

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**“Optimización del Diseño Estructural: Muros de
mampostería con unidades de ladrillo de barro cocido de
menor espesor”**

Trabajo de graduación presentado por
Gabriel Obiols Gordillo
para optar al grado académico de Licenciado de Ingeniería Civil

Guatemala
2016

**“Optimización del Diseño Estructural: Muros de
mampostería con unidades de ladrillo de barro cocido de
menor espesor”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería




**“Optimización del Diseño Estructural: Muros de
mampostería con unidades de ladrillo de barro cocido de
menor espesor”**

Trabajo de graduación presentado por
Gabriel Obiols Gordillo
para optar al grado académico de Licenciado de Ingeniería Civil

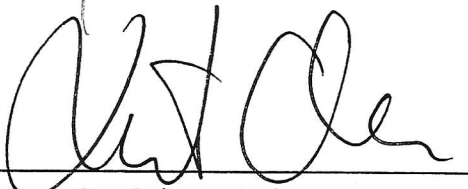
Guatemala
2016

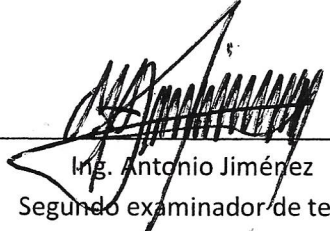
Vo. Bo. :

a) 
Ing. Luis Díaz Coto
Asesor de Tesis

Tribunal Examinador:

b) 
Ing. Luis Díaz Coto
Asesor de Tesis

c) 
Ing. Roberto Godo
Director del departamento Ingeniería Civil

d) 
Ing. Antonio Jiménez
Segundo examinador de terna

Fecha de Aprobación: Guatemala 12 de Diciembre del 2016. ✓

ÍNDICE

LISTADO DE TABLAS	vii
LISTADO DE ILUSTRACIONES E IMÁGENES	viii
LISTADO DE GRÁFICAS	x
RESUMEN	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Generales	2
2.2. Específicos	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. MARCO TEORICO.	4
4.1. ANTECEDENTES	4
4.1.1. Historia de la mampostería con ladrillo de barro cocido	4
4.1.2. Mampostería de arcilla	4
4.1.3. Mampostería de silicato de calcio	5
4.1.4. Mampostería de ladrillo en Guatemala	5
4.2. CÓDIGOS DE DISEÑO.	6
4.2.1. Ladrillo de barro cocido.	6
4.2.2. Los morteros.	6
4.2.3. Graut.	8
4.2.4. Mortero de relleno.	9
4.2.5. Resistencia a compresión de la mampostería.	10
4.2.6. Prismas de ensayo	10
4.2.7. Curado de los prismas.	11
4.2.8. Valor de resistencia f'_m basado en la calidad de los materiales.	11
4.2.9. Módulo de elasticidad.	12
4.2.10. Cimentación	13
4.2.11. Soleras.	14
4.2.12. Refuerzo vertical.	15
4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO	17
4.3.1. Determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto NTG 41055 h1.	17
4.3.2. Método de Ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería NTG 41051 h2	18

4.3.3. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico ASTM C109	18
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS	19
5.1. Descripción del proceso.....	21
5.1.1. Mortero.....	21
5.1.1.1. Realización de la mezcla:	21
5.1.1.2. Determinación de la resistencia última a compresión y a tensión: ...	23
5.1.1.3. Cálculos y resultados	23
5.1.2. Graut.....	25
5.1.2.1. Realización de la mezcla:	25
5.1.2.2. Determinación de la resistencia última a compresión:	27
5.1.2.3. Cálculos y resultados	28
5.1.3. Unidades de ladrillo de barro cocido	28
5.1.3.1. Determinación del proceso de absorción:	28
5.1.3.2. Determinación de las áreas:	29
5.1.3.3. Determinación de la resistencia última a compresión:	30
5.1.3.4. Cálculos y resultados	31
5.1.3.5. Prismas.....	35
5.1.3.5.1. Materiales y métodos	35
5.1.3.5.2. Resultados	39
5.1.3.5.3. Discusión	42
5.2. DISEÑO DE UNA VIVIENDA.....	43
5.2.1. Modelo propuesto	43
5.2.2. Definición de las cargas	44
5.2.3. Análisis de la vivienda.....	44
5.2.4. Diseño de la vivienda.....	46
5.3. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL USO DEL LADRILLO	47
5.4. COMPARACIÓN BLOCK DE CONCRETO CON LADRILLO.....	48
6. CONCLUSIONES.....	49
7. RECOMENDACIONES	51
8. BIBLIOGRAFÍA.....	53
9. ANEXOS.....	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla No. 1 Unidades de prismas.....	11
Tabla No. 2 Cantidad de material para la mezcla.....	23
Tabla No. 3 Pruebas de compresión y tensión mortero 0% CAL (Mortero No. 1).....	24
Tabla No. 4 Pruebas de compresión y tensión mortero 25% CAL (Mortero No.2).....	24
Tabla No. 5 Pruebas de compresión y tensión mortero 50% CAL (Mortero No.3).....	24
Tabla No. 6 Resumen prueba a compresión del mortero.	24
Tabla No. 7 Resumen prueba a tensión del mortero.	25
Tabla No. 8 Cantidad de material para la mezcla.....	28
Tabla No. 9 Prueba de compresión graut.	28
Tabla No. 10 Resumen prueba de compresión graut.....	28
Tabla No. 11 Determinación área bruta ladrillo de (14) muestra saturada.....	31
Tabla No. 12 Determinación área neta ladrillo de (14) muestra saturada.	32
Tabla No. 13 Prueba a compresión ladrillo de (14) muestra saturada.....	32
Tabla No. 14 Prueba a compresión ladrillo de (14) muestra seca.	32
Tabla No. 15 Resumen prueba a compresión ladrillo de (14).....	33
Tabla No. 16 Determinación área bruta ladrillo de (11) muestra saturada.....	33
Tabla No. 17 Determinación área neta ladrillo de (11) muestra saturada.	33
Tabla No. 18 Prueba a compresión ladrillo de (11) muestra saturada.....	33
Tabla No. 19 Prueba a compresión ladrillo de (11) muestra seca.	34
Tabla No. 20 Resumen prueba a compresión ladrillo de (11).....	34
Tabla No. 21 Elaboración propia número de ensayos a realizar.	36
Tabla No. 22 Factores de corrección empleados.....	37
Tabla No. 23 Valores de $f'm$	40
Tabla No. 24 Valores de las mezclas de compresión.	41
Tabla No. 25 Áreas de la sección transversal de los dos tipos de ladrillo.....	42
Tabla No. 26 Datos generales para los modelos:	47
Tabla No. 27 Factores de diseño para especificaciones generales.	47

LISTADO DE ILUSTRACIONES E IMÁGENES

Ilustración No. 1 Proporciones del mortero por volumen.	7
Ilustración No. 2 Tipo de mortero según unidad de block.	8
Ilustración No. 3 Unidades de prismas.	11
Ilustración No. 4 Resumen de dimensiones de cimientos en viviendas.	14
Ilustración No. 5 Acero de refuerzo mínimo para soleras.	15
Ilustración No. 6 Refuerzo vertical mínimo para edificaciones de dos niveles.	16
Ilustración No. 7 Separación máxima entre refuerzos verticales con refuerzo mínimo.	16
Ilustración No. 8 Prismas de mampostería.	35
Ilustración No. 9 Factores de corrección para muestras de ladrillo de barro cocido.	37
Ilustración No. 10 Resistencia a compresión de los bloques de concreto.	48
Imagen No. 1 Compresora Forney capacidad 260,000 lbs.	17
Imagen No. 2 Marco de pruebas UVG.	18
Imagen No. 3 Maquina Universal Versa Tester capacidad 60,000 Lbs.	19
Imagen No. 4 Medición de los pesos de los materiales.	22
Imagen No. 5 Mezcla con un 25% de Cal	22
Imagen No. 6 Mezcla con un 50% de Cal	22
Imagen No. 7 Tamiz # 8 con arena fina.	22
Imagen No. 8 Mezcla de mortero.	22
Imagen No. 9 Hechura de cubos y briquetas.	22
Imagen No. 10 Muestras listas para los ensayos de tensión y compresión.	23
Imagen No. 11 Cantidad de cemento.	26
Imagen No. 12 Cantidad de arena fina.	26
Imagen No. 13 Ensayo de cono de abrams.	26
Imagen No. 14 Hechura de los cilindros de Graut.	27
Imagen No. 15 Cilindros de Graut.	27
Imagen No. 16 Cilindro 1.	27
Imagen No. 17 Cilindro 2.	27
Imagen No. 18 Cilindro 3.	27
Imagen No. 19 Muestras de ladrillos en proceso de saturación.	29

Imagen No. 20 Medición de alturas del nivel de agua para determinar el área.....	30
Imagen No. 21 Ladrillo antes de ser ensayado.....	31
Imagen No. 22 Ladrillo en proceso de ensayado.....	31
Imagen No. 23 Ladrillo luego de haberse ensayado.....	31
Imagen No. 24 Ladrillo luego de haberse ensayado.....	31
Imagen No. 25 Ensayo a compresión del prisma máquina universal versa tester.....	36

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1 Resultados de los prismas sujetos a compresión.....	39
Gráfica No. 2 Resultados de las mezclas sujetas a compresión.....	40
Gráfica No. 3 Resultados de las unidades sujetas a compresión área bruta.....	41
Gráfica No. 4 Resultados de las unidades sujetas a compresión área neta.....	42

RESUMEN

El proyecto se enfoca a la evaluación del comportamiento estructural de los muros de mampostería utilizando ladrillos con unidades de menor tamaño, como una alternativa para pequeñas construcciones, en vez de la utilización del block de concreto.

Como la mayor demanda de carga en una estructura convencional de concreto se debe a su propio peso, la investigación se enfoca a viviendas de uno o dos niveles que además utilicen entrepisos y techos livianos.

Para realizar el proyecto de investigación se desarrolló el marco teórico, determinando las solicitaciones de cargas promedio para una construcción con entrepisos y techos livianos, se desarrolló un modelo matemático utilizando la herramienta Mathcad™ tomando en cuenta la configuración de los muros de mampostería, evaluando y determinando la resistencia de los bloques por unidad, fabricando y ensayando prismas de mampostería con celdas vacías y parcialmente llenas. Se interpretaron los resultados y confrontaron pruebas de laboratorio con la teoría, realizando las correcciones eventuales del modelo teórico.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en Guatemala está dirigido principalmente a la utilización de mampostería de viviendas de uno o dos niveles. Muchas constructoras utilizan el ladrillo como material para realizar fachadas o elementos no estructurales, es decir, decorativos. Sin embargo, es importante conocer las propiedades del ladrillo, ya que este mismo se puede utilizar también como un elemento estructural debido a sus propiedades mecánicas benéficas para la resistencia de estructuras.

El trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar y proponer una configuración estructural utilizando muros de ladrillo con espesores de 14 cm y 11 cm, como una alternativa técnicamente viable a la construcción con blocks de concreto.

Para el presente trabajo se desarrollaron varios ensayos de laboratorio para lograr determinar las propiedades mecánicas de una unidad de ladrillo de 14 cm y 11 cm de espesor. Se determinó la resistencia a la compresión y tensión de los morteros, la resistencia de compresión del graut, la resistencia a compresión de las unidades y la resistencia a la compresión de los prismas.

Considerando las unidades de mampostería se procedió a la elaboración de los prismas, la fabricación y ensayo de los prismas se realizó según la normativa COGUANOR NTG 41051 h2 “Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería”. De acuerdo a la normativa los prismas se elaboraron con una altura de 2 unidades con lo cual se obtuvo un total de 39cm de altura. Debido a que se quería analizar el comportamiento de los prismas al contener en las celdas graut, se elaboraron prismas con graut parcial. No se llenaron completas las celdas debido a que en este caso excedería la capacidad del equipo de laboratorio y no se llegaría el elemento a la fractura.

Por consiguiente, se propuso un modelo de una vivienda de dos niveles para ejemplificar el diseño tradicional de muro de 14 cm de espesor, con la demostración utilizando ladrillo de menor espesor 11 cm. Para analizar de una mejor manera la distribución de los muros se diseñó una hoja de cálculo para el análisis de la distribución de los muros y un diseño para conocer el tipo de refuerzo de cada muro para resistir las combinaciones de carga, tanto gravitacionales como sísmicas y a partir de eso, diseñar los muros de la vivienda propuesta.

2. OBJETIVOS

2.1. Generales

Proponer una configuración estructural utilizando muros de ladrillo de menor espesor, como una alternativa técnicamente viable al block de concreto.

2.2. Específicos

- Desarrollar un modelo matemático para calcular la resistencia de los muros de mampostería tomando en cuenta los efectos de esbeltez, para cubrir una variedad de casas de uno y dos niveles.
- Realizar ensayos de las unidades de mampostería para determinar las características mecánicas del material.
- Realizar prismas de ensayos utilizando celdas vacías y celdas parcialmente llenas obteniendo resultados de resistencia en el plano y a cortante; con base en los resultados obtenidos de estas pruebas se verificará la variación de resistencia de los muros.
- Interpretar de los resultados para una aplicación práctica sobre la esbeltez del muro.

3. JUSTIFICACIÓN

Guatemala necesita un cambio en los sistemas constructivos para viviendas, dejando atrás los sistemas convencionales de losas de concreto y muros de mampostería con blocks de concreto.

El uso de la madera para elementos estructurales en la construcción es común en países desarrollados porque no solo es un material renovable sino que además tiene el beneficio de ser un material con resistencias altas en relación con su bajo peso. Utilizar madera para entresijos y techos es una alternativa interesante porque reduce los costos de fabricación. Principalmente a nivel estructural reduce las cargas de diseño, si se compara con una losa tradicional de concreto que el 50% de su capacidad la debe utilizar en soportar su propio peso, con la madera ese porcentaje puede ser reducido a tan solo un 10%.

Muy poco se ha investigado en Guatemala con los ladrillos cocidos y los factores de esbeltez han sido propuestos para unidades vacías con blocks de concreto. Por lo que es necesario desarrollar modelos matemáticos que demuestren la diferencia entre los muros de ladrillo cocido y los blocks de concreto. Con los ensayos de los prismas se comprobará el incremento de resistencia y relación con respecto a los muros de block de concreto.

Se debe proponer en Guatemala, el ladrillo no solamente con criterios arquitectónicos pero también con criterios de resistencia. Así mismo, se debe promover más el uso de materiales ecológicos de baja huella de carbono.

Para la realización de ensayos con ladrillo ayudaría a establecer una nueva normativa en Guatemala.

4. MARCO TEÓRICO.

4.1. ANTECEDENTES

4.1.1. *Historia de la mampostería con ladrillo de barro cocido*¹. El desarrollo de las estructuras de la mampostería a través de la historia ha sido limitado por los siguientes factores, la disponibilidad de los materiales, las habilidades del constructor, el planteamiento empleado en el diseño y los costos de la construcción. En la actualidad el factor más influyente es el costo de la construcción, ya que es un limitante de las estructuras de mampostería.

A lo largo de la historia se han utilizado varios componentes para la mampostería. Con el paso de los años, se han desarrollado varias formas de su fabricación. Su colocación a la hora de la construcción sigue siendo manual. Esto limita varios factores, entre ellos el tiempo, haciendo de este proceso más caro. En la antigüedad las personas experimentaban en sus construcciones con el propósito de satisfacer sus necesidades de supervivencia. En ese entonces no se tomaba en cuenta los principios para estabilizar las estructuras sobre todo en las fuerzas de mucho viento y sismos. Hasta en la actualidad se desarrollaron varias normativas y reglamentos que se deben de tomar en cuenta en el diseño de una estructura con el objetivo de proporcionar una mayor seguridad a las personas.

4.1.2. *Mampostería de arcilla*. El uso de ladrillos de arcilla en las construcciones se inició hace más de 10,000 años. Los ladrillos secados al sol fueron utilizados en las ciudades de Babilonia, Egipto, España, las reservaciones indias de Estados Unidos, Centroamérica y Sudamérica.

Los bloques eran formados por barro que provenían de las canteras y para que los bloques mantuvieran su forma se les agregaba paja en la mezcla, lo que se conoce como adobe. La terminación proviene del árabe “atob” que significa ladrillo secado al sol. El proceso de fabricación de ladrillos en Europa tomaba un largo tiempo, ya que se necesitaba que los ladrillos estuvieran debajo del sol por lo menos cinco años antes de su utilización en las construcciones. Luego se notó que las unidades

¹ANÓNIMO. *Mampostería Antigua*. [ENLÍNEA][CONSULTADO 7 DE AGOSTO DEL 2016]. Disponible en: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080095009/1080095009_02.pdf

que se secaban al sol poseían mejores propiedades de resistencia. Por lo que fue necesario modernizar esta práctica a lo que hoy se conoce como el proceso de cocido de las unidades en un horno con fuego, luego de un pre secado.

La primera máquina para fabricar ladrillos fue inventada y patentada en 1619. Sin embargo, la producción mecanizada de los ladrillos inicio hasta 1858 con la introducción del horno “Hoffmankiln”, el cual aceleraba su producción. En la actualidad la producción del ladrillo está altamente mecanizada y puede realizarse en menos de una semana.

En la actualidad para zonas sísmicas se exige que las unidades sean de barro cocido, para garantizar el mejor comportamiento de los muros de mampostería de ladrillo.

4.1.3. Mampostería de silicato de calcio. En el pasado los ladrillos de silicato de calcio se hacían moldeando al mortero de limo en forma de ladrillo y permitiendo que se secase al sol. En 1866 en Estados Unidos se introdujo el vapor, esto aceleró el proceso de producción. Sin embargo, seguía siendo lento. En 1894 en Alemania se utilizó por primera vez la presión del vapor para el curado de las unidades de silicato de calcio. El resultado fue una producción más rápida de unidades modernas de mampostería de silicato de calcio.

4.1.4. Mampostería de ladrillo en Guatemala. “En la época de la colonia, en Guatemala se utilizó el ladrillo a gran escala. Después de los distinguidos terremotos de 1917 y 1976 hasta nuestros días se ha incrementado enormemente su uso. Dentro de la industria ladrillera se pueden mencionar los siguientes antecedentes:

- En 1956 se fundó INMACO, la primera ladrillera que utilizó máquinas de alta tecnología y de gran producción. Lo cual, ayudó a mejorar la calidad de este producto en el país.
- En 1961 fue fundada la empresa Ladrillera las cruces por el señor Francisco Montenegro Girón. La empresa funcionó varios años con maquinaria artesanal, y más tarde se inició el proceso industrial.”²

² MONTÚFAR DEL VALLE. Douglas Israel. *Evaluación del uso de biomasa como combustible alternativo en la producción de ladrillos de barro cocido en el Municipio de El Tejar Chimaltenango*. [ENLÍNEA][CONSULTA 7 DE AGOSTO DEL 2016]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3409_C.pdf

4.2. CÓDIGOS DE DISEÑO.

4.2.1. **Ladrillo de barro cocido.** Este tipo de unidades debe cumplir con la norma COGUANOR NGO 41 022 en lo referente a calidad, dimensiones, absorción y clasificación por resistencia.

Según la relación "área neta / área bruta" medida sobre planos perpendiculares a la superficie de carga, las unidades se clasifican en ladrillo macizo o tayuyo y ladrillo perforado o tubular. La relación "área neta / área bruta" para las unidades de ladrillo macizo debe ser igual o mayor que 0.75 y para las unidades de ladrillo perforado esta relación será menor que 0.75. Para el proyecto de investigación se utilizarán unidades con relación mayor a 0.50.

4.2.2. **Los morteros.**³ Los morteros son materiales que sirven de liga entre las unidades de mampostería. Deben cumplir con la norma ASTM C270. Los espesores para las juntas verticales y horizontales varían entre 7 mm a 13mm, siendo el promedio ideal del orden de 10mm.

Los morteros funcionan también como sello contra la penetración de aire y humedad. Sus principales componentes son cemento, cal, arena y agua. El cemento le da al mortero resistencia y durabilidad, la cal mejora sus propiedades de adherencia, la arena actúa como relleno y contribuye a la resistencia y el agua le da plasticidad a la mezcla.

La dosificación dependerá del tipo de mortero que se quiera, según la siguiente tabla:

Ilustración No. 1 Proporciones del mortero por volumen.³

Tipo de mortero	Partes de cemento por volumen	Partes de cal por volumen	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días MPa kg/cm ²	Retención mínima de agua (%)	Arena
M	1	¼	17.5 175.0	75	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal
S	1	de ¼ a ½	12.5 125.0	75	
Sa	1	1	7.0 70.0	75	
N	1	de ½ a 1 ¼	5.3 53.0	75	

* Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser del 12 %.

(AGIES)

La resistencia a la compresión del mortero, medida en cubos de 50mm de arista a los 28 días debe ser al menos:

- A. Mortero tipo M = 17.5 MPa (175 kg/cm²).
- B. Mortero tipo S = 12.5 MPa (125 kg/cm²).
- C. Mortero tipo Sa = 7.0 MPa (70 kg/cm²).
- D. Mortero tipo N = 5.0 MPa (50 kg/cm²).

En levantados de mampostería, la resistencia a la compresión del mortero está en función de la resistencia sobre el área bruta de la unidad de bloque a utilizar.

³ **AGIES NSE4 -10.** *Requisitos prescriptivos para vivienda y edificaciones menores de uno y dos niveles* Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 21 DE JULIO 2016]

Ilustración No. 2 Tipo de mortero según unidad de block.⁴

Resistencia sobre área bruta		Tipo de Mortero a ser utilizado
MPa	kg/cm ²	
3.5	35	Sa
5.0	50	S
7.0	70	M

(AGIES)

Los morteros usados para mampostería debe ser una mezcla plástica de materiales cementantes y arena bien graduada. Dicha mezcla se utiliza para unir las unidades prefabricadas en la conformación de un elemento estructural. La dosificación de la mezcla debe proveer las condiciones que permitan su trabajabilidad, capacidad para retención de agua, durabilidad y debe contribuir a la resistencia a compresión del elemento estructural, por medio de la pega entre las unidades prefabricadas para levantado. El tamaño nominal máximo de las partículas en la mezcla es de 2.5 mm.⁵

4.2.3. Graut.⁶ Se define como "graut" a una mezcla de cemento, arena, grava fina y la cantidad de agua necesaria para proporcionar una consistencia fluida, que permita su colocación dentro de las celdas de las piezas prefabricadas alrededor del acero para los muros con refuerzo uniformemente distribuido muros con pines; contribuyendo de esta forma a la resistencia a la compresión del muro conformado. Según el tamaño nominal máximo de los agregados el graut se clasificará como "graut fino" o "graut grueso".

⁴ **AGIES NSE4 -10.** *Requisitos prescriptivos para vivienda y edificaciones menores de uno y dos niveles* Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 21 DEL JULIO 2016]

⁵ **AGIES NSE7.4 -10.** *Mampostería Reforzada (NR9:2000)* Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 21 DE JULIO 2016]

⁶ **AGIES NSE7.4 -10.** *Mampostería Reforzada (NR9:2000)* Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 21 DE JULIO 2016]

4.2.4. Mortero de relleno.⁷ Los morteros de relleno utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir con la norma ASTM C476. Deben tener buena consistencia y fluidificación para ingresar en las celdas sin problemas.

La dosificación de los componentes del mortero de relleno debe basarse en ensayos previos de laboratorio o con experiencia de campo en obras similares. La resistencia f'_{cr} (resistencia a la compresión requerida del concreto, empleada como base para la dosificación del concreto), debe medirse a los 28 días sobre probetas tomadas en las celdas de las unidades vacías o en prismas de unidades dispuestas convenientemente, con uso de papel permeable que permita la transferencia de agua entre el mortero de relleno y las unidades de mampostería impidiendo su adherencia. El procedimiento para la toma de muestras y el ensayo debe hacerse de acuerdo a la norma ASTM C1019. La resistencia a la compresión también puede medirse a los 28 días sobre probetas tomadas en cilindros de 7.5cm de diámetro por 15cm de altura, deben ensayarse de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C780 para los morteros de relleno fino.

El valor máximo de la resistencia a compresión del mortero de relleno medida a los 28 días f'_{cr} , debe tener un valor máximo de 1.5 veces f'_m y un valor mínimo de 1.25 veces f'_m . pero en ningún caso la resistencia a la compresión a los 28 días puede ser inferior a 125 Kg/cm².

En caso de utilizarse cal esta debe tener una dosificación máxima del 10% del volumen de cemento.

El mortero de relleno preparado en el sitio se debe mezclar durante un período entre 3 y 10 minutos en equipo mecánico, con la cantidad de agua requerida para la trabajabilidad deseada.

Al momento de la colocación del mortero de relleno, éste debe presentar las condiciones de fluidez requeridas sin que se haya iniciado endurecimiento por hidratación del cemento, de manera que el mortero de relleno fluya sin segregación por los espacios a inyectar.

⁷ **NSR-10** Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Título D *Mampostería Estructural*. [CONSULTA 23 DE JULIO 2016]

El mortero de relleno se debe colocar directamente con bomba o manualmente con embudo, teniendo la precaución de que todo el espacio inyectado quede homogéneo y compacto buscando vinculación íntima entre el mortero de relleno y las unidades de mampostería.

El mortero de relleno debe compactarse adecuadamente con vibrador o barra lisa en porciones de 30 cm de altura o menos. En las celdas donde exista refuerzo vertical, se puede realizar la compactación haciendo vibrar la barra del refuerzo.

4.2.5. Resistencia a compresión de la mampostería.⁸ La resistencia a compresión de la mampostería se identifica por “ f_m ”, es un valor empleado como base para el diseño de muros de mampostería, este valor es determinado mediante ensayos de muestras en el laboratorio. Las muestras de laboratorio para realizar ensayos de compresión no confinada se denominan prismas. La edad de referencia para calcular el valor de f_m se basa a los 28 días.

4.2.6. Prismas de ensayo.⁹ Los prismas de ensayo se forman con un mínimo de dos unidades de mampostería colocadas una sobre otra de forma tal que sus juntas verticales coincidan en un mismo plano. Su altura mínima es de 30 cm con una relación alto espesor dentro del intervalo de 1.33 a 5.0; su longitud debe ser igual a una unidad o parte de la misma, pero no menor de 10 cm. Para el caso de unidades con agujeros se debe incluir al menos una celda con su respectiva pared transversal adyacente.

El valor de f_m para una muestra debe ser el promedio obtenido del ensayo mínimo de 3 prismas de igual procedencia, pero no deben ser mayor del 125 por ciento del menor valor obtenido en los ensayos.

La resistencia a compresión de la mampostería se toma como la resistencia promedio de las muestras de ensayo multiplicado por el factor de corrección de la relación alto/espesor. Para los muros de ladrillo de barro cocido son:

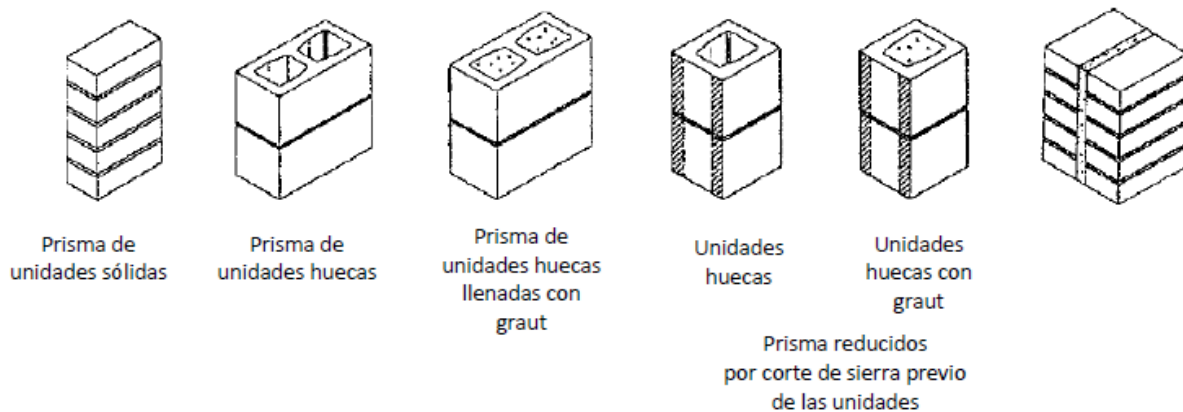
⁸ **AGIES NSE7.4 -10.** Mampostería Reforzada (NR9:2000) *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala.* [CONSULTA 21 DE JULIO 2016]

⁹ **AGIES NSE7.4 -10.** Mampostería Reforzada (NR9:2000) *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala.* [CONSULTA 21 DE JULIO 2016]

Tabla No. 1 Unidades de prismas.

h/t	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
Factor de corrección	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.00

Ilustración No. 3 Unidades de prismas. (Reglamento Colombino)



4.2.7. Curado de los prismas.¹⁰ Los prismas deben guardarse por siete días al aire a una temperatura de 21°C +/- 5°C, a una humedad relativa que exceda el 90%, y posteriormente a las mismas condiciones, pero con una humedad relativa que puede estar entre el 30 y 50%, hasta su ensayo a los 28 días de la fabricación. Los prismas que se construyan a pie de obra deben guardarse bajo condiciones que les conserve la humedad por un lapso de 48 a 96 horas y después de este tiempo se pueden llevar al laboratorio.

4.2.8. Valor de resistencia f'_m basado en la calidad de los materiales. Según la norma colombiana menciona que “Cuando la resistencia f'_m no se seleccione mediante ensayos de prismas preliminares o históricos, su valor puede determinarse con base en una correlación apropiada de la calidad de los materiales empleados.”¹¹ En ausencia de tal correlación, el valor de f'_m se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$R_m = \left(\frac{2h}{7.5+3h} \right) f'_{cu} + \left(\frac{5kp}{7.5+3h} \right) f'_{cp} \leq 0.8f'_{cu} \quad (\text{NSR-10 Cap D Ecuación D3.7-1})$$

¹⁰ **NSR-10** Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Título D *Mampostería Estructural*. [CONSULTA 23 DE JULIO 2016]

$$f'm = 0.75R_m \quad (\text{NSR-10 Cap D Ecuación D3.7-2})^{12}$$

Cuando las celdas se inyectan con mortero de relleno, basado en la calidad de los materiales, puede obtenerse el valor de $f'm$ de la siguiente forma:

$$f'm = 0.75[rR_m + 0.9k_r(1 - r)f'cr] \leq 0.94R_m \quad (\text{NSR-10 Cap D Ecuación D3.7-3})$$

Donde:

$f'm$ es la resistencia nominal a la compresión de la mampostería.

$f'cr$ es la resistencia a la compresión del mortero de relleno.

$f'cp$ es la resistencia especificada a la compresión del mortero de pega.

$f'cu$ es la resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre área neta.

k_p factor de corrección por absorción de la unidad, es adimensional

$k_p = 0.8$ para unidades de arcilla,

$k_p = 1.4$ para unidades de concreto.

k_r factor de corrección de la unidad en la mampostería inyectada.

$k_r = 0.75$ para unidades de arcilla.

$k_r = 0.90$ para unidades de concreto.

h es la altura de la unidad de mampostería en cm.

r es la relación entre área neta y el área bruta de las unidades de mampostería, adimensional.

4.2.9. Módulo de elasticidad.¹³ El módulo de elasticidad del mortero de relleno E_r en kg/cm^2 , se podrá estimar como una función de su resistencia a compresión f_g de acuerdo con:

$$E_r = 15,100 \sqrt{f_g}$$

¹² **NSR-10** Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Título D *Mampostería Estructural*. [CONSULTA 23 DE JULIO 2016]

¹³ **AGIES NSE7.4 -10**. Mampostería Reforzada (NR9:2000) *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala*. [CONSULTA 21 DE JULIO 2016].

- Módulo de la elasticidad de la mampostería

El módulo de elasticidad, E_m , para la mampostería se podrá estimar como una función de su resistencia nominal a compresión f'_m de acuerdo con:

$$E_m = 750 f'_m$$

- Módulo de cortante de la mampostería

El módulo de cortante, E_v , para la mampostería se podrá estimar como una función de su módulo de elasticidad E_m de acuerdo como:

$$E_v = 0.4 E_m$$

4.2.10. Cimentación.¹⁴ Viviendas de ladrillo de dos niveles

Su cimentación es un cimiento corrido de concreto reforzado con un ancho mínimo de 500 mm por 300 mm de peralte, luego levantado de ladrillo y en seguida , una solera de humedad fundida de 150 mm de peralte, sumando una profundidad mínima de 600 mm medido desde la parte inferior del cimiento. El refuerzo del cimiento corrido consiste en 4 barras No. 3 (9.5 mm) corridas más eslabón No. 3 (9.5 mm) a cada 15 cm. Mientras que la solera de humedad consiste de 4 barras No. 3 (9.5 mm) corridas más estribo No. 2 (6.4 mm) a cada 15cm.

¹⁴ **AGIES NSE4 -10.** Requisitos prospectivos para vivienda y edificaciones menores de uno y dos niveles. [CONSULTA 09 DE SEPTIEMBRE 2016].

Ilustración No. 4 Resumen de dimensiones de cimientos en viviendas. ¹⁵

Descripción	Dimensiones		Refuerzo Mínimo	
	Peralte mm	Ancho mm	Longitudinal	Transversal
5.3.1 Viviendas de block o ladrillo de 1 nivel con techo liviano	350	200	2 No.3 (9.5 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm
5.3.2 Viviendas de muros de concreto liviano prefabricados o fundidos en el lugar de 1 nivel con techo liviano	350	200	2 No.3 (9.5 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm
5.3.3 Viviendas de bloque o ladrillo de 1 nivel con techo de losa	400	250	3 No.3 (9.5 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm
5.3.4 Viviendas de muros de concreto liviano prefabricados o fundidos en el lugar de 1 nivel con techo de losa	400	250	3 No.3 (9.5 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 200 mm
5.3.5 Viviendas de bloque o ladrillo de 2 niveles	500	300	3 No.4 (12.7 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 150 mm
5.3.6 Viviendas de bloque o ladrillo de 2 niveles	500	300	3 No.4 (12.7 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 150 mm
5.3.7 Viviendas con paredes fundidas en el lugar de 2 niveles	500	300	3 No.4 (12.7 mm)	esl. No.3 (9.5 mm) @ 150 mm

Nota : podrán usarse dimensiones menores a las especificadas en esta tabla para el cimiento y/o refuerzo siempre y cuando exista un estudio de suelo y un diseño estructural que ampare dicha disminución.

(AGIES)

4.2.11. Soleras.¹⁶ Para edificaciones de un nivel se indican tres tipos de soleras:

- Solera de humedad.
- Solera intermedia.
- Solera de superior o de techo.

Cuando se tratan de edificaciones de dos niveles se deberá agregar una solera entrepiso. Si la altura libre del muro es mayor que 2.80 m, se deberá colocar más de una solera intermedia.

¹⁵ **AGIES NSE4 -10.** *Requisitos perspectivas para vivienda y edificaciones menores de uno y dos niveles.* [CONSULTA 09 DE SEPTIEMBRE 2016].

¹⁶ **AGIES NSE7.4 -10.** *Mampostería Reforzada (NR9:2000) Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala.* [CONSULTA 03 DE SEPTIEMBRE 2016].

Ilustración No. 5 Acero de refuerzo mínimo para soleras¹⁷

Tipo de solera	Refuerzo mínimo
Hidrófuga	4 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm
Intermedia	2 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm
Entrepiso	4 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm
Superior ^(a)	4 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm

(AGIES)

4.2.12. **Refuerzo vertical.**¹⁸ Todo muro de carga o de corte debe llevar refuerzos verticales de acero ligado a todas las piezas de mampostería por medio de concreto. El refuerzo vertical debe principiar en la cimentación y terminar en la solera superior o de techo debidamente anclada a ella de acuerdo con la norma NSE 7.1. Los vanos de puertas y ventanas deben rematarse con un mínimo de dos barras de refuerzo vertical.

Dimensiones mínimas del refuerzo vertical¹⁹

Las dimensiones mínimas aceptables de elementos de concreto para el refuerzo vertical son:

- En el sentido normal al muro: no menos que el espesor del muro.
- En el otro sentido:
 - Refuerzos con armado de 4 barras o más; no menos que el espesor del muro.
 - Refuerzos con armado de 2 barras; 100 mm.

Los muros confinados de mampostería deberán reforzarse verticalmente con un área de acero no menor que 0.0007 veces el área de su sección transversal.

¹⁷ **AGIES NSE7.4 -10.** "Mampostería Reforzada (NR9:2000)" Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 03 DE SEPTIEMBRE 2016].

¹⁸ **AGIES NSE7.4 -10.** "Mampostería Reforzada (NR9:2000)" Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 03 DE SEPTIEMBRE 2016].

¹⁹ **AGIES NSE7.4 -10.** "Mampostería Reforzada (NR9:2000)" Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 03 DE SEPTIEMBRE 2016].

Tipos de refuerzo vertical²⁰ (AGIES)

Ilustración No. 6 Refuerzo vertical mínimo para edificaciones de dos niveles.

No. del nivel	Refuerzo vertical mínimo	
	Tipo A	Tipo B
2º. Nivel	4 No. 3	2 No. 3
1º. Nivel	4 No. 4	2 No. 3

Separación entre refuerzos verticales²¹ (AGIES)

Ilustración No. 7 Separación máxima entre refuerzos verticales con refuerzo mínimo.

Material del muro	Ancho (mm)	Distancia entre refuerzos tipo A (m)	Distancia entre refuerzo tipo A y refuerzo tipo B (m)
Ladrillo tubular y bloques de arcilla cocida	230	5.00	2.50
	200	5.00	2.50
	140	4.00	2.00
	110	3.00	1.50
Ladrillo tayuyo o perforado	230	5.00	2.50
	140	5.00	2.00
	110	4.00	2.00
Bloques de concreto	150	4.00	2.00

²⁰ AGIES NSE7.4 -10."Mampostería Reforzada (NR9:2000)" Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 03 DE SEPTIEMBRE 2016].

²¹ AGIES NSE7.4 -10."Mampostería Reforzada (NR9:2000)" Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala. [CONSULTA 03 DE SEPTIEMBRE 2016].

4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se determina la altura, ancho y espesor de los prismas de ladrillo de barro cocido. De tal manera que el comportamiento bajo carga, simule adecuadamente los elementos de mampostería que el espécimen pretende representar.

Los ensayos de los elementos de mampostería deben realizarse a una edad de por lo menos 28 días después de su fabricación.

4.3.1. Determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto NTG 41055 h1. Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia a la compresión en los bloques huecos de concreto para muros, (paredes y tabiques). La normativa solicita como mínimo que se ensayen 5 unidades enteras.

La siguiente ilustración demuestra la realización de este ensayo con el equipo disponible en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad del Valle de Guatemala:

Imagen No.1 Compresora Forney Capacidad 260,000 lbs.



4.3.2. Método de Ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería NTG 41051 h2. Este método cubre los procedimientos para la construcción y ensayo de prismas de mampostería y los procedimientos para determinar la resistencia nominal a la compresión de la mampostería f'_m . Cuando este método se usa para propósitos de investigación, los procedimientos de fabricación y de ensayo de prismas de esta norma sirven como una guía y proveen los parámetros necesarios de control. La normativa requiere como mínimo la elaboración de 3 prismas de mampostería.

La siguiente ilustración demuestra la realización de este ensayo con el equipo disponible en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad del Valle de Guatemala:

Imagen No.2 Marco de pruebas UVG



4.3.3. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico ASTM C109. Este método de ensayo cubre la determinación de la capacidad a compresión de morteros a base de cemento hidráulico utilizando especímenes cúbicos de 2 plg. (50 mm).

La siguiente ilustración demuestra la realización de este ensayo con el equipo disponible en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad del Valle de Guatemala:

Imagen No.3 Máquina Universal Versa Tester Capacidad 60,000 Lbs.



5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS

En el siguiente informe se detallan los resultados obtenidos de 30 pruebas a compresión ensayadas a los ladrillos de barro cocido de las siguientes dimensiones.

- Ladrillo de barro cocido (11 cm).
- Ladrillo de barro cocido (14 cm).

De acuerdo a las recomendaciones del laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle de Guatemala se realizaron estos ensayos a compresión para los diferentes grosores de ladrillos (5 de cada grosor se ensayaron saturados y el resto se ensayaron en estado húmedo ambiente), y de esta manera obtener la resistencia de las unidades de mampostería.

Por otro lado, se detallan también los resultados obtenidos de tres combinaciones de mezclas de mortero a compresión y a tensión con las siguientes características.

- Mezcla sin Cal.
- Mezcla con 25% de Cal.
- Mezcla con 50% de Cal.

Mediante AGIES 10 NSE 7.4 los morteros usados para mampostería deberán ser una mezcla plástica de materiales cementantes y arena bien graduada. Dicha mezcla se debe utilizar para unir las

unidades prefabricadas en la conformación de un elemento estructural. La dosificación de la mezcla debe proveer las condiciones que permitan su trabajabilidad, capacidad para la retención de agua, durabilidad y debe contribuir a la resistencia a compresión del elemento estructural, por medio de la pega entre las unidades de ladrillo para levantado.

Por consiguiente, los diferentes materiales para la realización de la mezcla de los morteros fueron los siguientes:

- Cemento.
- Arena fina.
- Agua.
- Cal.

Prosiguiendo con el proceso se realizaron seis ensayos por cada mortero, de los cuales tres fueron ensayos a compresión utilizando unos cubos y tres fueron ensayos a tensión utilizando briquetas.

Por último, se detallará el resultado obtenido de una combinación de mezcla de graut fino a compresión con los siguientes materiales y especificaciones:

- Cemento = 3000 gramos.
- Arena fina = 7500 gramos.
- Agua = 1900 mL.

5.1. Descripción del proceso

5.1.1 Mortero. Para las muestras de mortero se comenzó con realizar el diseño de la mezcla para poder determinar cuánto de cada material se iba a utilizar para los ensayos.

5.1.1.1. Realización de la mezcla. Al ya tener definido la cantidad que se utilizó por cada material se comenzó a realizar la mezcla.

Para la primera mezcla de mortero (Mortero no.1) se utilizó lo siguiente:

- Cemento = 560 gramos.
- Arena fina = 1400 gramos.
- Agua = 330 mL.
- Cal = 0 gramos.

Para la segunda mezcla de mortero (Mortero no.2) se utilizó lo siguiente con un 25% de Cal:

- Cemento = 560 gramos.
- Arena fina = 1400 gramos.
- Agua = 506 mL.
- Cal = 140 gramos.

Para la tercera mezcla de mortero (Mortero no.3) se utilizó lo siguiente con un 50% de Cal:

- Cemento = 560 gramos.
- Arena fina = 1400 gramos.
- Agua = 570 mL.
- Cal = 280 gramos.

Para cada muestra se utilizó el proceso de tamizado, para lograr obtener arena fina en la mezcla del mortero, se utilizó la arena detenida en un tamiz #8 la cual ya es considerada como arena fina.

Por consiguiente, al comenzar a utilizar cal en las mezclas la consistencia de la misma se iba poniendo más seca cada vez, por lo que se optó por ir aumentando la cantidad de agua para poder tener una consistencia adecuada para la realización de cubos y briquetas.

Imagen No.4: Medición de los pesos de los materiales.



Imagen No.5: Mezcla con un 25% de Cal.



Imagen No.6: Mezcla con un 50% de Cal.



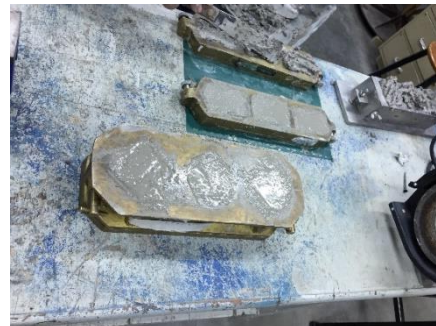
Imagen No.7: Tamiz # 8 con arena fina.



Imagen No. 8: Mezcla de mortero.



Imagen No.9: Hechura de cubos y briquetas.



A la hora de hacer las briquetas y los cubos con la mezcla de mortero se esperaron 28 días de fraguado para no tener problemas en la resistencia proyectada del mortero.

Imagen No.10: Muestras listas para los ensayos de tensión y compresión.



5.1.1.2. Determinación de la resistencia última a compresión y a tensión. La resistencia a compresión se calculó de la siguiente forma para cada uno de los ensayos:

$$\sigma'p = \frac{Fult}{A}$$

En donde σ_p es la resistencia última a compresión expresada en kgf/cm^2 a solicitud del cliente.

5.1.1.3. Cálculos y resultados

Tabla No. 2 Cantidad de material para la mezcla.

MATERIAL	MORTERO 1	MORTERO 2	MORTERO 3
Cemento [gr]	560	560	560
Arena Fina [gr]	1400	1400	1400
Agua [mL]	330	506	570
Cal [gr]	0	140	280

Tabla No. 3 Pruebas de compresión y tensión mortero 0% CAL (Mortero No. 1)

No. 1	Ensayo	Peso [gr]	Area [in2]	Fuerza[lbs]	Esfuerzo $\sigma'p$ [Kgf/cm ²]
BRIQUETAS	1	123.8	1	240	16.91
	2	122.2	1	250	17.61
	3	121.5	1	270	19.02
CUBOS	1	243.7	4	7600	133.86
	2	247.8	4	7600	133.86
	3	243.9	4	7800	137.39

Tabla No. 4 Pruebas de compresión y tensión mortero 25% CAL (Mortero No.2)

No. 2	Ensayo	Peso [gr]	Area [in2]	Fuerza[lbs]	Esfuerzo $\sigma'p$ [Kgf/cm ²]
BRIQUETAS	1	113	1	125	8.81
	2	112	1	130	9.16
	3	112	1	125	8.81
CUBOS	1	228.6	4	3400	59.89
	2	229.2	4	3400	59.89
	3	228.1	4	3500	61.65

Tabla No. 5 Pruebas de compresión y tensión mortero 50% CAL (Mortero No.3)

No. 3	Ensayo	Peso [gr]	Area [in2]	Fuerza[lbs]	Esfuerzo $\sigma'p$ [Kgf/cm ²]
BRIQUETAS	1	106	1	80	5.64
	2	106	1	90	6.34
	3	105	1	90	6.34
CUBOS	1	213.5	4	2000	35.23
	2	211.1	4	1700	29.94
	3	212.3	4	1800	31.70

Tabla No. 6 Resumen prueba a compresión del mortero.

	ENSAYOS MORTERO		
	No. 1	No. 2	No. 3
Promedio	135.04	60.47	32.29
Desviación Estándar	2.03	1.016925803	2.690532778
Coef. Variación	2%	2%	8%

Tabla No. 7 Resumen prueba a tensión del mortero.

	ENSAYOS MORTERO		
	No. 1	No. 2	No. 3
Promedio	17.85	8.92	6.11
Desviación Estándar	1.08	0.203385161	0.40677032
Coef. Variación	6%	2%	7%

5.1.2. Graut. Para la muestra de Graut se comenzó con realizar el diseño de la mezcla para determinar cuánto de cada material se iba a utilizar para el ensayo. Se utilizó la proporción una parte de cemento, 2.5 partes de arena fina con una cantidad de agua suficiente.

5.1.2.1. Realización de la mezcla. Al tener definido la cantidad que se utilizó por cada material, se comenzó a realizar la mezcla.

Para la mezcla de Graut se utilizó lo siguiente:

- Cemento = 3000 gramos.
- Arena fina = 7500 gramos.
- Agua = 1900 mL.

Para la muestra se utilizó el proceso de tamizado, para lograr obtener arena fina en la mezcla del Graut, se utilizó la arena detenida en un tamiz #8 la cual, es considerada como arena fina.

Imagen No. 11: Cantidad de cemento



Imagen No. 12: Cantidad de arena fina.



Sin embargo, para obtener la consistencia adecuada en el Graut se realizó una prueba del cono de abrams, con el fin de lograr un revenimiento entre 2.0cm y 2.5cm. En el laboratorio se logró obtener un revenimiento del 2.45cm.

Imagen No. 13: Ensayo de cono de abrams.



Se hicieron tres cilindros con la mezcla del Graut, se esperó 28 días de fraguado para no tener problemas en la resistencia proyectada del mismo.

Imagen No.14: Hechura de los cilindros de graut.



Imagen No.15: Cilindros de graut.



5.1.2.2. Determinación de la resistencia última a compresión. La resistencia a compresión se calculó de la siguiente forma para cada uno de los ensayos:

$$\sigma'_p = \frac{F_{ult}}{A}$$

En donde σ'_p es la resistencia última a compresión expresada en kgf/cm^2 .

Imagen No.16: Cilindro 1



Imagen No.17: Cilindro 2



Imagen No.18: Cilindro 3



5.1.2.3. Cálculos y resultados

Tabla No. 8 Cantidad de material para la mezcla.

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	3000 g
Arena fina	7500 g
Agua	1900 mL

Tabla No. 9 Prueba de compresión graut.

CILINDRO	ALTURA [cm]	DIÁMETRO[cm]	FUERZA[lbs]	Esfuerzo σ_p [Kgf/cm²]
1	10	5	3300	76.40
2	10	5	3700	85.65
3	10	5	3700	85.65

Tabla No. 10 Resumen prueba de compresión graut.

	Ensayo Graut
Promedio	82.56765533
Desviación Estándar	5.346219592
Coef. Variación	6%

5.1.3. Unidades de ladrillo de barro cocido. De las treinta muestras ensayadas a compresión, 15 ladrillos de (11 cm) y 15 ladrillos de (14 cm), cinco de cada tipo de ladrillo se seleccionaron para sumergirlos en agua para determinar el esfuerzo ultimo a compresión con muestras saturadas y secas.

5.1.3.1. Determinación del proceso de absorción. Se determinó el porcentaje de absorción de las cinco muestras de los dos tipos de ladrillo seleccionados que fueron sometidos al ensayo de absorción y luego ensayadas a compresión en estado saturado. Dicho porcentaje se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de Absorción (\%)} = \frac{\text{Masa saturada} - \text{Masa seca}}{\text{Masa seca}} * 100$$

En donde la masa seca corresponde al peso que tienen las muestras al estar a humedad ambiente y en lugar techado. La masa saturada se obtuvo al pesar la muestra luego de estar sumergida completamente en agua por 24 horas (tiempo necesario para saturar la muestra).

Imagen No.19: Muestras de ladrillos en proceso de saturación.



5.1.3.2. **Determinación de las áreas.** Las áreas de contacto se calcularon de dos distintas formas para los dos tipos de ladrillo utilizado:

5.1.3.2.1. **Procedimiento para encontrar el área bruta:**

- Ladrillo de (11 cm):

$$\text{Ancho} = 11 \text{ cm} \quad \text{x} \quad \text{Largo} = 39 \text{ cm} \quad \text{Área} = 429 \text{ cm}^2$$

- Ladrillo de (14 cm):

$$\text{Ancho} = 14 \text{ cm} \quad \text{x} \quad \text{Largo} = 39 \text{ cm} \quad \text{Área} = 546 \text{ cm}^2$$

5.1.3.2.2. **Procedimiento para encontrar el área neta.** Se utilizó un recipiente de plástico con las dimensiones adecuadas para poder sumergir un ladrillo que cupiera de tal forma que estuviera totalmente sumergido. Se llenó de agua y se señaló el nivel del agua 1, luego se sumergió el ladrillo en estado saturado y se señaló este nuevo nivel del agua 2, se procedió a sacar el ladrillo observando que el agua regresaba al nivel 1. Utilizando una probeta de 1000mL se empezó a llenar hasta alcanzar el nivel 2, esta cantidad de agua es el volumen de este ladrillo, por lo tanto al dividirlo por la altura obtenemos el área de contacto del ladrillo.

Imagen No.20: Medición de alturas del nivel de agua para determinar el área.



$$A = \frac{4100\text{cm}^3}{\text{Altura (11cm)}} = 215.79 \text{ cm}^2$$

Estas áreas de contacto se generalizaron para las 30 muestras ensayadas con el objetivo de tener ninguna variante.

5.1.3.3. **Determinación de la resistencia última a compresión.** La resistencia a compresión se calculó de la siguiente forma para cada uno de los ensayos:

$$\sigma'_p = \frac{F_{ult}}{A}$$

En donde σ'_p es la resistencia última a compresión expresada en kgf/cm^2 de la unidad de mampostería.

Imagen No.21: Ladrillo antes de ser ensayado.



Imagen No.22: Ladrillo en proceso de ensayado.



Imagen No.23: Ladrillo luego de haberse ensayado



Imagen No.24: Ladrillo luego de haberse ensayado.



5.1.3.4. Cálculos y resultados

5.1.3.4.1. Ensayos ladrillo de (14)

Tabla No. 11 Determinación área bruta ladrillo de (14) muestra saturada.

Muestra	Peso seco [kg]	Peso saturado[kg]	Longitud [cm]	Ancho [cm]	Altura [cm]	Área bruta [cm ²]
1	8.62	9.54	39	14	19	546
2	8.86	9.52	39	14	19	546
3	8.82	9.52	39	14	19	546
4	8.86	9.56	39	14	19	546
5	9.10	9.52	39	14	19	546

Tabla No. 12 Determinación área neta ladrillo de (14) muestra saturada.

Muestra	Altura de agua [cm]	Litros utilizados	Δ Altura	Volumen [cm ³]	Volumen [m ³]	Área neta [cm ²]
1	21	5	1.5	5000	0.005	263.16
2	21	5	1.5	5000	0.005	263.16
3	21	5	1.5	5000	0.005	263.16
4	21	5	1.5	5000	0.005	263.16
5	21	5	1.5	5000	0.005	263.16

Tabla No. 13 Prueba a compresión ladrillo de (14) muestra saturada.

Muestra	Fuerza [lbs]	Área bruta [$\sigma'p$]	Área neta [$\sigma'p$]	% de Absorción
1	41000	75.09	155.80	10.67
2	40500	74.14	153.90	7.45
3	39000	71.43	148.20	7.94
4	42500	77.84	161.50	7.90
5	38000	69.60	144.40	4.62

Tabla No. 14 Prueba a compresión ladrillo de (14) muestra seca.

Muestra	Peso [kg]	Largo [cm]	Ancho [cm]	Alto [cm]	Área bruta [cm ²]	Fuerza [lbs]	Vol [cm ³]	Área neta [cm ²]	$\sigma'p$ Área bruta [Kgf/cm ²]	$\sigma'p$ Área neta [Kgf/cm ²]
6	8.74	39	14	19	546	48000	5000	263.16	39.96	82.91
7	8.70	39	14	19	546	45000	5000	263.16	37.46	77.73
8	8.76	39	14	19	546	37500	5000	263.16	31.22	64.77
9	8.56	39	14	19	546	47500	5000	263.16	39.54	82.05
10	8.58	39	14	19	546	43500	5000	263.16	36.21	75.14
11	8.74	39	14	19	546	47000	5000	263.16	39.13	81.18
12	8.88	39	14	19	546	32500	5000	263.16	27.06	56.14
13	8.96	39	14	19	546	42000	5000	263.16	34.97	72.55
14	8.92	39	14	19	546	35500	5000	263.16	29.55	61.32
15	8.74	39	14	19	546	45500	5000	263.16	37.88	78.59

Tabla No. 15 Resumen prueba a compresión ladrillo de (14)

	Ensayos ladrillos de 14	
	Área bruta	Área neta
Promedio	35.30	73.24
Desviación Estándar	4.525041749	9.38855662
Coef. Variación	13%	13%

5.1.3.4.2. Ensayos ladrillo de (11)

Tabla No. 16 Determinación área bruta ladrillo de (11) muestra saturada.

Muestra	Peso seco [kg]	Peso saturado[kg]	Longitud [cm]	Ancho [cm]	Altura [cm]	Área bruta [cm²]
1	6.98	8.14	39	11	19	429
2	6.96	8.16	39	11	19	429
3	7.22	8.16	39	11	19	429
4	7.28	8.08	39	11	19	429
5	7.22	8.16	39	11	19	429

Tabla No. 17 Determinación área neta ladrillo de (11) muestra saturada.

Muestra	Altura de agua [cm]	Litros utilizados	Δ Altura	Volumen [cm³]	Volumen [m³]	Área neta [cm²]
1	21.15	4.10	1.65	4100	0.0041	215.79
2	21.15	4.10	1.65	4100	0.0041	215.79
3	21.10	4.04	1.60	4040	0.00404	212.63
4	21.10	4.04	1.60	4040	0.00404	212.63
5	21.10	4.04	1.60	4040	0.00404	212.63

Tabla No. 18 Prueba a compresión ladrillo de (11) muestra saturada.

Muestra	Fuerza [lbs]	Área bruta [σ'p]	Área neta [σ'p]	% de Absorción
1	49000	114.22	227.07	16.62
2	48500	113.05	224.76	17.24
3	49500	115.38	232.80	13.02
4	45500	106.06	213.99	10.99
5	48000	111.89	225.74	13.02

Tabla No. 19 Prueba a compresión ladrillo de (11) muestra seca.

Muestra	Peso [kg]	Largo [cm]	Ancho [cm]	Alto [cm]	Área bruta [cm ²]	Fuerza [lbs]	Vol [cm ³]	Área neta [cm ²]	σ_p Área bruta [Kgf/cm ²]	σ_p Área neta [Kgf/cm ²]
6	7.16	39	11	19	429	54000	4064	213.89	57.22	114.75
7	7.48	39	11	19	429	50000	4064	213.89	52.98	106.25
8	7.18	39	11	19	429	60000	4064	213.89	63.57	127.51
9	7.14	39	11	19	429	59000	4064	213.89	62.51	125.38
10	7.1	39	11	19	429	52000	4064	213.89	55.10	110.50
11	7.16	39	11	19	429	55000	4064	213.89	58.28	116.88
12	7.2	39	11	19	429	58000	4064	213.89	61.45	123.26
13	6.96	39	11	19	429	55000	4064	213.89	58.28	116.88
14	7.16	39	11	19	429	52000	4064	213.89	55.10	110.50
15	7.16	39	11	19	429	50000	4064	213.89	52.98	106.25

Tabla No. 20 Resumen prueba a compresión ladrillo de (11)

	Ensayos ladrillos de 11	
	Área bruta	Área neta
Promedio	57.75	115.82
Desviación Estandar	3.81207762	7.645729498
Coef. Variación	7%	7%

5.1.3.5. Prismas. A través del presente artículo se muestra los resultados obtenidos en la determinación de la resistencia a compresión de primas de ladrillo de barro cocido, se estudió unidades de 11cmx19cmx39cm y 14cmx19cmx39cm. Estas unidades son típicamente utilizadas en Guatemala como mampostería confinada para viviendas. La mampostería confinada es aquella en la que la pared de mampostería se refuerza con elementos de borde conocidos en Guatemala como soleras y mochetas, y no así con refuerzo interno es decir exclusivamente dentro de las celdas de las unidades de mampostería.

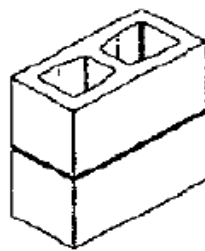
5.1.3.5.1. Materiales y métodos. Para la presente investigación se analizaron dos tipos de ladrillos:

- Ladrillos de 11cmx19cmx39cm
- Ladrillos de 14cmx19cmx39cm

Considerando estas unidades de mampostería se procedió a la elaboración de los prismas, la fabricación y ensayo de los prismas se realizó según la normativa COGUANOR NTG 41051 h2 “Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería”.

De acuerdo a lo estipulado en la normativa los prismas se elaboraron con una altura de 2 unidades con lo cual se obtuvo un total de 39cm de altura.

Ilustración No. 8 Prismas de mampostería.



Prisma de
unidades huecas

Debido a que se quería analizar el comportamiento de los prismas al contener las celdas graut, se elaboraron prismas en los cuales se llenó una de las dos celdas de graut (a estos prismas le

denominaremos prismas con graut parcial), cabe mencionar que no se llenaron las dos celdas de graut debido a que en este caso se excedería la capacidad del equipo de laboratorio y no se llegaría el elemento a la fractura.

De acuerdo a estas dos variantes establecidas graut parcial y sin graut aunado a los dos tipos de ladrillo que se querían evaluar se dispuso a fabricar los siguientes prismas para su evaluación estructural:

Tabla No. 21 Elaboración propia número de ensayos a realizar.

Descripción	Unidades
Prisma ladrillo de 11cm sin graut	5
Prisma ladrillo de 11cm graut parcial	5
Prisma ladrillo de 14cm sin graut	5
Prisma ladrillo de 14cm graut parcial	5
Total	20

Los prismas fueron ensayados en la máquina universal versa tester con una capacidad a compresión máxima de 60,000 lbs.

Imagen No.25 Ensayo a compresión del prisma máquina universal versa tester



La determinación de la capacidad a compresión de los prismas $f'm$ se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$f'm = \frac{Pu}{Ab} \times \text{Factor de corrección}$$

Siendo

Pu = Capacidad a compresión última del prisma

Ab = Área bruta del prisma

En el caso del factor de corrección este se obtuvo a través de la normativa AGIES NSE 7.4 – 2010 “Mampostería Reforzada”

Ilustración No. 9 Factores de corrección para muestras de ladrillo de barro cocido.

h/t	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
Factor de corrección	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.00

De tal manera que el factor de corrección utilizado aplicando interpolación lineal en los prismas fue:

Tabla No. 22 Factores de corrección empleados.

Descripción	h/t	Factor de corrección
Prisma de 11cmx39cmx39cm	3.55	0.913
Prismas de 14cmx39cmx39cm	2.78	0.867

Sabemos que el desempeño de los prismas está directamente relacionado con el tipo de mortero de pega a utilizar de igual manera el graut. Se decidió emplear para estas mezclas las premezcladas de *Mixto Listo Cementos Progreso*, de tal manera que no se realizó un diseño de mezclas con materiales a granel.

Se evaluó también las propiedades mecánicas de estas mezclas para confirmar un correcto desempeño en el prisma, en la cual se obtuvo la capacidad a compresión del mortero y del graut:

$$f'c = \frac{Pu}{Ab}$$

$f'c$ = Resistencia a compresión del mortero o graut.

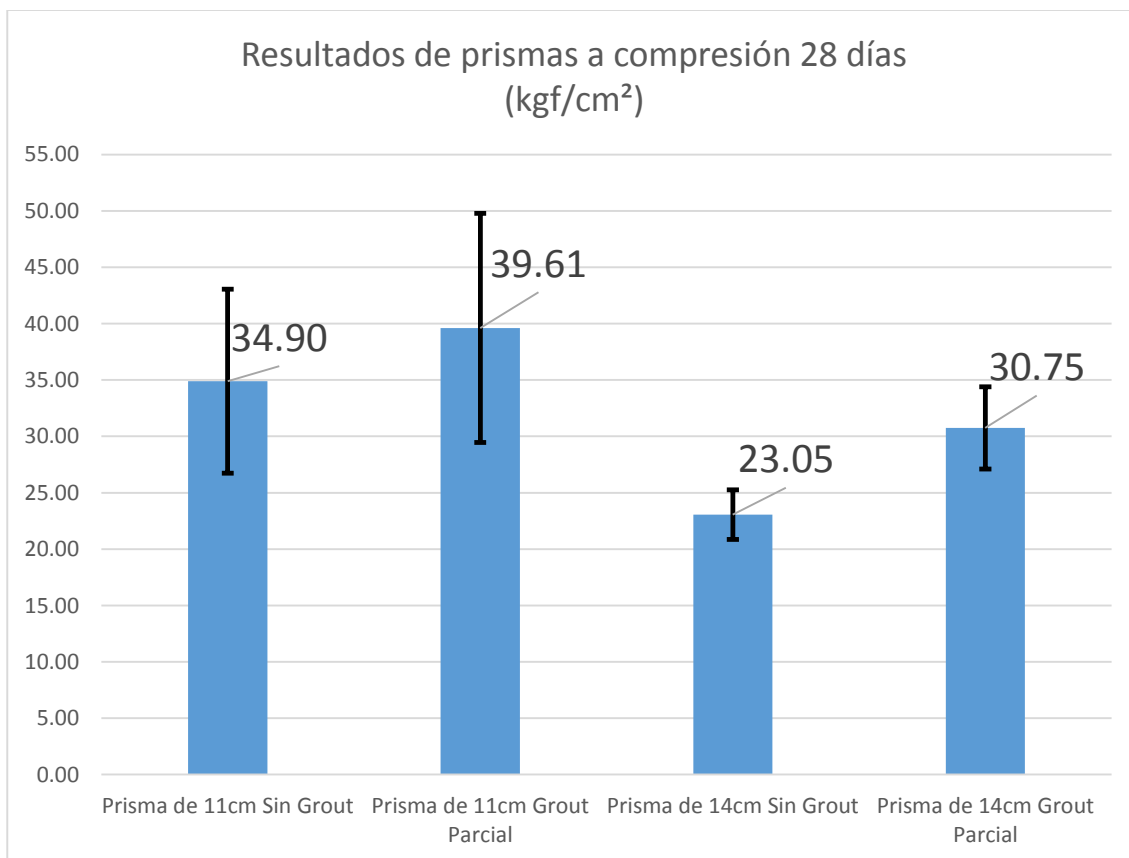
Pu = Capacidad última a compresión.

Ab = Área bruta.

5.1.3.5.2. Resultados

5.1.3.5.2.1. Determinación de la resistencia a compresión de los prismas de mampostería. Tal como lo indica la normativa AGIES NSE 7.4 – 2010, citando textualmente “La resistencia a compresión de la mampostería se tomará como la resistencia promedio de las muestras de ensayo multiplicado por el factor de corrección de la relación alto/espesor”. Se muestra seguidamente el promedio de las resistencias obtenidas:

Gráfica No. 1 – Resultados de los prismas sujetas a compresión



De tal manera que los valores de f'_m obtenidos son:

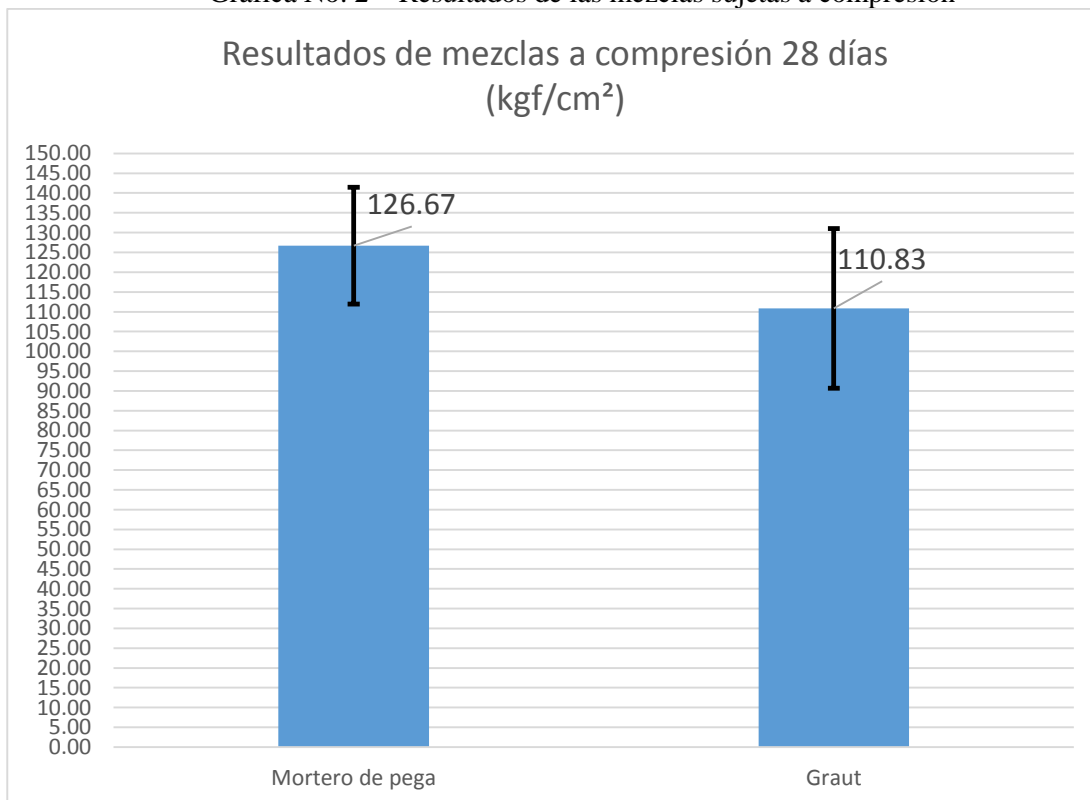
Tabla No. 23 Valores de f'_m .

Descripción	f'_m (kg/cm ²)
Ladrillo de 11cm sin graut	34.90
Ladrillo de 11cm con graut parcial	39.61
Ladrillo de 14cm sin graut	23.05
Ladrillo de 14cm con graut parcial	30.75

Podemos apreciar un incremento del 13.5% de la resistencia del ladrillo de 11cm al incluirle graut de forma parcial. En el caso del ladrillo de 14cm el aumento es del orden del 33.4%.

5.1.3.5.2.2. Determinación de la resistencia a compresión de las mezclas. En el caso de las mezclas utilizadas a continuación se presentan los resultados de laboratorio obtenidos:

Gráfica No. 2 – Resultados de las mezclas sujetas a compresión



Por lo tanto, se tiene:

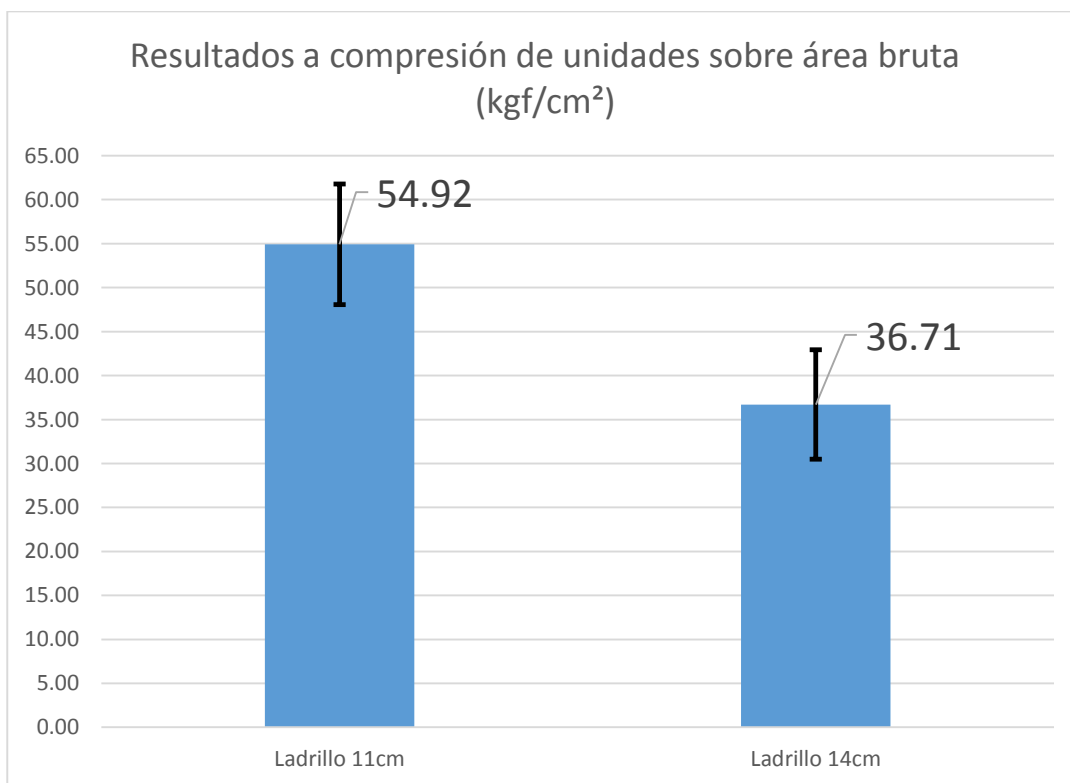
Tabla No. 24 Valores de las mezclas de compresión.

Descripción	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
Mortero de pega	126.67
Graut	110.83

5.1.3.5.2.3. Determinación de la resistencia a compresión de las unidades de ladrillos.

Se determinó la resistencia a compresión de las unidades de mampostería para esto se analizaron diez muestras de cada tipo de ladrillo. Se presentan los resultados por área bruta y área neta:

Gráfica No. 3 – Resultados de las unidades sujetas a compresión área bruta



Gráfica No. 4 – Resultados de las unidades sujetas a compresión área neta

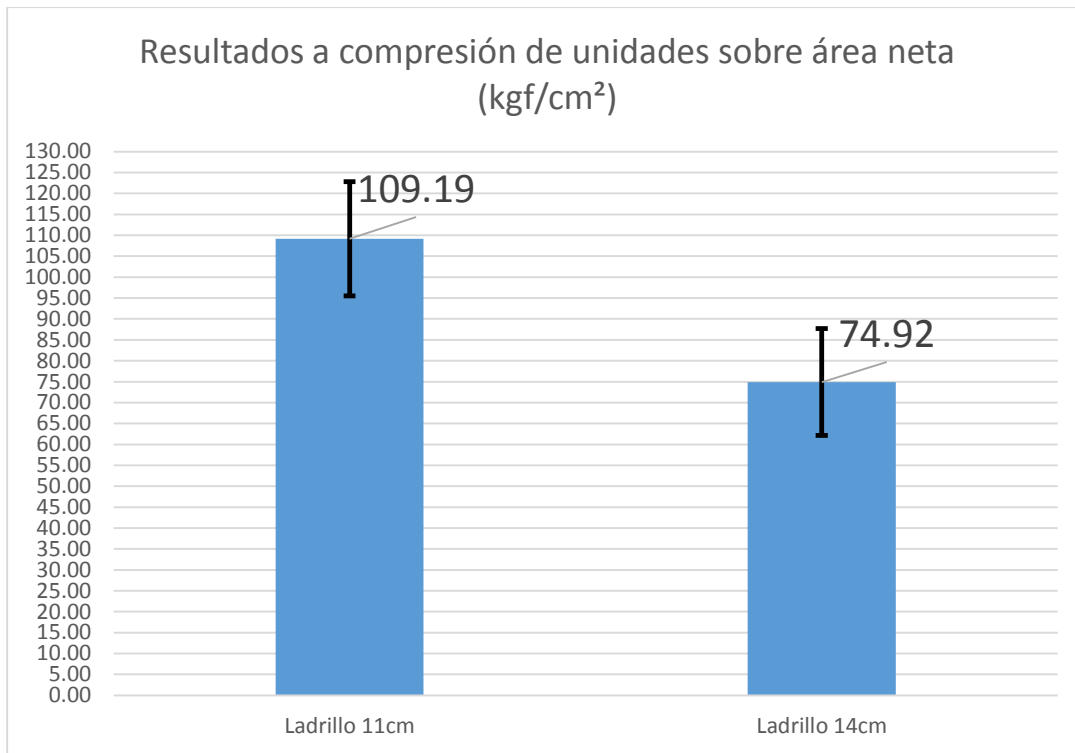


Tabla No. 25 Áreas de la sección transversal de los dos tipos de ladrillo.

Descripción	Área bruta (cm ²)	Área neta (cm ²)
Ladrillo de 11cm	429.00	215.79
Ladrillo de 14cm	546.00	268.00

5.1.3.5.3. Discusión. De acuerdo a los resultados obtenidos a través de los ensayos de laboratorio, se identifica fácilmente que las resistencias tanto de las unidades como la de los prismas, el ladrillo de 11cm presenta mejores propiedades mecánicas en comparación al ladrillo de 14cm, por motivo de diferente fabricante.

Analizando esta propiedad en el caso del ensayo a las unidades de mampostería el ladrillo de 14cm se encuentra 33.15% inferior en comparación del ladrillo de 11cm, ahora en el ensayo de los prismas sin graut el ladrillo de 14cm se encuentra 33.95% inferior al ladrillo de 11cm. Esta variación se debe a que las unidades de mampostería de 11cm y de 14cm son de diferentes fabricantes de ladrillo, por lo que la mezcla, proceso de fabricación y los materiales utilizados son de diferente procedencia.

5.2. DISEÑO DE UNA VIVIENDA

5.2.1. Modelo propuesto. Para el presente trabajo se decidió ejemplificar con la revisión del diseño tradicional de muro de 14cm de espesor, con la demostración utilizando ladrillo de menor espesor 11cm en una vivienda de dos niveles, para observar de una manera como se comportan los muros de menor espesor. Se decidió analizar una vivienda sencilla, sin irregularidades, tratando de que los muros tuvieran continuidad de un nivel al otro para poder analizar los resultados de una mejor manera.

Características del modelo propuesto:

- Primer Nivel:
 - Altura $h = 2.60\text{m}$.
 - Área = 83.38m^2 de construcción.
 - Baño de visitas.
 - Sala principal.
 - Cocina.
 - Comedor.
 - Sala familiar.

- Segundo Nivel:
 - Altura $h = 2.60\text{m}$.
 - Área = 83.38m^2 de construcción.
 - 1 Baño.
 - 2 Dormitorios secundarios.
 - 1 Dormitorio Master.
 - 1 Walking Closet.

Según el INE (Instituto Nacional de Estadística en Guatemala) los indicadores en el año 2014 muestran que la Tasa de Fecundidad en el municipio de Guatemala es del 2.5 por mujer. Ya para el 2016 se esperaba llegar a un aproximado de 3 por mujer. Por este motivo, se decidió proponer que la vivienda tuviera dos dormitorios secundarios.

5.2.2. Definición de las cargas. Para el modelo propuesto se definieron las siguientes cargas según AGIES NSE 4 – 10 para una vivienda de dos niveles.

Para las cargas de entre piso se consideraron las siguientes.

- Peso propio = 300 kg/m^2
- Carga muerta sobrepuesta = 150 kg/m^2
- Carga viva = 200 kg/m^2

Para las cargas de techo se consideraron las siguientes.

- Peso propio = 250 kg/m^2 (sin tabicaciones)
- Carga muerta sobrepuesta = 80 kg/m^2
- Carga viva = 100 kg/m^2

La carga sísmica va a depender de los parámetros que presente la vivienda, ubicación, suelo, clasificación de obra, parámetros espectrales, clase de sitio, periodo de transición y parámetros espectrales de diseño. En este caso, la vivienda se encuentra en la ciudad de Guatemala. Sin embargo, según AGIES NSE 4 -10 da un coeficiente sísmico de: $C_s = 0.25$.

5.2.3. Análisis de la vivienda Para el análisis de la vivienda, se realizó una hoja de cálculo en Excel para determinar la distribución de la carga lateral en un muro de mampostería.

Para comenzar la hoja se especificaron los materiales a utilizar: la resistencia de la mampostería, el módulo de elasticidad, el módulo de cortante de la mampostería y la densidad del muro (según AGIES NSE 7.4 – 10). Así mismo, se realizó la integración de las cargas de entre piso y techo.

Por otro lado, se determinó la integración de la masa que participa en el sismo (según AGIES NSE 6 - 10). Para revisar de qué manera afecta el sismo a la vivienda de mampostería. Luego se estableció la integración de carga sísmica según su ubicación, su tipo de suelo y su clasificación de obra (según AGIES NSE 4 – 10). Seguido de sus parámetros espectrales para la clasificación del sismo en la vivienda y determinar el corte basal que debe resistir el sismo en ambos ejes en X y en Y. Al tener la integración de la carga sísmica, se procedió con la distribución vertical y horizontal del sismo para saber cuánta carga se aplicará en cada nivel de la vivienda.

Por consiguiente, para la realización de la distribución horizontal primero se identificó cada uno de los muros que cargan en la vivienda, luego se le colocó las propiedades de cada uno de los muros y, por último, se necesitó la ubicación de los muros tanto para X como para Y. Antes de comenzar con el análisis de la distribución horizontal, primero, se chequeó (según AGIES NSE 7.4 – 10) la longitud mínima en metros lineales que debían tener por nivel los muros en ambas direcciones para corroborar que los muros de la vivienda si cumplen la distribución del sismo.

Por otra parte, al revisar que los muros cumplieran en ambos niveles, se comenzó con el análisis para la determinación de los efectos de las cargas laterales debidas a sismo, lo cual, se hizo con base a las rigideces relativas de los distintos muros que presenta la vivienda. Estas se determinaron tomando en cuenta las deformaciones por corte y flexión. Siendo admisible la consideración que la fuerza cortante que toma cada muro era proporcional a su área transversal.

Por último, al terminar con el análisis de la distribución horizontal del sismo se analizaron las combinaciones de cargas por método ASD (según AGIES NSE 4 – 10) para carga viva, carga muerta y carga de sismo. Sin embargo, con estas tres combinaciones se diseñaron los muros de la vivienda.

5.2.4. Diseño de la vivienda. Para el diseño de la vivienda se realizó una hoja de cálculo en Mathcad™ para demostrar cuanto refuerzo necesita cada muro y su espaciamiento necesario.

Se comenzó con delimitar las especificaciones de los materiales necesarios que presenta la vivienda propuesta.

Por otra parte, se prosiguió con las combinaciones de carga para saber cuál es la combinación más crítica y diseñar para la misma.

Por otro lado, se determinó el momento factorizado y dentro del mismo las constantes de los coeficientes de la ecuación cuadrática.

Por consiguiente, se determinaron las fuerzas de compresión, las fuerzas de tensión para lograr chequear la deformación unitaria del sistema y revisar que la misma si cumple.

Al revisar que cumpliera la deformación unitaria, se culminó con determinar el diseño de cortante. Para luego, se pudiera revisar dependiendo cuanto refuerzo se aplicara y su separación si la cantidad de acero es necesaria para resistir cada muro identificado de la vivienda propuesta.

5.3. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL USO DEL LADRILLO

Debido a que se querían dar lineamientos generales para el uso del ladrillo se realizaron los siguientes cálculos.

Se propusieron tres diferentes modelos cuadrados, de 3m x 3m, 4m x 4m y 5m x 5m. Con los cuales se determinaron las longitudes mínimas necesarias en cada dirección para satisfacer las cargas sísmicas.

Cabe mencionar, que en los modelos no se consideró el efecto torsional por ser una estructura simétrica. De tal manera, que las cargas se distribuyeron de forma simétrica.

Los chequeos se realizaron considerando la filosofía de diseño ASD (por esfuerzos permisibles).

Tabla No. 26 Datos generales para los modelos:

Tipo	Altura	f'm*	CV	CM	Coefficiente sísmico	Altura
	m	Kgf/cm ²	Kg/m ²	Kg/m ²	g	M
Ladrillo de 11cm	2.6	34.9	200	450	0.25	2.60
Ladrillo de 14cm	2.6	23.05	200	450	0.25	2.60

* Datos obtenidos de acuerdo a los ensayos presentados en el capítulo 3.3.3 de esta tesis

Tabla No. 27 Factores de diseño para especificaciones generales.

Factores de diseño					
Tipo de ladrillo	Coeficiente gravitacional	Coeficiente sísmico	Long min una dirección sismo	Área	Modelo propuesto
			m	m ²	
11	9.11	5.00	1.8	9	3x3
11	9.11	6.35	2.52	16	4x4
11	9.11	8.56	2.92	25	5x5
14	9.03	5.11	1.76	9	3x3
14	9.03	8.42	1.9	16	4x4
14	9.03	10.16	2.46	25	5x5

Teniendo la longitud de los muros y multiplicándolo por el coeficiente de la tabla, ya sea para el gravitacional o el sísmico. Se obtendrá los metros cuadrados de construcción para una vivienda. Se debe de considerar en viviendas de más de un piso la suma de los metros cuadrados por planta.

5.4. COMPARACIÓN BLOCK DE CONCRETO CON LADRILLO

Por medio de los resultados obtenidos en el laboratorio obtenemos que el ladrillo de 11cm de grosor presenta:

- f'_p de 57.75 Kgf/cm²
- f'_m de 34.90 Kgf/cm²

Mientras que con un ladrillo de 14cm de espesor obtenemos:

- f'_p de 35.30 Kgf/cm²
- f'_m de 23.05 Kgf/cm²

Con la siguiente tabla de AGIES podemos tener una comparación con nuestros resultados para tener una idea de contra qué tipo de block de concreto nos estamos comparando.

Ilustración 10 Resistencia a compresión de los bloques de concreto (AGIES)

Tabla 2-2 - Resistencia a compresión de la mampostería de bloques de concreto

f'_p (en kg/cm ²) ^(a)	f'_m (en kg/cm ²) ^(b)		
	Mortero tipo I	Mortero tipo II	Mortero tipo III
25	15	10	10
50	35	25	20
75	65	50	40
125	90	80	70

^(a) f'_p es la resistencia a compresión de las piezas referida al área bruta.

^(b) para valores intermedios se interpolará linealmente.

6. CONCLUSIONES

De las observaciones hechas durante los ensayos y del análisis de los resultados, se pueden enumerar las siguientes conclusiones:

1. En la realización de las mezclas de Mortero nos podemos dar cuenta que entre más proporción de CAL se le está introduciendo a la mezcla, menor va siendo su resistencia tanto a compresión como a tensión. Mezcla No.1: promedio 135.04 Kgf/cm² a compresión y 17.85 Kgf/cm² a tensión. Mezcla No.2: promedio 60.47 Kgf/cm² a compresión y 8.92 Kgf/cm² a tensión. Y para la Mezcla No.3: promedio 32.29 Kgf/cm² a compresión y 6.11 Kgf/cm² a tensión.
2. La resistencia a compresión de los tres cilindros hechos con Graut fueron bastante similares con un promedio de 82.56 Kgf/cm². Estos resultados fueron un poco bajos debido a que la arena de río utilizada contenía muchas impurezas dentro de ellas mucha piedra pómez la cual afecta a la hora de la realización de la mezcla.
3. Durante las pruebas a compresión de las unidades de ladrillo de barro cocido de espesores (14 cm y 11 cm). Nos pudimos dar cuenta que los ladrillos de menor espesor poseen características mejores para la resistencia. El promedio del ladrillo (14) esfuerzo área bruta 35.30 Kgf/cm² y esfuerzo área neta 73.24 Kgf/cm². Mientras que el promedio del ladrillo (11) esfuerzo área bruta 57.75 Kgf/cm² y esfuerzo área neta 115.82 Kgf/cm².
4. Debido a que las propiedades mecánicas del ladrillo de 11cm supera alrededor de un 30% la resistencia a compresión al ladrillo de 14cm, podemos concluir que la capacidad de carga de una pared empleando ambos tipos de ladrillos sería muy similar considerando que la diferencia de áreas es del 20% aproximadamente. Para el sistema sin graut.
5. Es factible realizar construcciones de un piso utilizando el ladrillo de 11cm con techo rígido, siempre y cuando se realice una correcta configuración estructural y se realice el análisis específico para la propuesta de vivienda en consideración.

6. Al introducir el graut de forma parcial se logró un incremento del 13.5% en el caso del ladrillo de 11cm y un 33.40% en el caso del ladrillo de 14cm. Cabe mencionar que se recomienda retomar este punto de investigación ya que AGIES menciona que la resistencia del graut debe de estar entre 1.5 a 2 veces más la resistencia a compresión de la unidad de mampostería, quiere decir que para el ladrillo de 11cm la resistencia del graut debería ser de 165kg/cm² y se obtuvo 110kg/cm², en el caso del ladrillo de 14cm 112kg/cm² y se obtuvo 110kg/cm². Podemos concluir que el graut utilizado es conveniente en el caso del ladrillo de 14cm y no lo es en el caso del ladrillo de 11cm. Así mismo se recomienda poder analizar el caso del graut completo el cual no fue factible realizarlo en el laboratorio de la universidad por las limitaciones del equipo.
7. Es importante que exista en la industria de fabricantes de mampostería una cultura de evaluación constante a sus productos, esto debido a que con el tiempo se cambia de cantera para la adquisición de materia prima y variaciones en las proporciones de las mezclas entre otros.
8. Mediante los tres modelos cuadrados propuestos, de 3m x 3m, 4m x 4m y 5m x 5m. Se lograron determinar las longitudes mínimas necesarias en cada dirección para satisfacer las cargas sísmicas. Ladrillo de 11: Modelo No.1 longitud mínima 1.8 m, Modelo No.2 longitud mínima 2.52 m y Modelo No.3 longitud mínima 2.92 m. Ladrillo de 14: Modelo No.1 longitud mínima 1.76 m, Modelo No.2 longitud mínima 1.90 m y Modelo No.3 longitud mínima 2.46 m. Sin embargo, entre menor espesor de muro tenemos se necesitan más metros lineales de muro para resistir las cargas sísmicas.

7. RECOMENDACIONES

Una vez concluida la tesis, cabe mencionar que existen varios aportes que pudieran mejorar los resultados y análisis de la misma.

Es de suma importancia a la hora de realizar las mezclas del mortero utilizar arena de río cernida, por el mismo hecho que es una arena más pura y no presenta tantas impurezas y piedras pómez, las cuales se intentaron eliminar durante el proceso de la realización de las mezclas para no afectar los resultados.

Sería conveniente a la hora de plasmar un diseño de una vivienda calcular también la cimentación del mismo y no guiarse solo con lo que nos presenta AGIES NSE 4-10, para así tener un diseño completo de la vivienda.

Para determinar otros resultados que ayudarían a complementar el trabajo de investigación sería determinar la resistencia a compresión con llenado completo también para ver en cuanto varía la resistencia con los ladrillos parcialmente llenos. Así poder llegar a una conclusión de qué forma nos funciona mejor utilizar la mampostería de ladrillos de barro cocido.

Las generalizaciones son principalmente para un pre dimensionamiento no es recomendable tomar de una vez los datos y enfocarse solo a ellos a la hora del diseño. Siempre se debe de investigar más a fondo sobre cómo obtener los coeficientes para ya poder tomar la decisión si utilizarlos o no.

Es importante revisar la esbeltez de los muros mediante la normativa ACI 530. En nuestro trabajo aunque los muros de 11 cm tengan mejores propiedades que el de 14 cm, a la hora de revisar la esbeltez puede ser que este nos de problemas y en vez de comportarse como un material dúctil pueda comportarse como frágil.

Es necesario revisar la normativa americana, debido que ellos no utilizan un espesor completo sino un espesor específico. Por lo que se deben realizar más estudios para evaluar la aplicación de las ecuaciones utilizando área bruta y no así área neta.

Por último, otra recomendación sería conseguir los ladrillos de barro cocido con el mismo proveedor para lograr determinar la diferencia entre utilizar ladrillo de 11 cm o de 14 cm de espesor. Ya que por este motivo se obtuvieron resultados bastante diferentes entre unos y otros. Esto nos podría dar resultados más exactos de las propiedades mecánicas que poseen los ladrillos de ambos espesores y poder analizar de una mejor manera el análisis y diseño de la vivienda propuesta.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Amrhein, James. *Reinforced Masonry Engineering Handbook* (Clay and Concrete Masonry) Sixth Edition Masonry Institute of America (2009)
- [2] American Concrete Institute ACI 530-05, *Building Code Requirements for Masonry Structures* Reported by the Masonry Standards Joint Committee.
- [3] *International Building Code*. (2009), International Code Council. Chapter 21 Masonry.
- [4] *Coguanor NTG 41051 h4* Métodos de Ensayo Realización de ensayos de Resistencia de secciones de muros de mampostería. Aprobada 2014-06-20, Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía.
- [5] *Coguanor NTG 41055h1* Determinación de la Resistencia a la compression de bloques huecos de concreto. Aprobada 2012-06-08, Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía.
- [6] *Coguanor NTG 41051 h2* Método de Ensayo. Determinación de la Resistencia a la compression de prismas de mampostería. Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía.
- [7] *ASTM E2126* –Métodos de ensayo, Realización del ensayo de carga cíclica (reversible) para la determinación de la resistencia al corte de elementos verticales de los sistemas de resistencia a fuerza lateral para edificaciones.
- [8] *ASTM C109* Método normalizado de ensayo de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico.
- [9] *ASTM C476* Especificación Estándar para Graut de Mampostería
- [10] *ASTM C1019* Método de prueba estándar para el muestreo y pruebas de graut.

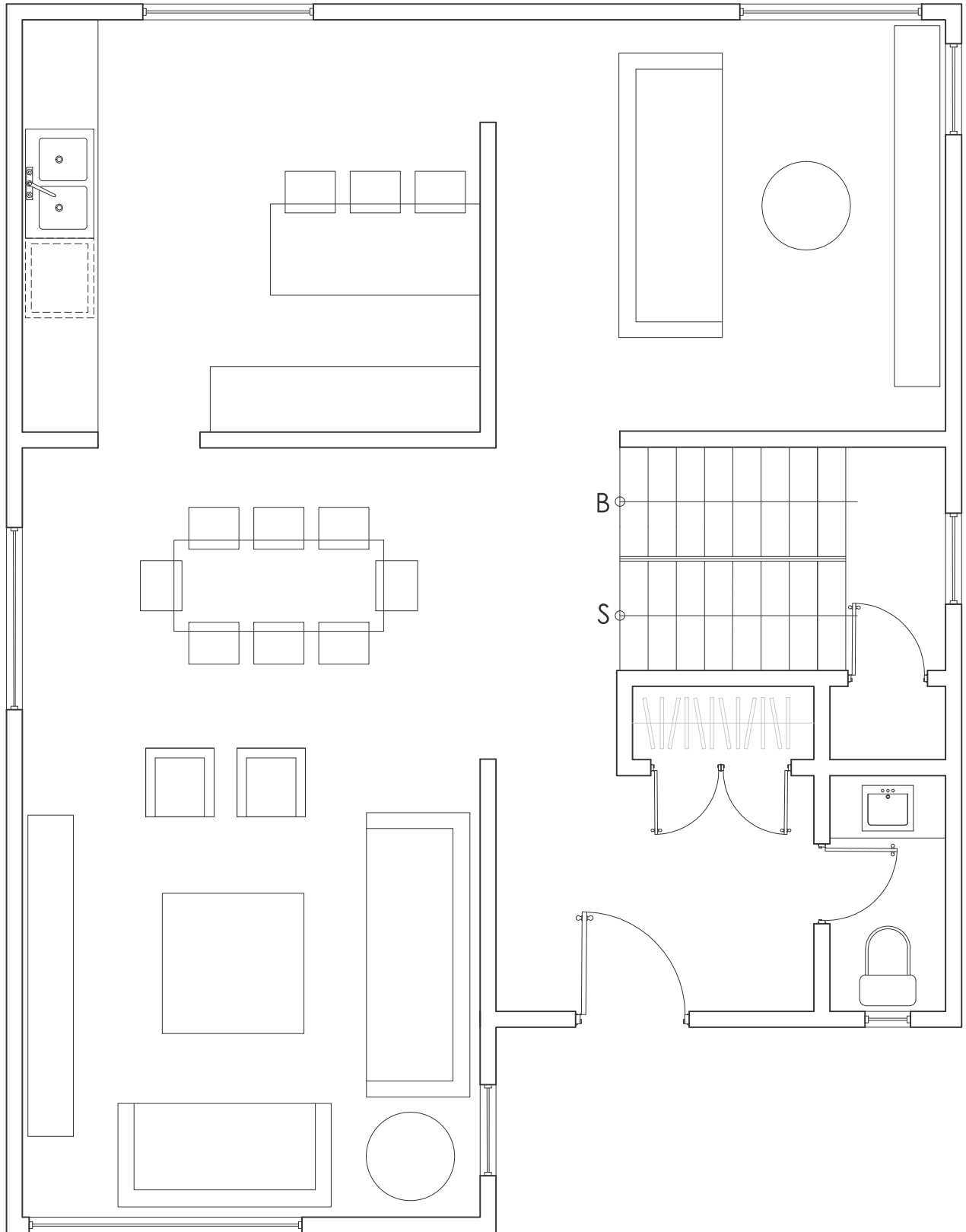
[11] *ASTM C780* Método de prueba estándar para la construcción y evaluación de morteros unidad simple y reforzada.

[12] *AGIES NSE7.4 -10*.Mampostería Reforzada (NR9:2000) Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para República de Guatemala.

[13] *NSR-10* Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Título D Mampostería Estructural.

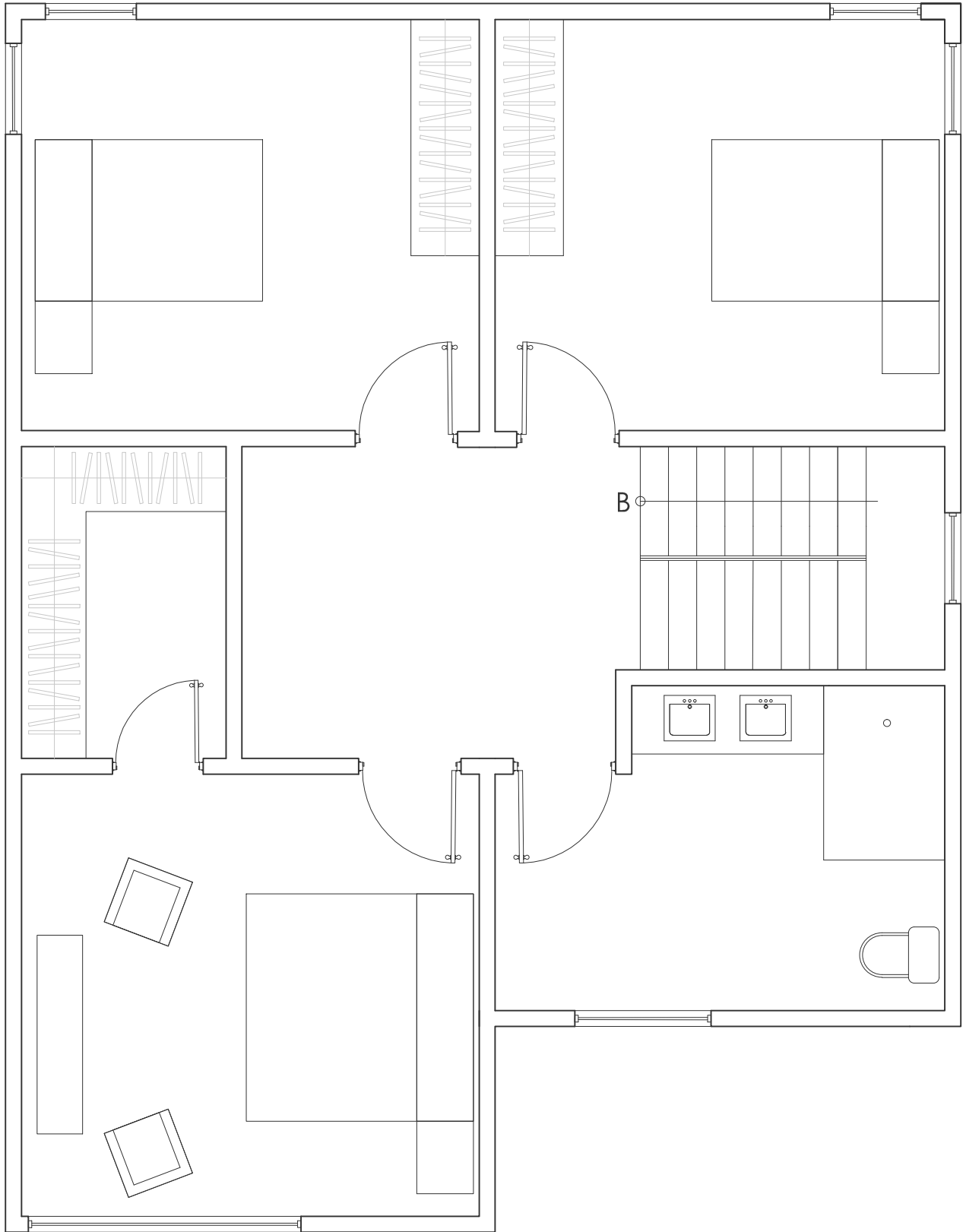
9. ANEXOS

1. Plano planta arquitectónica vivienda Nivel 1.
2. Plano planta arquitectónica vivienda Nivel 2.
3. Plano de estructuras ladrillo (11) Nivel 1.
4. Plano de estructuras ladrillo (11) Nivel 2.
5. Plano de estructuras ladrillo (14) Nivel 1.
6. Plano de estructuras ladrillo (14) Nivel 2.
7. Plano de detalles estructurales.
8. Hoja de cálculo análisis de la vivienda distribución de carga lateral muros de mampostería ladrillo de 11 cm.
9. Hoja de cálculo análisis de la vivienda distribución de carga lateral muros de mampostería ladrillo de 14 cm.
10. Hoja de cálculo diseño del refuerzo ladrillo de 11 cm.
11. Hoja de cálculo diseño del refuerzo ladrillo de 14 cm.



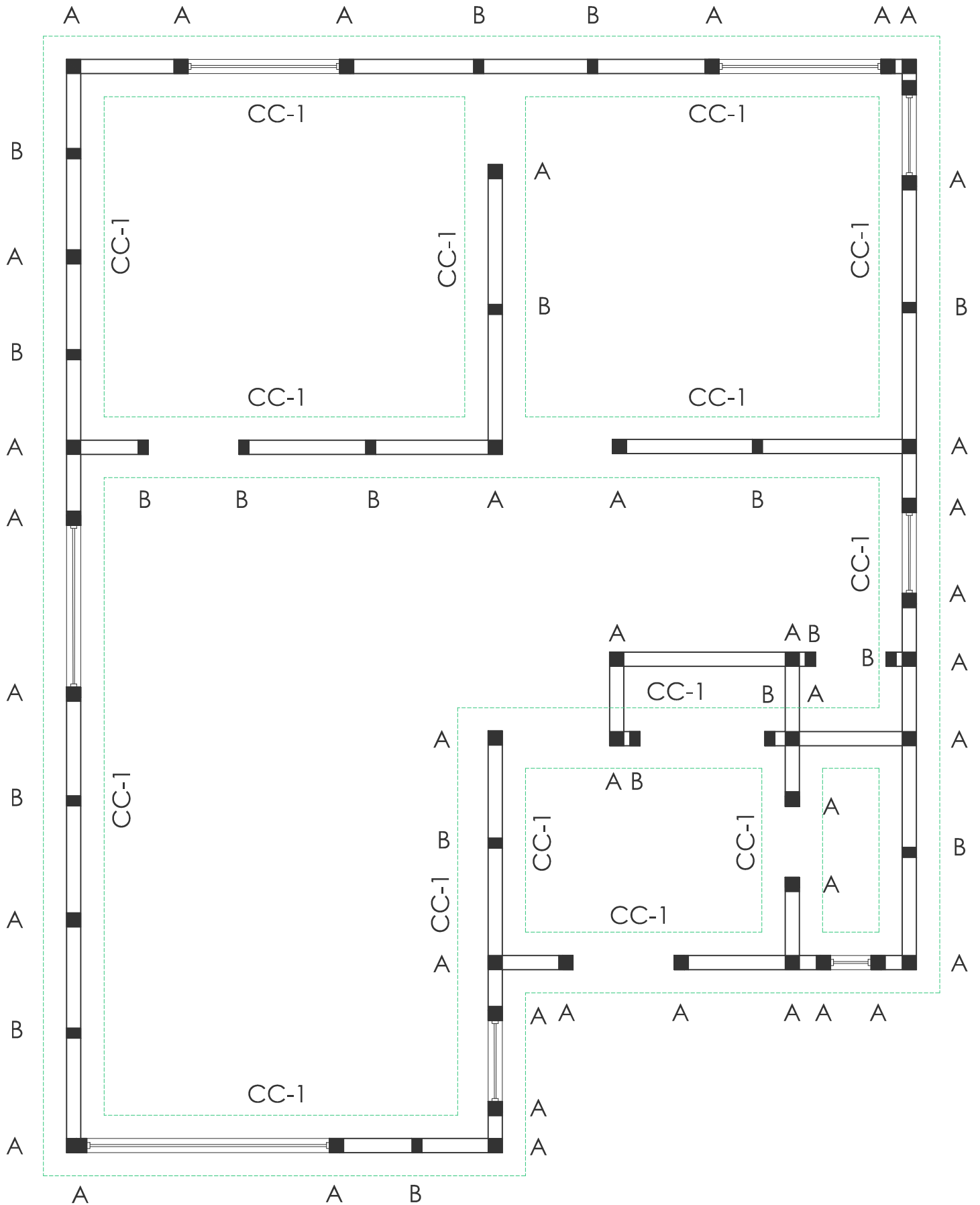
PLANTA ARQUITECTONICA
NIVEL 1

ESCALA: 1 : 50



PLANTA ARQUITECTONICA
NIVEL 2

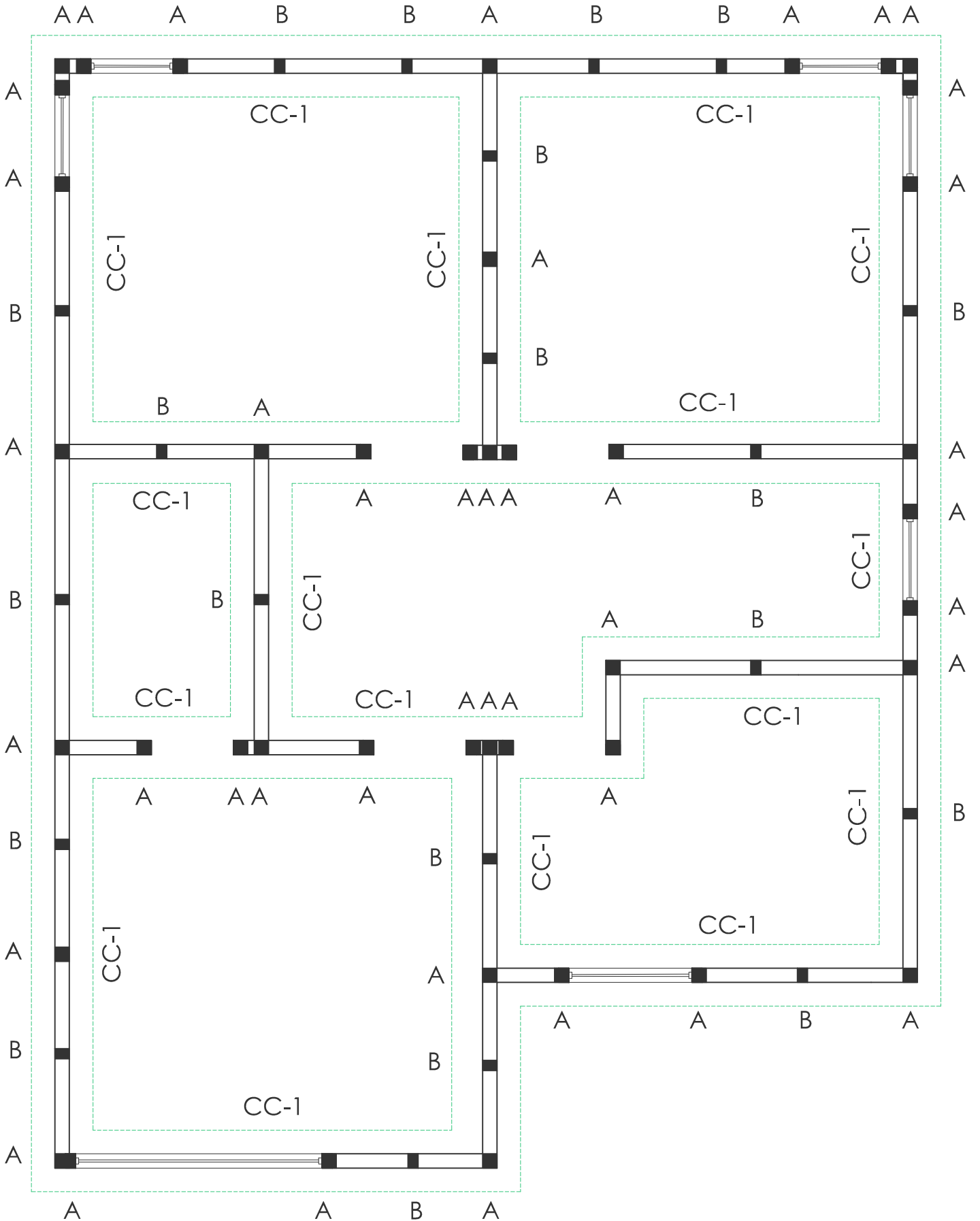
ESCALA: 1 : 50



PLANTA DE CIMIENTOS Y MOCHETAS

NIVEL 1 LADRILLO 11

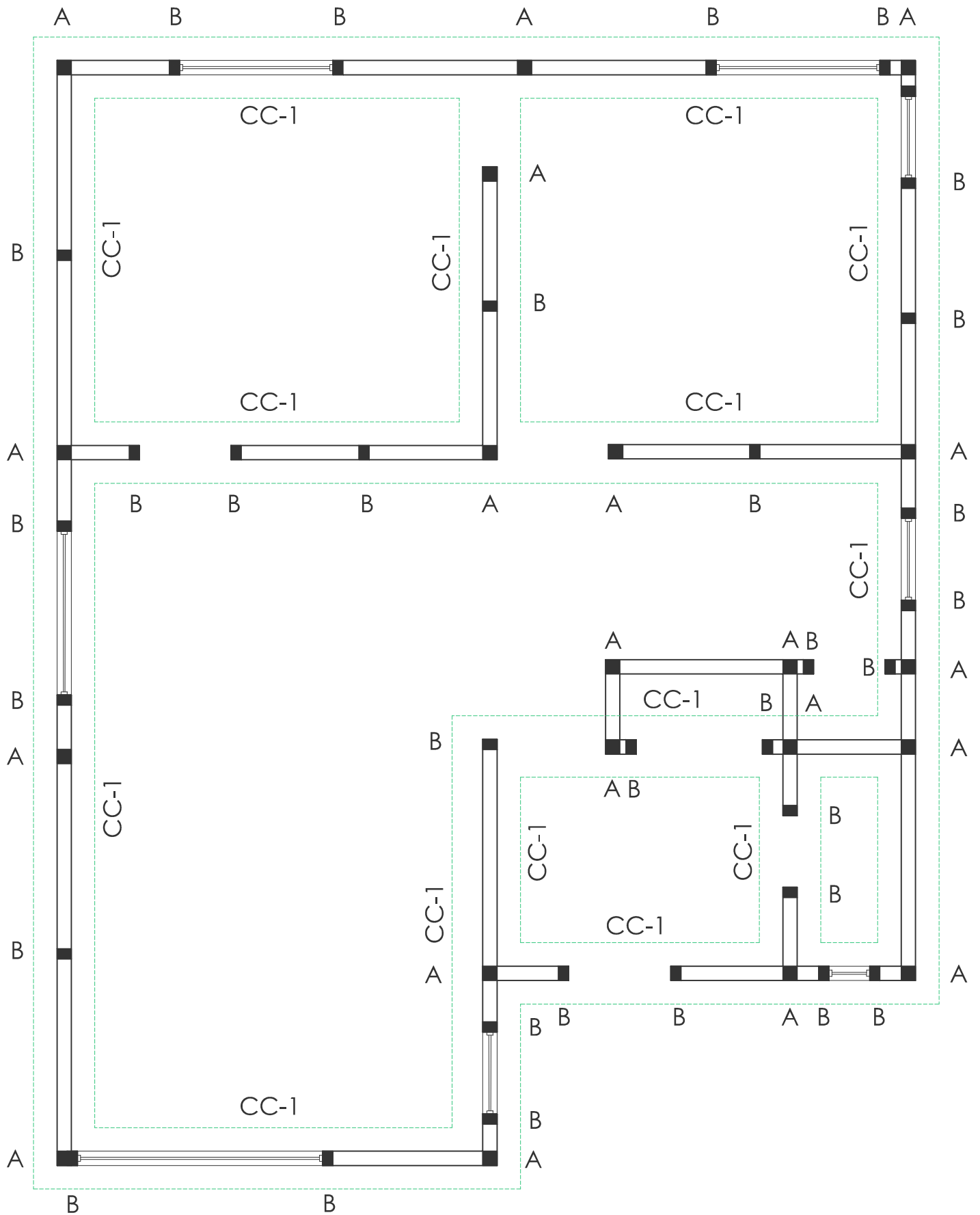
ESCALA: 1 : 50



PLANTA DE CIMIENTOS Y MOCHETAS

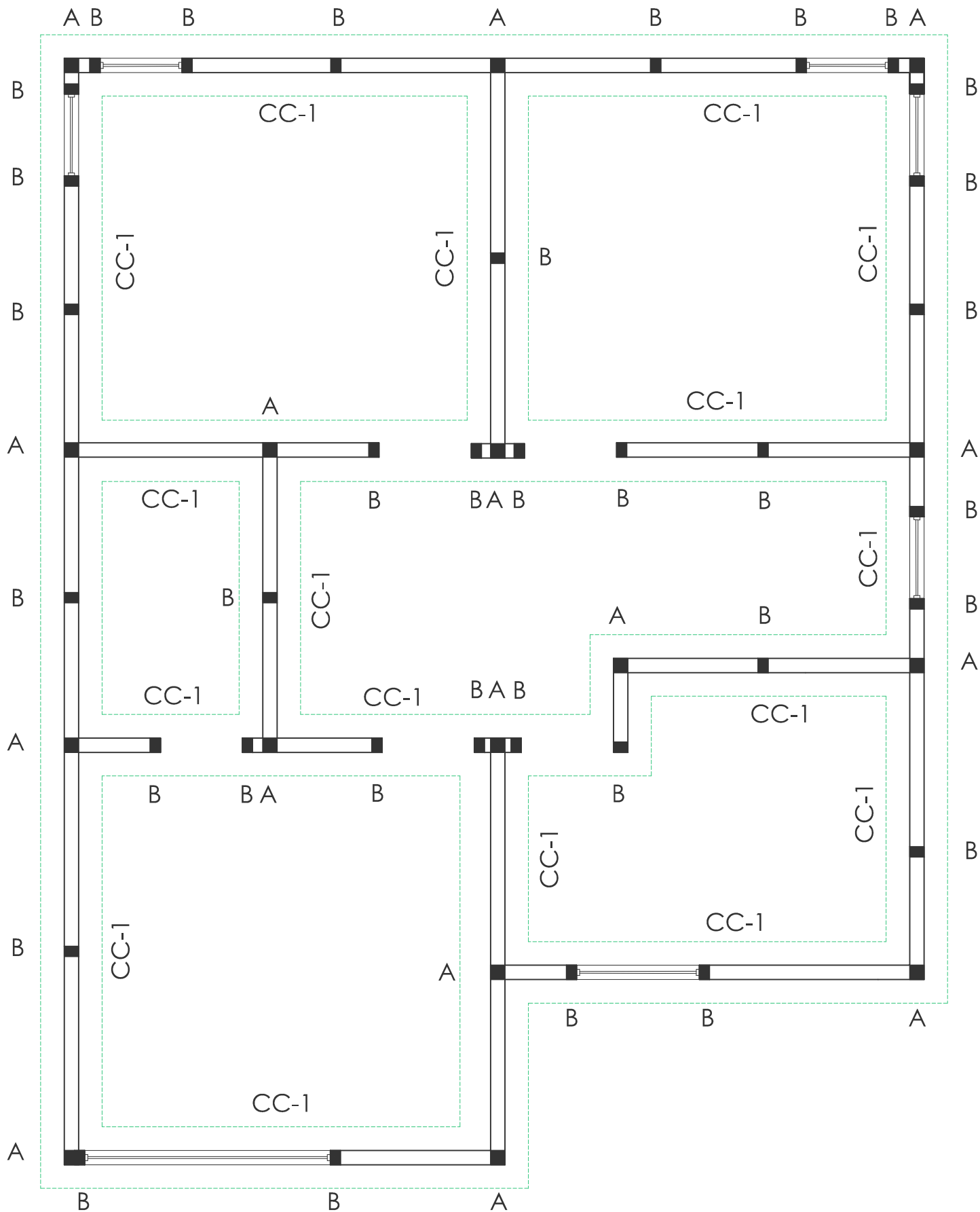
NIVEL 2 LADRILLO 11

ESCALA: 1 : 50



PLANTA DE CIMIENTOS Y MOCHETAS
 NIVEL 1 LADRILLO 14

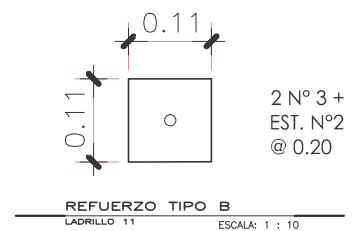
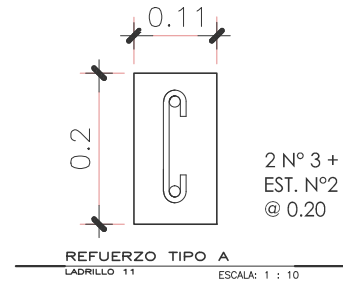
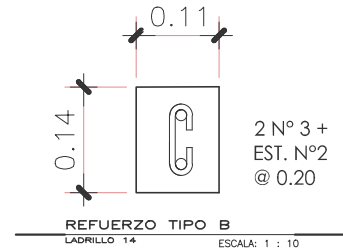
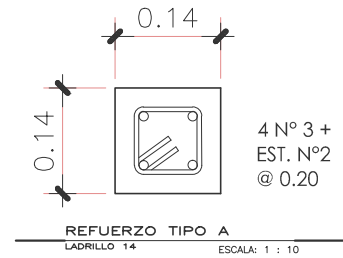
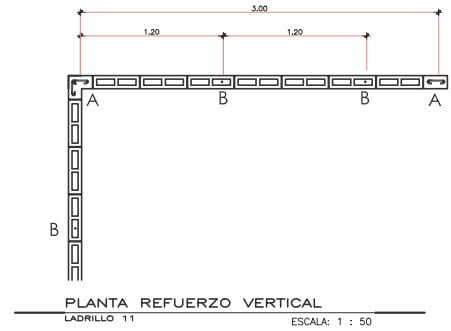
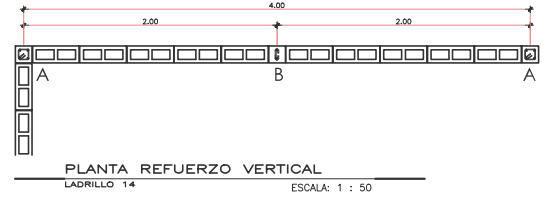
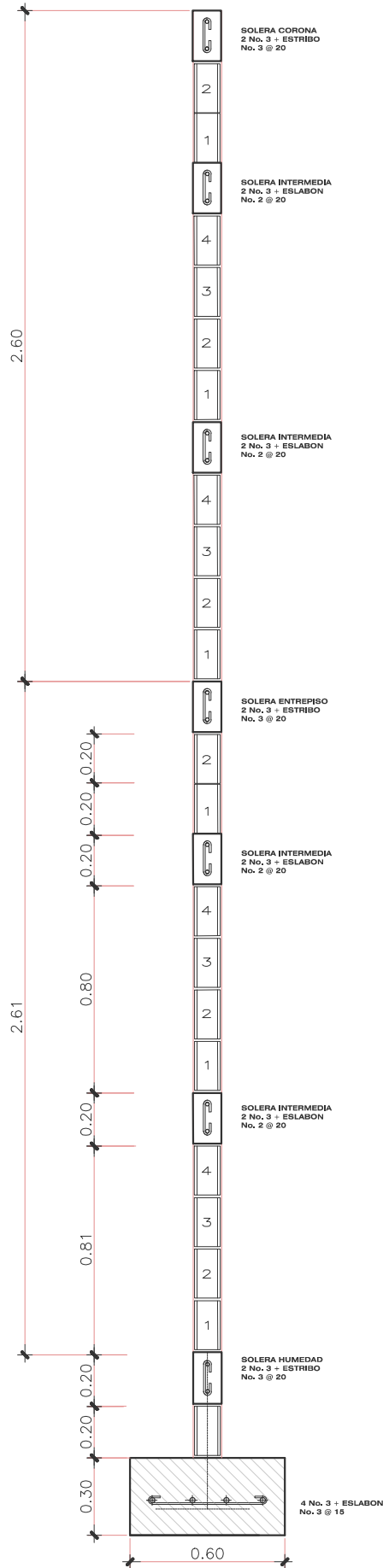
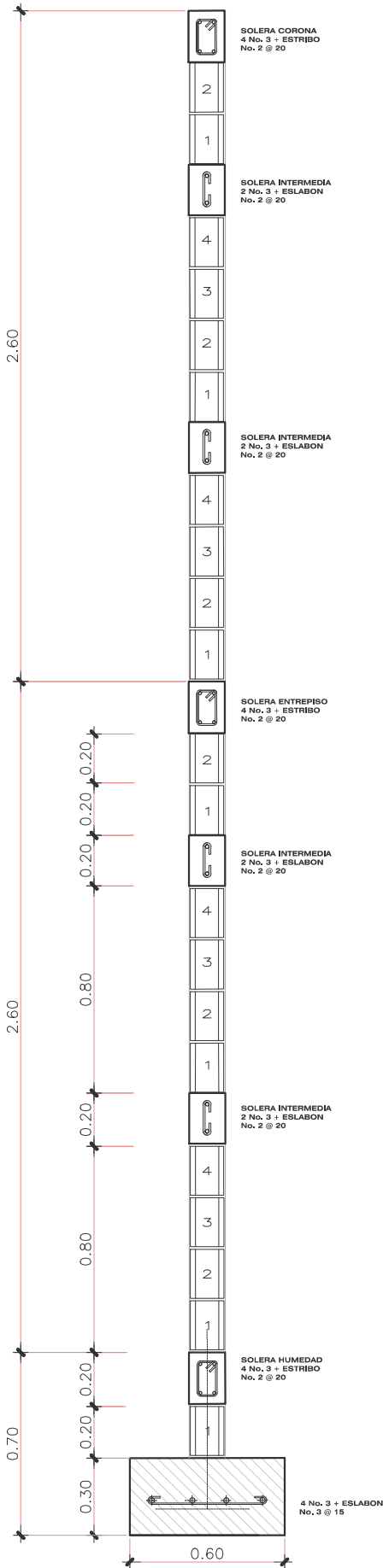
ESCALA: 1 : 50



PLANTA DE CIMIENTOS Y MOCHETAS

NIVEL 2 LADRILLO 14

ESCALA: 1 : 50



Distribución de carga lateral muros de mampostería ladrillo de 11cm

Especificación de materiales

$f'm =$	34.9	kg/cm ²	
$E_m =$	26175	kg/cm ²	AGIES 2.5.5
$E_v =$	10470	kg/cm ²	AGIES 2.5.6
Densidad del muro =	1345	kg/m ³	

Integración de cargas

Entrepiso

PP =	300	kg/m ²
CMS =	150	kg/m ²
CV =	200	kg/m ²

Techo

PP =	250	kg/m ²
CMS =	80	kg/m ²
CV =	100	kg/m ²

Integración de la masa que participa en el sismo

Área _{N1} =	83.38	m ²
Área _{N2} =	83.38	m ²
W _{N1} =	41690	kg
W _{N2} =	29599.90	kg

Integración de carga sísmica

Ubicación =	Ciudad de Guatemala
Suelo =	D
Clasificación de obra =	Ordinaria

Parámetros espectrales

Scr =	1.5
S1r =	0.55
lo =	4
Nivel de protección mín. =	D
Sismo de diseño =	10% de probabilidad de ser excedido en 50 años
Fa =	1
Fv =	1.5

Ajuste por clase de sitio

$$\begin{aligned} S_{cs} &= S_{cr} * F_a = 1.5 \\ S_{1s} &= S_{1r} * F_v = 0.83 \end{aligned}$$

Periodo de transición

$$T_s = S_{1s} / S_{cs} = 0.55 \text{ seg}$$

Ajuste por clase de obra

$$K_d = 0.66$$

Parámetros espectrales de diseño

$$\begin{aligned} S_{cd} &= S_{cs} * K_d = 0.99 \\ S_{1d} &= S_{1s} * K_d = 0.54 \end{aligned}$$

$$R = 4$$

$$C_d = 3$$

SISTEMA E2

$$T_a = K_T (H_n)^x = 0.19$$

$$K_T = 0.049$$

$$x = 0.75$$

$$H_n = 6 \text{ m}$$

$$S_a(T_a) = 0.99$$

$$C_s = S_a(T_a) / R = 0.25$$

$$V = C_s * W = 17644.25$$

Distribución vertical del sismo

Niveles	W	H	W*H	Cv	Cv*V
1	41690	2.6	108394	0.41322314	7291.01
2	29599.90	5.2	153919.48	0.58677686	10353.24
SUMATORIAS			262313.48	1	17644.25

Distribucion Horizontal del Sismo

																Peso del Muro					
Nivel	Direccion	Identificacion	Largo	Espesor	Alto	X	Y	Area	Area*Densidad	Inercia	K	K*x	Vs	A*x	A*y	Xr =	3.80				
1	Y	1	4.60	0.11	2.6	0.06	8.50	0.51	1769.48	0.892	153459.94	9207.60	3781.45	106.17	15040.60						
1	Y	2	4.60	0.11	2.6	0.06	2.30	0.51	1769.48	0.892	153459.94	9207.60	3781.45	106.17	4069.81	Mt =	14735.00 kg*m				
1	Y	3	2.86	0.11	2.6	4.23	2.73	0.31	1100.16	0.214	82770.66	350119.91	2039.57	4653.66	3003.43						
1	Y	5	3.72	0.11	2.6	8.32	3.67	0.41	1430.97	0.472	118089.36	982503.47	2909.87	11905.69	5251.67						
1	Y	7	1.38	0.11	2.6	7.59	4.08	0.15	530.84	0.024	23332.72	177095.36	574.95	4029.11	2165.85						
1	Y	8	3.33	0.11	2.6	8.26	8.00	0.37	1280.95	0.338	102161.90	843857.26	2517.40	10580.66	10247.61						
1	Y	16	2.86	0.11	2.6	4.25	8.33	0.31	1100.16	0.214	82770.66	351775.32	2039.57	4675.66	9164.30						
			23.35						8982.04			716045.18	2723766.51	17644.25	36057.12	48943.26					
																K*y	Vs	A*x	A*y	Yr =	6.35
1	X	A	3.25	0.11	2.6	4.83	10.73	0.36	1250.18	0.315	98875.34	1060932.43	4072.76	6038.36	13414.40						
1	X	B	2.67	0.11	2.6	3.05	6.96	0.29	1027.07	0.174	74888.02	521220.59	3084.70	3132.56	7148.40	Mt =	-12667.23 kg*m				
1	X	C	2.86	0.11	2.6	6.83	6.97	0.31	1100.16	0.214	82770.66	576911.53	3409.40	7514.07	7668.09						
1	X	D	2.89	0.11	2.6	6.83	4.89	0.32	1111.70	0.221	84013.66	410826.78	3460.60	7592.89	5436.19						
1	X	E	1.36	0.11	2.6	7.75	4.08	0.15	523.15	0.023	22631.17	92335.18	932.20	4054.42	2134.46						
1	X	F	1.55	0.11	2.6	6.78	1.87	0.17	596.24	0.034	29524.49	55210.80	1216.14	4042.50	1114.97						
1	X	G	1.71	0.11	2.6	3.45	0.06	0.19	657.79	0.046	35649.92	2139.00	1468.45	2269.36	39.47						
			16.29						6266.27			428353.27	2719576.31	17644.25	34644.15	36955.98					
																K*x	Vs	A*x	A*y	Xr2 =	3.50
2	Y	9	10.81	0.11	2.6	0.06	5.40	1.189	4158.28	11.579	391485.51	23489.13	4156.85	249.50	22454.73						
2	Y	10	2.74	0.11	2.6	2.00	5.54	0.301	1054.00	0.189	77793.82	155587.65	826.03	2107.99	5839.14	Mt =	7371.81 kg*m				
2	Y	11	3.62	0.11	2.6	4.23	19.41	0.398	1392.51	0.435	114020.61	482307.18	1210.69	5890.30	27032.01						
2	Y	12	4.48	0.11	2.6	8.32	8.57	0.493	1723.32	0.824	148679.81	1237015.99	1578.70	14338.04	14768.87						
2	Y	14	3.72	0.11	2.6	8.32	3.67	0.409	1430.97	0.472	118089.36	982503.47	1253.89	11905.69	5251.67						
2	Y	15	3.89	0.11	2.6	4.23	2.08	0.428	1496.37	0.540	124982.17	528674.57	1327.08	6329.63	3112.44						
			29.26						11255.44			975051.28	3409578.00	10353.24	40821.14	78458.85					
																K*y	Vs	A*x	A*y	Yr2 =	7.51
2	X	H	8.40	0.11	2.6	4.29	10.75	0.924	3231.23	5.43	300477.33	3230131.34	4661.32	13861.97	34735.70						
2	X	I	2.94	0.11	2.6	1.61	6.99	0.323	1130.93	0.23	86084.01	601727.20	1335.43	1820.80	7905.20	Mt =	-5853.82 kg*m				
2	X	J	2.86	0.11	2.6	6.83	6.99	0.315	1100.16	0.21	82770.66	578566.94	1284.03	7514.07	7690.09						
2	X	K	2.89	0.11	2.6	8.83	4.75	0.318	1111.70	0.22	84013.66	399064.86	1303.31	9816.28	5280.56						
2	X	L	1.37	0.11	2.6	2.42	4.09	0.151	527.00	0.02	22981.16	93992.93	356.51	1275.33	2155.42						
2	X	O	2.20	0.11	2.6	7.30	1.87	0.242	846.27	0.10	55411.82	103620.11	859.61	6177.80	1582.53						
2	X	P	1.71	0.11	2.6	3.45	0.06	0.188	657.79	0.05	35649.92	2139.00	553.04	2269.36	39.47						
			22.37						8605.07			667388.56	5009242.39	10353.24	42735.61	59388.97					

Distribucion Horizontal del Sismo

Nivel	K*(x-xr)	K*(x-xr) ²	Ft (kg)	F _{sismo} (kg)	Δc (cm)	Δc *Cd	Δu (cm)	Area Tributaria	CARGA			Sismo			
									Muerta (kg/m ²)	Viva (kg/m ²)	Pm	Pv	Vs	Ms	
1	-574539.14	2151018.90	-929.79	2851.65	0.0186	0.0557	1.82	4.29	780	300	5115.68	1287	2851.65	7414.29	
1	-574539.14	2151018.90	-929.79	2851.65	0.0186	0.0557	1.82	4.27	780	300	5100.08	1281	2851.65	7414.29	
1	35268.32	15027.72	57.08	2096.65	0.0253	0.0760	1.82	7.28	780	300	6778.56	2184	2096.65	5451.29	
1	533302.99	2408447.94	863.06	3772.93	0.0319	0.0958	1.82	0.82	780	300	2070.57	246	3772.93	9809.62	
1	88339.94	334463.59	142.96	717.91	0.0308	0.0923	1.82	2.98	780	300	2855.24	894	717.91	1866.57	
1	455243.30	2028608.26	736.73	3254.13	0.0319	0.0956	1.82	4.37	780	300	4689.55	1311	3254.13	8460.74	
1	36923.73	16471.56	59.75	2099.33	0.0254	0.0761	1.82	7.82	780	300	7199.76	2346	2099.33	5458.25	
			9105056.87	0	17644.25	0.0246									

Nivel	K*(y-yr)	K*(y-yr) ²	Ft (kg)	F _{sismo} (kg)	Δc (cm)	Δc *Cd	Δu (cm)	Area Tributaria	CARGA			Sismo			
									Muerta (kg/m ²)	Viva (kg/m ²)	Pm	Pv	Vs	Ms	
1	433181.78	1897808.41	-1289.51	2783.25	0.0281	0.084	1.82	4.05	780	300	4409.18	1215	2783.25	7236.46	
1	45763.32	27965.51	-136.23	2948.47	0.0394	0.118	1.82	9.27	780	300	8257.67	2781	2948.47	7666.03	
1	51408.04	31929.02	-153.03	3256.36	0.0393	0.118	1.82	5.07	780	300	5054.76	1521	3256.36	8466.55	
1	-122568.36	178816.20	364.87	3825.46	0.0455	0.137	1.82	2.52	780	300	3077.30	756	3825.46	9946.20	
1	-51348.09	116504.19	152.85	1085.05	0.0479	0.144	1.82	1.25	780	300	1498.15	375	1085.05	2821.14	
1	-132237.54	592280.05	393.65	1609.79	0.0545	0.164	1.82	1.96	780	300	2125.04	588	1609.79	4185.45	
1	-224199.15	1409968.27	667.40	2135.86	0.0599	0.180	1.82	4.22	780	300	3949.39	1266	2135.86	5553.22	
			4255271.65	0	17644.25	0.0412									

Nivel	K*(x-xr)	K*(x-xr) ²	Ft (kg)	F _{sismo} (kg)	Δc (cm)	Δc *Cd	Δu (cm)	Area Tributaria	CARGA			Sismo			
									Muerta (kg/m ²)	Viva (kg/m ²)	Pm	Pv	Vs	Ms	
2	-1345464.91	4624119.57	-890.93	3265.92	0.0083	0.025	1.82	1.23	330	100	4564.18	123	3265.92	8491.39	
2	-116443.28	174294.54	-77.11	748.92	0.0096	0.029	1.82	3.83	330	100	2317.90	383	748.92	1947.19	
2	83597.73	61292.25	55.36	1266.04	0.0111	0.033	1.82	7.72	330	100	3940.11	772	1266.04	3291.71	
2	717109.60	3458749.28	474.85	2053.55	0.0138	0.041	1.82	3.58	330	100	2904.72	358	2053.55	5339.24	
2	569566.34	2747121.44	377.15	1631.04	0.0138	0.041	1.82	1.97	330	100	2081.07	197	1631.04	4240.71	
2	91634.53	67184.68	60.68	1387.76	0.0111	0.033	1.82	3.90	330	100	2783.37	390	1387.76	3608.17	
			11132761.77	0	10353.24	0.0106									

Nivel	K*(y-yr)	K*(y-yr) ²	Ft (kg)	F _{sismo} (kg)	Δc (cm)	Δc *Cd	Δu (cm)	Area Tributaria	CARGA			Sismo			
									Muerta (kg/m ²)	Viva (kg/m ²)	Pm	Pv	Vs	Ms	
2	974827.79	3162598.66	-726.94	3934.38	0.0131	0.039	1.82	7.22	330	100	5613.83	722	3934.38	10229.40	
2	-44396.62	22896.94	33.11	1368.53	0.0159	0.048	1.82	5.29	330	100	2876.63	529	1368.53	3558.19	
2	-42687.81	22015.64	31.83	1315.86	0.0159	0.048	1.82	5.38	330	100	2875.56	538	1315.86	3421.23	
2	-231519.46	638006.52	172.65	1475.95	0.0176	0.053	1.82	3.77	330	100	2355.80	377	1475.95	3837.48	
2	-78497.57	268126.96	58.54	415.04	0.0181	0.054	1.82	7.73	330	100	3077.90	773	415.04	1079.12	
2	-312286.41	1759963.79	232.87	1092.48	0.0197	0.059	1.82	2.00	330	100	1506.27	200	1092.48	2840.45	
2	-265439.91	1976395.52	197.94	750.98	0.0211	0.063	1.82	3.86	330	100	1931.59	386	750.98	1952.55	
			7850004.04	0	10353.24	0.0155									

Combinación de Carga			Combinación de Carga			Combinación de Carga			h/r	Muerta + Viva		Muerta + 0.7Sismo		M+ 0.75V + 0.75*0.75Sis		Fa	Fb	Pe
P	V	M	P	V	M	P	V	M		fa	fb	fa	fb	fa	fb			
6402.68	0	0	5115.7	1996.16	5190.00	6080.93	1497.12	3892.50	81.88	1.265	0	1.011	1.338	1.202	1.003	5.741	11.633	194981.94
6381.08	0	0	5100.1	1996.16	5190.00	6060.83	1497.12	3892.50	81.88	1.261	0	1.008	1.338	1.198	1.003	5.741	11.633	194981.94
8962.56	0	0	6778.6	1467.65	3815.90	8416.56	1100.74	2861.93	81.88	2.849	0	2.155	2.545	2.675	1.908	5.741	11.633	121227.90
2316.57	0	0	2070.6	2641.05	6866.73	2255.07	1980.79	5150.05	81.88	0.566	0	0.506	0.506	0.551	2.030	5.741	11.633	157681.04
3749.24	0	0	2855.2	502.54	1306.60	3525.74	376.90	979.95	81.88	2.470	0	1.881	3.742	3.223	2.807	5.741	11.633	5494.58
6000.55	0	0	4689.6	2277.89	5922.52	5672.80	1708.42	4441.89	81.88	1.638	0	1.280	2.913	1.549	2.185	5.741	11.633	14149.97
9545.76	0	0	7199.8	1469.53	3820.78	8959.26	1102.15	2865.58	81.88	3.034	0	2.289	2.548	2.848	1.911	5.741	11.633	121227.90

Muerta + Viva			Muerta + 0.7 Sismo			Muerta + 0.75Viva + 0.75*0.75Sismo			h/r	Muerta + Viva		Muerta + 0.7Sismo		M+ 0.75V + 0.75*0.75Sis		Fa	Fb	Pe
P	V	M	P	V	M	P	V	M		fa	fb	fa	fb	fa	fb			
5624.18	0	0	4409.18	1948.28	5065.52	5320.43	1461.21	3799.14	81.88	1.573	0	1.233	2.616	1.488	1.962	5.741	11.633	137758.98
11038.67	0	0	8257.67	2063.93	5366.22	10343.42	1547.95	4024.67	81.88	3.758	0	2.812	4.106	3.522	3.079	5.741	11.633	113174.30
6575.76	0	0	5054.76	2279.45	5926.58	6195.51	1709.59	4444.94	81.88	2.090	0	1.607	3.952	1.969	2.964	5.741	11.633	121227.90
3833.30	0	0	3077.30	2677.82	6962.34	3644.30	2008.37	5221.76	81.88	1.206	0	0.968	4.547	1.146	3.410	5.741	11.633	122499.52
1873.15	0	0	1498.15	759.54	1974.80	1779.40	569.65	1481.10	81.88	1.252	0	1.001	5.824	1.189	4.368	5.741	11.633	57646.83
2713.04	0	0	2125.04	1126.85	2929.82	2566.04	845.14	2197.36	81.88	1.591	0	1.246	6.652	1.505	4.989	5.741	11.633	65700.44
5215.39	0	0	3949.39	1495.10	3887.26	4898.89	1121.32	2915.44	81.88	2.773	0	2.100	7.251	2.074	5.438	5.741	11.633	72482.42

Muerta + Viva			Muerta + 0.7 Sismo			Muerta + 0.75Viva + 0.75*0.75Sismo			h/r	Muerta + Viva		Muerta + 0.7Sismo		M+ 0.75V + 0.75*0.75Sis		Fa	Fb	Pe
P	V	M	P	V	M	P	V	M		fa	fb	fa	fb	fa	fb			
4687.18	0	0	4564.18	2286.14	5943.98	4656.43	1714.61	4457.98	81.88	0.394	0	0.384	0.277	0.392	0.208	5.741	11.633	458207.55
2700.90	0	0	2317.90	524.24	1363.04	2605.15	393.18	1022.28	81.88	0.896	0	0.769	0.990	0.864	0.743	5.741	11.633	116141.41
4712.11	0	0	3940.11	886.23	2304.20	4519.11	664.67	1728.15	81.88	1.183	0	0.989	0.959	1.135	0.719	5.741	11.633	153442.31
3262.72	0	0	2904.72	1437.49	3737.47	3173.22	1078.12	2803.10	81.88	0.662	0	0.589	1.016	0.644	0.762	5.741	11.633	189895.45
2278.07	0	0	2081.07	1141.73	2968.49	2228.82	856.30	2226.37	81.88	0.557	0	0.509	1.170	0.545	0.878	5.741	11.633	157681.04
3173.37	0	0	2783.37	971.43	2525.72	3075.87	728.57	1894.29	81.88	0.742	0	0.650	0.910	0.719	0.683	5.741	11.633	164886.90

Muerta + Viva			Muerta + 0.7 Sismo			Muerta + 0.75Viva + 0.75*0.75Sismo			h/r	Muerta + Viva		Muerta + 0.7Sismo		M+ 0.75V + 0.75*0.75Sis		Fa	Fb	Pe
P	V	M	P	V	M	P	V	M		fa	fb	fa	fb	fa	fb			
6335.83	0	0	5613.83	2754.07	7160.58	6155.33	2065.55	5370.43	81.88	0.686	0	0.608	0.554	0.666	0.415	5.741	11.633	356053.97
3405.63	0	0	2876.63	957.97	2490.73	3273.38	718.48	1868.05	81.88	1.053	0	0.889	1.572	1.012	1.179	5.741	11.633	124618.89
3413.56	0	0	2875.56	921.10	2394.86	3279.06	690.83	1796.15	81.88	1.085	0	0.914	1.572	1.042	1.198	5.741	11.633	121227.90
2732.80	0	0	2355.80	1033.17	2686.24	2638.55	774.88	2014.68	81.88	0.860	0	0.741	1.754	0.830	1.316	5.741	11.633	122499.52
3850.90	0	0	3077.90	290.53	755.38	3657.65	217.90	566.54	81.88	2.555	0	2.042	2.195	2.427	1.646	5.741	11.633	58070.71
1706.27	0	0	1506.27	764.74	1988.32	1656.27	573.55	1491.24	81.88	0.705	0	0.622	2.241	0.684	1.681	5.741	11.633	93252.23
2317.59	0	0	1931.59	525.69	1366.78	2221.09	394.26	1025.09	81.88	1.232	0	1.027	2.550	1				

Revisión de los muros mediante las combinaciones de carga.

Nivel	Combo 1: M + V			Combo 2: M + 0.75Sis			Combo 3: M + 0.75V + 0.75*0.75Sis		
	P	fa/Fa+fb/Fb	Chequeo	P	fa/Fa+fb/Fb	Chequeo	P	fa/Fa+fb/Fb	Chequeo
1	OK	0.220	OK	OK	0.291	OK	OK	0.296	OK
1	OK	0.220	OK	OK	0.291	OK	OK	0.295	OK
1	OK	0.496	OK	OK	0.594	OK	OK	0.630	OK
1	OK	0.099	OK	OK	0.321	OK	OK	0.270	OK
1	OK	0.430	OK	OK	0.649	OK	OK	0.646	OK
1	OK	0.285	OK	OK	0.473	OK	OK	0.458	OK
1	OK	0.529	OK	OK	0.618	OK	OK	0.660	OK
1	OK	0.274	OK	OK	0.440	OK	OK	0.428	OK
1	OK	0.655	OK	OK	0.843	OK	OK	0.878	OK
1	OK	0.364	OK	OK	0.620	OK	OK	0.598	OK
1	OK	0.210	OK	OK	0.559	OK	OK	0.493	OK
1	OK	0.218	OK	OK	0.675	OK	OK	0.583	OK
1	OK	0.277	OK	OK	0.789	OK	OK	0.691	OK
1	OK	0.483	OK	OK	0.989	OK	OK	0.921	OK
2	OK	0.069	OK	OK	0.091	OK	OK	0.086	OK
2	OK	0.156	OK	OK	0.219	OK	OK	0.214	OK
2	OK	0.206	OK	OK	0.255	OK	OK	0.260	OK
2	OK	0.115	OK	OK	0.190	OK	OK	0.178	OK
2	OK	0.097	OK	OK	0.189	OK	OK	0.170	OK
2	OK	0.129	OK	OK	0.192	OK	OK	0.184	OK
2	OK	0.119	OK	OK	0.153	OK	OK	0.152	OK
2	OK	0.183	OK	OK	0.290	OK	OK	0.278	OK
2	OK	0.189	OK	OK	0.297	OK	OK	0.285	OK
2	OK	0.150	OK	OK	0.280	OK	OK	0.258	OK
2	OK	0.445	OK	OK	0.544	OK	OK	0.564	OK
2	OK	0.123	OK	OK	0.301	OK	OK	0.264	OK
2	OK	0.215	OK	OK	0.398	OK	OK	0.370	OK

Tabla resumen.

Lo = 0.18
 Area_{n2} = 83.38 m²
 Long min de Muro_{n2} = 15.01 m

Lo = 0.18
 Area_{n1+n2} = 166.76 m²
 Long min de Muro_{n1} = 30.02 m

	W	Xc	Yc
Peso de Muros de 1er. Nivel	15248.32	4.64	5.63
Peso de la Losa Entrepiso	20011.20	4.64	5.63
Carga Muerta Sobrepuesta	12507.00	4.64	5.63
25% Carga Viva	4169.00	4.64	5.63
	51935.52		

W*Xc	W*Yc
70701.27	85899.23
92851.97	112663.06
58032.48	70414.41
19344.16	23471.47
240929.88	292448.17

X _{n1} Cg	Y _{n1} Cg
4.64	5.63

	W	Xc	Yc
Peso de Muros de 2ndo. Nivel	19860.51	4.21	6.94
Peso de Losa Techo	20011.20	4.21	6.94
Carga Muerta Sobrepuesta	6670.40	4.21	6.94
25% Carga Viva	2084.50	4.21	6.94
	48626.6121		

W*Xc	W*Yc
83556.74799	137847.8216
84247.152	138877.728
28082.384	46292.576
8775.745	14466.43
204662.029	337484.5556

X _{n2} Cg	Y _{n2} Cg
4.21	6.94

Distribución de carga lateral muros de mampostería ladrillo de 14cm

Especificación de materiales

$f'm =$	23.05	kg/cm ²	
$E_m =$	17287.5	kg/cm ²	AGIES 2.5.5
$E_v =$	6915	kg/cm ²	AGIES 2.5.6
Densidad del muro =	1345	kg/m ³	

Integración de cargas

Entrepiso

PP =	300	kg/m ²
CMS =	150	kg/m ²
CV =	200	kg/m ²

Techo

PP =	250	kg/m ²
CMS =	80	kg/m ²
CV =	100	kg/m ²

Integración de la masa que participa en el sismo

Área _{N1} =	83.38	m ²
Área _{N2} =	83.38	m ²
W _{N1} =	41690	kg
W _{N2} =	29599.90	kg

Integración de carga sísmica

Ubicación =	Ciudad de Guatemala
Suelo =	D
Clasificación de obra =	Ordinaria

Parámetros espectrales

Scr =	1.5
S1r =	0.55
Io =	4
Nivel de protección mín. =	D
Sismo de diseño =	10% de probabilidad de ser excedido en 50 años
Fa =	1
Fv =	1.5

Ajuste por clase de sitio

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a = 1.5$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v = 0.83$$

Periodo de transición

$$T_s = S_{1s} / S_{cs} = 0.55 \text{ seg}$$

Ajuste por clase de obra

$$K_d = 0.66$$

Parámetros espectrales de diseño

$$S_{cd} = S_{cs} * K_d = 0.99$$

$$S_{1d} = S_{1s} * K_d = 0.54$$

$$R = 4$$

$$C_d = 3$$

SISTEMA E2

$$T_a = K_T (H_n)^x = 0.19$$

$$K_T = 0.049$$

$$x = 0.75$$

$$H_n = 6 \text{ m}$$

$$S_a(T_a) = 0.99$$

$$C_s = S_a(T_a) / R = 0.25$$

$$V = C_s * W = 17644.25$$

Distribución vertical del sismo

Niveles	W	H	W*H	Cv	Cv*V
1	41690	2.6	108394	0.41322314	7291.01
2	29599.90	5.2	153919.48	0.58677686	10353.24
SUMATORIAS			262313.48	1	17644.25

Distribucion Horizontal del Sismo

															Peso del Muro					
Nivel	Direccion	Identificacion	Largo	Espesor	Alto	X	Y	Area	Area*Densidad	Inercia	K	K*x	Vs	A*x	A*y	Xr =	3.81			
1	Y	1	4.60	0.14	2.6	0.07	8.50	0.64	2252.07	1.136	128995.89	9029.71	3781.45	157.64	19142.58					
1	Y	2	4.60	0.14	2.6	0.07	2.30	0.64	2252.07	1.136	128995.89	9029.71	3781.45	157.64	5179.76	Mt =	14647.08 kg*m			
1	Y	3	2.86	0.14	2.6	4.24	2.73	0.40	1400.20	0.273	69575.65	295000.77	2039.57	5936.84	3822.54					
1	Y	5	3.72	0.14	2.6	8.33	3.67	0.52	1821.24	0.601	99263.97	826868.83	2909.87	15170.91	6683.94					
1	Y	7	1.38	0.14	2.6	7.59	4.09	0.19	675.62	0.031	19613.10	148863.43	574.95	5127.96	2763.29					
1	Y	8	3.33	0.14	2.6	8.26	8.00	0.47	1630.30	0.431	85875.60	709332.47	2517.40	13466.29	13042.41					
1	Y	16	2.86	0.14	2.6	4.24	8.33	0.40	1400.20	0.273	69575.65	295000.77	2039.57	5936.84	11663.66					
			23.35						11431.69			601895.75	2293125.70	17644.25	45954.13	62298.17				
															K*y	Vs	A*x	A*y	Yr =	6.35
1	X	A	3.25	0.14	2.6	4.83	10.74	0.46	1591.14	0.400	83112.98	892633.41	4072.76	7685.18	17088.79					
1	X	B	2.67	0.14	2.6	3.05	6.97	0.37	1307.18	0.222	62949.63	438758.92	3084.70	3986.89	9111.03	Mt =	-12637.65 kg*m			
1	X	C	2.86	0.14	2.6	6.83	6.98	0.40	1400.20	0.273	69575.65	485638.06	3409.40	9563.36	9773.39					
1	X	D	2.89	0.14	2.6	6.83	4.88	0.40	1414.89	0.282	70620.49	344628.00	3460.60	9663.67	6904.64					
1	X	E	1.36	0.14	2.6	7.75	4.09	0.19	665.83	0.029	19023.39	77805.66	932.20	5160.17	2723.24					
1	X	F	1.55	0.14	2.6	6.78	1.88	0.22	758.85	0.043	24817.80	46657.47	1216.14	5145.00	1426.64					
1	X	G	1.71	0.14	2.6	3.45	0.07	0.24	837.18	0.058	29966.74	2097.67	1468.45	2888.28	58.60					
			16.29						7975.26			360066.68	2288219.19	17644.25	44092.55	47086.34				
															K*x	Vs	A*x	A*y	Xr2 =	3.51
2	Y	9	10.81	0.14	2.6	0.07	5.40	1.513	5292.36	14.738	329076.26	23035.34	4156.85	370.47	28578.74					
2	Y	10	2.74	0.14	2.6	2.01	5.54	0.384	1341.45	0.240	65392.20	131438.33	826.03	2696.31	7431.63	Mt =	7293.99 kg*m			
2	Y	11	3.62	0.14	2.6	4.24	19.41	0.507	1772.28	0.553	95843.84	406377.89	1210.69	7514.47	34404.38					
2	Y	12	4.48	0.14	2.6	8.33	8.57	0.627	2193.32	1.049	124977.79	1041064.99	1578.70	18270.34	18796.74					
2	Y	14	3.72	0.14	2.6	8.33	3.67	0.521	1821.24	0.601	99263.97	826868.83	1253.89	15170.91	6683.94					
2	Y	15	3.89	0.14	2.6	4.24	2.08	0.545	1904.47	0.687	105057.95	445445.70	1327.08	8074.94	3961.29					
			29.26						14325.11			819612.01	2874231.07	10353.24	52097.43	99856.72				
															K*y	Vs	A*x	A*y	Yr2 =	7.50
2	X	H	8.40	0.14	2.6	4.29	10.74	1.176	4112.47	6.91	252576.28	2712669.30	4661.32	17642.50	44167.95					
2	X	I	2.94	0.14	2.6	1.61	6.98	0.412	1439.37	0.30	72360.79	505078.34	1335.43	2317.38	10046.77	Mt =	-5796.26 kg*m			
2	X	J	2.86	0.14	2.6	6.83	6.98	0.400	1400.20	0.27	69575.65	485638.06	1284.03	9563.36	9773.39					
2	X	K	2.89	0.14	2.6	8.83	4.74	0.405	1414.89	0.28	70620.49	334741.13	1303.31	12493.45	6706.56					
2	X	L	1.37	0.14	2.6	2.42	4.10	0.192	670.72	0.03	19317.58	79202.08	356.51	1623.15	2749.97					
2	X	O	2.20	0.14	2.6	7.30	1.88	0.308	1077.08	0.12	46578.26	87567.14	859.61	7862.65	2024.90					
2	X	P	1.71	0.14	2.6	3.45	0.07	0.239	837.18	0.06	29966.74	2097.67	553.04	2888.28	58.60					
			22.37						10951.90			560995.80	4206993.72	10353.24	54390.77	75528.14				

Revisiones de los muros mediante las combinaciones de carga.

Nivel	Combo 1: M + V			Combo 2: M + 0.75Sis			Combo 3: M + 0.75V + 0.75*0.75Sis		
	P	fa/Fa+fb/Fb	Chequeo	P	fa/Fa+fb/Fb	Chequeo	P	fa/Fa+fb/Fb	Chequeo
1	OK	0.235	OK	OK	0.328	OK	OK	0.327	OK
1	OK	0.234	OK	OK	0.328	OK	OK	0.326	OK
1	OK	0.509	OK	OK	0.649	OK	OK	0.674	OK
1	OK	0.114	OK	OK	0.380	OK	OK	0.319	OK
1	OK	0.443	OK	OK	0.724	OK	OK	0.705	OK
1	OK	0.300	OK	OK	0.535	OK	OK	0.507	OK
1	OK	0.541	OK	OK	0.672	OK	OK	0.704	OK
1	OK	0.288	OK	OK	0.497	OK	OK	0.475	OK
1	OK	0.666	OK	OK	0.922	OK	OK	0.940	OK
1	OK	0.378	OK	OK	0.698	OK	OK	0.660	OK
1	OK	0.225	OK	OK	0.649	OK	OK	0.564	OK
1	OK	0.233	OK	OK	0.785	OK	OK	0.668	OK
1	OK	0.292	OK	OK	0.911	OK	OK	0.786	OK
1	OK	0.496	OK	OK	1.120	Cambie	OK	1.022	Cambie
2	OK	0.085	OK	OK	0.111	OK	OK	0.106	OK
2	OK	0.171	OK	OK	0.251	OK	OK	0.242	OK
2	OK	0.221	OK	OK	0.286	OK	OK	0.286	OK
2	OK	0.131	OK	OK	0.222	OK	OK	0.205	OK
2	OK	0.113	OK	OK	0.224	OK	OK	0.200	OK
2	OK	0.145	OK	OK	0.222	OK	OK	0.211	OK
2	OK	0.135	OK	OK	0.178	OK	OK	0.174	OK
2	OK	0.199	OK	OK	0.331	OK	OK	0.312	OK
2	OK	0.204	OK	OK	0.338	OK	OK	0.319	OK
2	OK	0.165	OK	OK	0.324	OK	OK	0.294	OK
2	OK	0.458	OK	OK	0.594	OK	OK	0.604	OK
2	OK	0.138	OK	OK	0.353	OK	OK	0.306	OK
2	OK	0.229	OK	OK	0.454	OK	OK	0.416	OK

Tabla resumen

Lo = 0.12
 Area_{N2} = 83.38 m²
 de Muro_{N2} = 10.01 m

Lo = 0.12
 Area_{N1+N2} = 166.76 m²
 de Muro_{N1} = 20.01 m

	W	Xc	Yc
de 1er. Nivel	19406.95	4.64	5.64
losa Entrepiso	20011.20	4.64	5.64
sobrepuesta	12507.00	4.64	5.64
Carga Viva	4169.00	4.64	5.64
	56094.15		

W*Xc	W*Yc
90046.69	109384.51
92851.97	112863.17
58032.48	70539.48
19344.16	23513.16
260275.29	316300.32

X _{n1} Cg	Y _{n1} Cg
4.64	5.64

	W	Xc	Yc
2do. Nivel	25277.02	4.21	6.94
losa Techo	20011.20	4.21	6.94
sobrepuesta	6670.40	4.21	6.94
Carga Viva	2084.50	4.21	6.94
	54043.1154		

W*Xc	W*Yc
106488.2	175384.86
84247.152	138877.73
28082.384	46292.576
8775.745	14466.43
227593.48	375021.6

X _{n2} Cg	Y _{n2} Cg
4.21	6.94

0	1	2	8	9	10
piso	dentificaci	Largo	Pm	Pv	Vs
#	#	m	kip	kip	kip
1	1	4.6	11.2928962	2.8410596	1.29486648
1	2	4.6	11.2584592	2.82781457	1.29486648
1	3	2.86	14.9637002	4.82119205	4.93530087

HOJA DE CALCULO PARA REFUERZO DE MURO 11

unidades: kip, ft

DL = carga muerta distribuida kip/ft

LL = carga viva distribuida kip/ft

EQ = carga sísmica kip

fy = Esfuerzo de fluencia ksi

f'm = resistencia a la compresion mamposteria ksi

L = largo total del muro en ft

h = altura del muro en ft

t = espesor del muro en in

DL *LL* *EQ* *f'm* *fy* *l* *h* *t*

*datos*_{muro,8} *datos*_{muro,9} *datos*_{muro,10} 0.5 60 *datos*_{muro,2} • 3.28 2.6 • 3.28 $\frac{11}{2.54}$

EspaciamientoH *CantidadH* *barraH* *CantidadV* *barraV*

$\frac{100}{2.54}$

2

3

2

3

Combinación de carga

$$PCR4 := ((1.2 + 0.15) \cdot DL + LL) = 13.873$$

$$PCR5 := (0.9 - 0.15) DL = 7.557$$

$$P := \min(PCR4, PCR5) = 7.557 \quad Mu := EQ \cdot h = 13.965 \quad d := l \cdot 12 - t \quad d1 := t$$

$$As := [0 \ 0 \ 0 \ 0.11 \ 0.2 \ 0.31 \ 0.44 \ 0.60 \ 0.79 \ 1 \ 1.27 \ 1.56]^T \quad in^2$$

$$l \cdot 12 = 425.482$$

$$d = 421.151$$

$$a := 0.4 \cdot f' m \cdot t \quad b := -0.8 \cdot f' m \cdot t \cdot d \quad c := P \cdot \left(\frac{l}{2} \cdot 12 - d1 \right) + Mu \cdot 12$$

$$a = 0.866 \quad b = -729.553 \quad c = 1.742 \cdot 10^3$$

$$a1 := \left(\frac{-(b) - \left(\sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} \right)}{2 \cdot a} \right) = 2.395$$

$$a1 = 2.395$$

FUERZAS DE COMPRESION:

$$C := 0.8 \cdot f' m \cdot a1 \cdot t$$

$$C = 4.149$$

FUERZA DE TENSION

$$T := C - P = -3.407$$

$$\phi := 0.9$$

$$AsV := \frac{T}{\phi \cdot fy} = -0.063$$

Chequeo deformación unitaria

$$\varepsilon_s = (d1 - c) \cdot \left(\frac{\varepsilon_m}{c} \right) \quad \varepsilon_y := 0.002069$$

$$\varepsilon_s := \left(d - \frac{a1}{0.8} \right) \cdot \left(\frac{0.0035}{\left(\frac{a1}{0.8} \right)} \right)$$

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} = 236.263$$

$$Chequeo := \text{if} \left(\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} > 4, \text{"OK"}, \text{"No OK, CAMBIE"} \right) = \text{"OK"}$$

DISEÑO POR CORTANTE

$$\phi_1 := 0.8$$

$$V_u := EQ = 1.638$$

$$V_n := \frac{V_u}{\phi_1} = 2.047 \quad dv := l \cdot 12 - t$$

$$V_{s2} = 0.5 \cdot \left(\frac{A_v}{s} \right) f_y \cdot dv \quad A_v = \frac{2 \cdot V_{s2}}{f_y \cdot dv}$$

$$A_{v2} := \frac{2 \cdot \text{EspaciamientoH} \cdot V_n}{f_y \cdot dv} = 0.0064$$

$$\frac{A_{v2}}{A_{s_{\text{barraH}}}} = 0.058$$

$$\frac{A_{v2}}{A_{s_{\text{barraH}}}} \leq 1 = 1$$

$$\frac{AsV}{CantidadV \cdot As_{barraV}} = -0.287$$

$$\frac{AsV}{CantidadV \cdot As_{barraV}} < 1 = 1$$

1 = OK

$$\frac{Av2}{CantidadH \cdot As_{barraH}} = 0.029$$

$$\frac{Av2}{CantidadH \cdot As_{barraH}} \leq 1 = 1$$

1 = OK

$$\frac{Mu}{Vu \cdot d} = 0.02$$

$$\frac{Mu}{Vu \cdot d} < 1 = 1$$

1 = OK

NOTA: no requiere revisión de deformación unitaria en caso requiera la relación de deformaciones debe ser mayor que 4

$$\frac{\epsilon_s}{\epsilon_y} = 236.263$$

$$Asv := \frac{2 \cdot CantidadV \cdot As_{barraV}}{l \cdot 12 \cdot t} + \frac{\frac{l \cdot 12}{48} \cdot As_{barraV}}{l \cdot 12 \cdot t} = 0.0008$$

$$Ash := \frac{CantidadH \cdot As_{barraH}}{EspaciamientoH \cdot t} = 0.00129$$

$$Asv + Ash > 0.002 = 1$$

1 = OK

$$Asv + Ash = 0.00206$$

muro \equiv 14

0	1	2	8	9	10
piso	dentificaci	Largo	Pm	Pv	Vs
#	#	m	kip	kip	kip
1	1	4.6	11.2928962	2.8410596	1.29486648
1	2	4.6	11.2584592	2.82781457	1.29486648
1	3	2.86	14.9637002	4.82119205	4.93530087

HOJA DE CALCULO PARA REFUERZO DE MURO 14

unidades: kip, ft

DL = carga muerta distribuida kip/ft

LL = carga viva distribuida kip/ft

EQ = carga sísmica kip

fy = Esfuerzo de fluencia ksi

f'm = resistencia a la compresion mamposteria ksi

L = largo total del muro en ft

h = altura del muro en ft

t = espesor del muro en in

DL *LL* *EQ* *f'm* *fy* *l* *h* *t*

*datos*_{muro,8} *datos*_{muro,9} *datos*_{muro,10} 0.5 60 *datos*_{muro,2} • 3.28 2.6 • 3.28 $\frac{14}{2.54}$

EspaciamientoH *CantidadH* *barraH* *CantidadV* *barraV*

$\frac{100}{2.54}$

4

3

4

3

Combinación de carga

$$PCR4 := ((1.2 + 0.15) \cdot DL + LL) = 18.086$$

$$PCR5 := (0.9 - 0.15) DL = 8.47$$

$$P := \min(PCR4, PCR5) = 8.47 \quad Mu := EQ \cdot h = 11.043 \quad d := l \cdot 12 - t \quad d1 := t$$

$$As := [0 \ 0 \ 0 \ 0.11 \ 0.2 \ 0.31 \ 0.44 \ 0.60 \ 0.79 \ 1 \ 1.27 \ 1.56]^T \quad in^2$$

$$l \cdot 12 = 181.056$$

$$d = 175.544$$

$$a := 0.4 \cdot f' m \cdot t$$

$$b := -0.8 \cdot f' m \cdot t \cdot d$$

$$c := P \cdot \left(\frac{l}{2} \cdot 12 - d1 \right) + Mu \cdot 12$$

$$a = 1.102$$

$$b = -387.027$$

$$c = 852.571$$

$$a1 := \left(\frac{-(b) - \left(\sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c} \right)}{2 \cdot a} \right) = 2.217$$

$$a1 = 2.217$$

FUERZAS DE COMPRESION:

$$C := 0.8 \cdot f' m \cdot a1 \cdot t$$

$$C = 4.888$$

FUERZA DE TENSION

$$T := C - P = -3.582$$

$$\phi := 0.9$$

$$AsV := \frac{T}{\phi \cdot fy} = -0.066$$

Chequeo deformación unitaria

$$\varepsilon_s = (d1 - c) \cdot \left(\frac{\varepsilon_m}{c} \right)$$

$$\varepsilon_y := 0.002069$$

$$\varepsilon_s := \left(d - \frac{a1}{0.8} \right) \cdot \left(\frac{0.0035}{\left(\frac{a1}{0.8} \right)} \right)$$

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} = 105.471$$

$$Chequeo := \text{if} \left(\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} > 4, \text{"OK"}, \text{"No OK, CAMBIE"} \right) = \text{"OK"}$$

DISEÑO POR CORTANTE

$$\phi_1 := 0.8$$

$$Vu := EQ = 1.295$$

$$Vn := \frac{Vu}{\phi_1} = 1.619 \quad dv := l \cdot 12 - t$$

$$Vs2 = 0.5 \cdot \left(\frac{Av}{s} \right) fy \cdot dv \quad Av = \frac{2 \cdot Vs2}{fy \cdot dv}$$

$$Av2 := \frac{2 \cdot \text{EspaciamientoH} \cdot Vn}{fy \cdot dv} = 0.0121$$

$$\frac{Av2}{As_{\text{barraH}}} = 0.11$$

$$\frac{Av2}{As_{\text{barraH}}} \leq 1 = 1$$

$$\frac{AsV}{CantidadV \cdot As_{barraV}} = -0.151$$

$$\frac{AsV}{CantidadV \cdot As_{barraV}} < 1 = 1$$

1 = OK

$$\frac{Av2}{CantidadH \cdot As_{barraH}} = 0.028$$

$$\frac{Av2}{CantidadH \cdot As_{barraH}} \leq 1 = 1$$

1 = OK

$$\frac{Mu}{Vu \cdot d} = 0.049$$

$$\frac{Mu}{Vu \cdot d} < 1 = 1$$

1 = OK

NOTA: no requiere revisión de deformación unitaria en caso requiera la relación de deformaciones debe ser mayor que 4

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_y} = 105.471$$

$$Asv := \frac{2 \cdot CantidadV \cdot As_{barraV}}{l \cdot 12 \cdot t} + \frac{\frac{l \cdot 12}{48} \cdot As_{barraV}}{l \cdot 12 \cdot t} = 0.0013$$

$$Ash := \frac{CantidadH \cdot As_{barraH}}{EspaciamientoH \cdot t} = 0.00203$$

$$Asv + Ash > 0.002 = 1$$

1 = OK

$$Asv + Ash = 0.00333$$

muro $\equiv 0$