico para ensayos. elaboración propia.	16
<i>Ilustración 18.</i> sierra copa (rojo) y mandril (negro) puesto en el taladro. elaboración propia.	17
<i>Ilustración 19.</i> 6 perforaciones de una cara de la viga. elaboración propia.	17
<i>Ilustración 20.</i> teclé. elaboración propia.	18
<i>Ilustración 21.</i> apilador manual hidráulico. elaboración propia.	19
<i>Ilustración 22.</i> sistema de rodillos. elaboración propia.	19
<i>Ilustración 23.</i> paneles transportados frente al laboratorio.	20
<i>Ilustración 24.</i> 24 paneles frente al laboratorio. elaboración propia.	20
<i>Ilustración 25.</i> forma de aplicación de la carga al panel. por doctor walther mera (2017).	21

<i>Ilustración 26.</i> elemento metálico colocado en la acción y reacción de la carga diagonalmente. elaboración propia.	22
<i>Ilustración 27.</i> gato hidráulico. elaboración propia.	22
<i>Ilustración 28.</i> instrumento donde bombea presión mediante a una manguera para que el gato aplique carga. elaboración propia.	23
<i>Ilustración 29.</i> ubicación del panel frente al pórtico. elaboración propia.	23
<i>Ilustración 30.</i> uso de un 2do tecla para la ubicación del panel en el pórtico. elaboración propia.	24
<i>Ilustración 31.</i> calibración del panel para el correcto ensayo. elaboración propia.	24
<i>Ilustración 32.</i> panel listo para el ensayo. elaboración propia.	25
<i>Ilustración 33.</i> bombeo de presión para aumentar la carga en el gato. elaboración propia.	25
<i>Ilustración 34.</i> comparación resistencias aa. elaboración propia.	27
<i>Ilustración 35.</i> comparación resistencias ab. elaboración propia.	28
<i>Ilustración 36.</i> comparación resistencias ab. elaboración propia.	28
<i>Ilustración 37.</i> comparación resistencias de tipos de malla. elaboración propia.	29
<i>Ilustración 38.</i> comparación resistencias cc. elaboración propia.	29
<i>Ilustración 39.</i> comparación resistencias cb. elaboración propia.	30
<i>Ilustración 40.</i> comparación resistencias cb. elaboración propia.	30
<i>Ilustración 41.</i> comparación resistencias cs. elaboración propia.	31
<i>Ilustración 42.</i> comparación resistencias de tipos de malla. elaboración propia.	31
<i>Ilustración 43.</i> diagrama de esfuerzos sap2000. por diego fernando paez (2006).	32
<i>Ilustración 44.</i> resistencia al corte aa. elaboración propia.	33
<i>Ilustración 45.</i> resistencia al corte ab. elaboración propia.	34
<i>Ilustración 46.</i> resistencia al corte av. elaboración propia.	34
<i>Ilustración 47.</i> resistencia al corte av. elaboración propia.	35
<i>Ilustración 48.</i> comparación de resistencia al corte de tipo de malla. elaboración propia.	35
<i>Ilustración 49.</i> resistencia al corte cc. elaboración propia.	36
<i>Ilustración 50.</i> resistencia al corte cb. elaboración propia.	36

<i>Ilustración 51.</i> resistencia al corte cv. elaboración propia.	37
<i>Ilustración 52.</i> resistencia al corte cs. elaboración propia.	37
<i>Ilustración 53.</i> comparación de resistencia al corte de tipo de malla. elaboración propia.	38
<i>Ilustración 54.</i> falla frágil aa. elaboración propia.	41
<i>Ilustración 55.</i> falla en la esquina av. elaboración propia.	41
<i>Ilustración 56.</i> falla esquina as. elaboración propia.	42
<i>Ilustración 57.</i> falla diagonal cb. elaboración propia.	42
<i>Ilustración 58.</i> falla en la esquina cs. elaboración propia.	42
<i>Ilustración 59.</i> falla esquina av. elaboración propia.	42

## RESUMEN

Uno de los graves problemas de los edificios de grandes alturas ante algún evento sísmico, son los paneles de mampostería, que por su diseño tradicional no es compatible con la parte estructural de un edificio, provocando las fisuras o hasta el colapso de dichas paredes.

Trabajando con paneles tradicionales tanto en medida de bloque y tipo de bloque (concreto y arcilla) y mortero cementicio, reforzando con tres diferentes tipos de malla de fibra (basalto, vidrio y acero) se experimentará y analizará el comportamiento mediante ensayos de compresión diagonal simple en el laboratorio, y así se espera que el comportamiento de falla pase de ser frágil a un comportamiento dúctil.

Las pruebas de compresión diagonal tienen el objetivo de determinar la resistencia y la rigidez al cortante de los paneles de mampostería. La prueba en laboratorio está codificada por la norma ASTM E 519-81, y es ejecutada generalmente en paneles de forma cuadrada de dimensiones aproximadas de 120 x 120 cms y de espesor de 15 cm aproximadamente dependiendo del tipo de bloque utilizado.

**Palabras Claves:** PANELES DE MAMPOSTERÍA; MORTERO CEMENTICIO; MALLAS; PRUEBAS EXPERIMENTALES; BLOQUE DE CONCRETO; BLOQUE DE ARCILLA; EVENTO SÍSMICO; COMPRESIÓN DIAGONAL SIMPLE.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos eventos sísmicos se ha evidenciado que en muchos edificios altos, con estructura portante de marcos dúctiles de columnas y vigas de hormigón armado, han ocurrido daños notables no estructurales y en particular a los paneles de mampostería que conforman las fachadas y las divisiones interiores de los edificios.

Las técnicas normalmente usadas para la construcción de dichos paneles son las de utilizar bloques de concreto o de arcilla, unidos con mortero y revestidos o enlucidos con mortero cementicio de buena calidad, donde el comportamiento a las solicitaciones sísmicas de dichos paneles es de tipo frágil y se presentan fisuras, grietas e inclusive el colapso con el consiguiente daño a toda la mampostería.

En esta investigación se tiene en cuenta las leyes constitutivas de los paneles de mampostería teniendo en cuenta sus componentes individuales: bloques de concreto o de arcilla y mortero cementicio, y se adoptarán técnicas de refuerzo en el enlucido para asegurar un comportamiento dúctil para solicitaciones de cortante mediante el uso de tres tipos de mallas diferentes, asegurando de esta manera conectores una respuesta global del panel de mampostería.

La investigación se desarrollará mediante la ejecución de pruebas experimentales en laboratorio con el fin de verificar la metodología analítica para un correcto diseño.

Se realizarán experimentos sobre paneles de mampostería construidos con bloques de concreto y con bloques de arcilla, los cuales son de uso frecuente en las técnicas constructivas locales. La tipología de los materiales de refuerzo se hace referencia a matrices con mortero cementicio que son de uso corriente en el medio.

La configuración de la prueba consiste en una disposición de elementos metálicos dispuestos en dos esquinas opuestas en una de las diagonales del panel. En una de las esquinas se coloca un gato hidráulico que aplica una carga a lo largo de dicha diagonal del panel de mampostería. La prueba

conlleva una rotura de tipo frágil que caracteriza el mecanismo de colapso del panel de mampostería y debe realizarse mediante la aplicación de carga incrementada gradualmente a través del gato hidráulico hasta el colapso del panel, de tal manera de investigar el valor más realístico de la resistencia última a cortante y de manera de calcular el valor de la rigidez tangencial (módulo G), en función del desarrollo de la fisuración o agrietamiento progresivo del panel.

## **CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN Y COMPRA DE MATERIALES.**

Se utilizarán dos tipos de paneles de mampostería, 12 paneles con bloques de concreto y 12 con bloques de arcilla, total son 24 paneles de mampostería de dimensiones 120 x 120 cms. Todos los materiales serán guardados en una caseta como se ve en *Ilustración 1* e *Ilustración 2*.

Bloques de CONCRETO: total 12 paneles, de los cuales:

Serie de 3 paneles sin refuerzo

Serie de 3 paneles con red de vidrio

Serie de 3 paneles con red de basalto

Serie de 3 paneles con tejido de acero

Bloques de ARCILLA: total 12 paneles, de los cuales:

Serie de 3 paneles sin refuerzo

Serie de 3 paneles con red de vidrio

Serie de 3 paneles con red de basalto

Serie de 3 paneles con tejido de acero



***Ilustración 1.*** Caseta donde el material fue guardado. Elaboración propia.



**Ilustración 2.** Materiales de construcción. Elaboración propia.

## **1.1 Descripción de las mallas de reforzamiento**

Estas mallas fueron donadas a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por la empresa “G&P intech SRL”, empresa italiana que dispuso este material de forma gratuita para el proyecto de investigación.

El método de empleo de dichas mallas es ubicando la malla sobre el mortero fresco y se incorpora en el mismo. Si se desea aumentar el espesor del enlucido, se debe esperar a que la capa previa se seque totalmente para nuevas capas de enlucido.

**Malla de fibra de Basalto (B-NET 350BA):** B-NET 350BA es el nombre técnico del producto, es una malla de refuerzo de fibra de basalto hecha para usarse con mortero cementicio y/o cal estructural.

Esta malla de alta calidad, está fabricada por fibras de basalto construidas por la fusión e hilado de rocas volcánicas.

Las características de la fibra de basalto (*Ilustración 3*) es su alta tenacidad, y es apta para el reforzamiento del hormigón y mampostería, también se la puede usar para estructura que se provee fuertes choques e impactos de alta intensidad. La fibra también se la trata superficialmente con apresto, mejorando la aplicación, compatibilidad y adhesión a la estructura. Con respecto a los datos técnicos del material, esta *Tabla 1*:

**Tabla 1.** Datos técnicos de la malla de fibra de basalto. Por G&P INTECH (2002).

<b>Datos Técnicos</b>	
Peso	350 g/m <sup>2</sup>
Dimensión malla	25x25 mm
Espesor de cálculo por dirección	0.058 mm
Resistencia a tracción filamento	>3200 Mpa
Modulo elástico a tracción filamento	>90 Gpa
Alargamiento a tracción filamento	>3%
Módulo elástico red	>75 Gpa
Deformación a rotura de la red	>2.3%
Carga a tracción por unidad de ancho	>90 KN/m

Las ventajas que podemos recalcar según la empresa italiana “G&P INTECH SRL”:

- Excelente características mecánicas.
- Resistente a la corrosión y alcalinos.
- Resistente a los choques de gran velocidad.
- Pobre conductividad eléctrica
- Resistente a altas temperaturas
- Simple instalación, reduciendo costos en la obra
- Dimensiones pequeñas y de fácil manejo
- Buen comportamiento ante ambientes húmedos



**Ilustración 3.** Malla fibra de basalto. Elaboración propia.

**Malla de fibra de Vidrio (G-NET 251BA):** G-NET 251BA (*Ilustración 4*) es el nombre técnico del producto, es una malla de refuerzo de vidrio con una alta resistencia a los ambientes alcalinos por su elevado contenidos de óxido de zirconio >16%, también es tratada superficialmente con apresto para mejoras su adherencia al soporte.

La empresa nos ofrece los datos técnicos en la *Tabla 2*:

**Tabla 2.** Datos técnicos de la malla de fibra de vidrio. Por G&P INTECH (2002).

<b>Datos Técnicos</b>	
Peso	250 g/m <sup>2</sup>
Dimensión malla peso	25 mm
Espesor fibra por dirección	0.05 mm
Resistencia a la tracción del filamento	>2000 Mpa
Carga de falla por dirección de red	>50 Kn/m
E a tracción del filamento	70 Gpa
Alargamiento a falla filamento	>3%
E a tracción de red	52 Gpa

Su forma de empleo será la misma que la del basalto.



**Ilustración 4.** Malla fibra de vidrio. Elaboración propia.

**Malla de fibra de acero (STEEL NET G SRG-SRP SYSTEM):** El refuerzo es un tejido de acero galvanizado (*Ilustración 5*) de alta resistencia mezclados en una matriz orgánica e inorgánica. Gracias a su notable manejabilidad el sistema puede usado para elementos de concreto armado y pretensado, tabiques de mampostería, muros, cortinas, estructuras con mucho desgaste, y se quieren reforzar con tecnología invasiva.

Sus datos técnicos se pueden ver en la *Tabla 3*.

**Tabla 3.** Datos técnicos de la malla de fibra de acero. Por G&P INTECH (2002).

<b>Datos Técnicos</b>			
Tipo	STEEL NET G 300	STEEL NET G220	STEEL NET G 80
Peso tejido de acero galvanizado	3000 g/m <sup>2</sup>	2200 g/m <sup>2</sup>	700 g/m <sup>2</sup>
Área efectiva de la cinta	3.77 mm <sup>2</sup> /cm	2.72 mm <sup>2</sup> /cm	0.86 mm <sup>2</sup> /cm
Espesor equivalente del cálculo de la cinta	0.37 mm	0.27 mm	0.086 mm
Carga ultima a tracción de la cinta	9425 N/cm	6800 N/cm	2150 N/cm
E a tracción de la cinta	190 Gpa	190 Gpa	190 Gpa
Def. a tracción Ancho de la cinta	>1.6%	>1.6%	>1.6%
Ancho de cinta	10 - 15 - 20 - 25 - 30 cm		

Se usó un ancho de cinta de 25 cm.



**Ilustración 5.** Malla fibra de acero. Elaboración propia.

## 1.2 Descripción de los bloques de construcción

**Bloque de Arcilla:** Bloques rayados pared (*Ilustración 6*) comprados en la empresa “Dolmen S.A.” con dimensiones 14cmx30cmx41cm y trabas de bloque de medidas 14cmx30cmx20cm. Las trabas son bloques con la mitad del ancho de uno normal para los bordes de las filas pares, y así se evita el trabajo de cortar un bloque normal por la mitad.



**Ilustración 6.** Bloque de arcilla rayado. Por Dolmen (2002).

Estos bloques ocupan 1 m<sup>2</sup> con 8 unidades de estos, con un peso de 33 libras cada uno.

**Bloque de hormigón:** Bloque liviano PL-14 (*Ilustración 7*) y Bloque liviano TL-14 (traba), comprados en la empresa “disensa”, con dimensiones de 14cmx20cmx39cm y 14cmx20cmx19cm respectivamente.



**Ilustración 7.** Bloque liviano PL-14. Por Disensa (2000).

### 1.3 Descripción del mortero cementicio

Se usó un total de 16 sacos de cemento de 50kg (*Ilustración 8*) y 32 sacos de arena (*Ilustración 9*), todos estos productos comprados en la empresa “disensa”.

La dosificación fue de 2 a 1 (2 de arena y 1 de cemento) tanto como para el mortero como para el enlucido, siguiendo una dosificación tradicional de obra, y la cantidad de agua fue según el criterio y experiencia del obrero que prepara la mezcla hasta conseguir la manejabilidad requerida.



**Ilustración 8.** Saco de cemento 50kg. Por disensa (2000).



**Ilustración 9.** Saco arena limpia 48kg. Por disensa (2000).

## **CAPÍTULO 2: MANO DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN DE LOS PANELES.**

### **2.1 Tiempo de construcción**

La elaboración de los 24 paneles fue de 8 días laborales, entre tres obreros con diferentes cargos de cada uno, donde se construía 6 paneles sin enlucir y sin bordes por día, resultando en 4 días.

El trabajo del enlucido tomó 2 días (12 paneles por día), haciendo esta labor en el 5to y 6to día laboral de obra.

El trabajo de los bordes, trabajo que se requiere mucha precisión y cuidado, tomó 2 días, trabajándolo en el 7mo y 8vo día laboral de la obra.

### **2.2 Cargos dentro en la obra**

“**Bloqueada**”: Colocación de los bloques de la forma adecuada en la construcción del panel con el uso de una regla de madera y un nivel para asegurar la correcta. (Véase *Ilustración 10*)

En los paneles de arcilla se obtuvieron paneles de 127cm y los paneles de concreto fue de 123cm cada lado.



**Ilustración 10.** "Bloqueada". Elaboración propia.

**Mezcla:** Se debía dosificar la cantidad de arena con la del cemento, en una relación de 2 a 1, y la cantidad de agua era hasta que la mezcla adquiriera una densidad manejable. (Véase *Ilustración 11*)



**Ilustración 11.** Mezcla seca del mortero. Elaboración propia.

**Enlucido:** Con el uso de la herramienta “llana” y “paleta” se va nivelando y enrasando la superficie. (Véase *Ilustración 12*)



**Ilustración 12.** Enlucido. Elaboración propia.

**Instalación de las mallas:** Se debe colocar una capa fina de enlucido para así poder adherir la malla de refuerzo seleccionada y encima se vuelve enlucir inmediatamente.

**Formación de los bordes:** Se usa las reglas de madera y el nivel para dar forma los bordes superiores y laterales.

### 2.3 Ubicación de los paneles

Por la escasez de espacio para construir los paneles, se tuvo que elaborar en diferentes corredores alrededor del edificio los paneles, donde 9 paneles quedaron a 50m de la puerta del laboratorio. (Véase *Ilustración 13* e *Ilustración 14*)



**Ilustración 13.** Paneles ubicados atrás de las puertas del laboratorio (50mts). Elaboración propia.



**Ilustración 14.** Paneles ubicados atrás de las puertas del laboratorio (50mts). Elaboración propia.

Se ubicaron 6 paneles a la derecha de la puerta del laboratorio. (Véase *Ilustración 15*)



**Ilustración 15.** Paneles ubicados a la derecha de las puertas del laboratorio (5 mts). Elaboración propia.

Se ubicaron 9 paneles a la izquierda de la puerta del laboratorio. (Véase *Ilustración 16*)



**Ilustración 16.** Paneles ubicados a la izquierda de las puertas del laboratorio (7 mts).  
Elaboración propia.

## CAPÍTULO 3: TRABAJOS COMPLEMENTARIOS.

### 3.1 Perforación del Pórtico de metal

La universidad católica Santiago de Guayaquil dispone de un laboratorio de ensayos para hormigón en el edificio CEINVES, donde para poder ensayar los paneles se debía perforar 24 huecos en las columnas de metal para ensayar paneles de mayor tamaño como los de este proyecto. (Véase *Ilustración 17*)



*Ilustración 17.* Pórtico para ensayos. Elaboración propia.

Para poderse realizar dichas perforaciones se estimó usar 6 brocas master cobalt  $\frac{3}{4}$ " 19mm sierra copa y 3 brocas guías denominadas mandril.

En el trabajo de perforación se prestó el taladro del laboratorio y se ahorró en mano de obra debido a que el autor del proyecto realizó el trabajo. El trabajo tomó 2 días. (Véase *Ilustración 18*)



**Ilustración 18.** Sierra copa (rojo) y mandril (negro) puesto en el taladro. Elaboración propia.

Las 24 perforaciones se dividen en 2 columnas y en 2 caras de cada columna, es decir que se tiene 6 perforaciones en cada cara de la columna. Las perforaciones están a 5 cm del borde y separadas 10 cm entre cada perforación vertical. (Véase *Ilustración 19*)



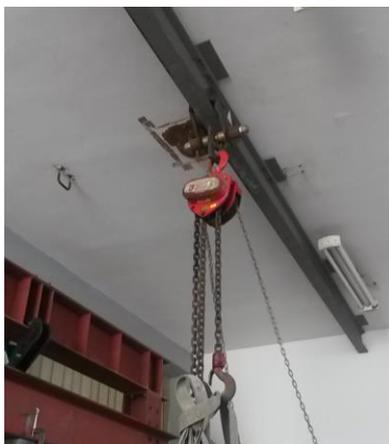
**Ilustración 19.** 6 perforaciones de una cara de la viga. Elaboración propia.

Tomó cerca de 12 minutos cada perforación, y solo se usó tres sierras copa y tres mandriles, debido a que 2 mandriles se rompieron y las sierras copas ya no se podían abrir.

### **3.2 Adaptación de las vigas del pórtico**

Una vez finalizada la perforación se procede a bajar las vigas negras del pórtico y subir las vigas rojas del mismo con ayuda del tecele (véase *Ilustración 20*).

Usamos aceite WD-40 en los pernos y sus tuercas para facilitar su desinstalación.



*Ilustración 20.* Tecele. Elaboración propia.

### **3.3 Transporte de los paneles al laboratorio**

Se usó un apilador manual hidráulico (*Ilustración 21*) para agilizar el transporte de los paneles con la ayuda de 2 obreros de 9am a 5pm.



**Ilustración 21.** Apilador manual hidráulico. Elaboración propia.

Los 9 paneles de la izquierda del laboratorio estaban dentro un cerramiento por un muro pequeño que impedía la entrada del apilador, por el cual tuvimos que acostar el panel y por medio de un sistema de rodillos llevarla hasta al apilador. (Véase *Ilustración 22*)



**Ilustración 22.** Sistema de rodillos. Elaboración propia.

Al final del 1er día se ubicó los paneles transportados horizontalmente como se aprecia en la *Ilustración 23*.



**Ilustración 23.** Paneles transportados frente al laboratorio.

En el 2do día se terminó de transportar todos los paneles frente al laboratorio, y se los colocó de forma vertical como se ve en la *Ilustración 24*.



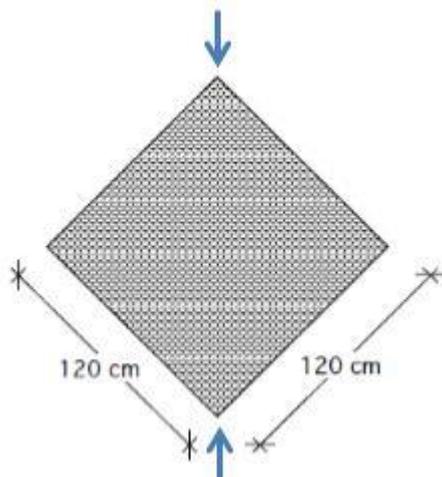
**Ilustración 24.** 24 Paneles frente al laboratorio. Elaboración propia.

## CAPÍTULO 4: ENSAYOS.

### 4.1 Pruebas de compresión diagonal

El proyecto se someterá a pruebas de compresión diagonal de la forma como se ve en la *Ilustración 25*, que tienen el objetivo de determinar la resistencia y la rigidez al cortante de los paneles de mampostería. La prueba en laboratorio está codificada por la norma ASTM E 519-81, y es ejecutada generalmente en paneles de forma cuadrada de dimensiones 120 x 120 cms aproximadamente y de espesor variable dependiendo del tipo de bloque utilizado, por eso es la razón de los 24 paneles de 120 cm por lado aproximadamente.

La configuración de la prueba consiste en una disposición de elementos metálicos (*Ilustración 26*) dispuestos en dos esquinas opuestas en una de las diagonales del panel. En una de las esquinas se coloca un gato hidráulico que aplica una carga a lo largo de dicha diagonal del panel de mampostería.



**Ilustración 25.** Forma de aplicación de la carga al panel. Por doctor Walter Mera (2017).



**Ilustración 26.** Elemento metálico colocado en la acción y reacción de la carga diagonalmente. Elaboración propia.

La prueba conlleva una rotura de tipo frágil que caracteriza el mecanismo de colapso del panel de mampostería y debe realizarse mediante la aplicación de carga incrementada gradualmente a través del gato hidráulico (*Ilustración 27*) hasta el colapso del panel, de tal manera de investigar el valor más realístico de la resistencia última a cortante y de manera de calcular el valor de la rigidez tangencial (módulo G), en función del desarrollo de la fisuración o agrietamiento progresivo del panel.

El gato hidráulico puede alcanzar a aplicar 50 toneladas de carga con la ayuda del instrumento de la *Ilustración 28*.



**Ilustración 27.** Gato hidráulico. Elaboración propia.



**Ilustración 28.** Instrumento donde bombea presión mediante a una manguera para que el gato aplique carga. Elaboración propia.

## 4.2 Procedimiento previo antes del ensayo

Con la ayuda de un teclé y tres obreros se lleva los paneles hasta el pórtico donde se realiza el ensayo. (Véase *Ilustración 29*)



**Ilustración 29.** Ubicación del panel frente al pórtico. Elaboración propia.

Mediante el uso de un 2do teclé se engancha para atraer el panel hacia el pórtico hasta que tope el elemento metálico diseñado para la esquina de

reacción del panel y de ese punto levantar el panel en el pórtico. (Véase *Ilustración 30*)



**Ilustración 30.** Uso de un 2do tecele para la ubicación del panel en el pórtico. Elaboración propia.

Mediante un nivel se asegura que el panel este totalmente vertical y que su diagonal sin los elementos metálicos estén totalmente horizontal tal como se aprecia en la *Ilustración 31*.



**Ilustración 31.** Calibración del panel para el correcto ensayo. Elaboración propia.

Una vez totalmente calibrado el panel (*Ilustración 32*) se le da un poco de carga al gato hidráulico para que se estabilice y poder proceder con el ensayo. (Véase *Ilustración 33*)



**Ilustración 32.** Panel listo para el ensayo. Elaboración propia.



**Ilustración 33.** Bombeo de presión para aumentar la carga en el gato. Elaboración propia.

### 4.3 Resultados del ensayo

Los resultados de los 24 paneles están en la siguiente *Tabla* , donde las unidades están en toneladas y se aprecia los valores de la carga ultima con su desviación estándar y carga ultima promedio.

El significado de las abreviaciones trata sobre el tipo de bloque y el tipo de refuerzo, tal como se ve en la *Tabla* .

Las lecturas del nanómetro están en PSI, donde 10 mil PSI representa una carga de 40 toneladas aproximadamente, y por regla de 3 se convierte los resultados, pero para mayor precisión de conversión se debe tomar en cuenta otros detalles explicados a continuación. Los detalles de la conversión de la lectura se representa mediante una calibración del sistema hidráulico en función del lector que se usó un manómetro ENERPAC/0-1000PSI X 100 PSI SN #MP002CG y también está en función del equipo de calibración donde se trabajó con una prensa CONTROLS C47L4/ Ser. No. 99102662 Cap. 2000 Kn.

Una vez tomada en cuenta todos los factores que influyen en la lectura, se obtiene una ecuación de calibración, que transforma la carga de la lectura leída en psi a una carga real promedio en toneladas. (Véase *Ilustración 43* la respectiva distribución de esfuerzos)

#### ECUACIÓN DE CALIBRACIÓN

$$\text{CARGA REAL(ton)}=(\text{LECTURA(psi)}*0,04-3,4)* 0.101972$$

Esta ecuación tiene validez durante 1 año, ya que el equipo se debe someter a mantenimientos anuales para corregir cualquier imperfección por uso del mismo.

**Tabla 4.** Nomenclatura de las abreviaciones. Elaboración propia.

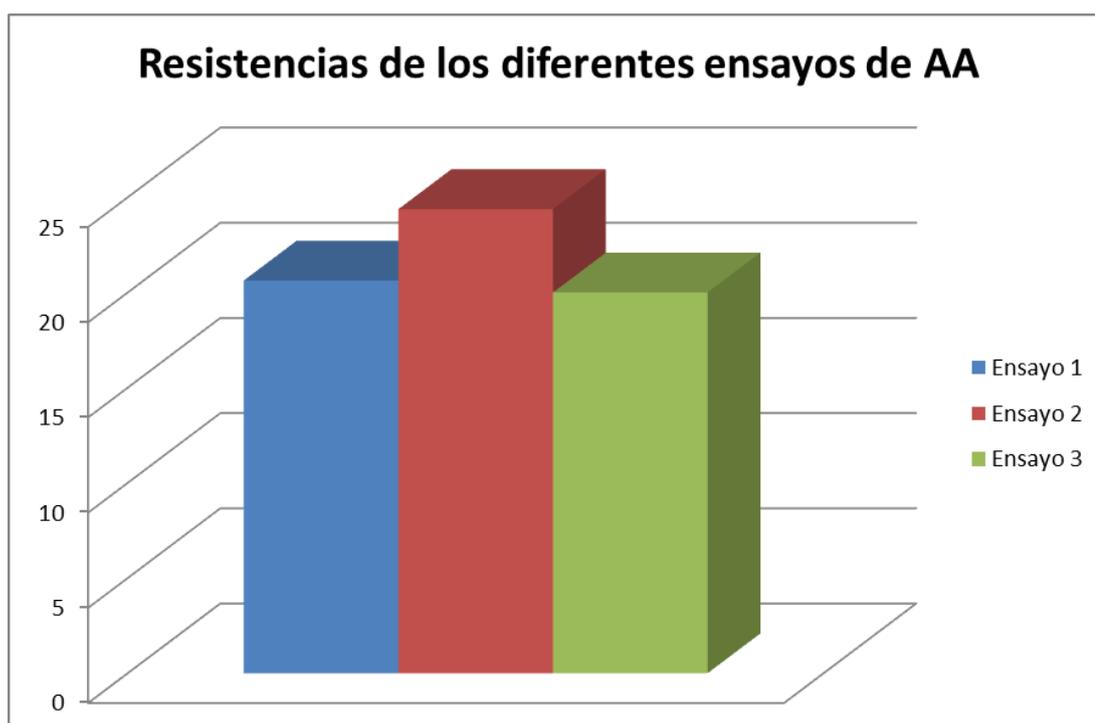
<b>AA</b>	Panel de bloque de arcilla sin malla
<b>AB</b>	Panel de bloque de arcilla con malla de fibra de basalto
<b>AV</b>	Panel de bloque de arcilla con malla de fibra de vidrio
<b>AS</b>	Panel de bloque de arcilla con malla de fibra de acero
<b>CC</b>	Panel de bloque de concreto sin malla
<b>CB</b>	Panel de bloque de concreto con malla de fibra de basalto
<b>CV</b>	Panel de bloque de concreto con malla de fibra de vidrio
<b>CS</b>	Panel de bloque de concreto con malla de fibra de acero

**Tabla 5.** Resultados de los ensayos a los 24 paneles. Elaboración propia.

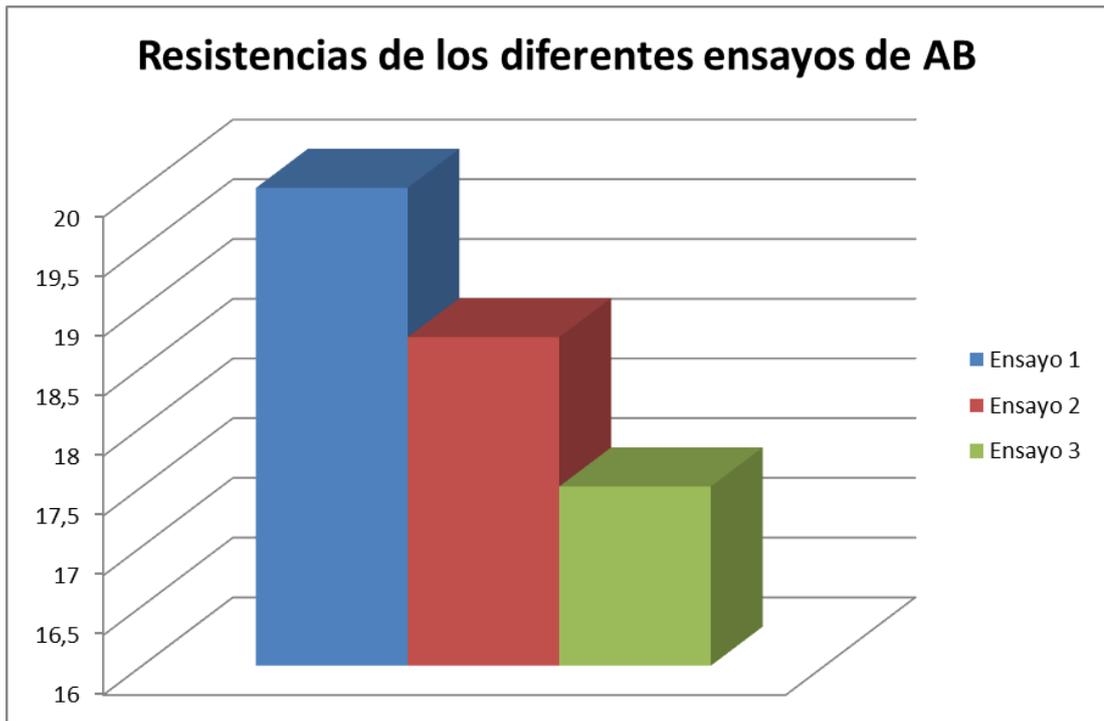
	AA	AB	AV	AS
<b>Ensayo 1</b>	20.625	20	21.25	18.125
<b>Ensayo 2</b>	24.375	18.75	18.75	18.75
<b>Ensayo 3</b>	20	17.5	18.125	18.125
<b>Desv. Est.</b>	2.36621181	1.25	1.65359457	0.36084392
<b>Promedio</b>	21.6666667	18.75	19.375	18.3333333

	CC	CB	CV	CS
<b>Ensayo 1</b>	18.75	22.5	18.75	25.625
<b>Ensayo 2</b>	22.5	21.25	21.25	21.875
<b>Ensayo 3</b>	20	20	22.5	22.5
<b>Desv. Est.</b>	1.90940654	1.25	1.90940654	2.00909391
<b>Promedio</b>	20.4166667	21.25	20.8333333	23.3333333

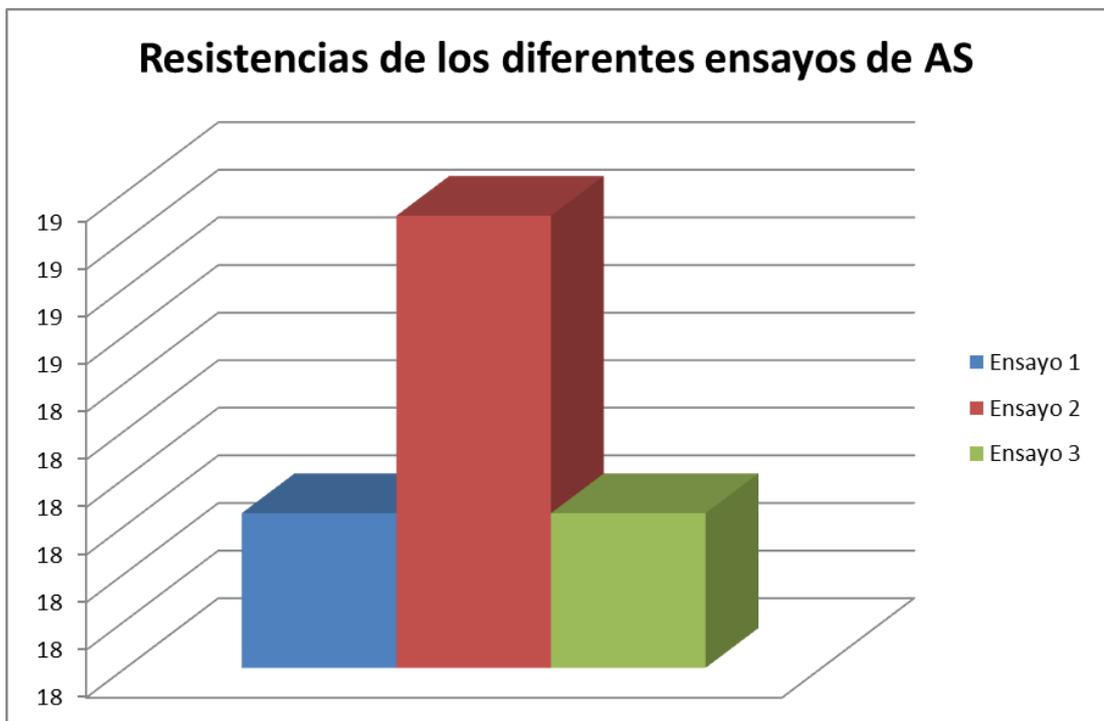
Ahora los resultados visualizados mediante graficas comparativas.



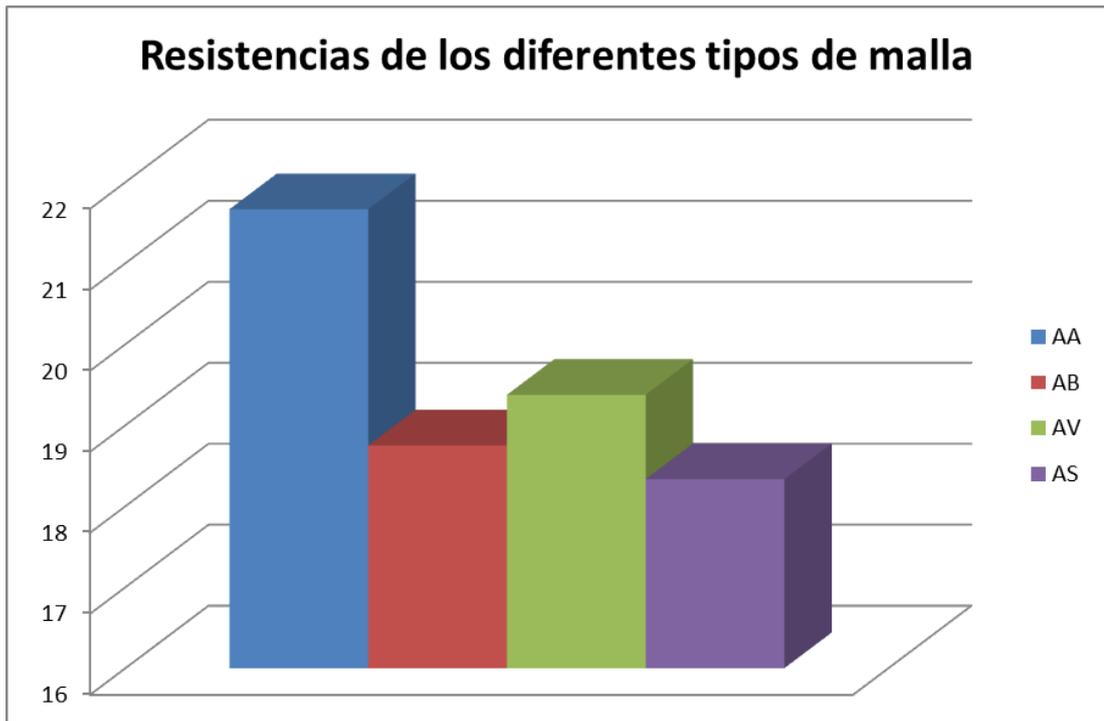
**Ilustración 34.** Comparación resistencias AA. Elaboración propia.



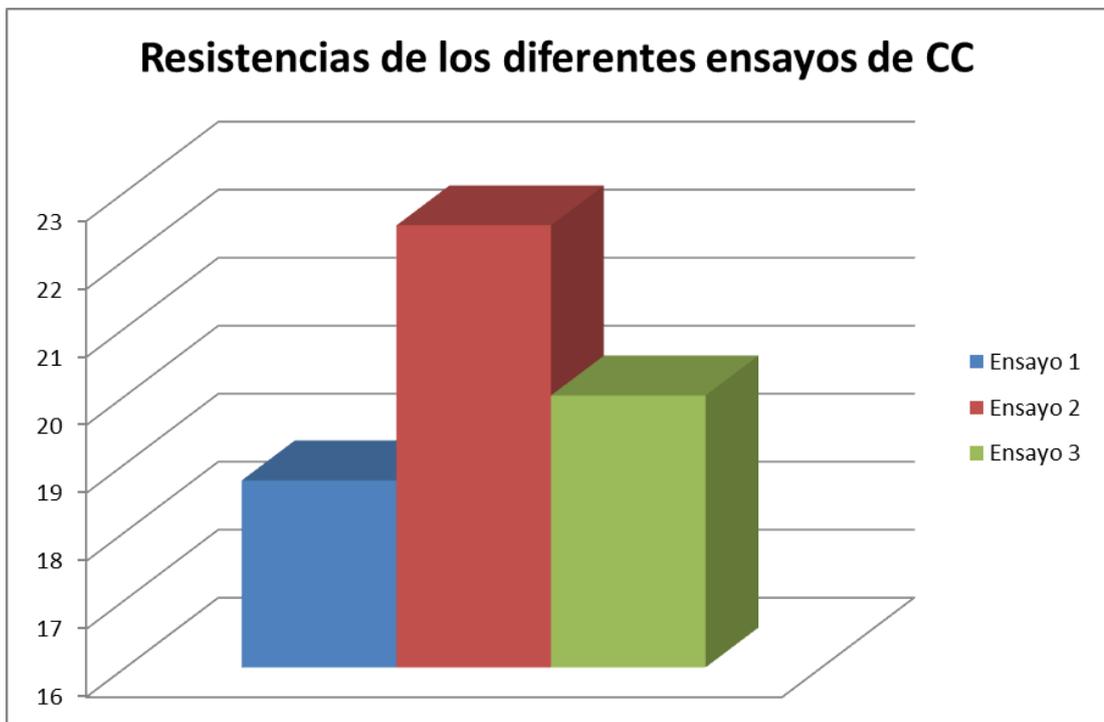
**Ilustración 35.** Comparación resistencias AB. Elaboración propia.



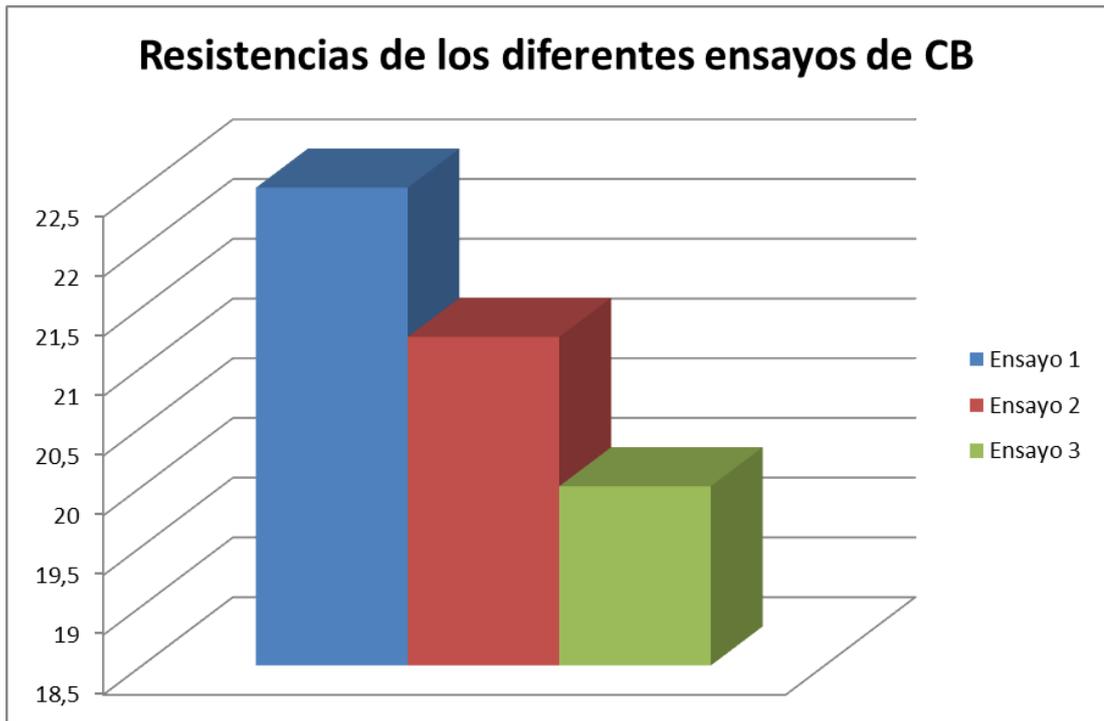
**Ilustración 36.** Comparación resistencias AB. Elaboración propia.



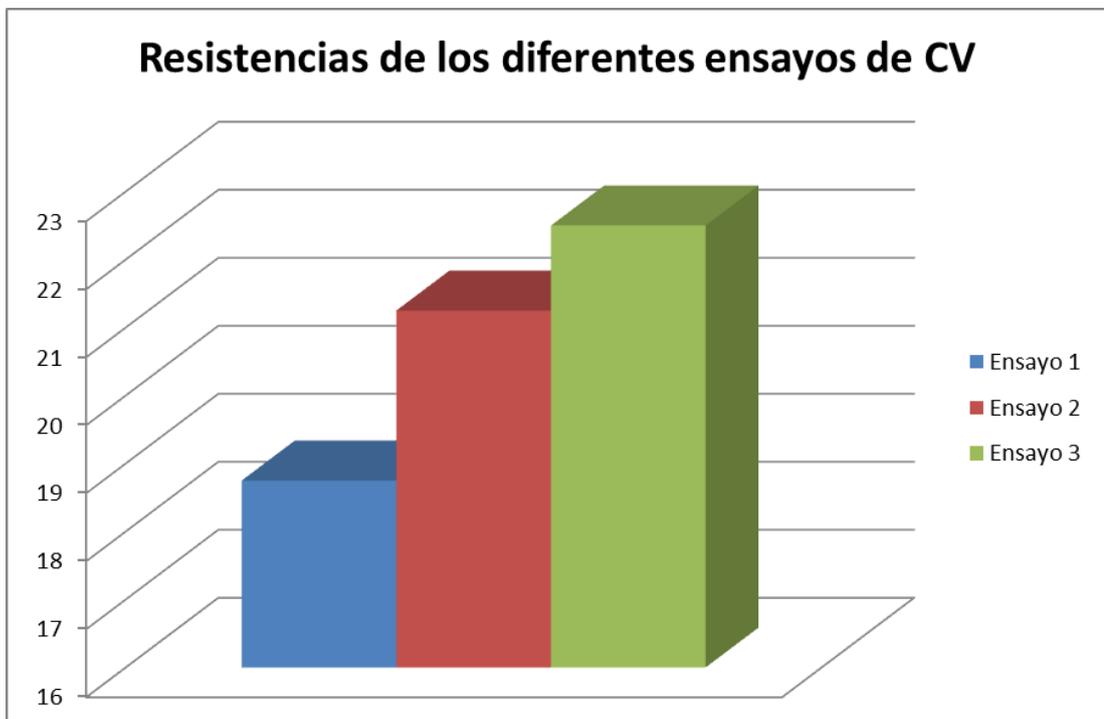
**Ilustración 37.** Comparación resistencias de tipos de malla. Elaboración propia.



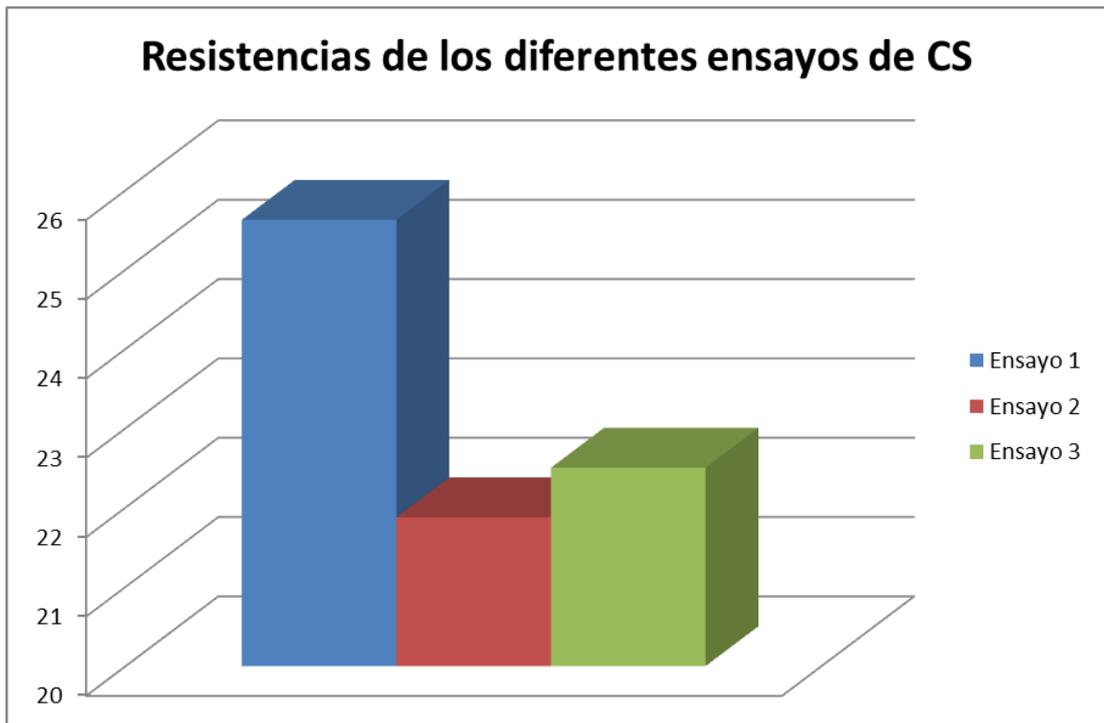
**Ilustración 38.** Comparación resistencias CC. Elaboración propia.



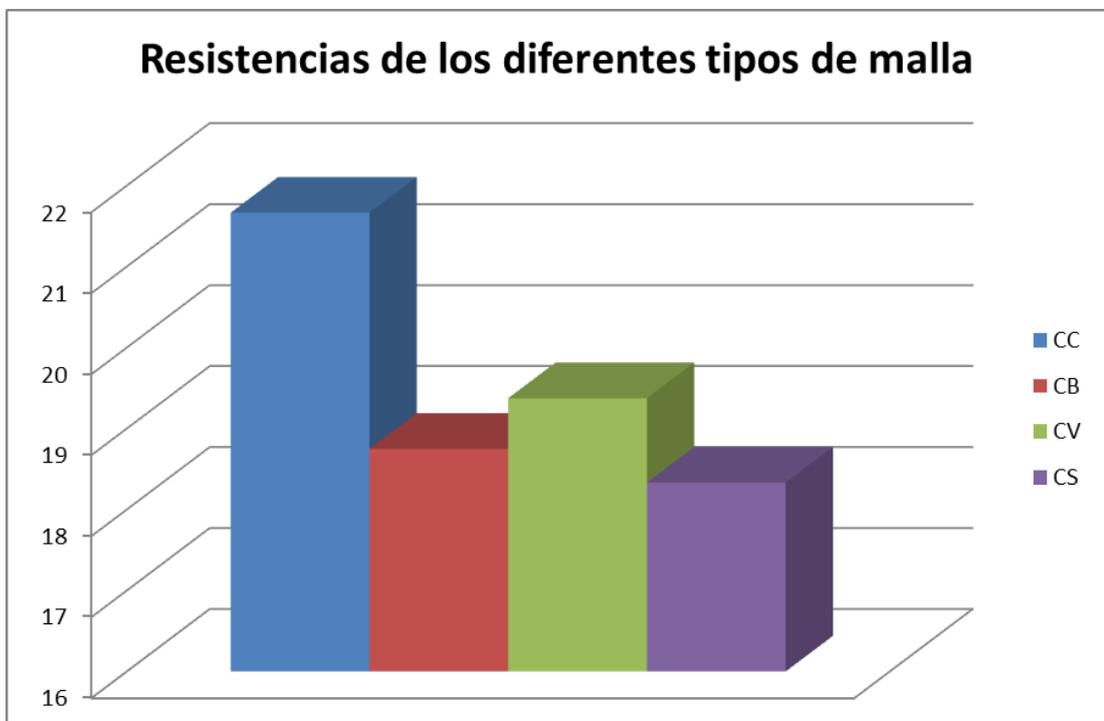
**Ilustración 39.** Comparación resistencias CB. Elaboración propia.



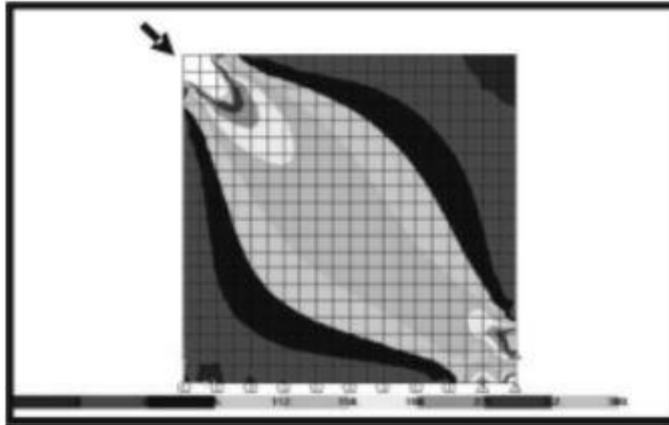
**Ilustración 40.** Comparación resistencias CB. Elaboración propia.



**Ilustración 41.** Comparación resistencias CS. Elaboración propia.



**Ilustración 42.** Comparación resistencias de tipos de malla. Elaboración propia.



**Ilustración 43.** Diagrama de esfuerzos SAP2000. Por Diego Fernando Paez (2006).

#### 4.4 Resistencia al corte

La resistencia al corte de los paneles ( $V'$ ) está en función de la carga de falla (carga última) y también depende del área neta del promedio de las diagonales del panel como lo especifica la norma (ASTM E519-81) en la que se rige este proyecto (M. Corradi \*, 2000). A continuación vemos la fórmula:

$$V' = 0.707 \times P_u / A_n \text{ Ecuación (1)}$$

Dónde:

$V'$ : Esfuerzo cortante aplicado en el área neta (Ton/m<sup>2</sup>)

$P_u$ : Carga última de falla (Ton)

$A_n$ : Área neta de la diagonal (m<sup>2</sup>)

$$A_n = (b+h) \times 0.5 \times t_n$$

Dónde:

$B$ : ancho del panel (m)

$H$ : altura del panel (m)

$T$ : espesor del panel (m)

$N$ : porcentaje de área que es sólida de la unidad, expresando en decimal

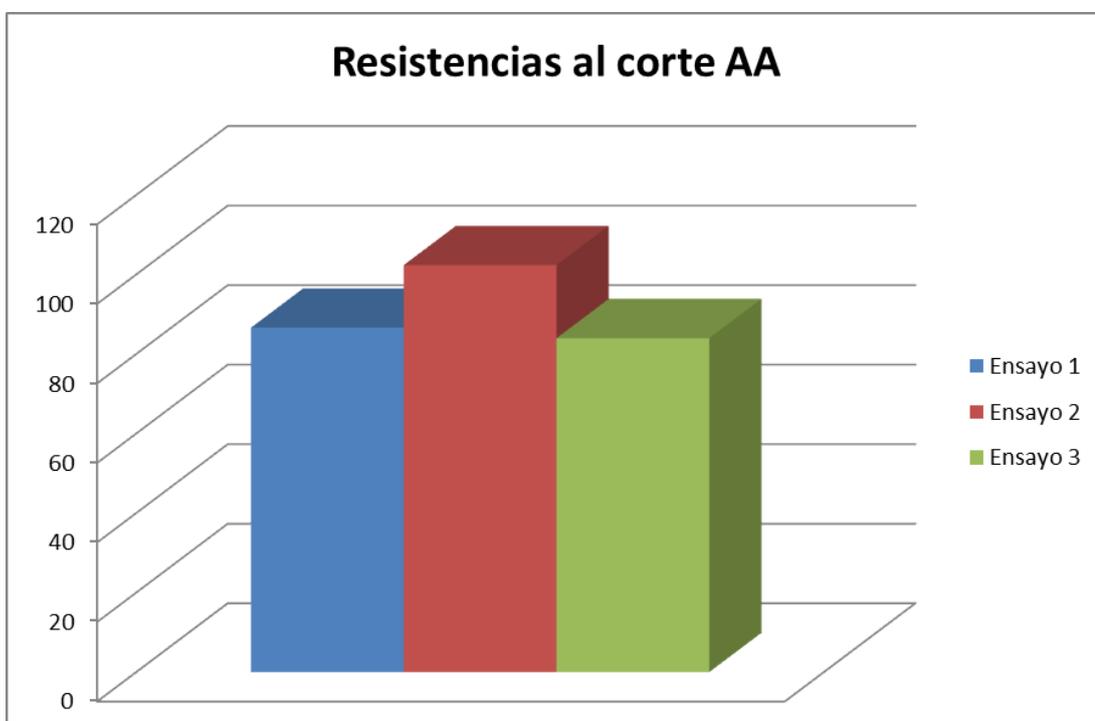
Estas fórmulas son estrictamente usadas para esta norma, pues hay otras formas de calcular la resistencia al cortante pero no son compatibles con la norma (M. Corradi \*, 2000).

En la *Tabla 6* se da a conocer los resultados de la fórmula en kg/cm<sup>2</sup>, usando un porcentaje de área sólida del 78%, con las desviaciones estándar y el esfuerzo promedio.

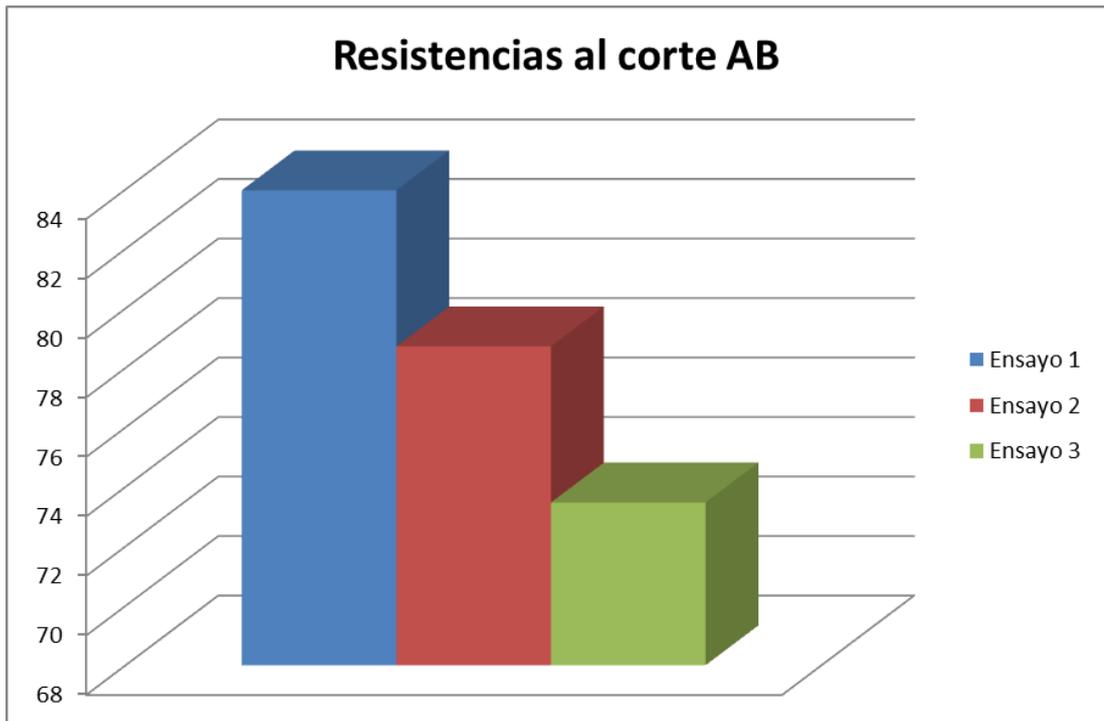
**Tabla 6.** Resultados de la resistencia al corte. Elaboración propia.

	AA	AB	AV	AS
<b>Ensayo 1</b>	86.5896783	83.9657486	89.2136079	76.0939597
<b>Ensayo 2</b>	102.333256	78.7178893	78.7178893	78.7178893
<b>Ensayo 3</b>	83.9657486	73.47003	76.0939597	76.0939597
<b>desv. Est.</b>	9.9340373	5.24785929	6.9422653	1.51492649
<b>Promedio</b>	90.9628943	78.7178893	81.341819	76.9686029

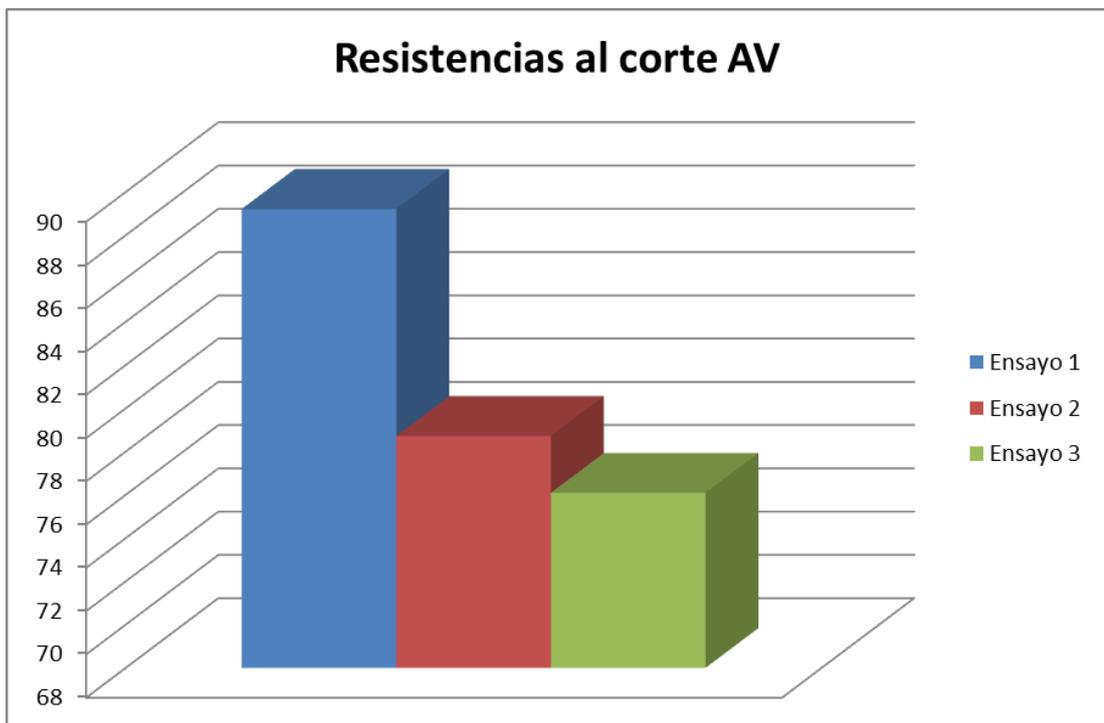
	CC	CB	CV	CS
<b>Ensayo 1</b>	78.7178893	94.4614672	78.7178893	107.581115
<b>Ensayo 2</b>	94.4614672	89.2136079	89.2136079	91.8375376
<b>Ensayo 3</b>	83.9657486	83.9657486	94.4614672	94.4614672
<b>desv. Est.</b>	8.01623748	5.24785929	8.01623748	8.4347537
<b>Promedio</b>	85.7150351	89.2136079	87.4643215	97.9600401



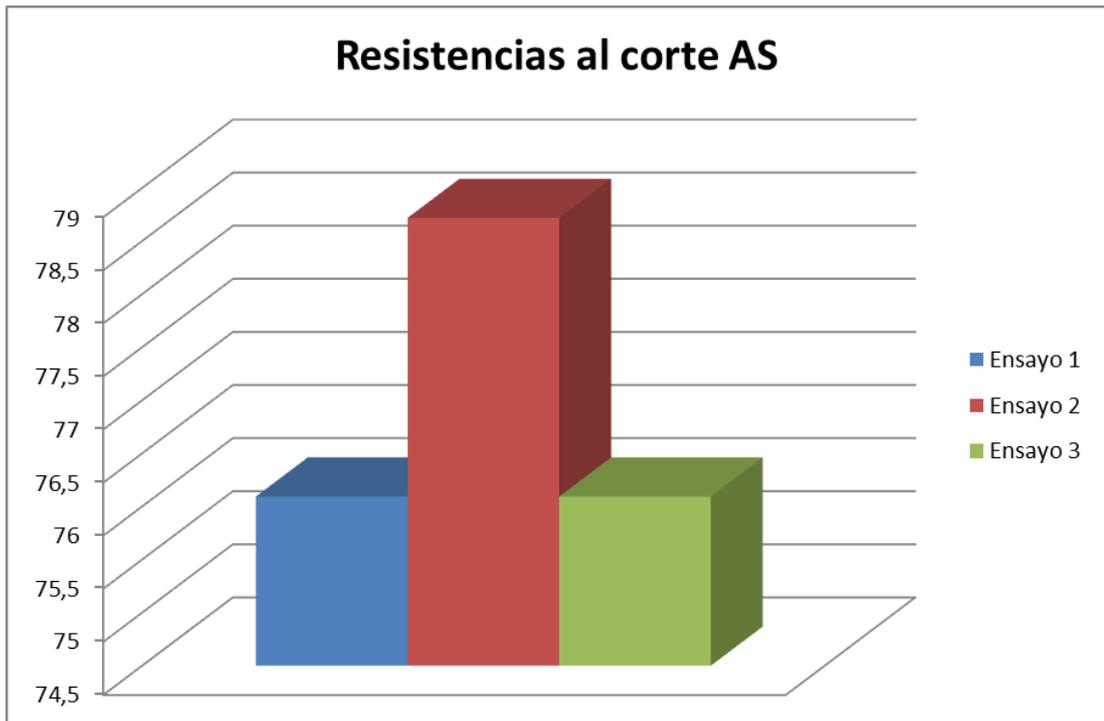
**Ilustración 44.** Resistencia al corte AA. Elaboración propia.



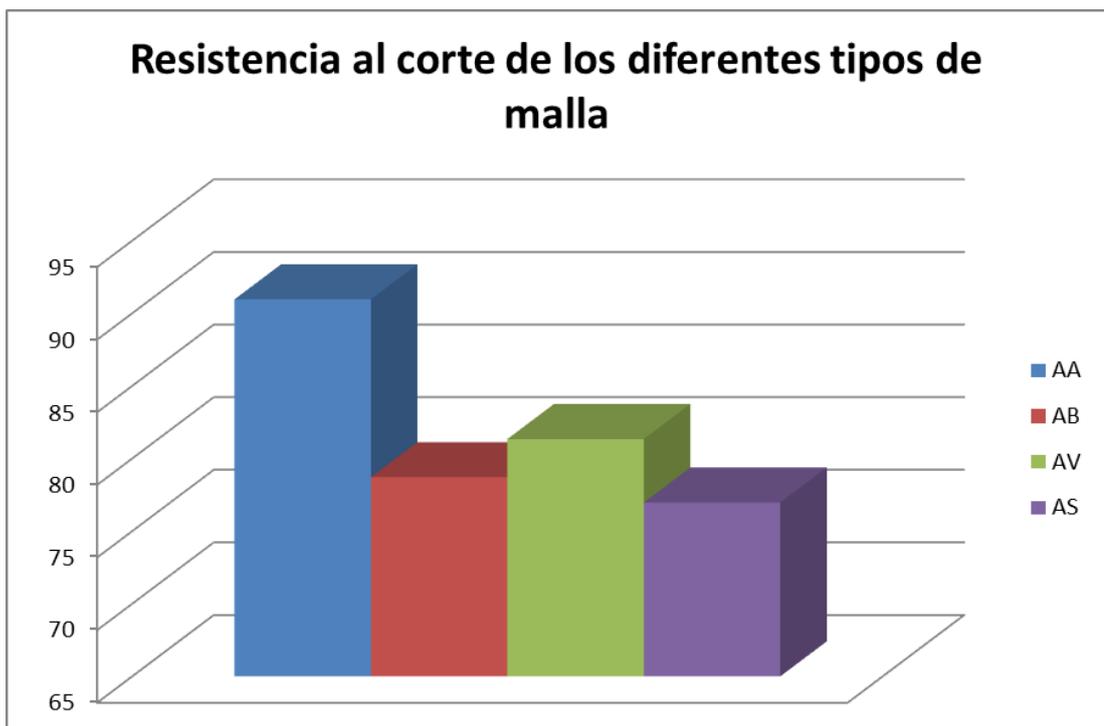
**Ilustración 45.** Resistencia al corte AB. Elaboración propia.



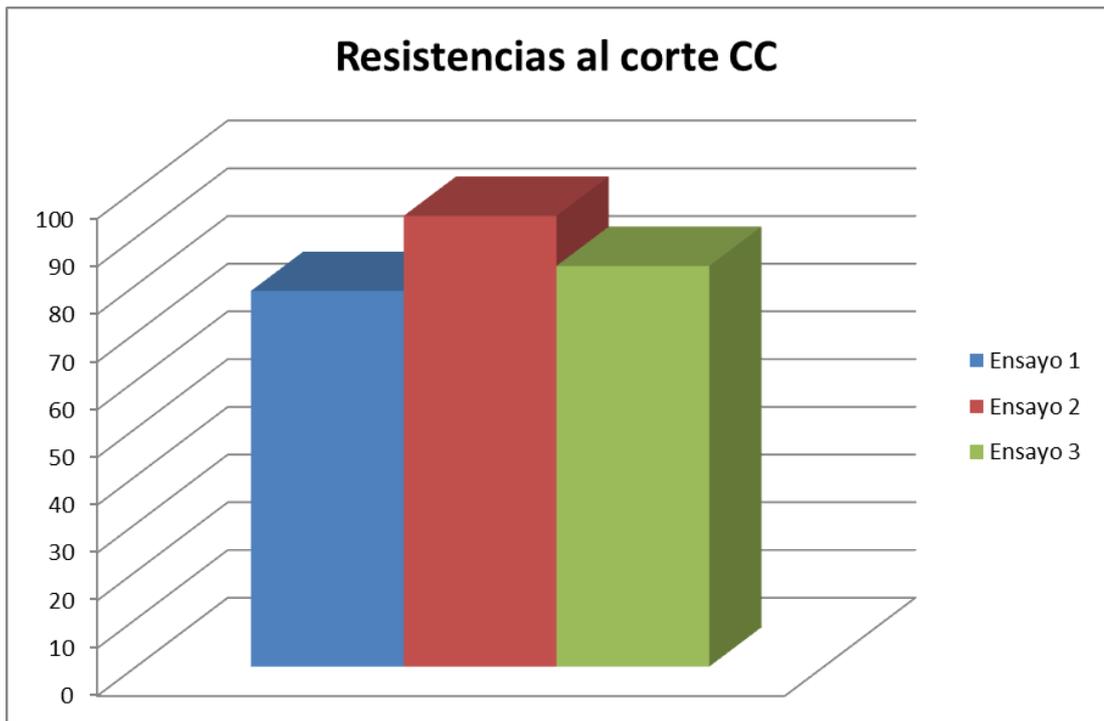
**Ilustración 46.** Resistencia al corte AV. Elaboración propia.



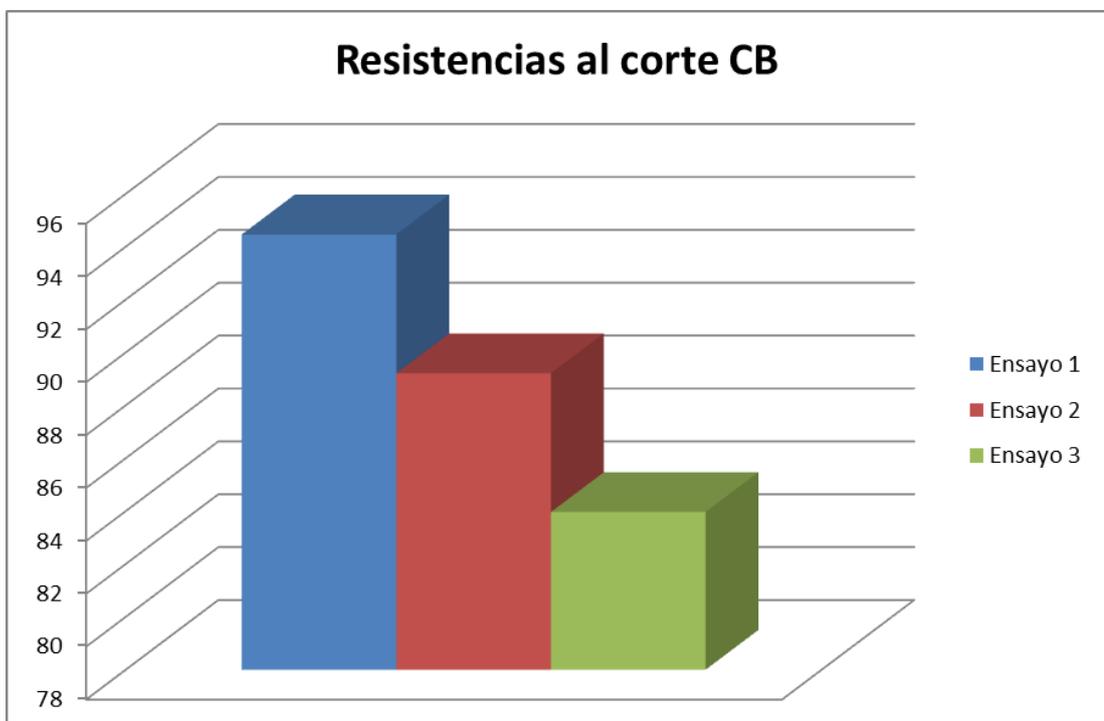
**Ilustración 47.** Resistencia al corte AV. Elaboración propia.



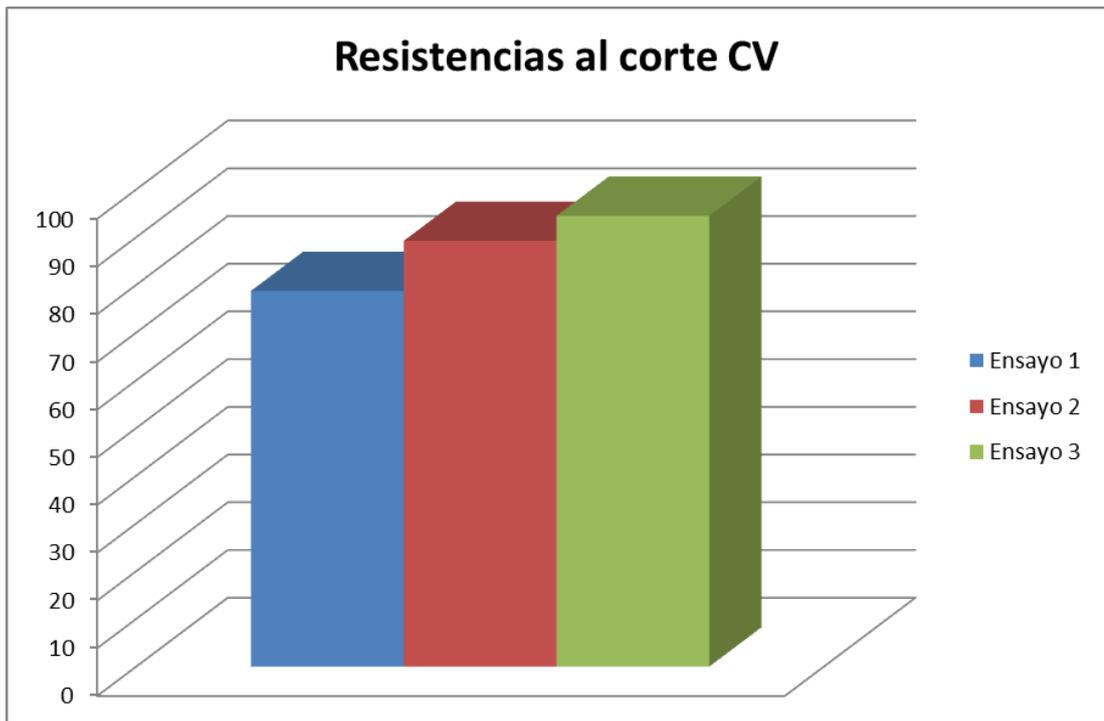
**Ilustración 48.** Comparación de Resistencia al corte de tipo de malla. Elaboración propia.



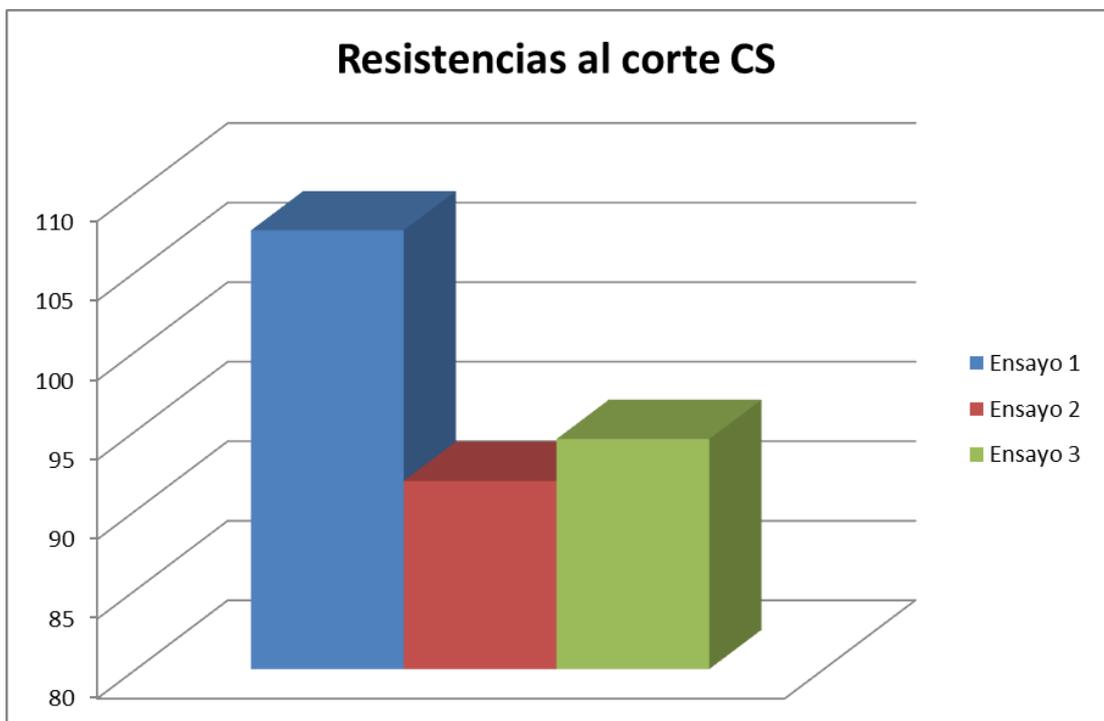
**Ilustración 49.** Resistencia al corte CC. Elaboración propia.



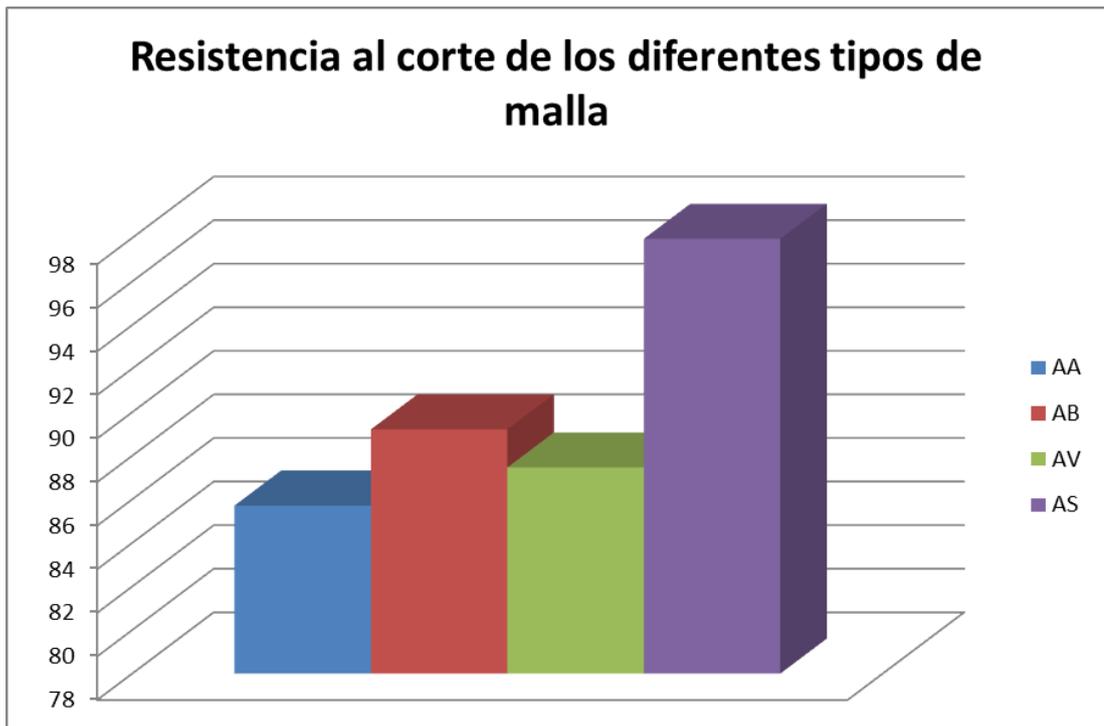
**Ilustración 50.** Resistencia al corte CB. Elaboración propia.



**Ilustración 51.** Resistencia al corte CV. Elaboración propia.



**Ilustración 52.** Resistencia al corte CS. Elaboración propia.



**Ilustración 53.** Comparación de Resistencia al corte de tipo de malla. Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Se pudo apreciar diversos comportamientos en función al tipo del bloque y del tipo del reforzamiento, donde el bloque de concreto tiende a deformarse más que el del arcilla, liberando más carga que el del arcilla que su falla es inmediata y frágil.

El refuerzo de las mallas no aumenta a la resistencia al corte notablemente pero su forma de falla permite liberar gran cantidad de carga antes del total colapso si es que llega a colapsar todo el sistema.

La desviación estándar estuvo entre 9 a 1 kg/cm<sup>2</sup>, generalizándola en todos los 24 paneles debido a que la variación de la resistencia no fue drástica.

En los ensayos se notó que los paneles que tenían la malla de basalto cedían más provocando una grieta de esquina a esquina, pero no había falla frágil.

En los paneles de malla de vidrio tuvieron diferentes comportamientos según el tipo de bloque, para los de concreto fallaba las esquinas (*Ilustración 55*) pero para los de arcilla se notaba una fisura en la diagonal (véase *Ilustración 57 e Ilustración 59*).

Para los paneles de malla de acero, el comportamiento fue muy similar en los dos tipos de bloques, deformación en las esquinas llegando a 76kg/cm<sup>2</sup> en arcilla (*Ilustración 58*) y 97kg/cm<sup>2</sup> en concreto. (Véase *Ilustración 56*)

Para los paneles sin malla, su falla era frágil, un colapso inmediato del panel tal como se ve en la *Ilustración 54*.

## REFERENCIAS

M. Corradi \*, A. B. (2000). *Experimental study on the determination of strength of masonry walls*. Italia: ELSIVIER.

Páez-M\*, D. F. (2006). COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA BAJO ESFUERZOS CORTANTES DEBIDO A EFECTOS SÍSMICOS. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 103.

## ANEXOS



**Ilustración 54.** Falla frágil AA. Elaboración propia.



**Ilustración 55.** Falla en la esquina AV. Elaboración propia.



**Ilustración 56.** Falla esquina AS. Elaboración propia.



**Ilustración 57.** Falla diagonal CB. Elaboración propia.



**Ilustración 58.** Falla en la esquina CS. Elaboración propia.



**Ilustración 59.** Falla esquina AV. Elaboración propia.



## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Douglas Isaac, Dillon Mendieta**, con C.C: # **0930459839** autor del trabajo de titulación: **Investigación experimental sobre paneles de mampostería sismo resistentes** 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, 18 de Septiembre de 2017

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

Nombre: **Douglas Isaac, Dillon Mendieta**



C.C: 0930459839

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Investigación experimental sobre paneles de mampostería sismo resistentes		
<b>AUTOR(ES)</b>	Douglas Isaac, Dillon Mendieta		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Luis Octavio Yépez Roca		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	18 de Septiembre del 2017	No. DE PÁGINAS:	43
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sismo resistencia, mampostería, Sísmica		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	PANELES DE MAMPOSTERÍA; MORTERO CEMENTICIO; MALLAS; PRUEBAS EXPERIMENTALES; BLOQUE DE CONCRETO; BLOQUE DE ARCILLA; EVENTO SÍSMICO; COMPRESIÓN DIAGONAL SIMPLE.		
<p><b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> Uno de los graves problemas de los edificios de grandes alturas ante algún evento sísmico, son los paneles de mampostería, que por su diseño tradicional no es compatible con la parte estructural de un edificio, provocando las fisuras o hasta el colapso de dichas paredes.</p> <p>Trabajando con paneles tradicionales tanto en medida de bloque y tipo de bloque (concreto y arcilla) y mortero cementicio, reforzando con tres diferentes tipos de malla de fibra (basalto, vidrio y acero) se experimentará y analizará el comportamiento mediante ensayos de compresión diagonal simple en el laboratorio, y así se espera que el comportamiento de falla pase de ser frágil a un comportamiento dúctil.</p> <p>Las pruebas de compresión diagonal tienen el objetivo de determinar la resistencia y la rigidez al cortante de los paneles de mampostería. La prueba en laboratorio está codificada por la norma ASTM E 519-81, y es ejecutada generalmente en paneles de forma cuadrada de dimensiones aproximadas de 120 x 120 cms y de espesor de 15 cm aproximadamente dependiendo del tipo de bloque utilizado.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593986292562	<b>E-mail:</b> isaacdillon@hotmail.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>			