



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE UNA EDIFICACIÓN DE
MAMPOSTERÍA PORTANTE UBICADA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE
QUITO, EN EL AÑO 2021**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: Jhon Alfredo Gualpa Altamirano

TUTOR: Carlos Alexis Ayala Moya

Quito - Ecuador
2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jhon Alfredo Gualpa Altamirano con documento de identificación N° 1721538179 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de septiembre del 2022

Atentamente,



Jhon Alfredo Gualpa Altamirano

1721538179

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jhon Alfredo Gualpa Altamirano con documento de identificación N° 1721538179, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Evaluación y Rehabilitación de una Edificación de Mampostería Portante ubicada en el Centro Histórico de Quito, en el año 2021”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de septiembre del 2022

Atentamente,



Jhon Alfredo Gualpa Altamirano

1721538179

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alexis Ayala Moya con documento de identificación N° 1712968971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE UNA EDIFICACIÓN DE MAMPOSTERÍA PORTANTE UBICADA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO, EN EL AÑO 2021, realizado por Jhon Alfredo Gualpa Altamirano con documento de identificación N° 1721538179, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de septiembre del 2022

Atentamente,



Ing. Carlos Alexis Ayala Moya, MSc.

1712968971

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante cada día, por su bendición y colmarme de salud en todo este tiempo.

A mis padres Alicia y Alfredo por ser incondicionales en mi vida, todos mis logros los he conseguido gracias ustedes.

A mi hermana Ruth por brindarme todo su apoyo, por sus cuidados y preocupaciones.

A mi hijo Joaquín, esto lo hago por y para ti.

A mi novia Karen, por ser un apoyo fundamental en todo este proceso.

Esto va para cada uno de ustedes.

Jhon.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por darme la vida, a mis padres por velar por mi bienestar.

A los Ingenieros que a lo largo de la carrera supieron transmitir su conocimiento.

Al Ingeniero Carlos Ayala por su disposición a colaborar siempre como tutor de Tesis y al Ingeniero Juan Pablo Chacón por sus acciones como lector de Tesis.

Gracias a su apoyo, este trabajo pudo ser posible.

Jhon.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de estudio	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Grupo objetivo.....	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivo específico	3
1.6 Datos generales del proyecto.....	4
1.6.1 Localización.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
2.1 Zonificación sísmica del Ecuador	5
2.2 Fallas geológicas en Quito	6
2.3 Mampostería.....	6
2.4 Tipología de mampostería	6
2.4.1 Mampostería confinada.....	6
2.4.2 Mampostería reforzada	7
2.5 Tipología de mampuestos.....	7
2.6 Unidades de arcilla	9
2.7 Unidades de concreto	9
2.8 Unidades sílico calcáreas	10
2.9 Unidades apilables.....	10
2.10 Propiedades de mampostería	10
2.10.1 Resistencia a la compresión	11
2.10.2 Resistencia a la tracción.....	11
2.10.3 Variabilidad dimensional	11
2.10.4 Alabeo.....	12
2.10.5 Succión.....	12
2.11 Ensayos.....	12

2.11.1	Ensayo de esclerometría	12
2.12	Mortero.....	12
2.13	Propiedades del mortero.....	13
2.14	Ingredientes del mortero.....	13
2.14.1	Cemento	13
2.14.2	Arena.....	13
2.14.3	Agua.....	13
2.15	Sistema estructural	13
2.15.1	Paredes portantes de ladrillo	13
2.16	Evaluación de condición de mampostería.....	14
2.16.1	Evaluación de la condición visual.....	14
2.16.2	Evaluación de solicitaciones sobre los muros de mampostería	15
2.17	Patologías en estructuras patrimoniales	15
2.17.1	Físicas	16
	Se encuentra presencia de humedad, puede ser causado por capilaridad, filtración.	16
2.17.2	Mecánicas	16
2.17.3	Biológicas	16
2.17.4	Antrópicas.....	16
2.18	Reforzamiento como alternativa de rehabilitación de la estructura	16
2.18.1	Técnicas de reforzamiento estructural	16
2.18.2	Reforzamiento con malla electrosoldada (Mampostería enchapada)	17
CAPÍTULO III.....		18
3.	METODOLOGÍA.....	18
3.1.	Descripción del proyecto.....	18
3.1.1.	Descripción del sistema estructural	18
3.1.1.1.	Cimentación	20
3.1.1.2.	Columnas.....	21
3.1.1.3.	Vigas.....	22
3.1.1.4.	Losa.....	23
3.1.1.5.	Muros de mampostería	23
3.1.1.6.	Determinación del tipo de suelo.....	23
3.1.1.7.	Tipo de edificación según FEMA	25
CAPÍTULO IV.....		27
4.	EVALUACIÓN DE CONDICIÓN	27
4.1.	Vulnerabilidad sísmica de la estructura	27

4.1.1.	Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de la estructura.....	27
4.1.1.1.	Interpretación de los resultados obtenidos	28
4.1.2.	Metodología Italiana para determinar el índice de vulnerabilidad	28
4.2.	Patologías estructurales	31
4.3.	Características estructurales de la edificación.....	31
4.3.1.	Análisis de materiales	31
4.3.1.1.	Hormigón	32
4.3.1.2.	Estructura metálica.....	32
4.3.1.3.	Madera.....	33
4.3.1.4.	Piedra.....	33
4.3.1.5.	Mampostería.....	33
4.3.1.6.	Distribución geométrica de muros de mampostería.....	35
4.3.2.	Tipología estructural	36
4.3.2.1.	Planos arquitectónicos.....	36
4.4.	Modelación de la estructura en estado actual.....	36
4.4.1.	Proceso de modelación	37
4.4.1.1.	Definición de materiales.....	37
4.4.1.2.	Definición de secciones.....	39
4.4.1.3.	Estimación de cargas y dibujo de la estructura	40
4.4.1.4.	Chequeo de elementos estructurales	45
4.4.1.4.1.	Columnas metálicas.....	45
4.4.1.4.2.	Vigas.....	45
4.4.1.4.3.	Mampostería.....	49
CAPÍTULO V.....		52
5.	REHABILITACIÓN DE MAMPOSTERÍA	52
5.1.	Muros que reemplacen la mampostería.....	52
5.1.1.	Modelación de la estructura con muros	52
5.1.1.1.	Definición de materiales.....	52
5.1.1.2.	Definición de secciones.....	52
5.1.1.3.	Estimación de cargas	53
5.2.	Enchapado de mampostería.....	57
5.2.1.	Modelación de la estructura enchapada	57
5.2.1.1.	Definición de materiales.....	57
5.2.1.2.	Definición de secciones.....	57
5.2.1.3.	Estimación de cargas	58

5.2.1.4.	Solicitud de esfuerzos	62
5.2.1.5.	Cálculo de acero	63
5.2.1.6.	Verificación a corte	64
5.2.1.7.	Diagramas de interacción de los muros enchapados	65
5.3.	Análisis del reforzamiento	70
5.4.	Proceso constructivo	70
5.5.	Planos del reforzamiento	71
5.6.	Presupuesto referencial	71
6.	CONCLUSIONES	72
7.	RECOMENDACIONES	73
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
9.	ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA ADOPTADA	6
TABLA 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DEL SUELO	255
TABLA 3 LISTA DE VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE PREVENCIÓN DE COLAPSO PARA LOS TIPOS DE CONSTRUCCIÓN URM Y URMA.....	277
TABLA 4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD - MÉTODO ITALIANO.....	311
TABLA 5 MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN	322
TABLA 6 RESULTADOS DEL ENSAYO CON ESCLERÓMETRO	344
TABLA 7 DENSIDAD DE MUROS EN LA DIRECCIÓN X	366
TABLA 8 DENSIDAD DE MUROS EN LA DIRECCIÓN Y	366
TABLA 9 HORMIGÓN EN VIGAS	377
TABLA 10 HORMIGÓN EN LOSA	377
TABLA 11 GRANITO PARA COLUMNAS	377
TABLA 12 COLUMNAS DE ESTRUCTURA METÁLICA	378
TABLA 13 MADERA DE VIGUETAS - GRUPO B.....	388
TABLA 14 MADERA DE ENTABLADO - GRUPO C	388
TABLA 15 MAMPOSTERÍA.....	388
TABLA 16 DIMENSIONES DE COLUMNAS	39
TABLA 17 DIMENSIONES DE VIGAS	39
TABLA 18 DIMENSIONES LOSAS.....	39
TABLA 19 DIMENSIONES MAMPOSTERÍA.....	39
TABLA 20 CARGA VIVA	400
TABLA 21 PARÁMETROS PARA CALCULAR EL CORTANTE BASAL.....	411
TABLA 22 PERÍODOS DE LA ESTRUCTURA EN ESTADO ACTUAL	444
TABLA 23 MODO DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN ESTADO ACTUAL	444
TABLA 24 HORMIGÓN DE MURO	522
TABLA 25 ACERO DE MURO	522
TABLA 26 CÁLCULO DE CORTANTE BASAL - MURO	533
TABLA 27 PERÍODOS DE LA ESTRUCTURA REHABILITADA CON MUROS	566
TABLA 28 MODO DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON MUROS.....	566
TABLA 29 MATERIAL DE ENCHAPE	577
TABLA 30 CÁLCULO DE CORTANTE BASAL	588
TABLA 31 PERÍODOS DE LA ESTRUCTURA REHABILITADA.....	611
TABLA 32 MODO DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA ENCHAPADA.....	611
TABLA 33 DERIVAS DE LA ESTRUCTURA ENCHAPADA	622
TABLA 34 CÁLCULO Y RESUMEN DE ACERO	644
TABLA 35 CHEQUEO DEL CORTANTE EN MAMPOSTERÍA ENCHAPADA	655
TABLA 36 SOLICITACIONES A FLEXIÓN Y COMPRESIÓN EN MUROS ENCHAPADOS	69
TABLA 37 COMPARACIÓN DE PERÍODOS ENTRE LA ESTRUCTURA SIN REFORZAR Y ENCHAPADA	700
TABLA 38 PRESUPUESTO REFERENCIAL	711

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ESTRUCTURA DE ESTUDIO	3
FIGURA 2 LOCALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO	4
FIGURA 3 ZONAS SÍSMICAS DEL ECUADOR PARA PROPÓSITOS DE DISEÑO Y VALOR DEL FACTOR DE ZONA Z	5
FIGURA 4 MAMPOSTERÍA CONFINADA	7
FIGURA 5 MAMPOSTERÍA REFORZADA	7
FIGURA 6 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA SÓLIDA	8
FIGURA 7 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA HUECA	8
FIGURA 8 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA PERFORADA	9
FIGURA 9 UNIDAD DE MAMPOSTERÍA TUBULAR	9
FIGURA 10 PAREDES PORTANTES DE LADRILLO	14
FIGURA 11 ESQUEMA EN PLANTA DE LA PLANTA BAJA DE LA ESTRUCTURA	19
FIGURA 12 ESQUEMA EN PLANTA DEL PRIMER NIVEL DE LA ESTRUCTURA	200
FIGURA 13 CIMENTACIÓN DE LAS COLUMNAS DE PIEDRA	211
FIGURA 14 COLUMNAS DE LA PLANTA BAJA	211
FIGURA 15 COLUMNAS DEL PRIMER NIVEL	222
FIGURA 16 VIGAS DE LA PLANTA BAJA	222
FIGURA 17 VIGAS DEL PRIMER NIVEL	233
FIGURA 18 LOSA	233
FIGURA 19 ZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE QUITO	244
FIGURA 20 ENSAYO CON ESCLERÓMETRO	333
FIGURA 21 RELACIÓN ENTRE MAMPOSTERÍA Y MAMPUESTO	344
FIGURA 22 INTERPOLACIÓN DE LA GRÁFICA ENTRE MAMPOSTERÍA Y MAMPUESTO	355
FIGURA 23 DEFINICIÓN DE CARGAS	400
FIGURA 24 INGRESO DE COEFICIENTE DE CORTANTE BASAL	422
FIGURA 25 MODELO EN PLANTA DE LA PLANTA BAJA DE LA ESTRUCTURA	422
FIGURA 26 MODELO EN PLANTA DEL PRIMER PISO DE LA ESTRUCTURA	433
FIGURA 27 MODELO EN PERSPECTIVA DE LA ESTRUCTURA EN ESTADO ACTUAL	433
FIGURA 28 TRABAJO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS METÁLICAS	455
FIGURA 29 UBICACIÓN DE VIGAS DE ENTREPISO ANALIZADAS	466
FIGURA 30 UBICACIÓN DE VIGAS DE CUBIERTA ANALIZADAS	467
FIGURA 31 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VIGA 0,45x0,20 M	477
FIGURA 32 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VIGA 0,45x0,25 M	488
FIGURA 33 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VIGA 0,45x0,30 M	488
FIGURA 34 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN VIGA 0,45x0,45 M	49
FIGURA 35 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS DE SISMO SX (T/M2)	500
FIGURA 36 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS DE SISMO SY (T/M2)	511
FIGURA 37 ESPESOR DE MURO	533
FIGURA 38 CARGA LATERAL EN CADA NIVEL	544
FIGURA 39 INGRESO DE CARGA LATERAL SX	544
FIGURA 40 INGRESO DE CARGA LATERAL SY	544

FIGURA 41	MODELO EN PLANTA DE LA ESTRUCTURA CON MUROS	555
FIGURA 42	MODELO EN PERSPECTIVA DE LA ESTRUCTURA CON MUROS	555
FIGURA 43	SECCIÓN DE ENCHAPE PARA MAMPOSTERÍA DE 0,62 M.	588
FIGURA 44	CREACIÓN DE DIAFRAGMAS	588
FIGURA 45	CARGA LATERAL EN CADA NIVEL - ESTRUCTURA ENCHAPADA.....	59
FIGURA 46	INGRESO DE CARGA LATERAL SX.....	59
FIGURA 47	INGRESO DE CARGA LATERAL SY.....	59
FIGURA 48	MODELO EN PLANTA DE LA ESTRUCTURA ENCHAPADA	600
FIGURA 49	MODELO EN PERSPECTIVA DE LA ESTRUCTURA ENCHAPADA	600
FIGURA 50	SOLICITACIÓN DE ESFUERZOS - SISMO EN X	62
FIGURA 51	SOLICITACIÓN DE ESFUERZOS - SISMO EN Y	633
FIGURA 52	DIMENSIONES DE MALLAS ELECTROSOLDADAS DISPONIBLES EN EL MERCADO	644
FIGURA 53	PW60 PB - UBICACIÓN Y CAPTURA DE SECTION DESIGNER	655
FIGURA 54	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PW60 PB	666
FIGURA 55	PW60 PRIMERA PLANTA - UBICACIÓN Y CAPTURA DE SECTION DESIGNER	66
FIGURA 56	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PW60 PRIMERA PLANTA	66
FIGURA 57	PW30 - UBICACIÓN Y CAPTURA DE SECTION DESIGNER	67
FIGURA 58	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PW30.....	688
FIGURA 59	PW85 - UBICACIÓN Y CAPTURA DE SECTION DESIGNER.....	688
FIGURA 60	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN PW85	69

RESUMEN

El actual proyecto técnico, presenta en su contenido, una serie de pasos para realizar una evaluación y una posterior rehabilitación de una construcción que se encuentra en el Centro Histórico de la ciudad de Quito. Con esta serie de pasos se pretende mejorar el estado de la estructura y dar mayor seguridad a sus habitantes. Como apoyo de este estudio se utilizarán las normativas NEC 2015 y ASCE 41-17. Dentro de la configuración de la estructura podemos encontrar paredes de mampostería de ladrillo, columnas centrales hechas de piedra, vigas, algunos elementos de madera como viguetas y entablado, y una adecuación de estructura metálica. Al no contar con planos se realiza el levantamiento de campo y un ensayo por medio de esclerómetro para obtener propiedades mecánicas de la mampostería. Además, se elabora un diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de la estructura previamente clasificada, utilizando la normativa ASCE 41-17. Luego se procede a realizar una modelación en un software comercial para análisis estructural, de la edificación en estado actual y posteriormente con reforzamiento, el cual se lo determinará dependiendo del estado de cada uno de los elementos.

Palabras clave:

Mampostería, evaluación, rehabilitación, modelación, enchapado.

ABSTRACT

The current technical project, presents in its content, a series of steps to carry out an evaluation and a subsequent rehabilitation of a construction that is located in the Historic Center of the city of Quito. This series of steps is intended to improve the state of the structure and give greater security to its inhabitants. As support for this study, the NEC 2015 and ASCE 41-17 standards will be used. Within the configuration of the structure we can find brick masonry walls, central columns made of stone, beams, some wooden elements such as joists and planking, and an adaptation of a metallic structure. As there are no plans, a field survey and a sclerometer test are carried out to obtain the mechanical properties of the masonry. In addition, a diagnosis of seismic vulnerability of the previously classified structure is made, using the ASCE 41-17 standard. Then, a modeling is carried out in a commercial software for structural analysis, of the building in its current state and later with reinforcement, which will be determined depending on the state of each of the elements.

Keywords:

Masonry, evaluation, rehabilitation, modeling, plating.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Debido a la elevada amenaza sísmica que representa la ubicación de nuestro país, y debido a la presencia de estructuras vulnerables en la ciudad de Quito, es de esperar que la capital del Ecuador esté sujeta a un riesgo relativamente alto. (Yépez, 2001)

Como anuncia Yépez en su publicación, nuestra ciudad se encuentra en una zona con alto riesgo sísmico, esto implica que las estructuras deben contemplar diseño sismo resistente. Además, las estructuras antiguas necesitan una evaluación para conocer su estado. Seguido de eso rehabilitarlas o no, dependiendo del caso.

La ciudad de Quito ha soportado a lo largo del tiempo muchos sismos, los más recientes y fuertes son los registrados: el 12 de agosto del 2014, que tuvo una magnitud de 5.1 grados en la escala de Richter, producido por la falla de Quito; y el del 16 de abril del 2016, que fue un terremoto, ocurrido en Manabí, con una magnitud de 7,8 grados en la escala de Richter, en donde en Quito tuvo una Intensidad de 4 EMS (Escala Macrosísmica Europea).

En el Centro Histórico, se encuentran muchas casas coloniales, las cuales tienen secuelas a causa de los movimientos telúricos. Una de ellas, es el objetivo de estudio. Muchas de estas estructuras solamente tienen una restauración de fachada y tejado, pero existe una ausencia de rehabilitación en sistemas estructurales y mampostería.

1.2 Problema de estudio

Los sismos registrados en el país durante los últimos años y que han tenido efecto en Quito, causaron daño en algunas estructuras de la ciudad, este es el caso de la vivienda en estudio, ubicada en el Centro Histórico de Quito.

Los habitantes de la edificación están un poco alarmados, puesto que la casa es antigua y ha resistido ya varios sismos. Quieren realizar una evaluación de la estructura, si es necesario, una rehabilitación de la misma, teniendo en cuenta la viabilidad del proceso.

Se puede decir que el presente proyecto va a ayudar a la evaluación y posible rehabilitación de la casa, incrementando la sismo resistencia de la estructura, para que sus habitantes tengan la tranquilidad de vivir en ella, sin el temor de que puedan colapsar.

1.3 Justificación

Los conocimientos adquiridos en la carrera, permiten realizar este tipo de proyecto. Estos conocimientos se los puede aplicar para el bien de la sociedad, mejorando su calidad de vida.

Los habitantes del predio, al terminar el proyecto, sabrán que le pasa a su estructura y también tendrán una propuesta de reforzamiento como parte de la solución.

Es factible desarrollar el proyecto, pues no existe oposición de alguno de los dueños del predio. Además, están dispuestos a aportar económicamente para la solución del problema.

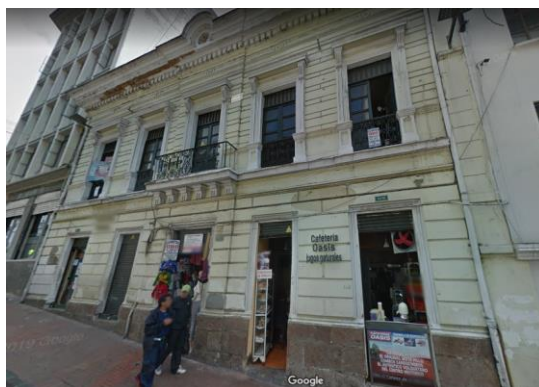
Con la evaluación y rehabilitación de la estructura se espera que la casa prolongue su vida útil, y adquiera plusvalía.

1.4 Grupo objetivo

El proyecto beneficiará exclusivamente a las personas que habitan este predio, también ayudará a la ciudad en el ámbito turístico, puesto que es una residencia patrimonial.

Figura 1

Estructura de estudio



Nota. Se presenta la fachada de la estructura en estudio. Fuente: Google Maps (2021).

Con la estructura evaluada y rehabilitada, si fuera el caso, las familias tendrán toda la tranquilidad de habitarla. Disminuyendo la preocupación que tienen debido a posibles eventos futuros.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar una evaluación, y luego una rehabilitación de la estructura de la vivienda, utilizando conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria y con el uso de normativas nacionales e internacionales.

1.5.2 Objetivo específico

Socializar el proyecto con los habitantes de la casa, mediante reuniones, dejando en claro los procedimientos que se van a realizar.

Recopilar información técnica del lugar en donde se encuentra la vivienda, mediante el uso de Normativas Ecuatorianas, para tener datos y procesarlos.

Determinar el estado actual en el que se encuentran los materiales y obtener sus características.

Proponer alternativas de rehabilitación, indagando en papers, tesis, libros revistas y páginas web, para obtener un resultado favorable.

Realizar los cálculos necesarios, de acuerdo al marco teórico, para obtener resultados finales y conclusiones del proyecto.

1.6 Datos generales del proyecto

1.6.1 Localización

El proyecto en estudio se encuentra en:

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Parroquia: Centro Histórico

Entre la calle Mejía y la calle Venezuela

Figura 2

Localización de la estructura en estudio



Nota. Se presenta la ubicación en planta de la estructura en estudio. Fuente: Google Maps (2021).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

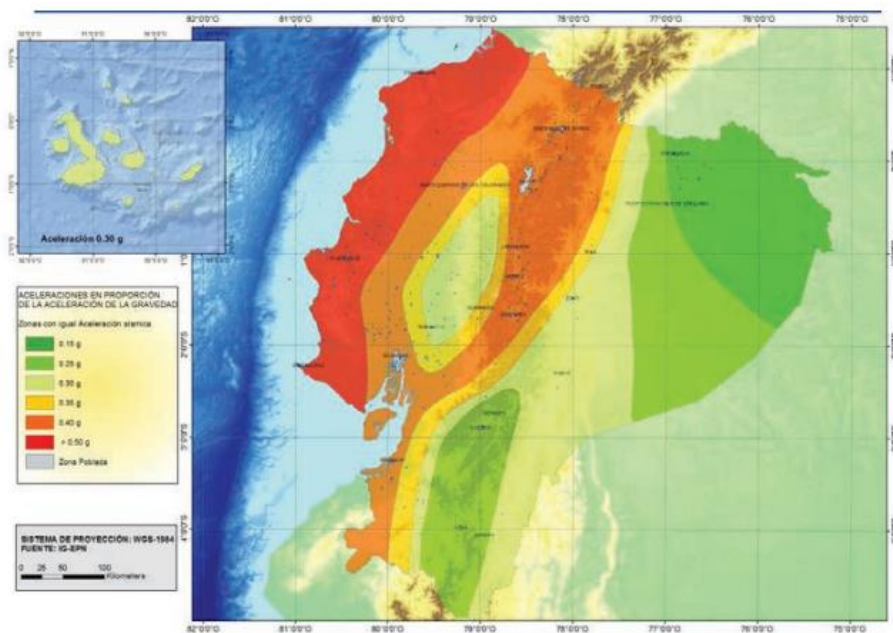
2.1 Zonificación sísmica del Ecuador

El Ecuador se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, que es el lugar en donde la placa tectónica de Nazca se hunde en la placa tectónica Sudamericana, causando mucha actividad sísmica y volcánica. Los sismos a nivel del mar son superficiales, esto causa que sean más destructivos. En la región Amazónica los sismos se dan a una mayor profundidad, siendo menos agresivos. Mientras que, en la sierra, depende de las fallas del callejón interandino, esta dependencia hace que se tenga alta peligrosidad.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), cuenta con la zonificación sísmica del país, en donde se puede obtener el valor Z , para realizar un diseño sismorresistente. Este factor Z , se define como “la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad” (NEC, 2015).

Figura 3

Zonas sísmicas del Ecuador para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z



Fuente: NEC (2015).

Tabla 1*Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada*

ELEMENTOS	VALORES					
	I	II	III	IV	V	VI
Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota. Los datos fueron tomados de la NEC (2015).

2.2 Fallas geológicas en Quito

Se puede decir que una falla geológica, son grandes bloques de roca, que, al moverse, a causa de las fuerzas a la que está sometido, provoca sismos.

El sistema de fallas de Quito muestra en superficie una serie de colinas alineadas de baja altura que se inician en el sector de Tambillo y continúan al norte con las lomas de Puengasí, Ilumbisí, El Batán, La Bota, Bellavista y Catequilla, en el sector de la Mitad del Mundo. Su longitud total se estima en 45 Km. (Rivadeneira, 2007)

En esta falla, existe constante actividad microsísmica, teniendo un rango de magnitudes entre 4,0 y 6,5 en la escala de Richter.

2.3 Mampostería

Está compuesta por dos partes, los mampuestos y mortero. Los cuales están débilmente pegados entre sí. Este elemento tiene alta resistencia a la compresión, la cual depende del tipo de mampuesto; y tiene baja resistencia a la tracción, proporcionada por el mortero.

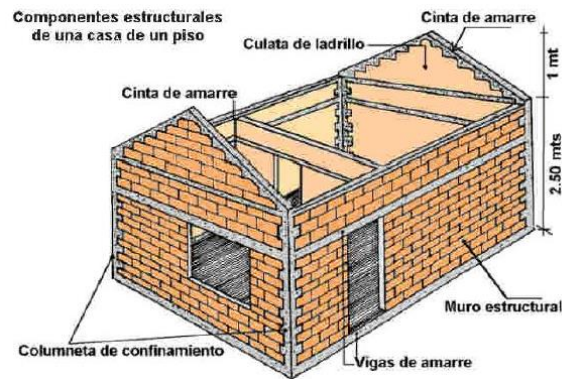
2.4 Tipología de mampostería

2.4.1 Mampostería confinada

Son muros de carga realizados con unidades de mampostería macizas o huecas, confinados por mortero.

Figura 4

Mampostería confinada



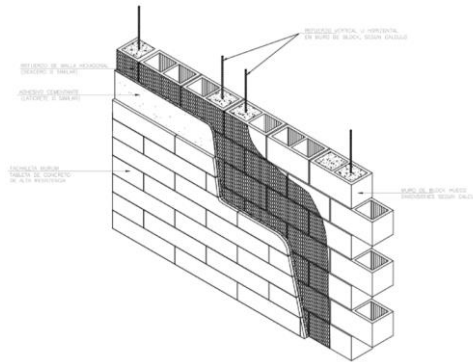
Nota. Se muestra un ejemplo de mampostería confinada. Fuente: Ingecivil.net (2021).

2.4.2 Mampostería reforzada

La diferencia con la mampostería confinada es que ésta se realiza con unidades de mampostería huecas, y se las refuerza con acero de alta resistencia y de pequeños diámetros.

Figura 5

Mampostería reforzada



Nota. Se muestra un ejemplo de mampostería reforzada. Fuente: murum.mx (2021).

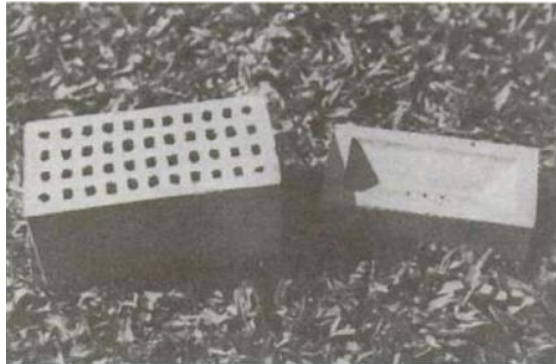
2.5 Tipología de mampuestos

La tipología de las unidades de mampostería, se determinan mediante la cara de asiento, no así del tamaño ni de la materia prima. Los tipos de mampostería son los siguientes:

- Unidades sólidas o macizas: Gallegos (2005) plantea que son aquellas que no tienen alvéolos, o que los mismos no pueden rebasar el 30% de su sección bruta. Los alvéolos necesariamente deben ser perpendiculares a la cara de asiento.

Figura 6

Unidad de mampostería sólida

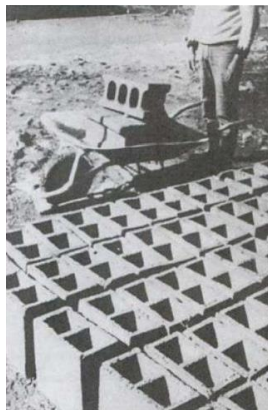


Nota. Se muestra un ejemplo de mampostería sólida. Fuente: Gallegos (2005).

- b) Unidades huecas: En estas unidades, según Gallegos (2005) los alvéolos exceden el 30% de la sección bruta. Estos alvéolos suelen ser rellenados de concreto líquido, pero al realizar este proceso, la mampostería pasa a ser sólida.

Figura 7

Unidad de mampostería hueca

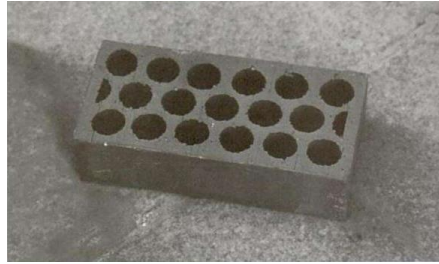


Nota. Se muestra un ejemplo de mampostería hueca. Fuente: Gallegos (2005).

- c) Unidades perforadas: Gallegos (2005) menciona que tienen la misma característica que las unidades huecas, pero los alvéolos tienen dimensiones reducidas, menores de 4 x 5 cm, y no se deben llenar de concreto líquido.

Figura 8

Unidad de mampostería perforada

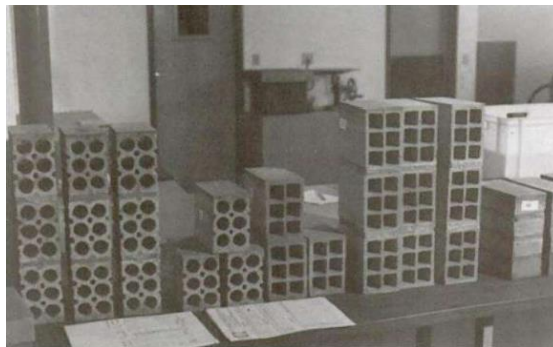


Nota. Se muestra un ejemplo de mampostería perforada. Fuente: Gallegos (2005)

- d) Unidades tubulares: Gallegos (2005) manifiesta que la principal característica, es que los alvéolos son paralelos a la cara de asiento.

Figura 9

Unidad de mampostería tubular



Nota. Se muestra un ejemplo de mampostería tubular. Fuente: Gallegos (2005).

2.6 Unidades de arcilla

Las unidades de arcilla, son generalmente los ladrillos, aunque se realizan en pocas cantidades bloques de arcilla. Los ladrillos pueden ser sólidos, perforados, tubulares. En su fabricación, si se usa un molde metálico, su textura es lisa, mientras que, si se usa un molde de madera, la textura va a ser rugosa.

2.7 Unidades de concreto

Estas unidades pueden ser ladrillos y bloques, además pueden ser sólidos o huecos. En la fabricación de las unidades, es necesarios un moldeo asistido por presión o vibración, o ambos casos. Gallegos (2005) menciona que la característica principal es su color gris. Como

se forma de concreto, puede tener distintas dosificaciones, lo que hace que su resistencia pueda ser variable, dependiendo de su fabricante y los materiales usados.

2.8 Unidades sílico calcáreas

Como su nombre lo dice, su materia prima es el sílice y la cal, pueden ser sólidos, huecos y perforados. Gallegos (2005) afirma que, durante su fabricación, un proceso fundamental es el moldeado a alta presión. Una característica principal, es su color blanco, con ligero tono de gris, amarillo o rosado, dependiendo de la arena que se utilice. Las unidades pueden tener distintas proporciones de material, lo que causa que tengan distinta calidad. Tienen muy buena resistencia a la compresión.

2.9 Unidades apilables

La mayoría de mampostería, se junta con mortero, el cual es un adhesivo pobre que no tiene mucha resistencia a la tracción. Las unidades apilables no necesitan de un mortero para juntarse.

Para que este tipo de unidades tenga una buena resistencia a la tracción e impermeabilidad se emplea enlucidos o sellos de elevada resistencia a la tracción.

Gallegos (2005) menciona que las unidades tienen diseños especiales para que puedan ser apilables, con alvéolos verticales y canales horizontales. Varios ensayos dan como resultado la disminución del agrietamiento utilizando este tipo de unidades. Aunque como desventaja se tiene que su resistencia a la compresión disminuye.

2.10 Propiedades de mampostería

Al hablar de propiedades, hay que tener en cuenta que se habla de la albañilería en sí, y no de la unidad de albañilería, tomando en cuenta lo expuesto, Gallegos (2005) plantea las siguientes propiedades:

- a) Resistencia a la compresión

- b) Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión
- c) Variabilidad dimensional con relación a la unidad promedio
- d) Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies del asiento
- e) Succión o velocidad inicial de absorción en la cara del asiento
- f) Textura de la cara del asiento.

Las principales propiedades relacionadas a la durabilidad son:

- a) Resistencia a la compresión
- b) Absorción
- c) Absorción máxima
- d) Coeficiente de saturación

2.10.1 Resistencia a la compresión

Es la principal propiedad que tienen las unidades de albañilería. Un valor alto de resistencia a la compresión indica una buena calidad de material. Mientras que valores bajos, indican que tiene poca resistencia y va a durar poco tiempo.

Gallegos (2005) plantea que por las distintas formas y dimensiones con las que cuenta la unidad de mampostería, los valores de resistencia a compresión no son exactos.

2.10.2 Resistencia a la tracción

Gallegos (2005) menciona que en las unidades de albañilería, la falla ocurre por tracción transversal. Dos ensayos son adecuados para obtener esta resistencia: el ensayo de tracción indirecta y el ensayo de tracción por flexión o módulo de ruptura.

2.10.3 Variabilidad dimensional

Define la altura de hiladas de unidades de mampostería, con la necesidad de aumentar el espesor de la junta, provocando una menor resistencia a compresión según Gallegos (2005).

2.10.4 Alabeo

Los resultados son semejantes a la propiedad de Variabilidad dimensional menciona Gallegos (2005).

2.10.5 Succión

Es la capacidad de la unidad de albañilería de absorber el agua mediante su cara de asiento. Gallegos (2005) plantea que esta propiedad define la relación mortero – unidad, y como consecuencia, la resistencia a la tracción.

Mientras mayor capacidad de succión tenga, no va a tener buena adherencia con el mortero, por el contrario, lo va a secar y a agrietar.

2.11 Ensayos

2.11.1 Ensayo de esclerometría

Este ensayo es económico y está disponible en algunos laboratorios de ensayo de materiales en la ciudad de Quito, su costo va desde \$20 a \$50 dependiendo del laboratorio en el cual se lo realice.

Mediante este ensayo se obtendrá la resistencia a la compresión. Que nos servirá para poder obtener el módulo de elasticidad, utilizando la siguiente ecuación recomendada por la NEC-SE-MP:

$$E_{me} = 900 * f_{me} \leq 20000 \text{ MPa}$$

Dónde:

E_{me} = Módulo de elasticidad de la mampostería

f_{me} = Resistencia a la compresión de la mampostería

2.12 Mortero

Este elemento cumple la función de cubrir las porosidades de la cara de asiento de las unidades de la mampostería y también de juntarlas, creando una protección impermeable y aportando con poca resistencia a la tracción menciona Gallegos (2005).

2.13 Propiedades del mortero

Gallegos (2005) plantea que su principal propiedad es la adhesión fuerte con la unidad de albañilería. En estado plástico el mortero tiene la propiedad de ser manipulado y moldeado fácilmente. Esto lo hace ideal para cuando se lo coloca al unir unidades de albañilería. Cuando se seca y pierde su temple, se le puede agregar agua para solucionar el problema.

En estado endurecido, tiene como propiedades la adherencia con la unidad de albañilería y la resistencia a compresión de la mampostería.

2.14 Ingredientes del mortero

2.14.1 Cemento

Se puede utilizar los cementos tipo Portland I, II, en casos excepcionales el tipo III, también se pueden usar cementos adicionados y cementos de albañilería.

2.14.2 Arena

Cualquier tipo de arena, sea natural o fabricada, puede ser usada en un mortero, siempre y cuando cumpla con la granulometría para morteros.

2.14.3 Agua

El agua debe estar limpia, libre de agentes que afecten al cemento, como aceites o ácidos. En el caso de usar agua de mar, no debe existir presencia de armadura. El agua potable sería la opción más acertada.

2.15 Sistema estructural

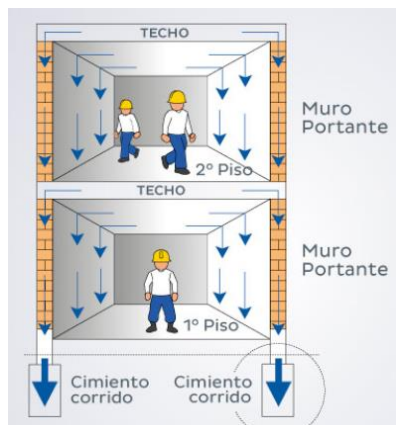
2.15.1 Paredes portantes de ladrillo

Son elementos estructurales conformados por ladrillos y mortero.

El objetivo de este sistema es hacer más resistente una vivienda. Estos muros soportan y transfieren la carga desde los pisos superiores hasta la cimentación.

Figura 10

Paredes portantes de ladrillo



Nota. Se muestra como transfieren cargas las paredes portantes de ladrillo. Fuente: Aceros Arequipa (2021).

2.16 Evaluación de condición de mampostería

La Normativa ASCE 41-17 (2017) plantea que, de acuerdo al siguiente rango, se evaluará la condición de los elementos de la mampostería:

- Buena condición: La mampostería tiene mortero y las unidades intactas, sin grietas.
- Aceptable condición: La mampostería tiene mortero y las unidades intactas, pero con grietas
- Mala condición: La mampostería tiene mortero degradado y con grietas significativas

2.16.1 Evaluación de la condición visual

La Normativa ASCE 41-17 (2017) menciona que se debe anotar la orientación y ubicación de las paredes. Las dimensiones se las determinarán o medirán mediante los planos o in situ, al igual que aberturas de puertas y ventanas.

Los muros se clasificarán como reforzados o no reforzados; compuesto o no compuesto; y lechada, parcialmente lechada o sin lechada. Para mampostería reforzada se estimará el tamaño y distanciamiento del refuerzo horizontal y vertical. Se debe evaluar la calidad de la colocación de la lechada.

Se determinará el tipo y estado de las juntas del mortero y el mortero, se examinará su erosión y dureza. Se observará las grietas presentes en la mampostería.

Se observará protuberancias u ondulaciones en las paredes.

Se deben examinar las conexiones entre paredes de mampostería y pisos o techos para identificar detalles y condiciones.

2.16.2 Evaluación de solicitaciones sobre los muros de mampostería

Se realizará un modelo matemático, para poder obtener las solicitaciones a las que se encuentran expuestos los muros de mampostería.

Para esto, se requiere las características del material, que se lo hallará mediante ensayo esclerométrico.

Se estimarán las cargas, tanto muertas como vivas.

Se debe calcular el cortante basal, utilizando la ecuación sugerida por la NEC SE VIVIENDA 2015:

$$V = Z * C * \frac{W}{R}$$

Dónde:

Z = Factor de zona que depende de la posición geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica

C = Coeficiente de respuesta sísmica

W = Peso sísmico efectivo de la estructura

R = Factor de reducción de respuesta sísmica

2.17 Patologías en estructuras patrimoniales

Las patologías en los edificios patrimoniales van a depender de factores biológicos, químicos, mecánicos, físicos o por efectos de intervención antrópica.

2.17.1 Físicas

Se encuentra presencia de humedad, puede ser causado por capilaridad, filtración.

2.17.2 Mecánicas

Se pueden dar deformaciones, causadas por sobrecargas; agrietamientos y fisuras causadas por asentamiento del suelo, humedad, vibraciones; aplastamiento, causado por filtración de agua a muros o mampostería colindantes; desplazamiento o desplome de muros, causado por agua.

2.17.3 Biológicas

Cuando se tiene presencia de deterioro de material, erosión de desintegración, las causas pueden ser por presencia de animales, hongos o xilófagos.

2.17.4 Antrópicas

Dentro de esta patología se encuentra el colapso total o parcial de muros, esto por la intervención del hombre.

2.18 Reforzamiento como alternativa de rehabilitación de la estructura

2.18.1 Técnicas de reforzamiento estructural

Existen técnicas de reforzamiento de estructuras que tienen la finalidad de evitar demoliciones innecesarias de los miembros estructurales o de la estructura completa, el reforzamiento estructural se realiza cuando han existido errores en la fase de diseño y construcción de la estructura, o cuando existen nuevas solicitaciones. Para elegir la técnica de reforzamiento se debe considerar el tipo de estructura a intervenir; es recomendable que el trabajo de rehabilitación sea lo menos destructivo posible y concordante con las características intrínsecas de la estructura (Raigosa , 2010).

Como alternativas de reforzamiento para incrementar la resistencia y la ductilidad en estructuras aporricadas se adicionan: muros, pórticos, muros laterales a las columnas, armaduras, muros de corte; refuerzo de vigas; reducción de carga muerta; reforzamiento

de la cimentación; enchapado de mampostería no estructural, encamisado de columnas; reforzamiento de columnas usando fibras de carbono (Naranjo & Peñaherrera, 2018).

2.18.2 Reforzamiento con malla electrosoldada (Mampostería enchapada)

Consiste en encamisar la pared con malla electrosoldada, con franjas horizontales y verticales. Luego estas mallas se van a unir por perforaciones en la pared. Posterior a esto, se recubre con mortero en proporción cemento – arena fina de 1:4.

Para saber si se tiene un incremento de resistencia, se realiza una modelación matemática nuevamente, en la cual se incluirán los enchapes de mampostería. Posterior a eso, con los resultados obtenidos, se debe chequear a corte el enchape de mampostería, con la siguiente expresión proporcionada por la ACI:

$$Vu \leq \phi Vn$$

Dónde:

Vu = Fuerza cortante mayorada

ϕ = Coeficiente de reducción de resistencia 0,6

Vn = Fuerza cortante nominal

$$\phi Vn = Vc + Vs$$

$$\phi Vn = A_{cv} * (\alpha_c * \lambda * \sqrt{f'_c} * fy)$$

Dónde:

A_{cv} = Área bruta de la sección transversal

α_c = Coeficiente que indica la contribución de resistencia del hormigón al muro

0.8 si $hw/Iw \leq 1.5$

0.53 si $hw/Iw \geq 2$

$1.5 < hw/Iw < 2$ Se debe interpolar

λ = Coeficiente de hormigón igual a 1

ρ_t = Cuantía de acero. $\rho_t = As/A_{cv} \geq 0.0025$

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Descripción del proyecto

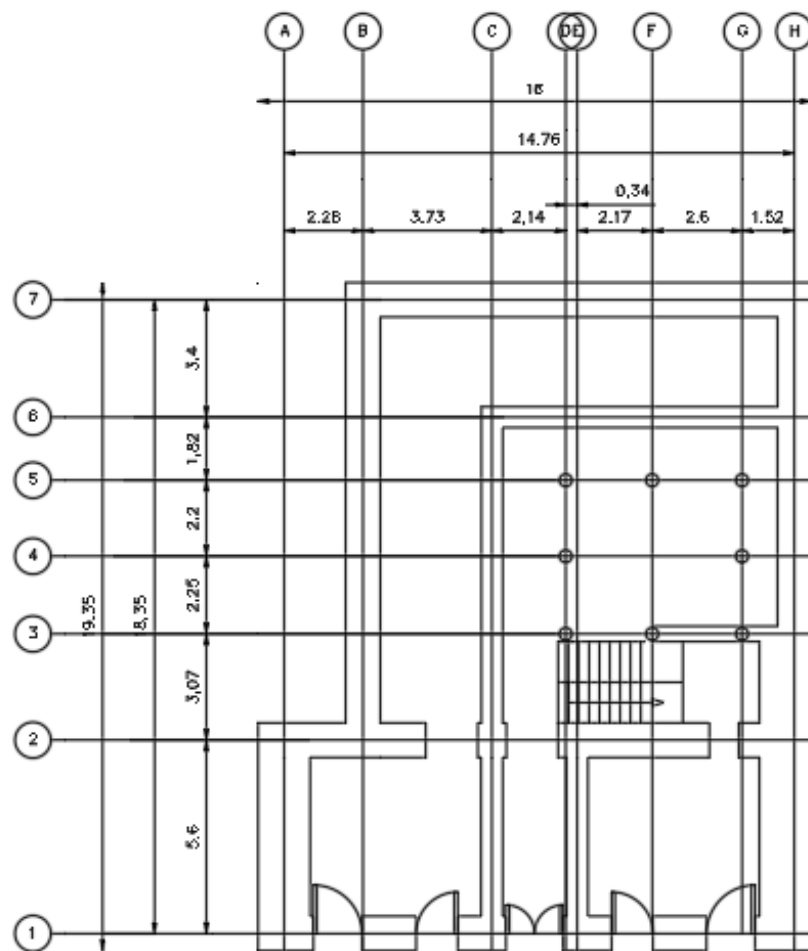
De acuerdo a un procedimiento sistemático, referido por la norma ASCE 41-17, se determinará la vulnerabilidad sísmica de la vivienda en estudio, basándose principalmente en el estudio de la mampostería, luego con un análisis estructural, se podrá obtener un diagnóstico. Buscando luego alternativas de reforzamiento para que la estructura pueda mejorar su sismo resistencia, siempre teniendo en cuenta que sea viable.

3.1.1. Descripción del sistema estructural

La edificación contiene un sistema estructural conformado por losas planas con piso de madera, vigas en ciertas partes de la vivienda, columnas circulares centrales de piedra, que continúan con columnas metálicas y muros de mampostería (ladrillo). La edificación consta de dos niveles, en donde, el primer nivel contiene tres locales comerciales, y el segundo nivel, dos locales comerciales, un local inhabitado y dos bodegas. El área total de la estructura es de 277.34 m² en cada planta.

Figura 11

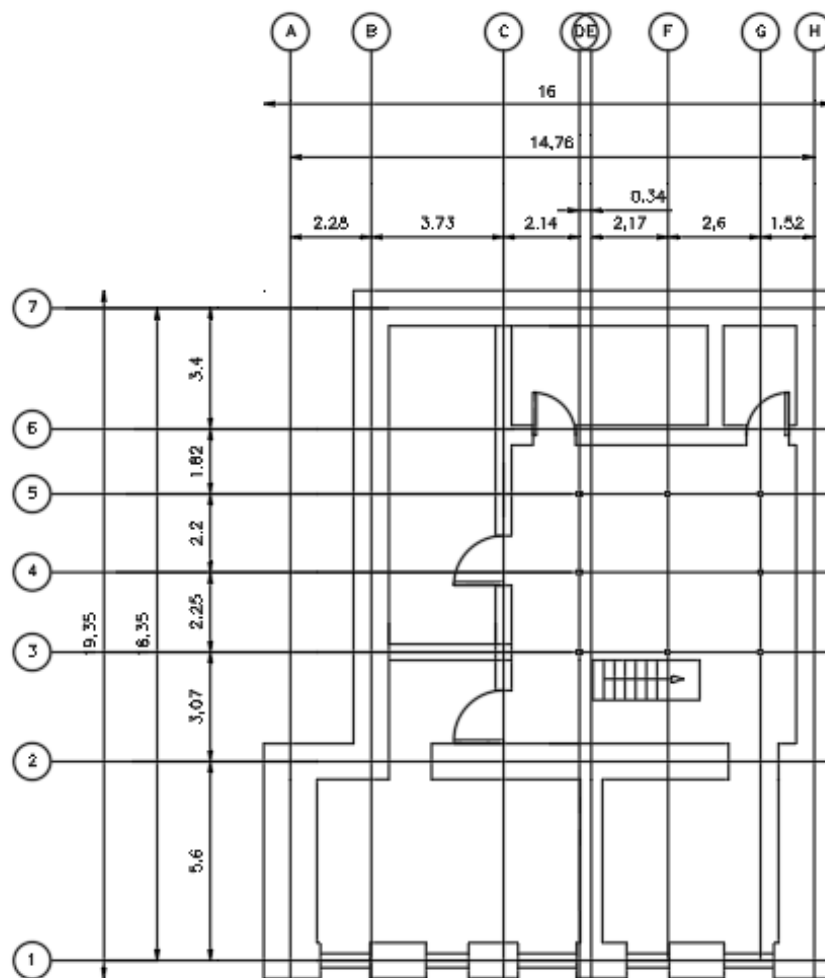
Esquema en planta de la Planta baja de la estructura



Nota. Se presenta la distribución arquitectónica y dimensiones de la Planta Baja de la estructura. Elaborado por: El autor.

Figura 12

Esquema en planta del Primer nivel de la estructura



Nota. Se presenta la distribución arquitectónica y dimensiones de la Primera planta de la estructura. Elaborado por: El autor.

3.1.1.1. Cimentación

Al no contar con datos técnicos de la construcción, ni planos arquitectónicos, se pudo obtener datos visuales, observando una cimentación de piedra, esto para las columnas existentes.

Figura 13

Cimentación de las columnas de piedra



Elaborado por: El autor.

4.1.1.1. Columnas

Las columnas del primer nivel son circulares y netamente de piedra, con un diámetro de 0.35 m. En el segundo nivel, continúan las columnas, pero en este caso son metálicas, de 0.145 x 0.10 m. y recubiertas de madera.

Figura 14

Columnas de la planta baja



Nota. Todas las columnas del primer nivel son iguales. Elaborado por: El autor.

Figura 15

Columnas del primer nivel



Nota. Todas las columnas del segundo nivel son iguales y presentan un recubrimiento de madera. Elaborado por: El autor.

4.1.1.2. Vigas

Se pudo observar vigas, las cuales están presentes en las columnas centrales en el primer y segundo nivel. Todas poseen una dimensión de 0.45 m de ancho y de alto varían entre 0.20 m, 0.25 m, 0.30 m y 0.45 m.

Figura 16

Vigas de la planta baja



Nota. Se puede observar la variación de medidas. Elaborado por: El autor.

Figura 17

Vigas del primer nivel



Nota. Se puede observar la variación de medidas. Elaborado por: El autor.

4.1.1.3. Losa

Por la característica de la vivienda, y las similitudes que tiene con otras casas de la época, la losa se supone alivianada, y su espesor es de 0.26 m en el entrepiso y 0.20 m en techo.

Figura 18

Losa



Nota. Losa observada desde el primer nivel, se puede notar la viga. Elaborado por: El autor.

4.1.1.4. Muros de mampostería

Los muros de mampostería tienen distintos espesores de acuerdo a su dirección, así los muros laterales tienen un espesor de 1.50 m y los frontales y posteriores un espesor de 1.00 m. además las paredes interiores tienen espesores de 0.60 m. y 0.45 m.

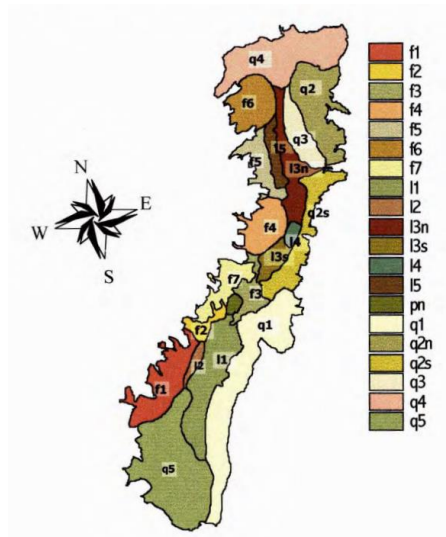
4.1.1.5. Determinación del tipo de suelo

Para la determinación del tipo de suelo, se toma como referencia el estudio de "Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito", el

cual nos indica que la zona donde se encuentra la estructura son básicamente cangahuas cubiertas por diferentes tipos de suelos (F3).

Figura 19

Zonificación de la ciudad de Quito



Nota. Se muestra la subdivisión de tipos de suelo de la ciudad de Quito. Fuente:

Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito (2002)

Considerando la Figura 10, se obtiene que la estructura se encuentra en la zona F3, que tiene una velocidad de corte promedio $V_s = 283,0$ m/s, con este dato, se puede determinar el Tipo de perfil de suelo que tiene la zona, este dato lo podemos obtener de la NEC-15, siendo un Tipo de perfil D.

Tabla 2*Clasificación de los perfiles del suelo*

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 KPa > $S_u \geq 50$ KPa
E	Perfil que cumple el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ KPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un Ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases: F1 – Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 – Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 – Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de plasticidad IP > 75) F4 – Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30 m) F5 – Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil del subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte. F6 – Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Nota. Los datos fueron tomados de la NEC (2015)

4.1.1.6. Tipo de edificación según FEMA

Se selecciona el tipo de edificación de entre 17 tipos de estructuras, clasificadas de acuerdo materiales de construcción y al sistema estructural, siendo estas las siguientes:

W1: Viviendas de una o más plantas de altura, con pórticos livianos de madera

W1A: Edificios con pórticos livianos de madera de varios pisos con área de cada planta mayor a 914.4 m².

W2: Edificios con pórticos de madera destinados a comercio o industria con un área mayor a los 1524 m² en cada planta.

- S1:** Edificios con pórticos de acero resistentes a momento.
- S2:** Edificios de acero con pórticos arriostrados.
- S3:** Edificios de metal ligero.
- S4:** Edificios de acero con muros de corte de hormigón.
- S5:** Edificios de acero con paredes de mampostería no reforzada.
- C1:** Edificios con pórticos de hormigón resistentes a momento.
- C2:** Edificios de hormigón con muros de corte.
- C3:** Edificios con pórticos de hormigón con mampostería no reforzada.
- PC1:** Edificios con paneles de hormigón, construcción "Tilt-Up".
- PC2:** Construcciones prefabricadas de hormigón.
- RM1:** Edificios de mampostería reforzada con diafragmas de piso flexibles.
- RM2:** Edificios de mampostería reforzada con diafragmas de piso rígidos.
- URM:** Edificaciones de paredes portantes no reforzadas.
- MH:** Viviendas prefabricadas.

Por las características de la casa, y de acuerdo a la anterior clasificación, la vivienda del presente proyecto es de tipo URM (Edificaciones de paredes portantes no reforzadas).

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE CONDICIÓN

5.1. Vulnerabilidad sísmica de la estructura

La Norma ASCE 41-17 y su Evaluación sísmica, califica a una edificación de acuerdo con sus capacidades para resistir fuerzas sísmicas, hallando su vulnerabilidad. En el presente estudio, se ha clasificado a la estructura como tipo de construcción URM, realizando la evaluación netamente a la mampostería, para posteriormente realizar su rehabilitación. Se va a utilizar la Lista de verificación estructural de prevención de colapso para los tipos de construcción URM y URMa.

5.1.1. Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de la estructura

Tabla 3

Lista de verificación estructural de prevención de colapso para los tipos de construcción URM Y URMa

Estado	Declaración de evaluación
Sismicidad baja y moderada	
Sistema de resistencia a fuerzas sísmicas	
<u>C</u> NC N/A U	REDUNDANCIA: El número de líneas de muros de cortante en cada dirección principal es mayor o igual a 2.
C NC N/A <u>U</u>	COMPROBACIÓN DEL ESFUERZO DE CORTE: El esfuerzo de corte en los muros de corte de mampostería no reforzada, calculado mediante el procedimiento de verificación rápida de la Sección 4.4.3.3, es inferior a 30 lb/pulg.2 (0,21 MPa) para las unidades de arcilla y de 70 lb/pulg.2 (0,48 MPa) para unidades de hormigón.
Conexiones	
C <u>NC</u> N/A U	ANCLAJE DE PARED: Las paredes exteriores de concreto o mampostería que dependen del diafragma para soporte lateral se anclan para las fuerzas fuera del plano en cada nivel del diafragma con anclajes de acero, espigas de refuerzo o correas que se desarrollan en el diafragma. Las conexiones tienen fuerza para resistir la fuerza de conexión calculada en el procedimiento de Comprobación rápida de la Sección 4.4.3.7.
C <u>NC</u> N/A U	LIGERO DE MADERA: La conexión entre los paneles de pared y el diafragma no induce flexión o tensión cruzada en los listones de madera.
<u>C</u> NC N/A U	TRANSFERENCIA A MUROS DE CORTE: Los diafragmas se conectan para transferir fuerzas sísmicas a los muros de corte.
C <u>NC</u> N/A U	CONEXIÓN VIGA- COLUMNA: Existe una conexión positiva mediante placas, herrajes de conexión o correas entre la viga y el soporte de la columna.
Alta sismicidad (complete los siguientes elementos además de los elementos para sismicidad baja y moderada)	
Sistema de resistencia a fuerzas sísmicas	

- C NC N/A U PROPORCIONES: La relación altura-espesor de los muros de corte en cada piso es menor que lo siguiente:
- | | |
|--------------------------------------------|----|
| Piso superior del edificio de varios pisos | 9 |
| Primer piso del edificio de varios pisos | 15 |
| Todas las demás condiciones | 13 |
- C NC N/A U DISPOSICIÓN DE MAMPOSTERÍA: Las juntas de cuello rellenas de muros de mampostería multi-wythe tienen vacíos insignificantes.
- Diafragmas (rígidos o flexibles)
- C NC N/A U ABERTURAS EN LOS MUROS DE CORTANTE: Las aberturas de diafragma inmediatamente adyacentes a los muros de cortante tienen menos del 25% de la longitud del muro.
- C NC N/A U ABERTURAS EN MUROS EXTERIORES DE MAMPOSTERÍA: Las aberturas de diafragma inmediatamente adyacentes a las paredes exteriores de mampostería no tienen más de 8 pies (2,4 m) de largo.
- Diafragmas flexibles
- C NC N/A U LAZOS CRUZADOS: Hay lazos cruzados continuos entre cuerdas de diafragma.
- C NC N/A U REVESTIMIENTO RECTO: Todos los diafragmas de revestimiento recto tienen relaciones de aspecto inferiores a 2 a 1 en la dirección que se está considerando.
- C NC N/A U TRAMOS: Todos los diafragmas de madera con tramos superiores a 24 pies (7,3 m) consisten en paneles estructurales de madera o revestimiento diagonal.
- C NC N/A U DIAFRAGMAS REVESTIDO DIAGONALMENTE Y DESBLOQUEADOS: Todos los diafragmas de paneles estructurales de madera revestidos diagonalmente o no bloqueados tienen tramos horizontales inferiores a 40 pies (12,2 m) y relaciones de aspecto inferiores o iguales a 4 a 1.
- C NC N/A U OTROS DIAFRAGMAS: Los diafragmas no consisten en un sistema que no sea de madera, plataforma de metal, hormigón o arriostramiento horizontal.
- Conexiones
- C NC N/A U RIGIDEZ DE LOS ANCLAJES DE PARED: Los anclajes de paredes de concreto o mampostería a elementos estructurales de madera se instalan tensos y son lo suficientemente rígidos para limitar el movimiento relativo entre la pared y el diafragma a no más de 1/8 de pulgada antes de que se enganchen los anclajes.
- C NC N/A U SOPORTES DE VIGAS, VIGAS Y ARMADURAS: Las vigas, vigas y armaduras soportadas por muros de mampostería no reforzada o pilastras tienen columnas secundarias independientes para soportar cargas verticales.

Donde: C = Cumple, NC: No cumple, N/A = No Aplicable, and U = Desconocido.

Nota. Los datos fueron tomados de la Tabla 17-37 de la Normativa ASCE 41-17 (2017)

5.1.1.1. Interpretación de los resultados obtenidos

Para calificaciones: NC (No cumple) y U (Desconocido), se debe llevar a un Nivel 2 de evaluación, guiados por la norma al literal 5.2.4 Nivel 2 Métodos de análisis. En el cual nos indica establecer un modelo matemático para poder evaluar a la edificación.

5.1.2. Metodología Italiana para determinar el índice de vulnerabilidad

Es un método rápido para obtener el índice de vulnerabilidad mediante una evaluación visual de las condiciones en las que se encuentra una estructura, para este caso una realizada con mampuestos de ladrillo y adobe.

Consta de 11 puntos, los cuales se evaluarán mediante grupos, siendo A la más segura y C la más crítica. En cada grupo, se les asignarán valores, dependiendo del estado de vulnerabilidad que estos tengan. Siendo los resultados de menor valor los que tengan una mayor seguridad. Cada parámetro tiene su propio peso y el índice de vulnerabilidad se determina con la siguiente expresión:

$$IV = \sum_{i=1}^n (K_i \times W_i)$$

Dónde:

IV: Índice de vulnerabilidad

K_i: Calificación de cada parámetro

W_i: Peso asignado

Una calificación de Índice de vulnerabilidad de 0, significaría que la estructura se encuentra en excelentes condiciones, mientras que una calificación de 90 indicaría que la estructura es muy vulnerable, cercana al colapso. A continuación, se muestran los límites del índice de vulnerabilidad:

Si: $0 < IV \leq 30$ Estructura segura

Si: $31 \leq IV \leq 60$ Estructura medianamente segura

Si: $61 \leq IV \leq 90$ Estructura muy vulnerable

Para poder entender los parámetros a evaluar, a continuación, se presenta un resumen de cada uno de ellos:

- Distribución de los muros: Considera el espaciamiento máximo entre los muros y el espesor del muro principal. Además del área total de los muros y el área total de la estructura.

- Tipo de organización estructural: Se refiere a la ruta de carga, al elemento o parte de la estructura que esté más esforzado, además del sistema estructural y la conexión entre los muros y otros elementos.
- Calidad del sistema estructural: Se califica la calidad del material y la mano de obra utilizada.
- Relación demanda – capacidad: La demanda sísmica se refiere a la solicitud de la estructura ante un sismo. Mientras que la capacidad depende de la resistencia de la estructura y las deformaciones de sus elementos.
- Tipo de suelo y pendiente: Depende del tipo de suelo en donde se encuentra cimentada la estructura y la pendiente del terreno.
- Configuración en planta: Hace referencia a la forma en planta de cada nivel y la relación entre el largo y ancho.
- Entrepisos: Indica la influencia y forma de conexión con los muros.
- Cubierta: Involucra el aporte a la transmisión de cargas a los muros, mediante una buena conexión entre la viga de solera y la cubierta.
- Aberturas en muros: Tiene que ver con la presencia de vanos en los muros, esto causa una afeción a la capacidad de carga. Se puede estimar mediante la densidad y el tamaño de las aperturas.
- Conservación actual de la estructura: Toma en cuenta los daños que ha tenido la estructura a través del tiempo, ya sean biológicos o mecánicos.
- Elementos no estructurales: Se refiere a la presencia de elementos que puedan causar daño a los habitantes de la estructura, como puede ser el desprendimiento de revestimientos.

Tabla 4*Determinación del índice de vulnerabilidad - Método Italiano*

PARÁMETRO	A	B	C	Ki	Wi	Ki*Wi
1. Distribución de muros	0	6	12	3	1	3
2. Tipo de organización estructural	0	6	12	3	0.5	1.5
3. Calidad del sistema resistente	0	11	22	11	1	11
4. Relación demanda – capacidad	0	3	4	3	0.5	1.5
5. Tipo de suelo y pendiente	0	3	6	1	1	1
6. Configuración en planta	0	3	6	2	0.5	1
7. Entrepisos	0	3	6	3	1	3
8. Cubierta y sistema de techos	0	3	6	3	0.75	2.25
9. Aberturas en muros	0	3	6	2	1	2
10. Conservación actual de la estructura	0	4	10	4	0.25	1
11. Elementos no estructurales	0	10	20	6	1	6
					I.V.	33.25
					Estructura medianamente segura	

Nota. Se presenta la evaluación de vulnerabilidad de la estructura en estudio mediante el

Método Italiano. Elaborado por: El autor.

5.2. Patologías estructurales

Después de realizar una evaluación visual, se pudo constatar que la estructura en estudio presenta patologías biológicas, propias de residencias patrimoniales. Dentro de estas patologías se pudo observar deterioro del material y erosiones.

5.3. Características estructurales de la edificación

5.3.1. Análisis de materiales

Se necesita obtener las características físicas de los materiales. Al ser una casa antigua y ubicada en una zona patrimonial, no se puede realizar ensayos de tipo destructivo, por lo cual, se propone realizar el ensayo esclerométrico.

Para elementos como vigas y columnas se suponen sus propiedades físicas, teniendo en cuenta el año de construcción y las propiedades de materiales que en ese entonces se manejaban, tratando de acercarse a los datos reales.

La presencia de vigas, estructura metálica y losas se debe a un reforzamiento que se realizó alrededor de unos 10 años.

5.3.1.1. Hormigón

De acuerdo a la antigüedad de la vivienda, y las dimensiones de las vigas, se supone un valor de $f'c = 21$ Mpa. Además, se tiene presencia de losas, en donde también se usa hormigón, con un valor de $f'c = 18$ Mpa.

Cabe recalcar que estos elementos son los únicos construidos con hormigón.

Módulo de elasticidad

El valor del módulo de elasticidad del hormigón será utilizado en el modelo matemático. El cálculo se lo realizó de acuerdo a la normativa NEC.

$$E = 13000\sqrt{f'c} \quad [kg/cm^2]$$

Dónde:

E: Módulo de elasticidad

$f'c$: Resistencia a la compresión

Tabla 5

Módulo de elasticidad del hormigón

Módulo de elasticidad		
Elemento	$f'c$ (Mpa)	E (MPa)
Vigas	21	18838,79
Losa	18	17441,33

Nota. Los datos fueron procesados según la NEC (2015)

5.3.1.2. Estructura metálica

Se tiene elementos como columnas que son realizadas con este material. De acuerdo a los elementos estructurales de acero, comercializados en el país y de acuerdo a las medidas que se puede obtener, se puede definir que el material cuenta con $F'y = 250$ MPa.

5.3.1.3. Madera

En un pequeño espacio, la vivienda cuenta con una losa realizada en madera, contiene vigas y entablado, para lo cual se supone lo siguiente:

Las vigas de madera son de Laurel, por lo cual se estableció en el Grupo B del Manual de diseño para maderas del grupo andino, con una resistencia $f'm = 15$ MPa. Y para el entablado se usó Pino, estableciéndose en el Grupo C del Manual de diseño para maderas del grupo andino, con una resistencia de $f'm = 10$ MPa.

5.3.1.4. Piedra

Al ser una edificación antigua, tiene presencia de columnas de piedra. De acuerdo a las características físicas y teniendo en cuenta las propiedades de esta, se definió que las columnas son de Granito, con Resistencia a la compresión: $f'g = 100$ Mpa.

5.3.1.5. Mampostería

Al no poder extraer elementos para su respectivo estudio, se realiza este ensayo no destructivo para obtener la resistencia de las paredes de mampostería (ladrillo), además es económico y es fácil ejecutarlo. Para realizar este ensayo se contrató el servicio del Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

Figura 20

Ensayo con esclerómetro



Nota. Se observan los puntos en los que se realizará el ensayo. Elaborado por: El autor.

Tabla 6

Resultados del ensayo con esclerómetro

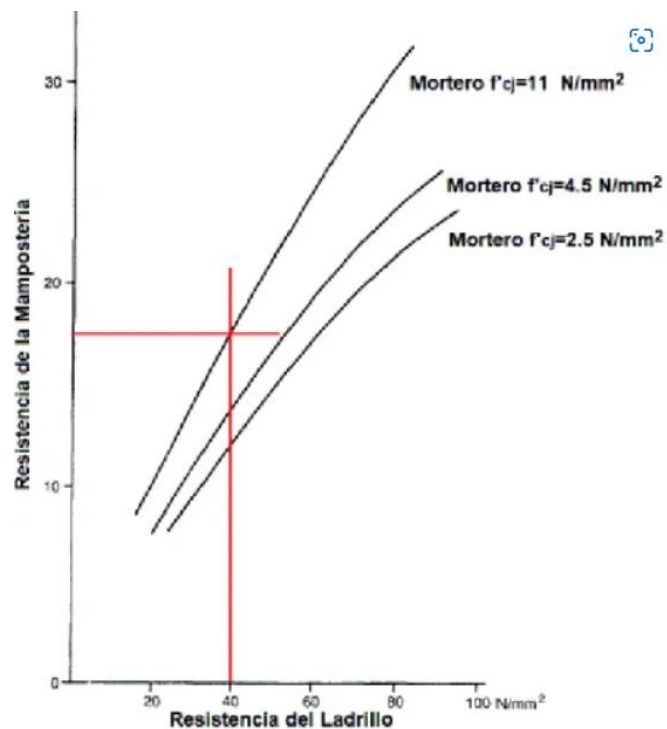
ÁNGULO GRADOS	0			f'c min (MPa) Cilíndrica			10					
PUNTO 2	Mampostería - Pasaje											
Lectura martillo	38	34	34	36	34	36	30	32	30	30	32	34
Factor de corrección	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f'c (Mpa) Cilíndrica final	31,52	25,8	25,8	28,63	25,8	28,63	20,34	23,03	20,34	20,34	23,03	25,8
f'c (Kg/cm ²)	277	226	226	251	226	251	178	202	178	178	202	226
(f'c-f'cpro.) ²	3251	46	46	999	46	999	1687	304	1687	1687	304	46
RESISTENCIA PROM. (kg/cm ²)	219			DESV. EST.	34,6			RES. CAR. (kg/cm ²)	185			

Fuente: Laboratorio de Ensayo de materiales UPS (2022)

Como el ensayo se realiza sobre un mampuesto, se debe realizar un ajuste al resultado, para obtener la resistencia de toda la mampostería, para lo cual se utiliza la siguiente gráfica:

Figura 211

Relación entre mampostería y mampuesto

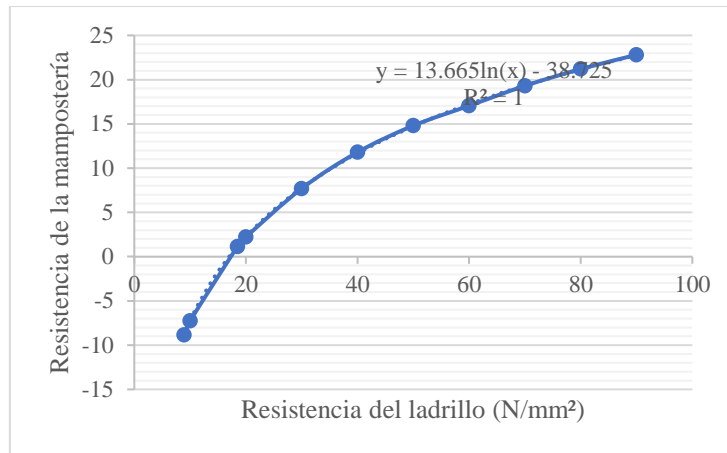


Fuente: Fabián Pachano (2018)

Se realizan los respectivos cálculos y una emulación de la gráfica para obtener la resistencia de la mampostería:

Figura 222

Interpolación de la gráfica entre mampostería y mampuesto



Nota: se realiza una interpolación para obtener los resultados deseados. Elaborado por: El autor.

Con la gráfica anterior, se obtiene como resultado, que la resistencia final de la mampostería será: $f'_m = 1,15$ MPa.

5.3.1.6. Distribución geométrica de muros de mampostería

La evaluación mediante densidad de muros nos ayuda a obtener un resultado numérico del estado de la rigidez en ambos sentidos. Para esta evaluación se debe tomar en cuenta muros que tengan continuidad en elevación y que no sean demasiado cortos. La densidad de muros es la relación entre el área en planta de los muros respecto del área total de la estructura, calculado con la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{\sum \text{Área de muros}}{\text{Área planta}} \times 100$$

El valor de densidad mínimo es 10%, y este cálculo se lo debe realizar para cada nivel y para cada dirección X e Y.

Tabla 7*Densidad de muros en la dirección X*

Planta	Área Planta (m²)	Área de muros (m²)	ρ (%)
Planta baja	277.34	40.5	14.60
Primera planta	277.34	39.17	14.12
Total	554.68	79.67	14.36

Elaborado por: El autor.

Tabla 8*Densidad de muros en la dirección Y*

Planta	Área Planta (m²)	Área de muros (m²)	ρ (%)
Planta baja	277.34	48.18	17.37
Primera planta	277.34	45.12	16.26
Total	554.68	93.3	16.82

Elaborado por: El autor.

Tanto en la dirección X como en la dirección Y, los valores de Densidad de los muros son aceptables, siendo la dirección Y la más fuerte.

5.3.2. Tipología estructural

5.3.2.1. Planos arquitectónicos

En los planos arquitectónicos constan: vistas en planta, ubicaciones de elementos estructurales y mampostería. Ver Anexos.

5.4. Modelación de la estructura en estado actual

Antes de realizar la modelación se debe tener claro las dimensiones y características de la vivienda, proceso realizado anteriormente. Con la ayuda de planos creados, se procede a realizar el modelo matemático. El software tiene que comprometer cargas, características físicas de los materiales y normativas que rigen en el país.

5.4.1. Proceso de modelación

5.4.1.1. Definición de materiales

Con lo mencionado en el literal 4.2.1 se definen los materiales en el programa, teniendo a continuación un resumen:

Tabla 9

Hormigón en vigas

Hormigón Vigas			
Resistencia a la compresión	$f'c$	21	MPa
Peso específico	ρ	2400	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	18838,789	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 10

Hormigón en losa

Hormigón Losa			
Resistencia a la compresión	$f'c$	18	MPa
Peso específico	ρ	1500	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	17441,33	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 11

Granito para columnas

Granito			
Resistencia a la compresión	$f'c$	100	MPa
Peso específico	ρ	2600	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	101971,6119	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 12*Columnas de estructura metálica*

Estructura metálica			
Resistencia a la compresión	$f'y$	250	MPa
Peso específico	ρ	7900	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	199947,98	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 13*Madera de viguetas - Grupo B*

Madera viguetas			
Resistencia a la compresión	$f'm$	15	MPa
Peso específico	ρ	500	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	9806,65	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 14*Madera de entablado - Grupo C*

Madera entablado			
Resistencia a la compresión	$f'm$	10	MPa
Peso específico	ρ	500	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	8825,99	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 15*Mampostería*

Mampostería			
Resistencia a la compresión	$f'm$	1,15	MPa
Peso específico	ρ	1630	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	862,5	MPa

Elaborado por: El autor.

5.4.1.2. Definición de secciones

Columnas

Tabla 16

Dimensiones de columnas

Elemento	Ø (m)	e (m)	b (m)	d (m)
Columna de piedra	0,35	-	-	-
Columna metálica	-	0,003	0,145	0,1

Elaborado por: El autor.

Las columnas metálicas son el resultado de soldar dos perfiles G.

Vigas

Tabla 17

Dimensiones de vigas

Elemento	b (m)	h (m)
Viga hormigón	0,2	0,45
	0,25	0,45
	0,3	0,45
	0,45	0,45
Viga de madera	0,09	0,14

Elaborado por: El autor.

Losa

Tabla 18

Dimensiones losas

Elemento	e (m)
Losa entrepiso	0,26
Losa cubierta	0,2
Entablado	0,02

Elaborado por: El autor.

Mampostería

Tabla 19

Dimensiones mampostería

Elemento	e (m)
Muros de lindero	1,5
Muros de fachada	1
Muros interiores 1P	0,45
Muros interiores PB	0,62

Elaborado por: El autor.

Cimentación

Al presentarse muros de mampostería, estos no cuentan con cimentaciones como tal, por este motivo, en la modelación se les ha colocado como simplemente apoyado. En cambio, en las columnas de granito que tienen una cimentación de piedra visible, se los coloca como empotrado.

5.4.1.3. Estimación de cargas y dibujo de la estructura

Carga muerta

Una ventaja del software utilizado, es que se puede ingresar las dimensiones y propiedades mecánicas de los elementos de la estructura, para que nos dé como resultado su peso propio y así el programa tendrá en consideración la carga muerta.

Carga viva

Para seleccionar las cargas vivas, se recurre a la Normativas NEC de Cargas No sísmicas, en la Tabla 9, entonces los valores serían los siguientes:

Tabla 20

Carga viva

Ocupación o uso	Carga Uniforme (kg/m ²)
Viviendas (Unifamiliares y Bifamiliares)	200
Cubiertas planas	70

Fuente: NEC Cargas No Sísmicas (2015)

Figura 23

Definición de cargas

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
SX	Seismic	0	User Loads
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
SX	Seismic	0	User Loads
SY	Seismic	0	User Loads

Fuente: Modelo matemático (2022)

Carga sísmica

Es una fuerza lateral, que se obtiene calculando el cortante basal (V). El proyecto en estudio, es una casa de dos pisos, por lo cual se acude a la Normativa NEC – SE – VIVIENDA 2015 para obtener el procedimiento de cálculo.

De acuerdo a la normativa antes señalada, el Cortante basal (V) se determinará de la siguiente manera:

$$V = Z * C * \frac{W}{R}$$

Dónde:

Z: Factor de zona

C: Coeficiente de respuesta sísmica

R: Coeficiente de reducción de resistencia sísmica

A continuación, se presenta una tabla con los valores obtenidos para calcular el cortante basal:

Tabla 21

Parámetros para calcular el Cortante basal

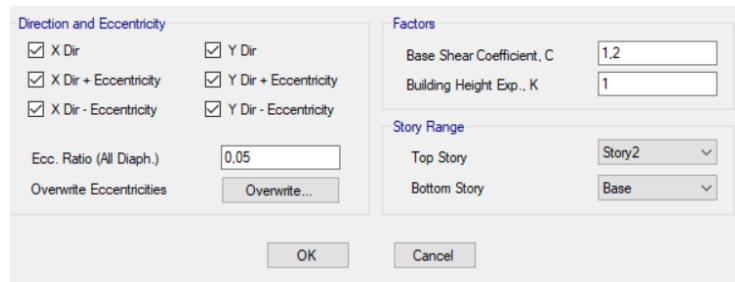
Parámetro	Variable	Valor	Referencia
Ciudad	-	Quito	
Zona sísmica	-	V	Secc. 3.1.1 NEC-SE-DS
Factor de zona	Z	0,4	Secc. 3.1.1 NEC-SE-DS
Coeficiente de respuesta sísmica	C	3	Tabla 2 NEC-SE-VIVIENDA
Coeficiente de reducción de resistencia sísmica	R	1	Tabla 3 NEC-SE-VIVIENDA

Elaborado por: El autor a través de la Normativa NEC.

Con los valores obtenidos, se procede a calcular el Coeficiente de cortante basal, C , para proceder a ingresarlo en el programa, obteniendo como resultado 1,2. Cabe mencionar, que este coeficiente se debe ingresar en las dos direcciones S_x y S_y .

Figura 244

Ingreso de coeficiente de cortante basal

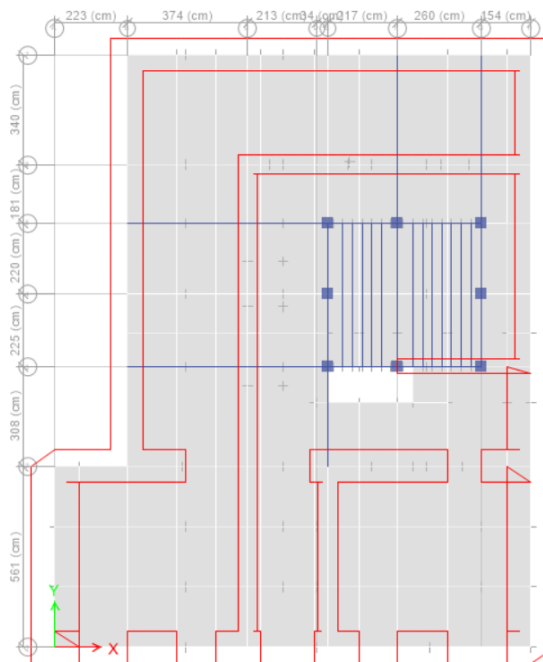


Fuente: Modelo matemático (2022)

Luego se procede a dibujar cada uno de los elementos que conforman la estructura.

Figura 255

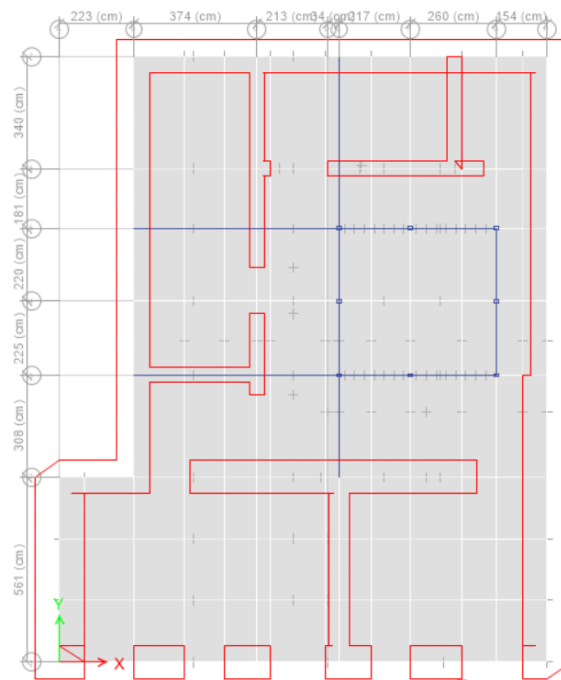
Modelo en planta de la Planta baja de la estructura



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 266

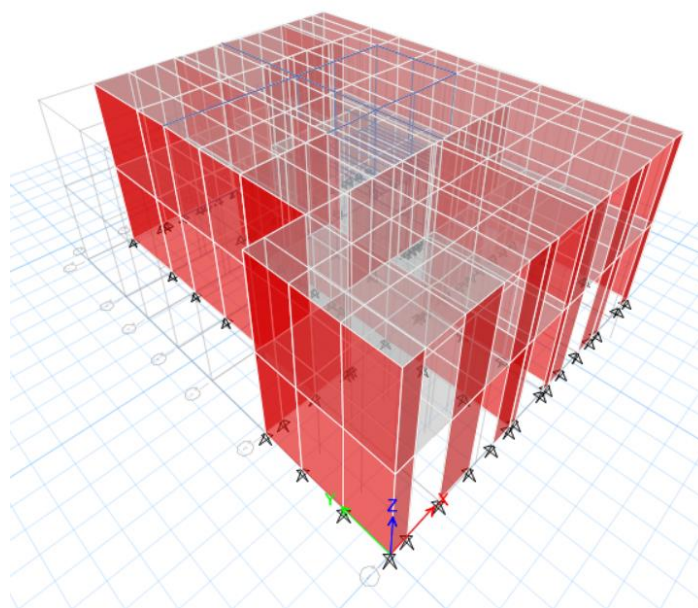
Modelo en planta del Primer piso de la estructura



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 277

Modelo en perspectiva de la estructura en estado actual



Fuente: Modelo matemático (2022)

A continuación, se corre la modelación para tener resultados de Periodo y Frecuencia, que serán detallados en la siguiente tabla:

Tabla 22

Períodos de la estructura en estado actual

Caso	Modo	Período (s)	Frecuencia
Modal	1	0,15	6,652
Modal	2	0,106	9,419
Modal	3	0,097	10,314
Modal	4	0,06	16,755
Modal	5	0,045	22,103
Modal	6	0,044	22,619

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

Tabla 23

Modo de vibración de la estructura en estado actual

Caso	Modo	Ux	Uy	SumUx	SumUy	Rz	%	Movimiento
Modal	1	0,7625	0,0037	0,7625	0,0037	0,1371	17,98	Traslacional
Modal	2	0,0098	0,923	0,7724	0,9267	0,0037	0,4	Traslacional
Modal	3	0,1403	0,009	0,9126	0,9358	0,7998	570,06	Torsional
Modal	4	0,0809	0,0013	0,9935	0,9371	0,0107	13,22	Traslacional
Modal	5	0,0003	0	0,9938	0,9371	0,0011	366,67	Torsional
Modal	6	0,0005	0,0616	0,9943	0,9986	0,0022	3,57	Traslacional

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

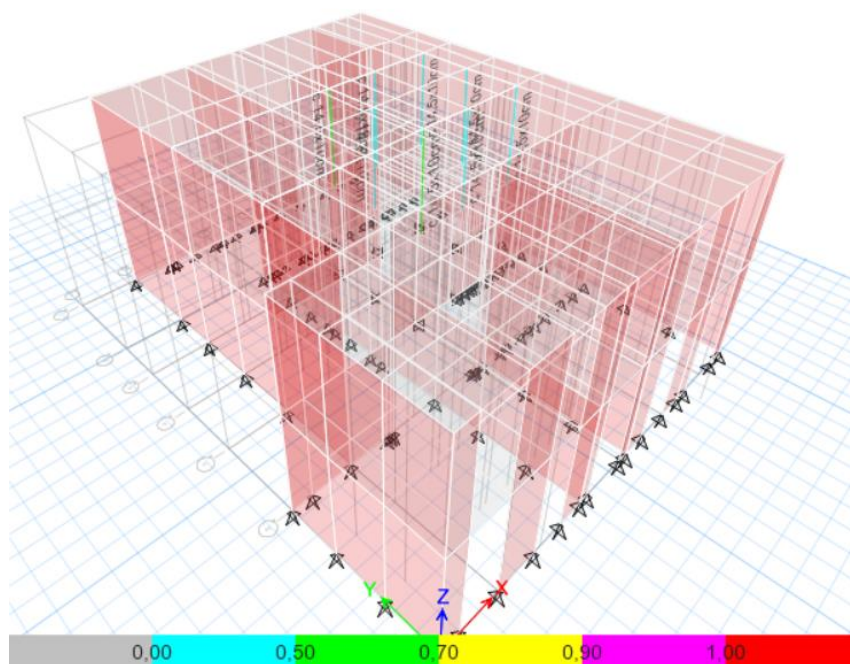
El comportamiento dinámico de la estructura en estado actual es el adecuado, pues en los dos primeros modos se tiene movimientos traslacionales y en el tercer modo se tiene movimiento torsional.

5.4.1.4. Chequeo de elementos estructurales

5.4.1.4.1. Columnas metálicas

Figura 288

Trabajo estructural de las columnas metálicas



Fuente: Modelo matemático (2022)

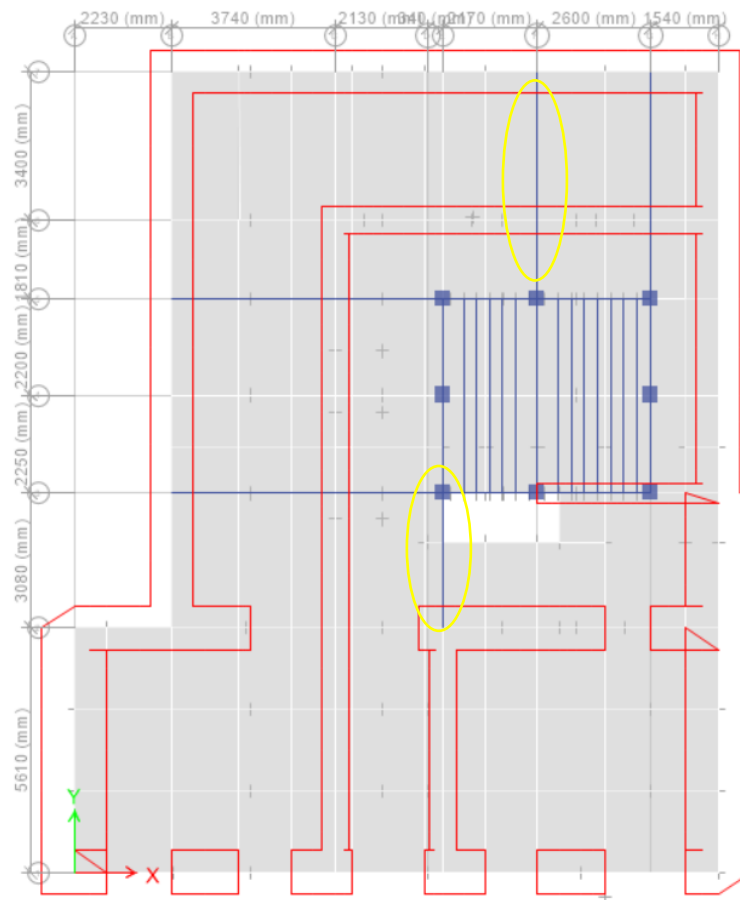
El trabajo de las columnas metálicas, es el adecuado, pues se encuentran trabajando entre el 50% y 70% de su capacidad, por lo tanto, no necesitan ninguna adecuación o rehabilitación.

5.4.1.4.2. Vigas

Se realiza un análisis de capacidad de carga para cada viga, utilizando el diagrama de interacción, a continuación, se presentan los resultados de un ejemplar de cada sección de viga y gráficos con la ubicación de las vigas que se van a analizar:

Figura 299

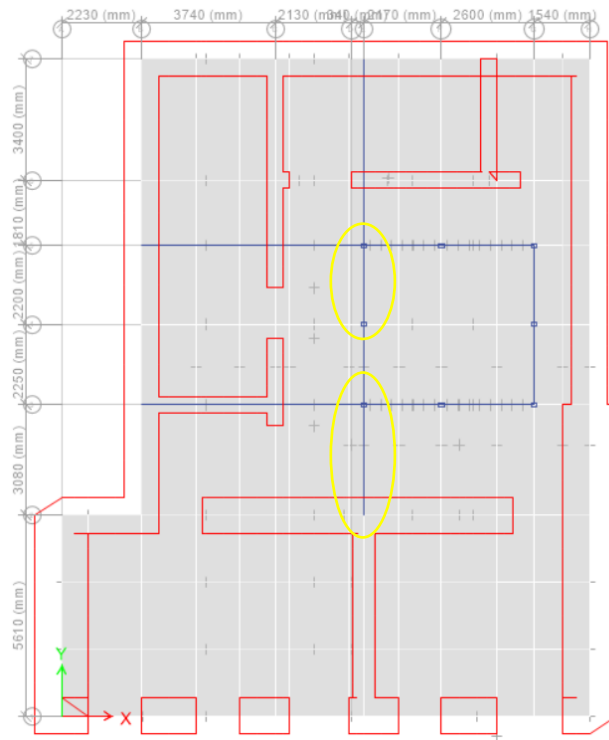
Ubicación de vigas de entrepiso analizadas



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 30

Ubicación de vigas de cubierta analizadas

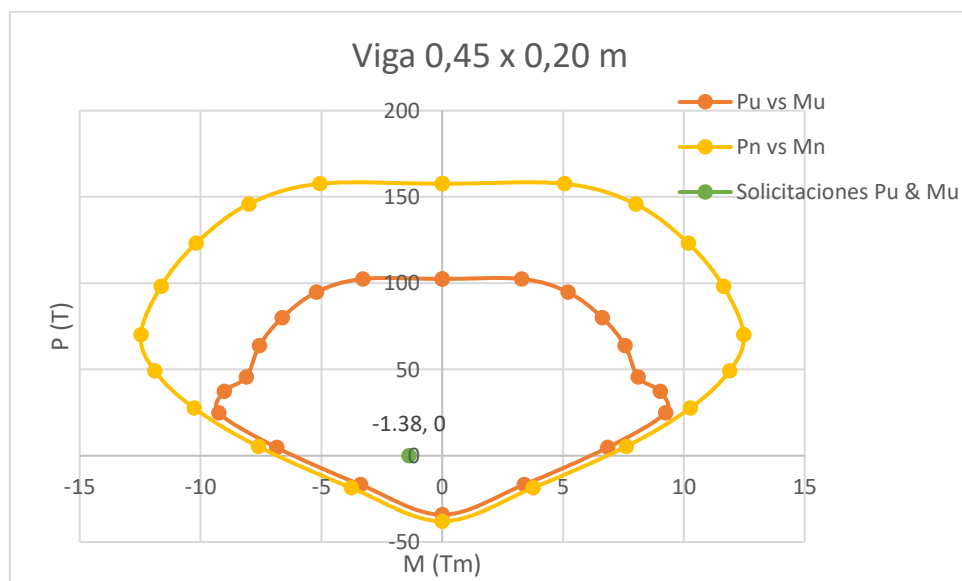


Fuente: Modelo matemático (2022)

- Viga de dimensiones 0,45 x 0,20 m

Figura 301

Diagrama de interacción Viga 0,45x0,20 m

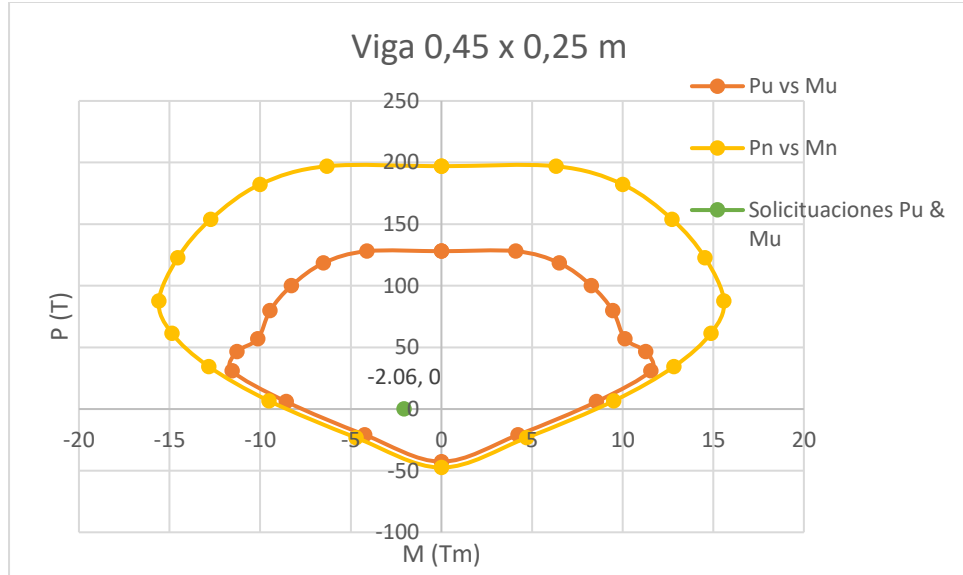


Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

- Viga de dimensiones 0,45 x 0,25 m

Figura 312

Diagrama de interacción Viga 0,45x0,25 m

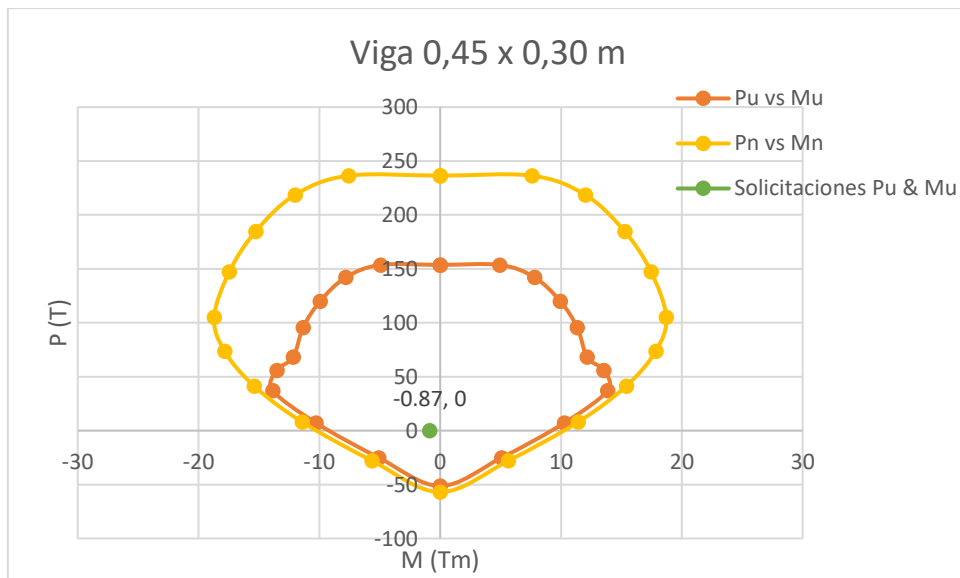


Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

- Viga de dimensiones 0,45 x 0,30 m

Figura 33

Diagrama de interacción Viga 0,45x0,30 m

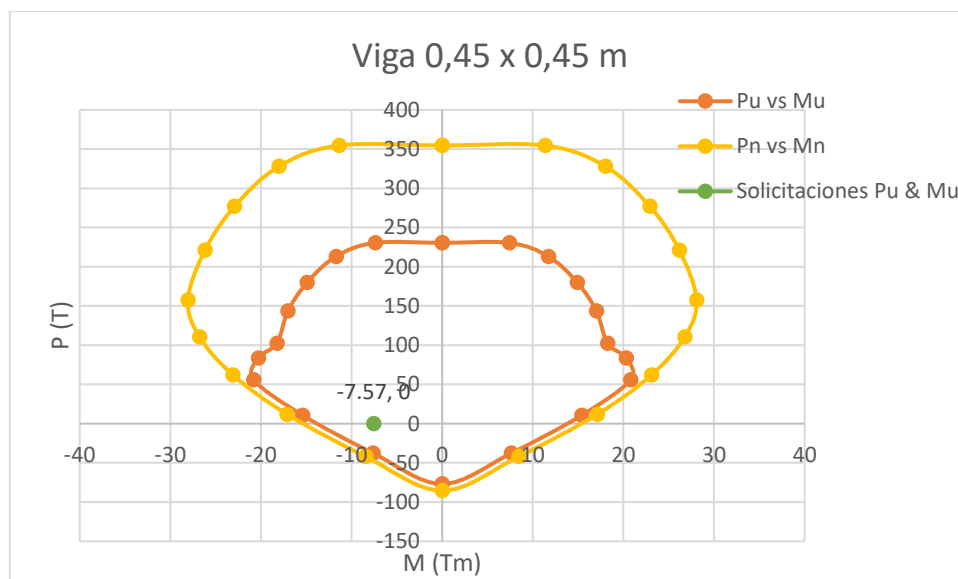


Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

- Viga de dimensiones 0,45 x 0,45 m

Figura 324

Diagrama de interacción Viga 0,45x0,45 m



Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: Gualpa (2022)

En las figuras anteriores, se puede apreciar que todos los puntos de combinaciones de carga se encuentran dentro de la curva de capacidad, lo que indica que la viga soporta las solicitaciones a la que se encuentra expuesta.

Entonces se puede afirmar que las vigas no necesitan de una rehabilitación, pues soportan muy bien las cargas.

5.4.1.4.3. Mampostería

Mediante la modelación matemática, se realiza una evaluación de la capacidad resistente de la mampostería ante una carga sísmica. Esta evaluación se realiza a partir de los esfuerzos admisibles del material, que de acuerdo a la normativa peruana E080, se puede utilizar un valor conservador cuando no se han realizado ensayos. Este valor es el siguiente:

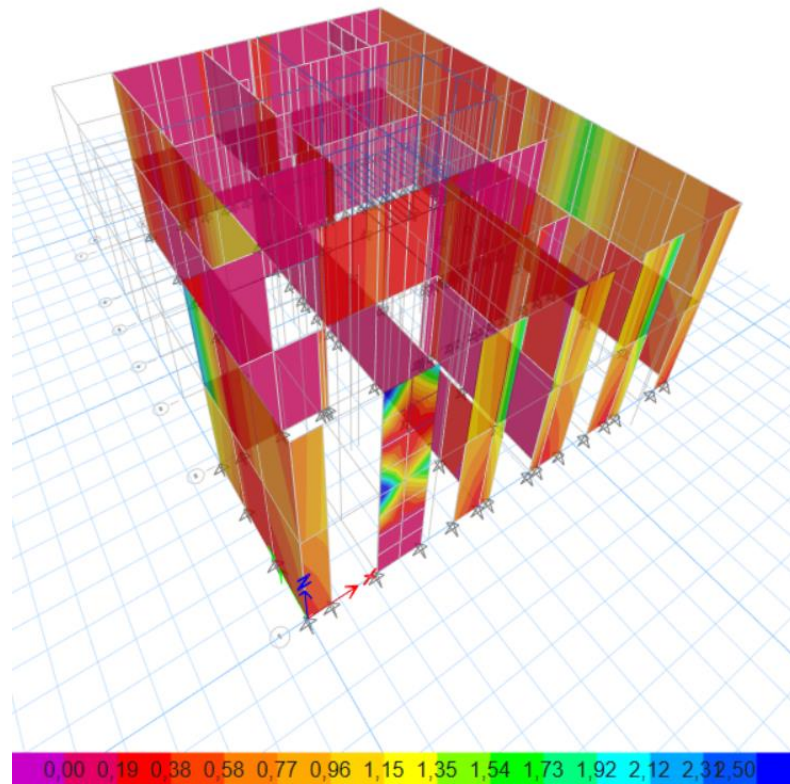
$$V_m = 0.025 \text{ MPa}$$

Cuando los esfuerzos causados por las solicitaciones de carga sísmica en la modelación matemática, sobrepasen el valor asumido, se entenderá que la mampostería podría tener fallas.

Luego de saber a qué valor de esfuerzo admisible de mampostería se va a referir. Se procede a revisar la sollicitación de esfuerzos, en dirección X e Y, proponiendo una escala con un valor máximo de 0.025 MPa, este valor se lo toma por lo dicho anteriormente.

Figura 33

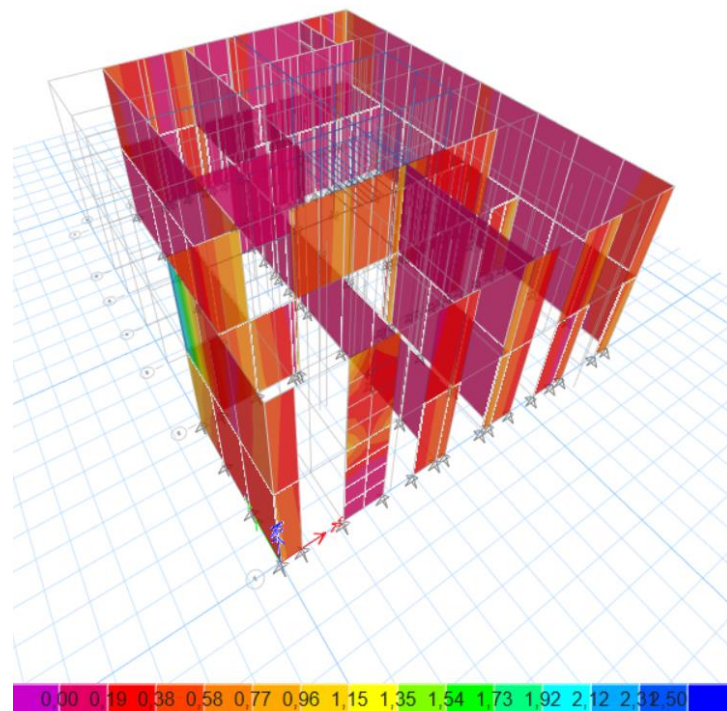
Distribución de esfuerzos de sismo SX (T/m²)



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 34

Distribución de esfuerzos de sismo SY (T/m2)



Fuente: Modelo matemático (2022)

Al observar las figuras, se puede concluir que existe poca sollicitación de esfuerzos generados por sismo. En general no se llega ni al 50% de la capacidad admisible. Aunque existen partes en la fachada que llegan a la capacidad máxima antes señalada. Pero al ser una casa patrimonial, la fachada no se podría modificar.

Como se ha mencionado anteriormente, la mampostería presenta patologías biológicas. La residencia patrimonial en su mayoría se encuentra conformada por mampostería, y entre estos elementos no se puede encontrar columna alguna. Salvo las columnas centrales de piedra, que no están adosadas a ningún muro de mampostería. Éstas razones definen que la rehabilitación se la realizará en elementos que presenten la característica mencionada

CAPÍTULO V

REHABILITACIÓN DE MAMPOSTERÍA

6.1. Muros que reemplacen la mampostería

Los muros de corte aportan rigidez en una estructura, evitando desplazamientos excesivos. Por planta, disminuyen considerablemente los efectos de cortante.

Para reemplazar las paredes por muros, se ha tomado en cuenta la mampostería afectada por patologías biológicas y que tengan continuidad entre niveles. El espesor de la propuesta de muro es 0,30 m.

6.1.1. Modelación de la estructura con muros

6.1.1.1. Definición de materiales

A continuación, se presenta el resumen de los materiales a utilizarse:

Tabla 24

Hormigón de muro

Hormigón			
Resistencia a la compresión	$f'c$	18	MPa
Peso específico	ρ	1500	kg/m ³
Módulo de elasticidad	E	17441,33	MPa

Elaborado por: El autor.

Tabla 25

Acero de muro

Acero			
Fluencia	Fy	420	MPa
Peso específico	ρ	7849,05	kgf/m ³
Módulo de elasticidad	E	199947,975	MPa

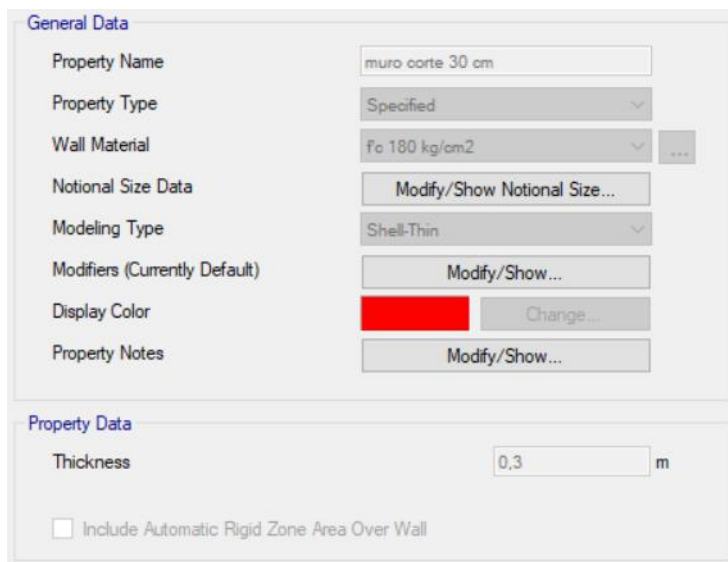
Elaborado por: El autor.

6.1.1.2. Definición de secciones

Los muros van a tener un espesor de 0,30 m en toda su elevación.

Figura 357

Espesor de muro



Fuente: Modelo matemático (2022)

6.1.1.3. Estimación de cargas

Carga gravitacional

El software realizará el cálculo de la carga, de acuerdo a la definición de materiales que se va a utilizar, ya mencionados anteriormente.

Carga sísmica

Para obtener el valor del Coeficiente de cortante basal, C, se realiza un cambio en el valor de R=3 (NEC-SE-VIVIENDA).

Tabla 26

Cálculo de cortante basal - Muro

R	3
C	0,4

Elaborado por: El autor.

Este coeficiente obtenido, se ingresa en los dos sentidos Sx y Sy.

Se crea diafragmas, para cada nivel, en total dos, en los cuales ingresaremos la carga lateral.

Para cada nivel, se obtiene el valor de la carga lateral, utilizando el proceso mostrado en la siguiente imagen:

Figura 368

Carga lateral en cada nivel

NIVEL	h	hi	Ai	WLD	Wi	Wi x hi	Wi x hi ^k	Fi=Wi x hi/ΣWi x hi*V
	m	m	m ²	T/m ²	T	T-m	T-m	T
N+ 7,84	3,92	7,84	277,34	0,65	180,271	1413,32464	1413,32464	96,14453333
N+ 3,92	3,92	3,92	277,34	0,65	180,271	706,66232	706,66232	48,07226667
N+ 0,00	0	0						
TOTAL			554,68		360,542	2119,99	2119,99	144,22

Elaborado por: El autor.

En donde los números en rojo, representan a la carga lateral de cada nivel. Estos valores, serán ingresados en el modelo matemático en las direcciones Sx y Sy.

Figura 379

Ingreso de carga lateral Sx

Load Set 1 of 1				
Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf-m
Story2	D2	96144	0	0
Story1	D1	48072	0	0

Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 40

Ingreso de carga lateral Sy

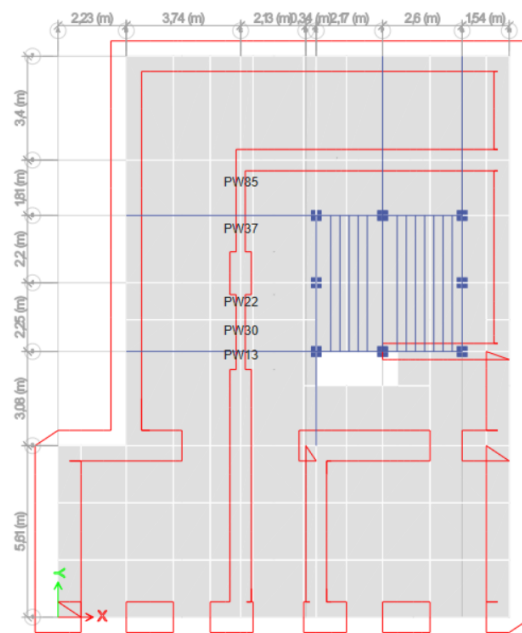
Load Set 1 of 1				
Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf-m
Story2	D2	0	96144	0
Story1	D1	0	48072	0

Fuente: Modelo matemático (2022)

Se procede a realizar los cambios en las mamposterías del modelo matemático, teniendo en cuenta las paredes que tengan continuidad.

Figura 41

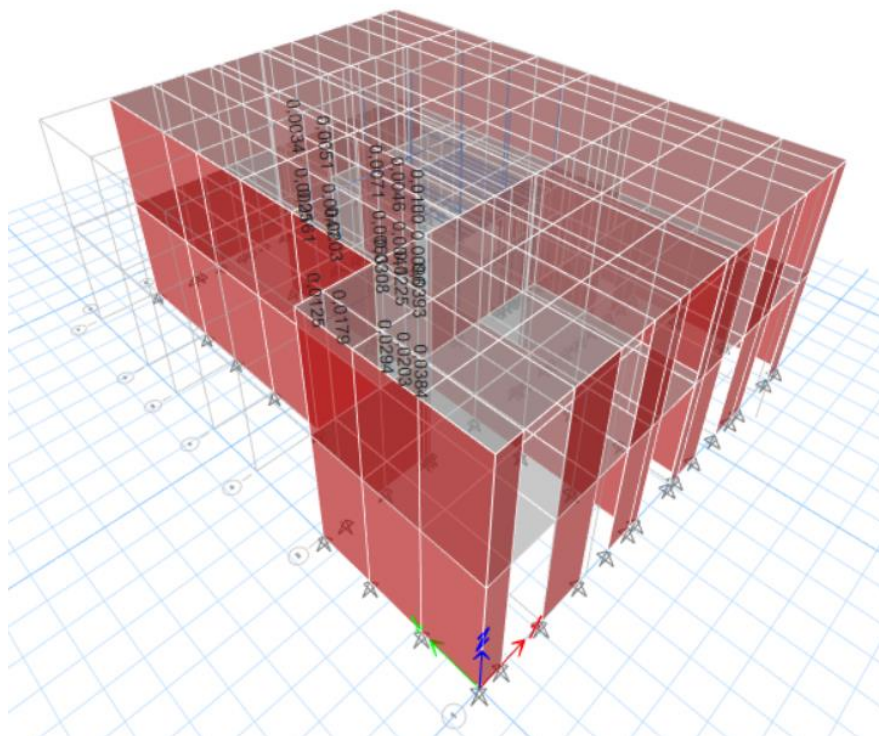
Modelo en planta de la estructura con muros



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 382

Modelo en perspectiva de la estructura con muros



Fuente: Modelo matemático (2022)

Finalmente se corre la modelación para tener resultados de Periodo y Frecuencia, que se presentan a continuación:

Tabla 27

Períodos de la estructura rehabilitada con muros

Caso	Modo	Período (s)	Frecuencia
Modal	1	0,136	7,349
Modal	2	0,083	12,084
Modal	3	0,077	13,051
Modal	4	0,053	18,786
Modal	5	0,044	22,926
Modal	6	0,036	27,737

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

Tabla 28

Modo de vibración de la estructura con muros

Caso	Modo	Ux	Uy	SumUx	SumUy	Rz	%	Movimiento
Modal	1	0,5895	0,0003	0,5895	0,0003	0,2706	45,9%	Torsional
Modal	2	0,1364	0,3663	0,7259	0,3666	0,3883	1,06%	Traslacional
Modal	3	0,104	0,4895	0,83	0,8561	0,2703	55,21%	Torsional
Modal	4	0,1483	0,0021	0,9783	0,8582	0,007	4,72%	Traslacional
Modal	5	0,0003	0,0059	0,9785	0,864	0,0018	30,5%	Torsional
Modal	6	0,0172	0,0093	0,9958	0,8733	0,0461	268%	Torsional

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

Esta técnica no se puede utilizar, porque los muros colocados en la modelación causan un efecto de torsión en planta en el Primer Modo.

6.2. Enchapado de mampostería

Esta técnica tiene el propósito de rigidizar la estructura y disminuir cargas en los pórticos que tienen poca resistencia, actuando como un muro estructural o de corte resistiendo fuerzas laterales y verticales. El enchapado consiste en recubrir la mampostería existente con malla electrosoldada, conectarla con la estructura por medio de anclajes y revestirla con mortero. Es recomendable que las paredes de mampostería a reforzar tengan simetría en planta y en elevación, para tener una estructura lo más rígida posible (Borja & Torres, 2015).

Para proceder con el enchape, se han escogido las paredes de mampostería que tiene un valor de espesor de 0,62 m, puesto que, de acuerdo a su resistencia, serían las más vulnerables. El enchape será de 0,003 m a cada lado, y el tipo de malla se obtendrá de los resultados de Cuantía de acero que el programa nos proponga.

6.2.1. Modelación de la estructura enchapada

6.2.1.1. Definición de materiales

A continuación, se presenta el resumen de los materiales a utilizarse:

Tabla 29

Material de enchape

Mortero enchape			
Resistencia a la compresión	$f'c$	18	MPa
Peso específico	ρ	1500	kgf/m ³
Módulo de elasticidad	E	17441,33	MPa

Elaborado por: El autor.

6.2.1.2. Definición de secciones

Para el enchape, se va a utilizar un espesor de 0,03 m. a cada lado de la pared a rehabilitar.

Figura 43

Sección de enchape para mampostería de 0,62 m.

Layer Name	Distance	Thickness	Modeling Type	Number Integration Points	Material
1	-0,325	0,03	Shell	2	f'c 180 kg/cm ²
2	0	0,62	Shell	2	f'm 11,5 kg/cm ²
3	0,325	0,03	Shell	2	f'c 180 kg/cm ²

Fuente: Modelo matemático (2022)

6.2.1.3. Estimación de cargas

Carga gravitacional

El software realizará el cálculo de la carga, de acuerdo a la definición de materiales que se va a utilizar, ya mencionados anteriormente.

Carga sísmica

Para obtener el valor del Coeficiente de cortante basal, C, se realiza un cambio en el valor de R=1,5 (NEC-SE-VIVIENDA).

Tabla 30

Cálculo de cortante basal

R	1,5
C	0,8

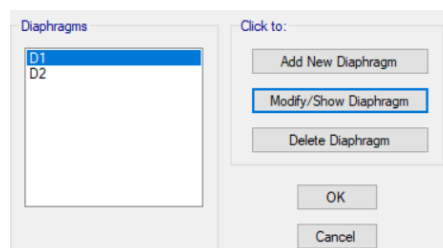
Elaborado por: El autor.

Este coeficiente obtenido, se ingresa en los dos sentidos Sx y Sy.

Se crea diafragmas, para cada nivel, en total dos, en los cuales ingresaremos la carga lateral.

Figura 44

Creación de diafragmas



Fuente: Modelo matemático (2022)

Para cada nivel, se obtiene el valor de la carga lateral, utilizando el proceso mostrado en la siguiente imagen:

Figura 395

Carga lateral en cada nivel - Estructura enchapada

NIVEL	h m	hi m	Ai m ²	WLD T/m ²	Wi T	Wi x hi T-m	Wi x hi ² T-m	Fi=Wi x hi/ΣWi x hi*V T
N+ 7,84	3,92	7,84	277,34	0,65	180,271	1413,32464	1413,32464	288,4336
N+ 3,92	3,92	3,92	277,34	0,65	180,271	706,66232	706,66232	144,2168
N+ 0,00	0	0						
TOTAL			554,68		360,542	2119,99	2119,99	432,65

Elaborado por: El autor.

En donde los números en rojo, representan a la carga lateral de cada nivel. Estos valores, serán ingresados en el modelo matemático en las direcciones Sx y Sy.

Figura 40

Ingreso de carga lateral Sx

Load Set 1 of 1				
Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf-m
Story2	D2	192280	0	0
Story1	D1	96140	0	0

Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 41

Ingreso de carga lateral Sy

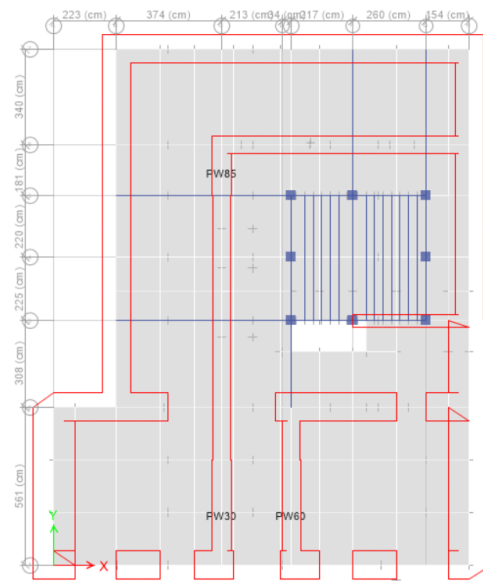
Load Set 1 of 1				
Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf-m
Story2	D2	0	192280	0
Story1	D1	0	96140	0

Fuente: Modelo matemático (2022)

Se procede a realizar los cambios en las mamposterías del modelo matemático. Teniendo en cuenta las paredes que tengan continuidad y/o que se encuentren en esquinas.

Figura 42

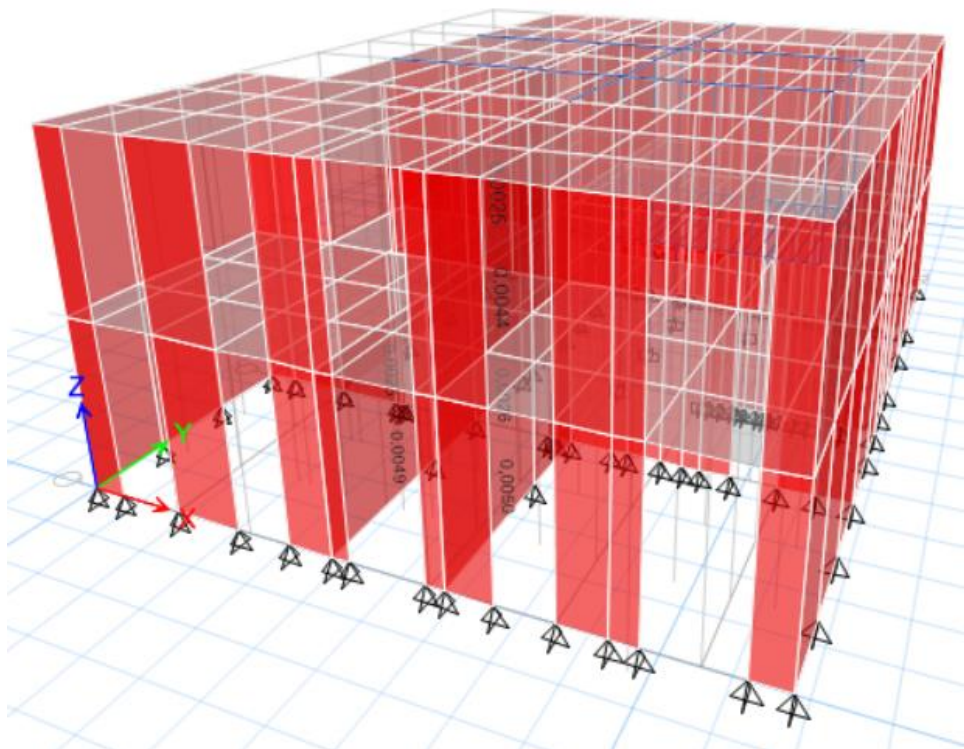
Modelo en planta de la estructura enchapada



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 43

Modelo en perspectiva de la estructura enchapada



Fuente: Modelo matemático (2022)

Finalmente se corre la modelación para tener resultados de Periodo y Frecuencia, que se presentan a continuación:

Tabla 31

Períodos de la estructura rehabilitada

Caso	Modo	Período (s)	Frecuencia
Modal	1	0,153	6,54
Modal	2	0,096	10,392
Modal	3	0,094	10,692
Modal	4	0,059	17,09
Modal	5	0,048	20,778
Modal	6	0,044	22,658

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

Tabla 32

Modo de vibración de la estructura enchapada

Caso	Modo	Ux	Uy	SumUx	SumUy	Rz	%	Movimiento
Modal	1	0,7251	0,0023	0,7251	0,0023	0,1551	21,39%	Traslacional
Modal	2	0,0083	0,9073	0,7334	0,9096	0,0028	0%	Traslacional
Modal	3	0,1639	0,008	0,8973	0,9175	0,7735	471%	Torsional
Modal	4	0,0946	0,0021	0,9919	0,9196	0,0152	16%	Traslacional
Modal	5	0,0005	0,0000019	0,9924	0,9196	0,0013	260%	Torsional
Modal	6	0,0002	0,0098	0,9926	0,9294	0,0024	24,5%	Traslacional

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

Tabla 33

Derivas de la estructura enchapada

Historia	Caso de salida	Deriva	%
2	SX	0,000428	0,05
2	SY	0,000142	0,02
1	SX	0,000355	0,04
1	SY	0,00015	0,02

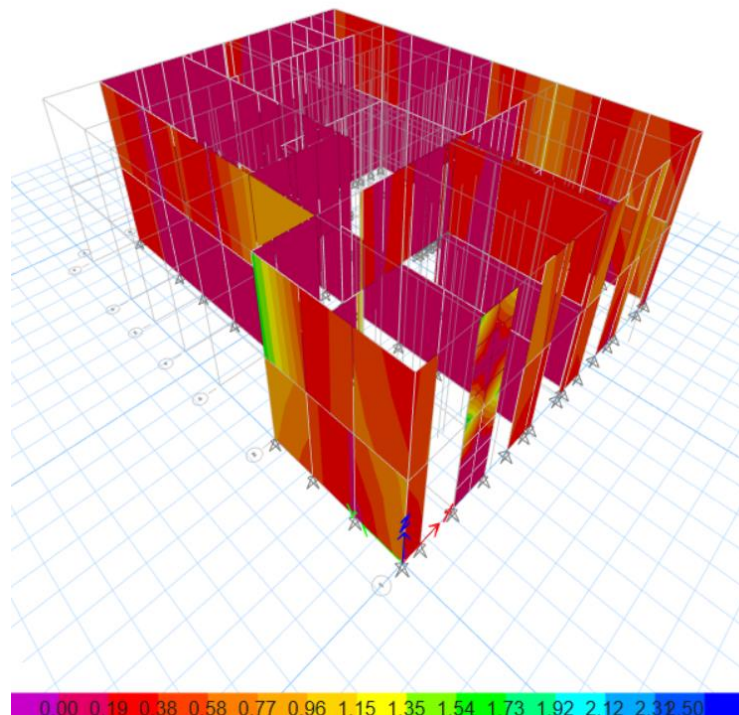
Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

6.2.1.4. Solicitación de esfuerzos

Se realiza una evaluación de la mampostería rehabilitada, con las sollicitaciones de sismo tanto en X como en Y. teniendo en cuenta que el enchapado resiste sollicitaciones de hasta 0,50 MPa. Este valor se lo va a colocar como máximo en la escala evaluativa.

Figura 44

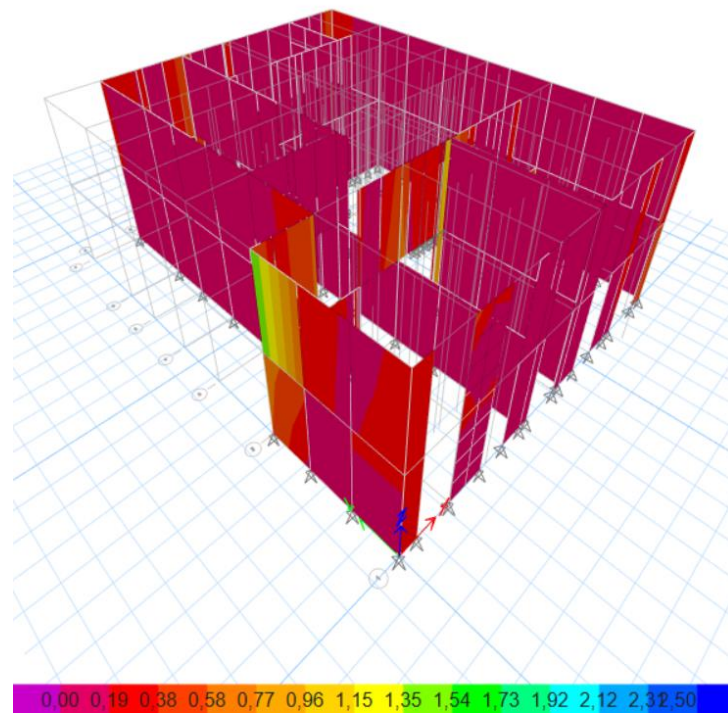
Solicitud de esfuerzos - Sismo en X



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 45

Solicitud de esfuerzos - Sismo en Y



Fuente: Modelo matemático (2022)

7.1.1.1. Cálculo de acero

Para realizar el cálculo de acero (malla electrosoldada), se debe tener conocimiento de las dimensiones existentes en el mercado, para esto se ha tomado como referencia las mallas electrosoldadas que ofrece la empresa ADELCA, que son las siguientes:

Figura 46

Dimensiones de mallas electrosoldadas disponibles en el mercado

DENOMINACIÓN	DIÁMETRO		ESPACIAMIENTO		NÚMERO DE VARILLAS		Peso kg.
	Longitudinal mm	Transversal mm	Longitudinal cm	Transversal cm	Longitudinal Unidades	Transversal Unidades	
3,5-15	3,5	3,5	15	15	16	42	15.154
4-10	4	4	10	10	24	62	29.502
4-10 4-05	4	4	10	5	20	59	17.543
4-15	4	4	15	15	16	42	19.826
4-20	4	4	20	20	12	31	14.751
4,5-15	4,5	4,5	15	15	16	42	25.080
4,5-30	4,5	4,5	30	30	8	21	12.540
5-10	5	5	10	10	24	62	46.052
5-15	5	5	15	15	16	42	30.948
5-20	5	5	20	20	12	31	23.026
5,5-10	5,5	5,5	10	10	24	62	55.760
5,5-15	5,5	5,5	15	15	16	42	37.472
5,5-20	5,5	5,5	20	20	12	31	27.880
5,5-25	5,5	5,5	25	25	10	25	22.846
6-10	6	6	10	10	24	62	66.334
6-15	6	6	15	15	16	42	44.578
6-20	6	6	20	20	12	31	33.167
7-15	7	7	15	15	16	42	60.658
7-20	7	7	20	20	12	31	45.131
8-15	8	8	15	15	16	42	79.230
8-20	8	8	20	20	12	31	58.951
10-15	10	10	15	15	16	41	122.33
10-20	10	10	20	20	12	31	92.116
12-20	12	12	20	20	12	31	132.64

Fuente: ADELCA (2022)

Se adoptarán las mallas con espaciamiento de 0,15 m., a continuación, se presenta el cálculo para obtener el diámetro de malla:

Tabla 34

Cálculo y resumen de acero

Mampostería	ρ	Área bruta (cm ²)	Acero en un m ² de enchape (cm ²)	Long/sep	Acero requerido (cm ²)	Diámetro mm	Acero colocado (cm ²)
PW60	0,0053	300	1,59	6,6667	0,2385	6	0,283
PW30	0,0051	300	1,53	6,6667	0,2295	5,5	0,238
PW85	0,0099	300	2,97	6,6667	0,4455	8	0,503

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

7.1.1.2. Verificación a corte

Se verifica el enchape con el procedimiento indicado en el punto 2.18.1 de este documento, teniendo los siguientes resultados presentados por el software utilizado:

Tabla 35

Chequeo del cortante en mampostería enchapada

Mampostería	Ubicación	Vu (T)	ØVn (T)	Vu ≤ ØVn
PW60	Parte superior	114,12	356,17	OK
	Parte inferior	114,12	359,32	OK
PW30	Parte superior	27	354,12	OK
	Parte inferior	27	357,27	OK
PW85	Parte superior	52,21	134,63	OK
	Parte inferior	52,21	155,05	OK

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

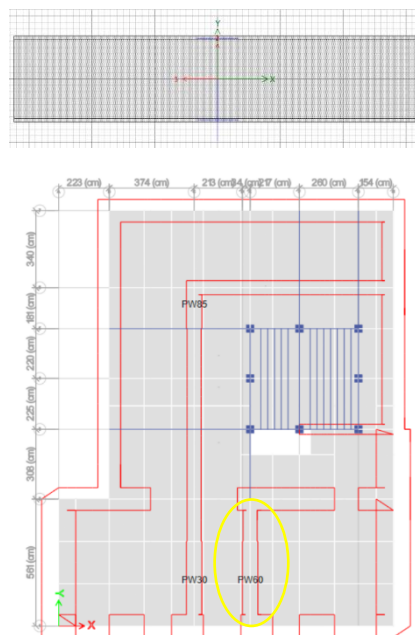
7.1.1.3. Diagramas de interacción de los muros enchapados

Se realiza el diagrama de interacción para cada uno de los distintos enchapes, puesto que se ha utilizado distintos diámetros de malla.

- Diagrama de interacción PW60 Planta baja

Figura 47

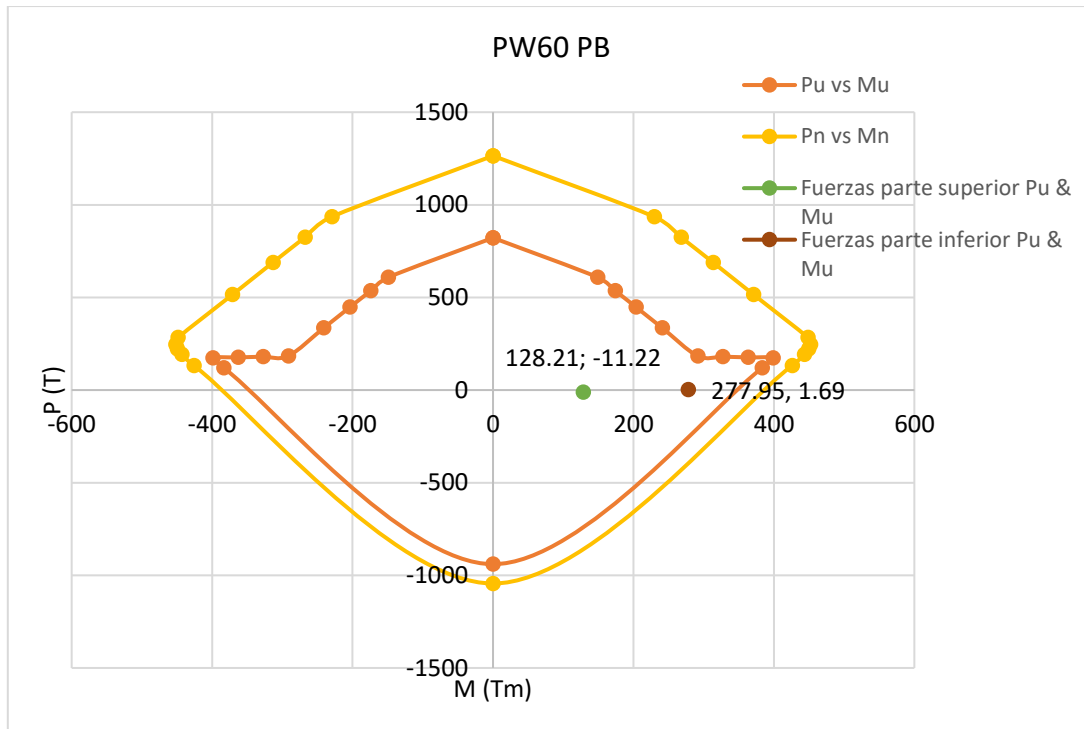
PW60 PB - Ubicación y Captura de section designer



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 48

Diagrama de interacción PW60 PB

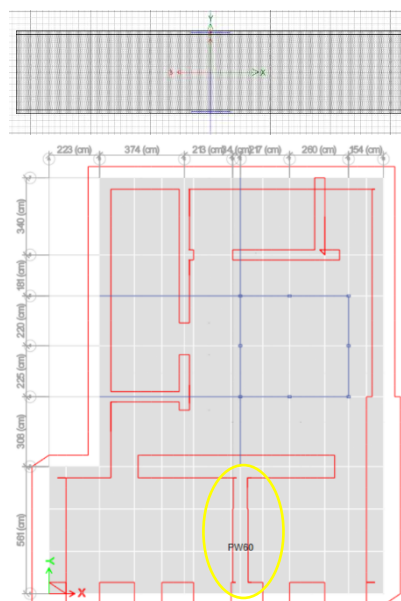


Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

- Diagrama de interacción PW60 Primera planta

Figura 49

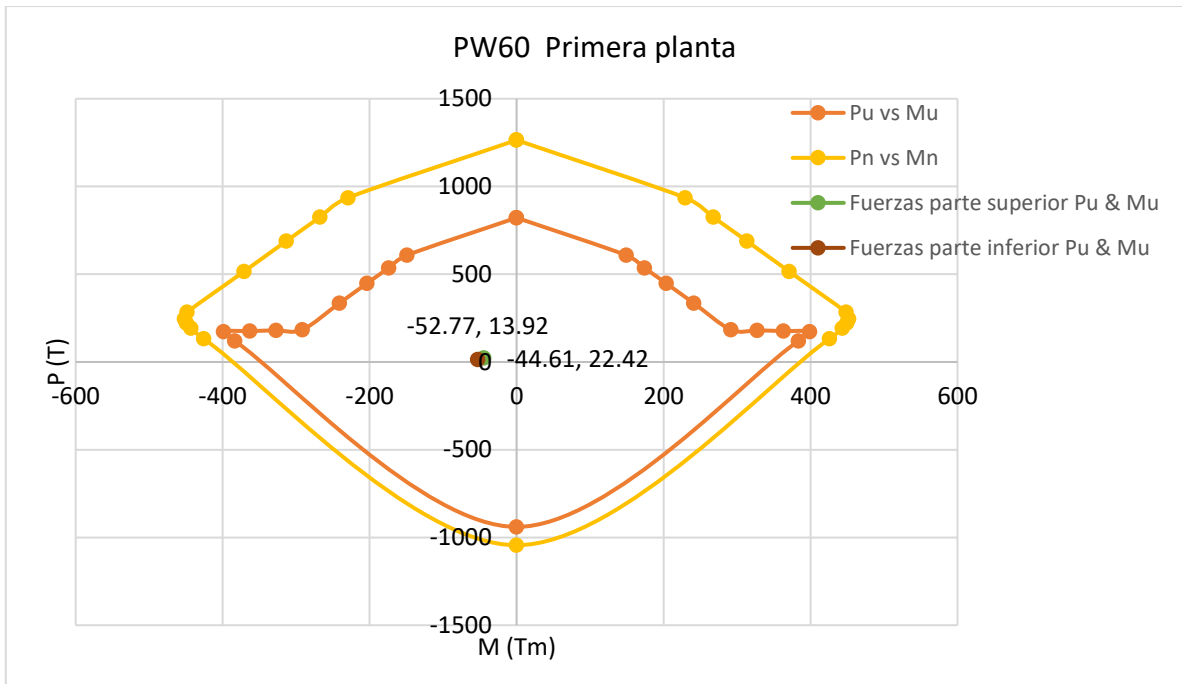
PW60 Primera planta - Ubicación y Captura de section designer



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 50

Diagrama de interacción PW60 Primera planta

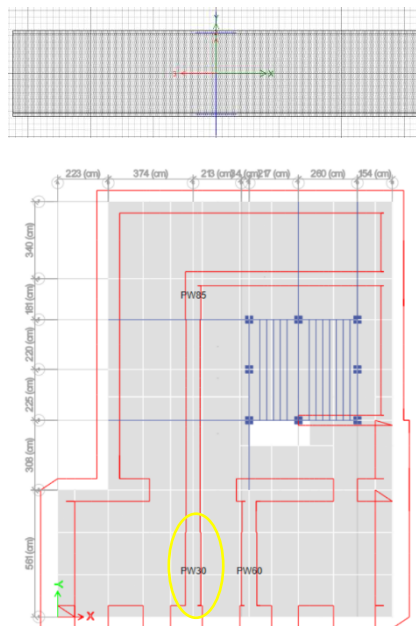


Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

- Diagrama de interacción PW30

Figura 51

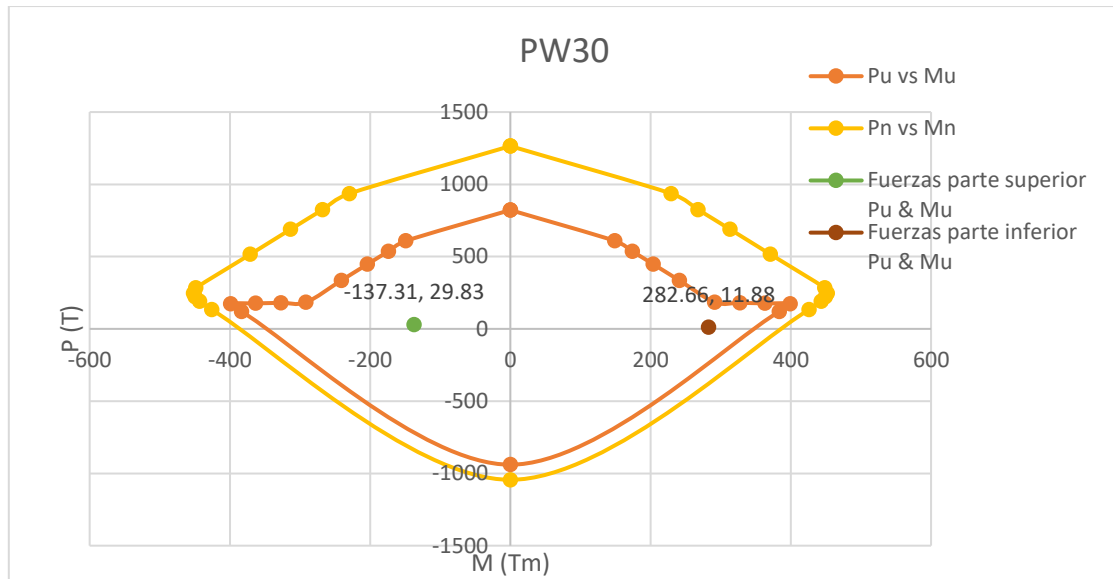
PW30 - Ubicación y Captura de section designer



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 52

Diagrama de interacción PW30

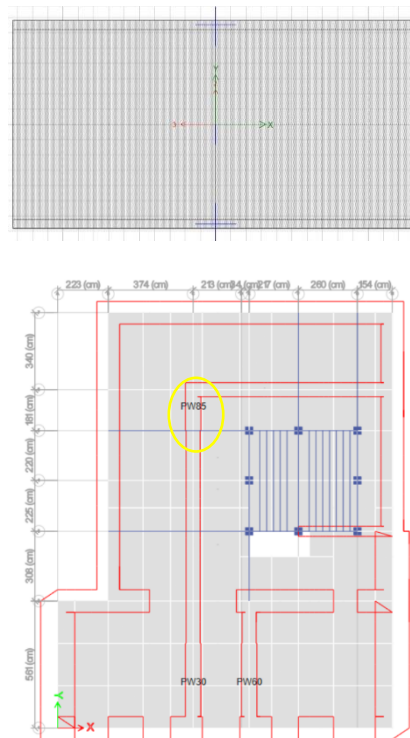


Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

- Diagrama de interacción PW85

Figura 53

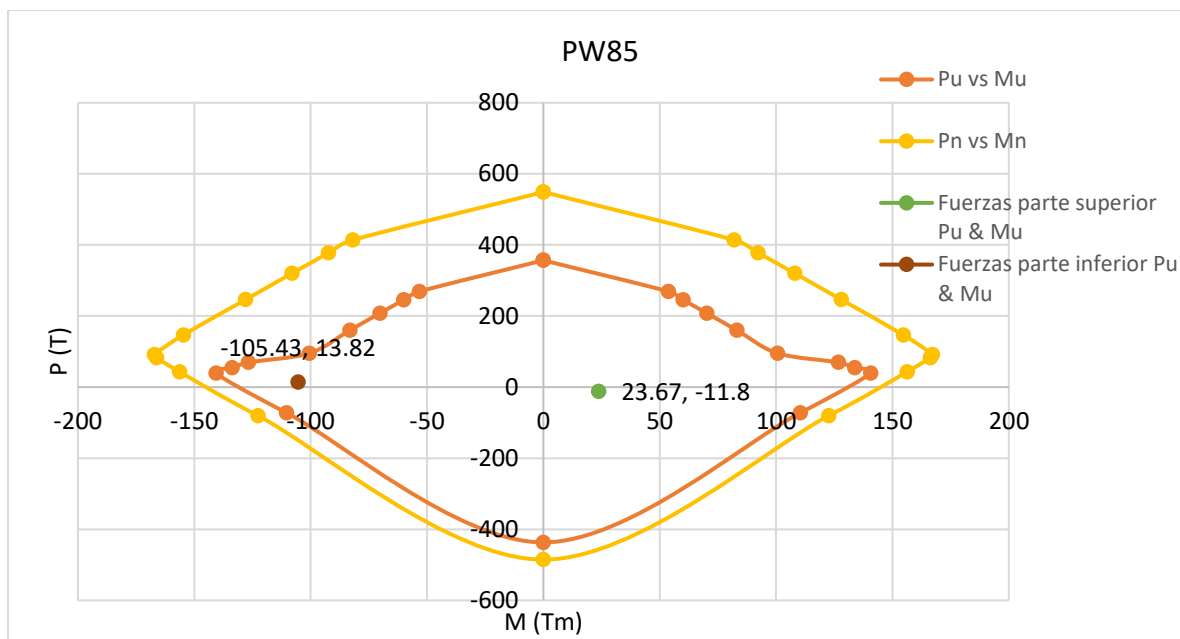
PW85 - Ubicación y captura de section designer



Fuente: Modelo matemático (2022)

Figura 54

Diagrama de interacción PW85



Nota. Diagrama de Carga vs Momento. Elaborado por: El autor.

Tabla 36

Solicitaciones a flexión y compresión en muros enchapados

Mampostería	Ubicación	Mu (Tm)	Pu (T)
PW60 PB	Parte superior	128,21	-11,21
	Parte inferior	277,95	1,69
PW60 Primera planta	Parte superior	-44,61	22,42
	Parte inferior	-52,77	13,92
PW30	Parte superior	-137,31	29,83
	Parte inferior	282,66	11,88
PW85	Parte superior	23,67	-11,8
	Parte inferior	-105,43	13,82

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

En la tabla anterior podemos observar cada una de las máximas solicitaciones a flexión y compresión de los distintos muros enchapados. Estos valores se encuentran dentro de la curva de interacción, lo que quiere decir que queda cubierta la demanda y el diseño del muro es aceptable.

7.2. Análisis del reforzamiento

Se debe tener en cuenta, que la rehabilitación no afecte en la dinámica de la estructura. Para ello, se comparan los períodos, antes de aplicar la rehabilitación y luego de aplicar la misma. Teniendo como resultado que el período disminuye al aplicar el refuerzo.

Tabla 37

Comparación de Períodos entre la estructura sin reforzar y enchapada

Modos	Período estructura en estado actual (s)	Período estructura enchapada (s)
Modo 1	0,15	0,153
Modo 2	0,106	0,096
Modo 3	0,097	0,094

Elaborado por: El autor a través del Modelo matemático.

7.3. Proceso constructivo

Se presenta un resumen de pasos para realizar el proceso constructivo del enchapado de mampostería, que se lo presenta a continuación:

- La superficie de la pared que se va a someter al proceso de rehabilitación, debe estar sin ningún tipo de material que no permita la adherencia del mortero con la malla electrosoldada y la mampostería, por ejemplo, se debe retirar cualquier tipo de capa de pintura.
- Se debe picar el enlucido de la pared de mampostería existente, esto para que se pueda tener una mayor adherencia del enchape.

- Al tener ausencia de columnas, se debe aplicar conectores que van de una cara de la pared a la otra. Estos conectores son varillas corrugadas de 10 mm de diámetro y se utiliza aditivo epóxico para instalarlas, además de placas que sirven de anclaje.
- La malla electrosoldada se juntará con los conectores mediante alambre galvanizado.
- Por último, se coloca el mortero hasta llegar a el espesor deseado, que en nuestro caso son 0,03 m. a cada lado de la mampostería existente.

7.4. Planos del reforzamiento

Los planos que detallan el reforzamiento, se encuentran en la sección de Anexos

7.5. Presupuesto referencial

El presupuesto presentado a continuación es referencial y se considera solamente los materiales a utilizar.

Tabla 38

Presupuesto referencial

Presupuesto referencial del enchapado de mampostería					
COD	Descripción	U	Cantidad	P. U.	P. Total
1	Hormigón simple f'c 18 MPa	m3	2,86	118,55	339,05
2	Malla electrosoldada 5,5mm @ 15cm	m2	27,94	4,31	120,42
3	Malla electrosoldada 6mm @ 15cm	m2	55,88	4,37	244,20
4	Malla electrosoldada 8mm @ 15cm	m2	5,73	7,84	44,92
5	Anclajes Ø10mm	kg	59,86	1,27	76,20
6	Epóxico	u	1	25	25,00
7	Alambre galvanizado #18	kg	2,48	2,15	5,33
8	Aditivo adhesivo de hormigón fresco a endurecido	m2	61,62	2,9	178,70
Total \$					1033,82

Nota. Los precios están acorde al mercado nacional. Elaborado por: El autor.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la evaluación de vulnerabilidad sísmica de la estructura de la Norma ASCE 41-17, Nivel 2, el proyecto en estudio tuvo que ser modelado en un software estructural. Teniendo en cuenta que tiene alto riesgo sísmico, por la zona en donde se encuentra.

Los períodos de la estructura aumentaron un 1% al realizar la rehabilitación mediante la modelación de la estructura. Así también se pudo obtener una mayor rigidez.

La torsión en planta cumple con lo establecido, siendo menor al 30%. Siendo el Modo 1 y Modo 2 Traslacional y el Modo 3 Torsional.

Las participaciones en masa cumplen, siendo mayor al 90% requerido.

En este tipo de estructura no se pudo ingresar la carga de sismo dinámica, puesto que para esto se necesita el valor del Coeficiente que depende del tipo de estructura (C_t), ya que, en normativas, no se encuentra clasificada, y la NEC Vivienda tampoco hace uso de este valor.

Las derivas de la estructura enchapada no superan el 1% establecido por Normativa.

RECOMENDACIONES

La rehabilitación o modificaciones que se realicen en estructuras civiles, deben estar a cargo de profesionales capacitados, evitando así más daño a la estructura y un desperdicio de recursos.

Al realizar el levantamiento de planos de estructuras, ser minucioso en cada medida y tomar en cuenta cada detalle de la estructura. Con esto se podrá obtener resultados mucho más cercanos a la realidad.

Realizar la mayor cantidad de ensayos posibles para poder tener datos más reales y con esto obtener resultados más concretos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCE 41-17. (2017). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. ASCE (41-17).

Washington, DC: American Society of Civil Engineers.

Angulo Arellano, L. G. y López Soria, C. E. (2008). *Reforzamiento de mampostería de ladrillo artesanal* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional].

Borja, L., & Torres, M. (2015). Diseño del Reforzamiento Estructural de un Edificio de Departamentos de 4 Plantas Ubicado en el Sector Quitumbe, Ciudad de Quito, Provincia de Pichincha. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Cadena Villavicencio, H. (2013). Vulnerabilidad y reforzamiento sísmico de estructuras antiguas de mampostería no confinada. Aplicación al caso de edificio colonial del colegio Liceo Fernández Madrid Quito.

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7487>

Chacón Sánchez, J. P. (2019). *Evaluación y reforzamiento del sistema resistente a carga lateral de muros del ex colegio Simón Bolívar* [Proyecto previo a la obtención del grado de Máster en estructuras, Escuela Politécnica Nacional].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20958>

Cortés Cortés, M. e Iglesias León, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Universidad Autónoma del Carmen.

Estrada Arana, K. P. y Vivanco Pesántez, N. A. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño del reforzamiento de una vivienda de tres pisos ubicada en el norte de Quito - Ecuador* [Tesis de grado, Escuela Politécnica

Nacional]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7487>

FEMA 547. (2006). Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings.

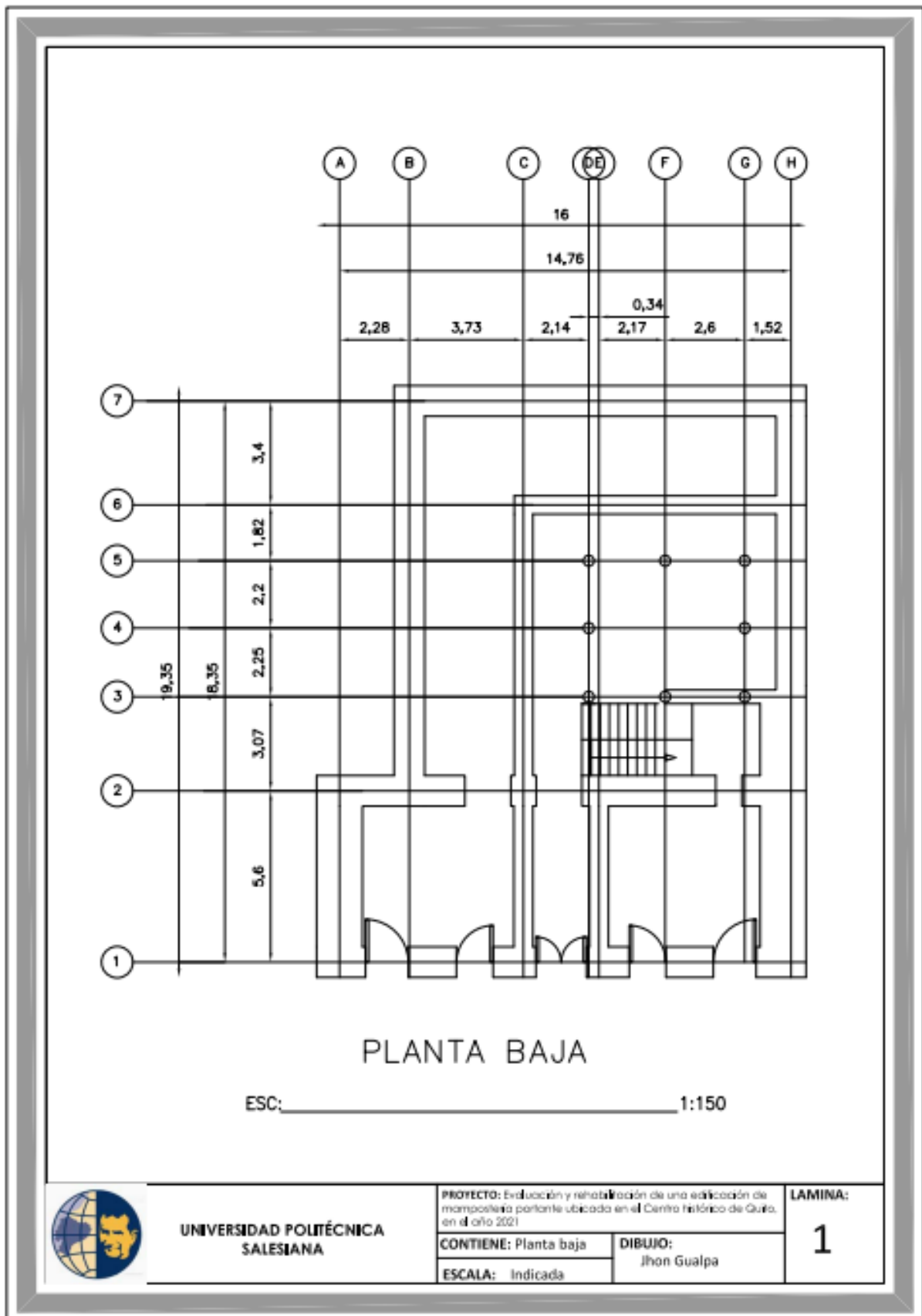
Washington, D.C: Federal Emergency Management Agency.

- FEMA P-2006. (2018). Example Application Guide for ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrojt of Existing Buildings. Washington, D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Garcés Paz, H. (2000). *Investigación Científica*. Abya-Ayala.
- Gómez Bastar, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. Red tercer milenio.
- MIDUVI-CAMICON. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15): Peligro Sísmico-Diseño Sismo Resistente. Quito.
- Naranjo Tovar, M. A., & Peñaherrera Calvopiña, A. C. (2018). *Diseño del reforzamiento estructural sismo resistente con enchapado de mampostería de una vivienda con asentamientos diferenciales*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional].
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19227>
- Pachano Alvarez, F. A. (2018). *Determinación de parámetros mecánicos para modelos no lineales de mampostería de relleno en pórticos de hormigón armado obtenidos de manera experimental* [Proyecto previo a la obtención del grado de Máster en estructuras, Escuela Politécnica Nacional]. <https://1library.co/document/q2nplvjq-determinacion-parametros-mecanicos-mamposteria-porticos-hormigon-obtenidos-experimental.html>
- Pérez Flores, J. D. (2013). Diseño del reforzamiento de las estructuras antiguas pertenecientes al bloque de aulas del Colegio Sebastián de Benalcázar.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6905/1/AC-C-ESPE-047274.pdf>
- Rivadeneira, F., Segovia , M., Alvarado , A., Egred , J., Troncoso , L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves Fundamentos sobre los Terremotos en el Ecuador* . Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

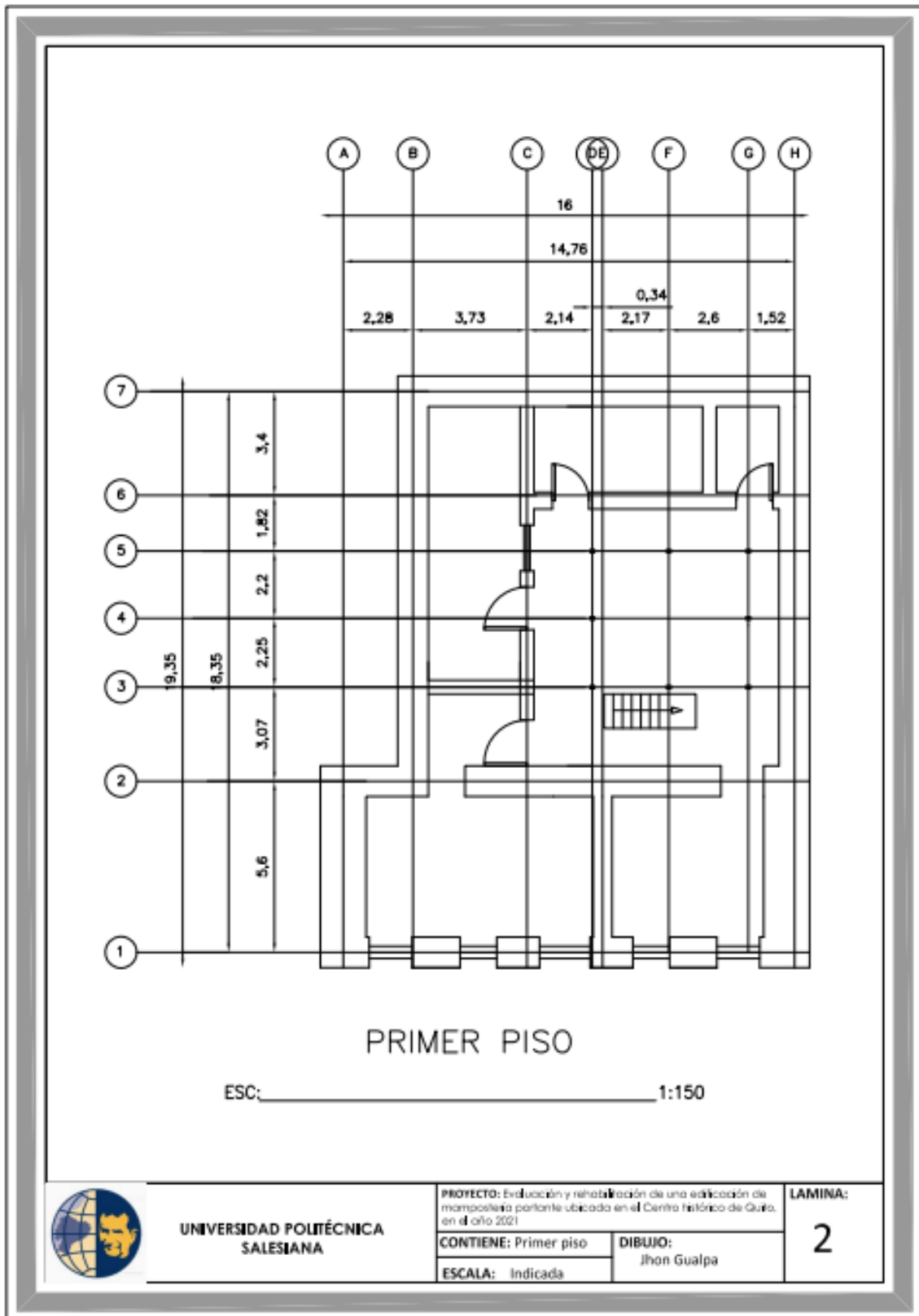
- Salvatierra, A., & Villavicencio, J. (2017). *Sistemas Constructivos Ventajas y Desventajas*. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Obtenido de <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/sistemas-constructivos-ecuador.html>
- San Bartolomé Ramos, A. (1994). *Construcciones de albañilería*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (2002). *Microzonificación Sísmica de los Suelos del Distrito Metropolitano de la 189 Ciudad de Quito*. Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador- FLACSO.
- Yépez Moya, F. (2001). *Ultimas avances en la evaluación del riesgo sísmico de Quito y futuros proyectos de mitigación*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=24693>

ANEXOS

Anexo 1 Vista en planta PB de la estructura en estado actual



Anexo 2 Vista en planta P1 de la estructura en estado actual



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA

PROYECTO: Evaluación y rehabilitación de una edificación de mampostería portante ubicada en el Centro histórico de Quito, en el año 2021

CONTIENE: Primer piso

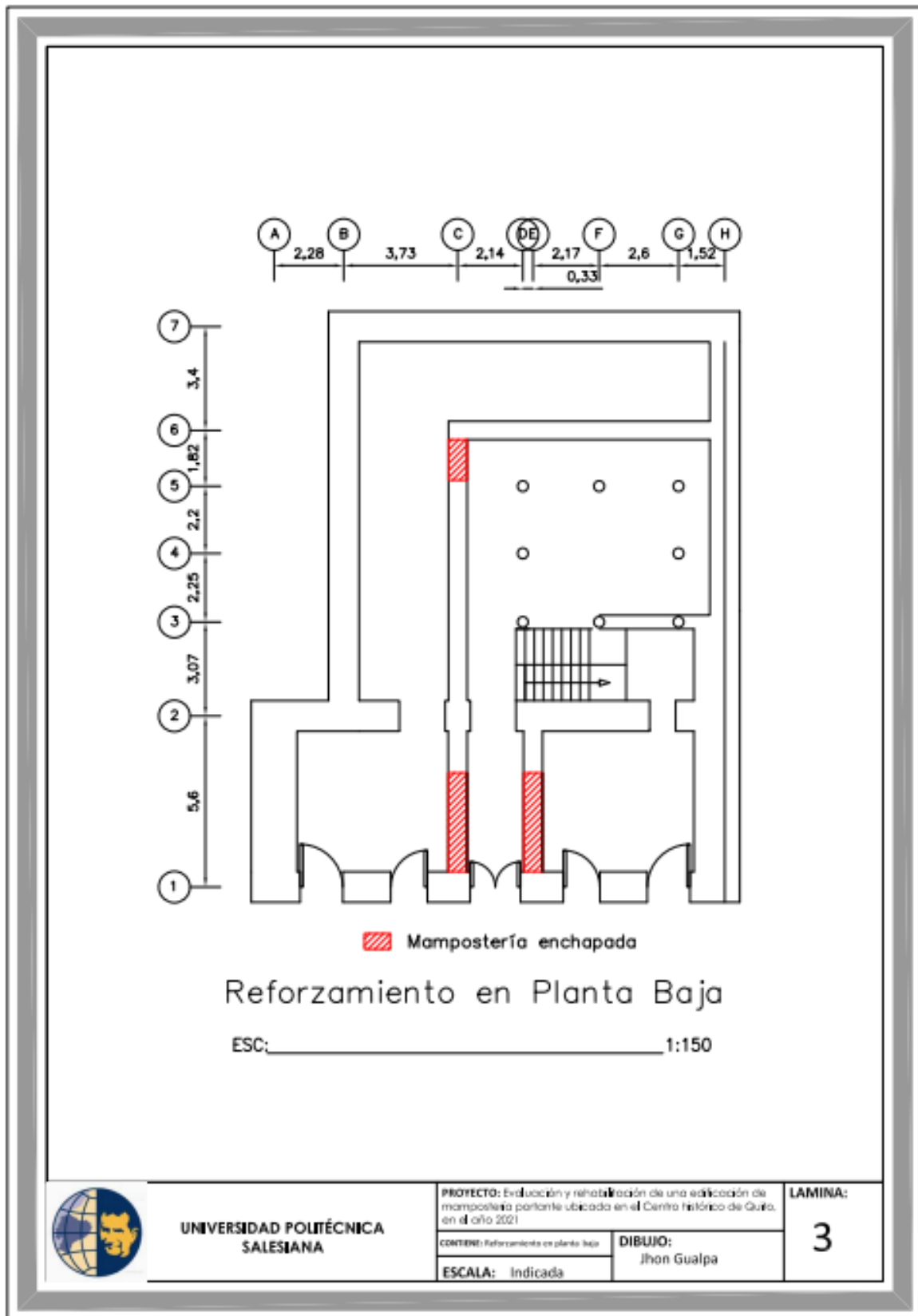
ESCALA: Indicada

DIBUJO:
Jhon Gualpa

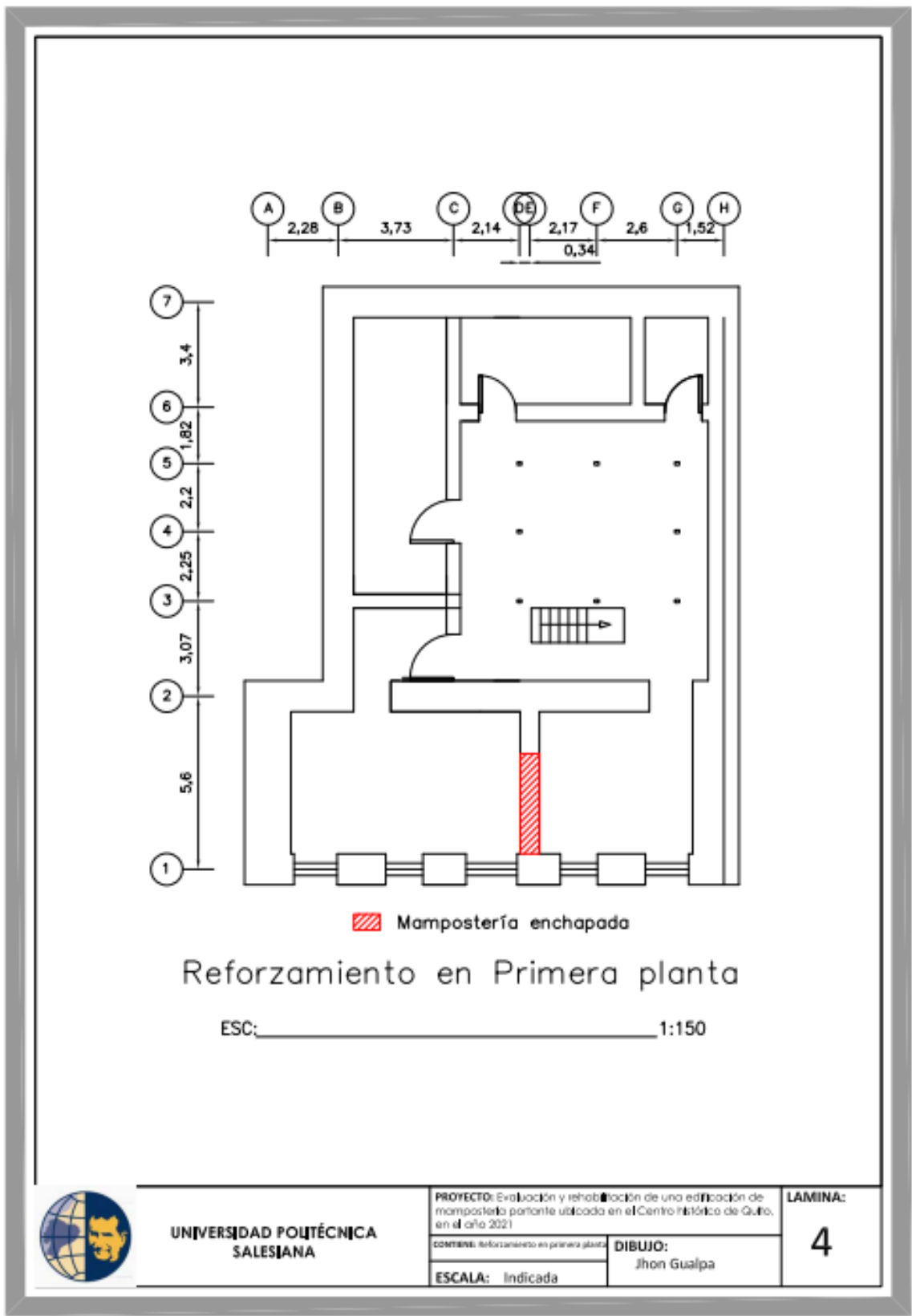
LAMINA:

2

Anexo 3 Vista en planta del reforzamiento en PB



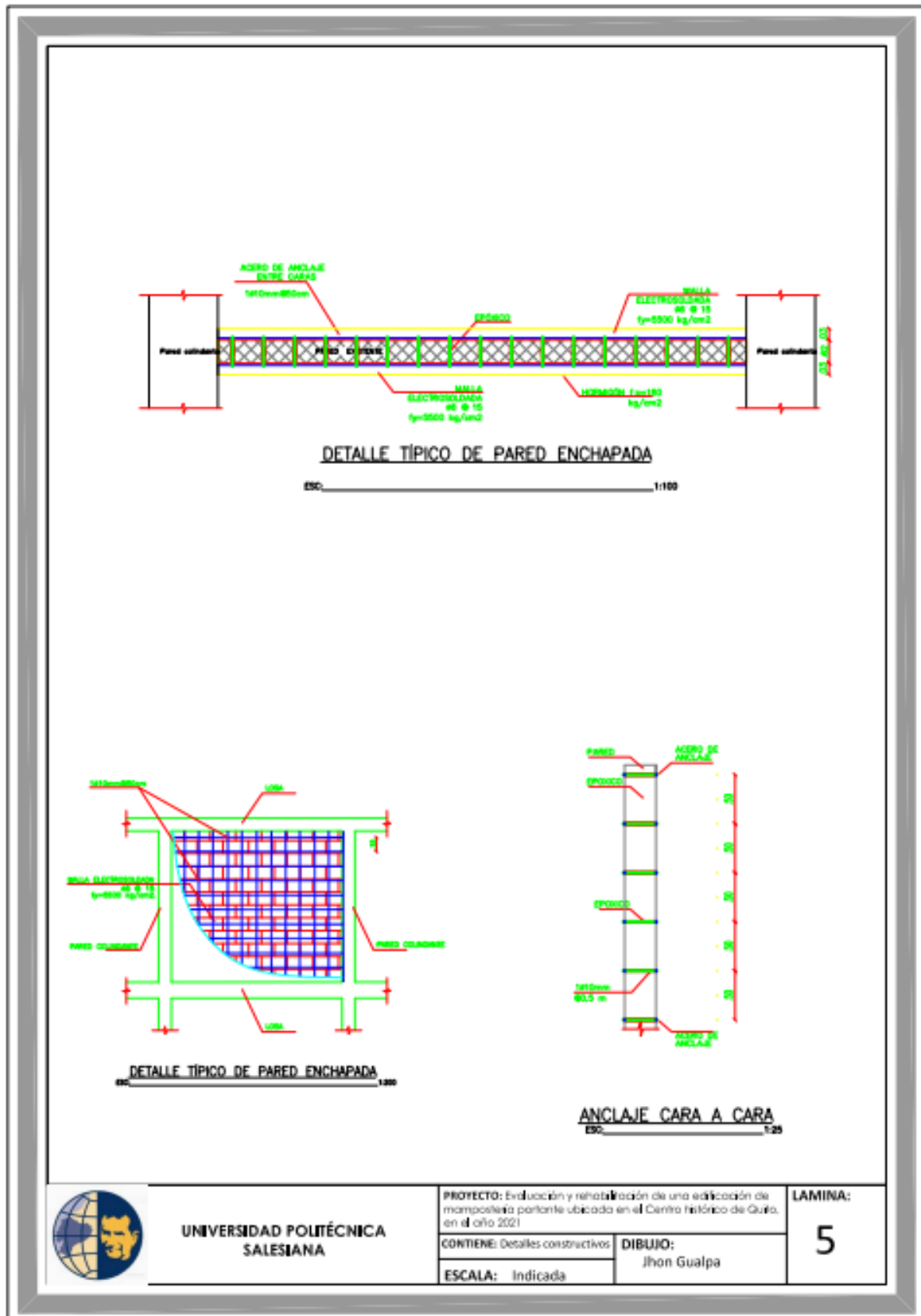
Anexo 4 Vista en planta del reforzamiento en P1



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROYECTO: Evaluación y rehabilitación de una edificación de mampostería portante ubicada en el Centro Histórico de Quito, en el año 2021		LAMINA: 4
CONTENIDO: Reforzamiento en primera planta	DIBUJO: Jhon Gualpa	
ESCALA: Indicada		

Anexo 5 Detalles constructivos



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROYECTO: Evaluación y rehabilitación de una edificación de mampostería portante ubicada en el Centro Histórico de Quito, en el año 2021

CONTIENE: Detalles constructivos

DIBUJO:
Jhon Gualpa

ESCALA: Indicada

LAMINA:

5