



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un
módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo,
Huánuco-2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Salazar Ambicho, Dennis Willy (ORCID: 0000-0003-2791-0672)

ASESOR:

Mg. Dolores Anaya, Dante (ORCID: 0000-0003-4433-8997)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

HUARAZ – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi madre y ángel de la guarda Zenaida, pilar fundamental en mi vida. Sin su amor incondicional y apoyo, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora he logrado. Su perseverancia y fortaleza de superación han sido el gran ejemplo a seguir.

A mi padre Manuel, por sus consejos, apoyo, paciencia, por incentivar en mí, ideales que me han permitido hoy cumplir un sueño más en mi formación profesional.

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a Dios, quien ha sido la luz que guía mis pasos y con su bendición ha permitido que logre este objetivo profesional.

A mis padres por haberme apoyado incondicionalmente y ser mi pilar fundamental, brindándome fortalezas pese a las diversas situaciones e inconvenientes que se presentaron.

Y finalmente quiero agradecer a todas las personas que colaboraron para la realización de este trabajo.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.1.1. Tipo de investigación	17
3.1.2. Diseño de investigación.....	17
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	18
3.3.1. Población.....	18
3.3.2. Muestra y muestreo	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos.	21
3.6.1. Análisis Estructural Cualitativo	21
Vulnerabilidad Sísmica a Nivel Global – Método de Benedetti y Petrini.....	21
Vulnerabilidad Sísmica a Nivel de Detalle Parcial – Método de Hirosawa .	28

3.6.2. Análisis Estructural Cuantitativo	39
Análisis Estático	39
Análisis Dinámico	40
3.7. Aspectos éticos.	42
IV. RESULTADOS.....	43
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS	61

Índice de tablas

Tabla 1: Parámetros según la Metodología Benedetti – Petrini, para edificaciones de adobe y albañilería	22
Tabla 2: Parámetros de Evaluación Sísmica - Método Benedetti-Petrini	23
Tabla 3: Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería de adobe.	24
Tabla 4: Diafragmas tipo, utilizado para el cálculo de coeficiente.	25
Tabla 5: Valores de los coeficientes α_i	30
Tabla 6: Valores de G_i y R_i	33
Tabla 7: Valores del índice T	35
Tabla 8: Clasificación de daños causados por un sismo	36
Tabla 9: Periodos T_c y T – Norma Japonesa	37
Tabla 10: Coeficiente espectral de diseño (R_t) – Norma Japonesa	38
Tabla 11: Comparativo Fuerza Sísmica entre la Norma E0.80 y E0.30	40
Tabla 12: Características De Materiales	40
Tabla 13: Cargas de Materiales	40
Tabla 14: Combinaciones de Carga	42
Tabla 15: Resultado de Vulnerabilidad Sísmica	44
Tabla 16: Diferencias de desplazamiento entre la estructura sin reforzamiento - con reforzamiento.....	48
Tabla 17: Diferencias de esfuerzos entre la estructura sin reforzamiento - con reforzamiento	49

Índice de figuras

Figura 1: Comportamiento Sísmico de la Catedral de Lima, Perú.....	10
Figura 2: Fallas más comunes en muros	12
Figura 3: Planificación de elaboración del proyecto	13
Figura 4: Procedimiento del desarrollo de esta investigación	20
Figura 5: Configuración en Planta – Método Benedetti - Petrini.....	26
Figura 6: Configuración en Elevación - – Método Benedetti - Petrini	27
Figura 7: Contracción en planta – Método de Hirosawa.....	34
Figura 8: Desplazamientos laterales para sismo X-X y Y-Y, según la Norma E0.80	45
Figura 9: Desplazamientos laterales para sismo X-X y Y-Y, según la Norma E0.30	45
Figura 10: Diagrama de esfuerzos máximos para sismo X-X y sismo Y-Y	46
Figura 11: Viga Collar: Criterios a tomar en cuenta en el proceso de ejecución. .	47
Figura 12: Comparación de Desplazamientos máximos - ENVOLVENTE, dirección X-X y Y-Y.....	48
Figura 13: Comparación de Esfuerzos máximos - ENVOLVENTE, dirección X-X y Y-Y	49

Resumen

La presente investigación pretende dar una solución al deterioro de la Casa Hacienda Quicacan, con el fin de preservar y conservar nuestros patrimonios históricos. Es por ello que se plantea, la “**Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco - 2021**”.

Para lo cual se propone como **objetivo general**, determinar en qué medida la evaluación daños contribuye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda. Utilizando una **metodología** aplicada, mediante un diseño no experimental transversal descriptivo, el cual comprende un análisis estructural cualitativo y cuantitativo.

Dando como **resultados** que la evaluación de daños influye de forma significativa a la propuesta de reforzamiento. Obteniendo una vulnerabilidad sísmica media, con un comportamiento inseguro ante un evento sísmico para el estado inicial de la edificación. **Concluyendo** que, al utilizar una metodología simplificada, mediante dos análisis, permite entender mejor el estado situacional y nivel de vulnerabilidad sísmica; evidenciando los puntos y elementos más vulnerables de la edificación. Finalmente, se evidencio una reducción entre un 25 a 45% en las deformaciones y esfuerzos con la propuesta de reforzamiento frente al estado inicial de la edificación.

Palabras clave: evaluación de daños, vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural.

Abstract

The present investigation tries to give a solution to the deterioration of the Casa Hacienda Quicacan, in order to preserve and conserve our historical patrimonies. That is why it is proposed, the "**Damage evaluation and proposal for structural reinforcement of a module of the Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco - 2021**".

For which it is proposed as a **general objective**, determine to what extent the damage assessment contributes to the proposal for structural reinforcement of a module of the Casa Hacienda. Using an applied **methodology**, through a descriptive cross-sectional non-experimental design, which comprises a qualitative and quantitative structural analysis.

Giving as **results** that the damage evaluation significantly influences the reinforcement proposal. Obtaining a medium seismic vulnerability, with an unsafe behavior before a seismic event for the initial state of the building. **Concluding** that, by using a simplified methodology, through two analyzes, it allows a better understanding of the situational state and level of seismic vulnerability; highlighting the most vulnerable points and elements of the building. Finally; It was evidenced, a reduction between 25 to 45% in deformations and efforts with the proposal of reinforcement compared to the initial state of the building.

Keywords: damage evaluation, seismic vulnerability and structural reinforcement.

I. INTRODUCCIÓN

Un desafío muy peculiar para la ingeniería son las edificaciones históricas. Mientras que, el proceso de evaluación y reforzamiento es algo más definido para las edificaciones modernas, en cambio, en las edificaciones históricas gran porcentaje de estos procedimientos todavía están en su etapa de investigación y su condición de patrimonio restringe su intervención con métodos habituales. En muchos casos el deterioro que afrontan las edificaciones históricas en el Perú, ha hecho que estos sean más vulnerables ante un sismo. Considerando que gran parte del país es altamente sísmico, ya que nuestro territorio es parte del Círculo de Fuego del Océano Pacífico. Si bien la región de Huánuco se encuentra en una zona con sensibilidad sísmica entre intermedia a baja, a pesar de esto, muchos de sus inmuebles históricos han sufrido daños significativos durante episodios sísmicos.

En los últimos años, pese a contar leyes de interés nacional de bienes prehispánicos e históricos según (Comision de Cultura y Patrimonio Cultural, 2021), ha sido poco evidente la preocupación del Ministerio de Cultura por parte de la Dirección Desconcentrada de Cultura de Huánuco, respecto a la problemática que afronta el deterioro de los monumentos históricos, y su vulnerabilidad sísmica de sus estructuras. Por lo que poco o nada se ha hecho por preservar estas edificaciones, trayendo como consecuencia que estos inmuebles sean más vulnerables, conjuntamente con una limitada prestación de servicios culturales.

Es propicio mencionar que la brecha cultural en proyectos de inversión deja mucho que desear. Con todos los problemas y retos que enfrenta este año del Bicentenario. Sin embargo, debemos recordar que, en el 2017, el sector de turismo ha conseguido colocarse como el tercer mayor productor de divisas en el país significando el 3.9% del PBI, y generando más de un millón de puestos de trabajos según el reporte del World, Travel & Tourism Council (WTTC) y Oxford Economics. Por lo cual no debe ser ajena tomar interés a los proyectos culturales de puesta en valor, los cuales proyecten una identidad regional que integre la importancia de la conservación de nuestros patrimonios culturales.

Así mismo, a pesar que no se ha priorizado la ejecución de proyectos de inversión culturales dentro de la Municipalidad Provincial de Ambo, ya sea por las limitadas

capacidades en el tema u insuficientes recursos financieros. Esta problemática ha hecho que la Municipalidad Provincial de Ambo, solicite el apoyo de la Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo – DIRCETUR del Gobierno Regional de Huánuco, para la realización de un proyecto de inversión con el fin de preservar un monumento histórico el cual refleje la importancia del patrimonio cultural como lo es la Casa Hacienda de Quicacan, declarado como Monumento Integrante del Patrimonio Cultural de la Nación, según la Resolución Directoral Nacional N° 227/INC de fecha 19 de marzo del 2004. En el pasado la Casa Hacienda tuvo una participación histórica e importante a lo largo de la formación económica, social y administrativa dentro de la región de Huánuco, ya que era la una de las haciendas más influyentes del territorio de Huánuco; por otra parte, fue importante en la Época Colonial, Republicana y en la Gran Reforma Agraria en los años 70. Además, en sus inicios funcionó como convento franciscano, presenta características de una arquitectura colonial, además tiene un gran patio rodeado de arcos, una capilla con su campanario y catacumbas.

Frente a la problemática presentada se define el **problema general**, ¿En qué medida la evaluación de daños influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo, Huánuco?; como también se plantean cuatro **problemas específicos, primero**: ¿En qué medida un análisis estructural cualitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo, Huánuco?, **segundo**: ¿En qué medida un análisis estructural cuantitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo, Huánuco?; **tercero**: ¿En qué medida la selección de refuerzo estructural influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo, Huánuco?; **cuarto**: ¿En qué medida la propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco?

La investigación presenta una **justificación académica** ya que desde un enfoque teórico brindará un mayor conocimiento respecto a la metodología para la realización de una propuesta de reforzamientos estructurales en edificaciones

históricos, apoyados de una evaluación de daños estructurales. Así mismo, desde un enfoque práctico nos ayudará a entender cómo se relacionan la evaluación de daños y la propuesta de reforzamiento estructural. Además, muestra una **justificación social**, ya que se busca aportar en mejorar y/o contribuir el servicio socio cultural, a través de la preservación y conservación del patrimonio cultural tratando de salvaguardar la pérdida identidad cultural regional. Por otra parte, presenta una **justificación económica**, ya que el reforzamiento estructural permitirá la puesta en valor de la casa Hacienda Quicacán, generando un incremento en el flujo turístico y un ingreso económico directo e indirecto.

La tesis propone como **objetivo general**: Determinar en qué medida la evaluación daños influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; como también se tiene cuatro **objetivos específicos**, **primero**: Determinar en qué medida un análisis estructural cualitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; **segundo**: Determinar en qué medida un análisis estructural cuantitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; **tercero**: Determinar en qué medida la selección de refuerzo estructural influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; **cuarto**: Determinar en qué medida la propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán.

Al respecto, es pertinente indicar que se cuenta con la **hipótesis general**: la evaluación daños influye significativamente en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; también se plantean cuatro **hipótesis específicas**, **primero**: un análisis estructural cualitativo influye significativamente en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, **segundo**: un análisis estructural cuantitativo influye significativamente en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; **tercero**: la selección de refuerzo estructural influye significativamente en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán; **cuarto**: La propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán.

II. MARCO TEÓRICO

Según los **antecedentes internacionales** tenemos: (Delgado Caizaguano, 2019) en su tesis “Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales” Universidad Nacional de Chimborazo - UNACH, Ecuador. Esta investigación tuvo como **objetivo** general, aplicar técnicas existentes de reforzamiento en la rehabilitación de una edificación patrimonial, utilizando una **metodología** tipo aplicada mediante la realización de un levantamiento de fallas de muros y de componentes de madera, con un estudio de investigación a nivel descriptivo mediante un diagnóstico de los elementos estructurales determinando el tipo de materiales y patologías para sugerir una técnica de reforzamiento que mantenga la compatibilidad de materiales, seguidamente se desarrolló un modelo para el estado inicial y otro modelamiento en donde se muestra otras técnicas de reforzamiento como: mallas electro soldadas como refuerzo de muros, utilización de placa de concreto en el entrepiso, y la restauración de la cubierta. Teniendo como **resultados** que, ambos modelos de la edificación, permitió determinar el periodo fundamental, logrando el control de torsión en planta y revisar los esfuerzos; obteniendo para en la edificación inicial un espectro de aceleración (S_a) de 0.759 y una cortante basal de 0.759, y para la edificación reforzada un S_a de 1.1904 y un cortante basal de 0.3968. Posteriormente del modelo reforzado se realizó chequeos dentro de los muros y en secciones de madera. Finalmente, **concluye** que bajo un análisis sísmico las técnicas aplicadas de reforzamiento corrigieron el estado de la edificación.

(Pico Rodriguez, y otros, 2018) señalan su tesis titulada “Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C.” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Esta investigación sostuvo como **objetivo** general comparar los beneficios de las tipologías de reforzamiento estructural, identificando los diversos sistemas constructivos empleados en edificaciones patrimoniales, de manera que se revise el estado del arte de los patrimonios culturales en Bogotá, empleando una **metodología** aplicada con enfoque cuantitativo y retrospectivo, pues la investigación es de tipo descriptivo, dado que se ha basado en experiencias, donde se consiguió distinguir en patrimonios, las técnicas más usadas de reforzamiento

en estructuras. Teniendo como **resultado** lograr sintetizar las más importantes técnicas de reforzamiento en edificaciones de tierra, las cuales son: el reforzamiento con madera, el reforzamiento con revestimiento de muros, reforzamiento con vigas de coronación y dispositivos metálicos. **Concluyen** que los ensayos de laboratorio permiten conocer el real comportamiento de las estructuras y así comprobar la eficiencia y funcionalidad de los métodos de reforzamiento mediante modelos a escala, puesto que los ensayos verifican los sistemas de reforzamiento estructural, para luego ser aplicados. A pesar de esto, se requiere disponer con recursos económicos para realizar estos ensayos, limitando así la investigación de nuevas metodologías de reforzamiento. Además, destaca que, al utilizar los diversos métodos de reforzamiento, se concretiza la finalidad de mejorar el comportamiento sísmico estructural. Así mismo, sostienen que se deben tener información de propiedades y características de los materiales de los componentes estructurales, previo a cualquier intervención de un edificio patrimonial, especialmente en construcciones de tierra, ya que estos materiales presentan características heterogéneas.

(Chacón Sánchez, y otros, 2021) en su investigación titulada: “Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta”, Ecuador. tuvo como **objetivo** general proponer una metodología simplificada, la cual se complementa con otras existentes, realizando un análisis con elementos finitos, empleando el programa SAP2000 v.15, y utilizando normativas de países latinoamericanos con alguna de experiencia en edificaciones patrimoniales de tierra, países como Colombia, Chile, Perú y México; empleando una **metodología** aplicada, mediante un diseño no experimental enfocado en la aplicación de un análisis lineal estático y pseudo dinámico (análisis modal espectral), para poder identificar dentro de la estructura las zonas más vulnerables, con el fin de proyectar una alternativa viable de reforzamiento. Obteniendo como **resultados** que, las técnicas de reforzamiento aplicables en estructuras de adobe, las cuales se centran en reducir los desplazamientos y los esfuerzos cortantes en los muros estructurales. Finalmente, **concluye** en seguir una metodología desde una perspectiva general de la estructura y local de los elementos para mejorar el deterioro estructural existente, cumpliendo a nivel de modelo con la filosofía de

diseño sismo resistente; proponiendo usar como factor de reducción de respuesta sísmica ($R=1.00$) al ser un sistema de tierra, suponiendo su poca ductilidad.

Según los **antecedentes nacionales** tenemos: (Condor Reyes, y otros, 2019), en su tesis titulada “Reforzamiento Estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación cultural hotel comercio “El Cordano” – Patrimonio Cultural Lima –Perú”, tuvo como **objetivo** general, indicar si la aplicación de la geomalla biaxial como técnica de reforzamiento estructural de muros de adobe influye en el comportamiento estructural de la edificación, empleando una **metodología** tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, mediante un diseño no experimental/descriptivo, puesto que, para la evaluación y análisis estructural del reforzamiento mediante la utilización de la geomalla biaxial en muros de adobe, se explica hechos reales por medio del modelamiento estructural con apoyo del software ETABS versión 2017, considerando la Norma E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada”. Logrando **resultados** numéricos con reducción de valores de desplazamientos, esfuerzos de corte y de tracción en los muros estructurales de adobe; obteniendo en el modelamiento sin reforzamiento obtenemos que el esfuerzo al corte es de 3.32kg/cm^2 en sismo X-X y 3.23kg/cm^2 en sismo Y-Y, comparados con el modelamiento con reforzamiento con geomalla biaxial se obtiene el esfuerzo a corte es de 0.36kg/cm^2 respecto al sismo X-X y 0.38kg/cm^2 en sismo Y-Y. Finalmente, **concluye** que, según los datos obtenidos de su modelamiento, recomienda usar la geomalla biaxial para las edificaciones con muros de adobe y quincha, debido a que brinda a la edificación un mejor comportamiento ante un sismo intermedio.

(Escobar Chauca, y otros, 2021), en su tesis titulada “Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020”. Su **objetivo** general fue realizar la propuesta técnica de reforzamiento estructural para corregir los esfuerzos y deformaciones de la casona colonial, utilizando una **metodología** aplicada con un enfoque cuantitativo, mediante un diseño experimental/descriptivo; empleando un método probabilístico y determinístico, capaz de brindar una mayor rigidez y resistencia a la casona colonial ante cargas de servicio y sísmicas, puesto que son superiores, a las establecidas por las Normas E.030 (diseño sismorresistente) y

E0.80 (diseño de tierra reforzada). Obteniendo como **resultado** una propuesta técnica de reforzamiento estructural no invasivas, de fácil desmontaje, que controlen los esfuerzos y deformaciones en los muros estructurales de adobe; en consecuencia, aplica un sistema de reforzamiento estructural mediante tensores de acero, en conjunto con la viga collar. Además, se realizó ensayos uniaxiales de 3 cubos de $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$, para conocer las propiedades de los materiales de la casona, estos han arrojado un valor promedio de 8.47 kg/cm^2 , obteniendo un módulo de elasticidad: 1172.68 kg/cm^2 y módulo de poisson: 0.20 kg/cm^2 . Finalmente, se **concluye** que, del análisis comparativo de los esfuerzo y deformaciones, del estado actual frente a la técnica de reforzamiento se verifico una reducción en las deformaciones, no alterando significativamente la rigidez de los muros de adobe y hay una mejor redistribución de los máximos esfuerzos.

(Casimiro Gómez, 2016) en su tesis titulada: “Restauración arquitectónico de la casa hacienda Quicacán para su revaluación como patrimonio histórico-turístico, paisajístico y puesta en uso sostenible, microcuenca del Distrito de Conchamarca, Departamento de Huánuco 2015 – 2025”, sostuvo como **objetivo** realizar mediante un estudio descriptivo y analítico, la propuesta de un proyecto de restauración arquitectónica de la casa Hacienda Quicacan, para la puesta en valor como patrimonio cultural, histórico, paisajístico, turístico, para lo cual mediante el registro de datos se procedió a evaluar de las diversas características relevantes como arquitectónicas, turísticas, sociales, e históricas; empleando una **metodología** de restauración y revaloración, bajo un enfoque cualitativo; con una investigación aplicada - no experimental, mediante un nivel descriptivo – analítico, considerando procedimientos sistemáticos de registro y levantamiento de datos, consiguiendo así la información relevante que permita proponer un proyecto de intervención que disminuya los deterioros de la edificación. Finalmente, **concluye** en presentar un proyecto de restauración, que muestre el valor histórico Casa Hacienda, y su desarrollo a lo largo de la historia cultural de la Región de Huánuco.

BASES TEÓRICAS

El Adobe son bloques de mampostería formado por tierra, y unidos por un mortero o aglutinante, es una forma bastante antigua de construcción, constituyendo una técnica vista en la conformación de muros en muchos monumentos históricos. En cuanto a sus propiedades mecánicas del adobe, estos pueden variar según el tipo de suelo con que se fabricó; su composición ha variado a lo largo del tiempo, por ejemplo, se aumentó paja, estiércol u otro aglutinante orgánico, el cual tiene la función de reducir la contracción del material e incrementar su resistencia a la intemperie. Por lo cual, su resistencia a compresión es de 10 a 15 kg/cm² y su resistencia a la tracción es de 0.25 a 1 kg/cm². (Bonetti Diaz, 2003).

Incluso los Incas utilizaban los adobes, es así que se han encontrado adobes con longitudes de 45 cm a 1.10 m, con anchos de 10 a 29 cm y alturas de 6 a 12 cm. En la época Colonial, varia la composición del adobe, adicionando estiércol de ganado, paja y se reduce la proporción de grava. Así mismo, sus medidas varían, con longitudes de 45 a 61 cm, con anchos de 19 a 30 cm y alturas entre 10 a 16 cm. En cuando a la resistencia de compresión que se podría considerar las muestras sacadas de la Iglesia de San Jerónimo del Cusco, cuyos valores fueron de 10.98kg/cm² a 14.87Kg/cm². (Samanez Argumedo, 1983). Así mismo, (Catalán Quiroz, y otros, 2019) de menciona que, en los ensayos realizados, se obtuvo como un esfuerzo cortante (V_m) promedio de 0.11 MPa = 1.122 kgf/cm².

Los Patrimonios históricos, son elementos importantes que muestran la historia intangible de un territorio, constituyendo memorias de la identidad de una sociedad, que sobreviven frente al crecimiento urbano moderno. (Ramos, y otros, 2005).

Su importancia como símbolo característico de cultura, genera un potencial, convirtiéndose para los visitantes en un gran atractivo turístico, y generando un nuevo punto de concentración para la economía y el mercado turístico. Estos bienes inmuebles patrimoniales dependiendo de su ubicación, están conformadas por distintos materiales, distinta estructuración acorde a la forma de edificación y configuración arquitectónica. Esto hace que todas estas estructuras tengan sus peculiaridades ya que frente a las cargas dinámicas u eventos sísmicos. Estas individualmente reaccionan de forma diferente. (Flores Salazar, y otros, 2019)

Por otra parte, aproximadamente el 10 % del Patrimonio Mundial de la Unesco son construcciones de tierra. Esto indica la vulnerabilidad de este tipo de construcciones, constituyendo que el 60 % está considerado en peligro de destrucción o ruina. (Solís, y otros, 2015)

Es así que, en el Perú, el (Ministerio de Cultura, 2007) en su Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación N° 28296 y su reglamento, menciona en protección de bienes inmuebles, que el Instituto Nacional de Cultura es el encargado según sus ámbitos de responsabilidades, cuidar el Patrimonio Cultural de la Nación.

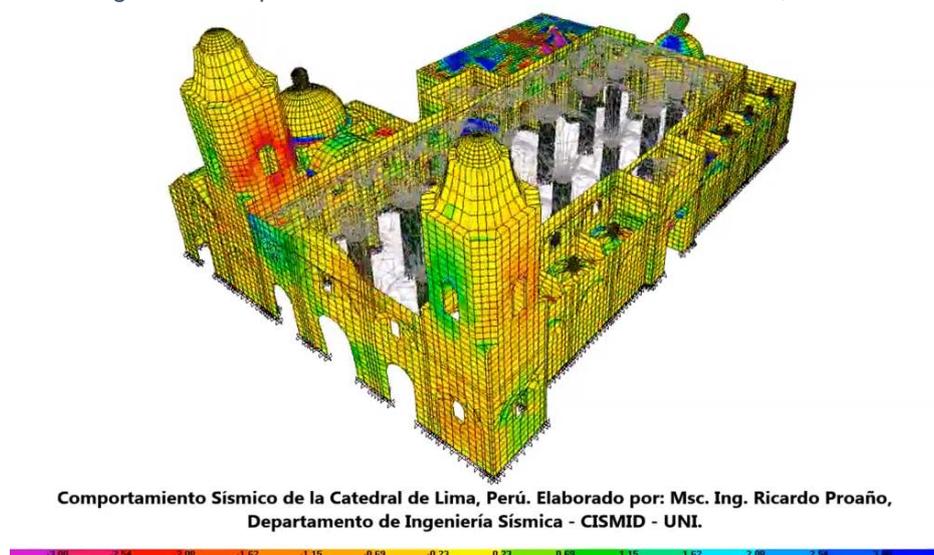
La Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones, por resistencia podría ser deducido según el nivel de daños analizado de la estructura, en relación del peligro sísmico, establecido por diversos grados de intensidad. (Alonso G., 2014). En cuanto a las edificaciones construidas en adobe, podemos decir que, las construcciones en tierra (adobe o tapial) poseen características constructivas que hacen que sean más vulnerables en caso de sismos. (Kuroiwa Horiuchi, 2005). Además, considerando la antigüedad y el deterioro de estas edificaciones es determinante para su vulnerabilidad en cuanto a su comportamiento estructural sísmico. La vulnerabilidad expresa la relación del deterioro que puede padecer una estructura de forma continua, el cual relaciona un índice de vulnerabilidad con un índice de daño a partir de datos observados. (Maldonado Rondon, y otros, 2009).

El estudio del comportamiento sísmico de edificios históricos de adobe, nos remonta a las primeras normas y reglamentos de diseño, las cuales aparecen a mediados del siglo XX; en aquel tiempo, los sistemas constructivos de tierra se desarrollaban basados en conocimientos empíricos, por lo que usualmente consideraban construir robustos muros de mampostería de adobe, de manera que esto muros resistan esfuerzos gravitacionales (carga muerta) y de servicio (carga viva) estabilizando la edificación. No obstante, estas construcciones no consideraban los efectos sísmicos. (Rivera Torres, y otros, 2005). Así mismo, a lo largo de tiempo se han elaborado muchos criterios para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes históricas. Para estructuras de mampostería, generalmente ha sido realizado mediante una evaluación visual conjuntamente con un análisis lineal tridimensional del edificio. Siendo el más fiable, el método del

espectro de capacidad, ya que utiliza tanto las propiedades mecánicas del suelo como las propiedades dinámicas de la estructura. (Sánchez Cárdenaz, 2013)

Muchos de los procesos de evaluación estructural han sido desarrollado con apoyo de modelos matemáticos bajo parámetros del comportamiento elástico, y considerando el comportamiento no lineal; aunque, hasta el momento para este tipo de edificaciones, no puede ser aplicada una técnica que extensivamente, por lo que la evaluación es de forma individual y al detalle.

Figura 1: Comportamiento Sísmico de la Catedral de Lima, Perú.



Fuente: Elaborado por Msc. Ing. Ricardo Proaño - Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería – 2004

Por ejemplo, para el caso de la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Catedral de Lima, el modelamiento y análisis ha dotado de información, ayudando a identificar las zonas más vulnerables en el edificio y para interpretar el daño existente. El análisis sísmico se basó en un espectro de pseudos aceleraciones del código sísmico del Perú. (Proaño, y otros, 2007)

Dentro de las Consideraciones técnicas para una Intervención Estructural en una obra patrimonial de tierra, se tener en cuenta que, para la reparación de un edificio en particular, la solución constructiva a intervenir, debe cuidar que la arquitectura original no se afecte ni altere significativamente. (De la Torre Rangel, y otros, 2004)

A consecuencia de la desconfianza intervenir utilizando técnicas que podrían generar efectos perjudiciales sobre el valor cultural de las edificaciones históricas, ha traído como resultado un creciente interés en el desarrollo de metodologías

sustentables para la protección sísmica de las construcciones históricas, considerando la utilización de la Tecnología Mixta Reversible, RMT (Reversible Mixed Technologies).

(RNE - Norma E.080, 2017) menciona que, para las intervenciones de restauración, recuperación, rehabilitación, protección, reforzamiento y/o mejoramiento de bienes inmuebles integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación construidos con tierra, deben incluirse en un Plan de Intervención, donde se propone adecuadas técnicas, siguiendo algunas de las consideraciones las siguientes: mantengan en lo posibles las técnicas y los materiales originales más relevantes, destacando su valor científico e histórico; limitar la intervención al mínimo necesario, a fin de conservar la autenticidad cultural original; utilizar refuerzos que no perjudiquen el material original, que sean compatibles y reversibles,; conservar toda documentación técnica sobre las intervenciones, a fin de facilitar el acceso a una información más detallada respecto a anteriores intervenciones realizadas.

Las Técnicas de Reforzamiento Sísmico de muros de Adobe, permiten incrementar la resistencia sísmica, aumentando su capacidad de deformación y rigidez de las edificaciones superando su comportamiento sísmico. Seguidamente se procederá a describir algunos de los reforzamientos en construcciones de adobe líneas arriba mencionadas. Así mismo, revisado los criterios de reparación de viviendas de adobe, publicada por él (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, 2014). Es pertinente considerar aplicar el reforzamiento de viga collar y reforzamiento de geomalla en muros.

Reforzamiento con Viga collar utilizando madera y barro; es aquel elemento que actúa como un cinturón permitiendo amarrar todas las paredes para una mejor distribución de esfuerzos y desplazamientos, de manera que los muros durante un sismo trabajen juntos, distribuyéndose las cargas del techo uniformemente hacia los muros, de forma similar a un diagrama rígido. Esta forma de reforzamiento es adecuada para construcciones existentes. Es así que, en investigaciones efectuadas con pruebas dinámicas en un modelo de adobe con viga collar a escala 1/6, se pudo comprobar que con aceleraciones pico hasta 0.6g el modelo no sufrió daño alguno, los daños fueron incrementando simultáneamente con las

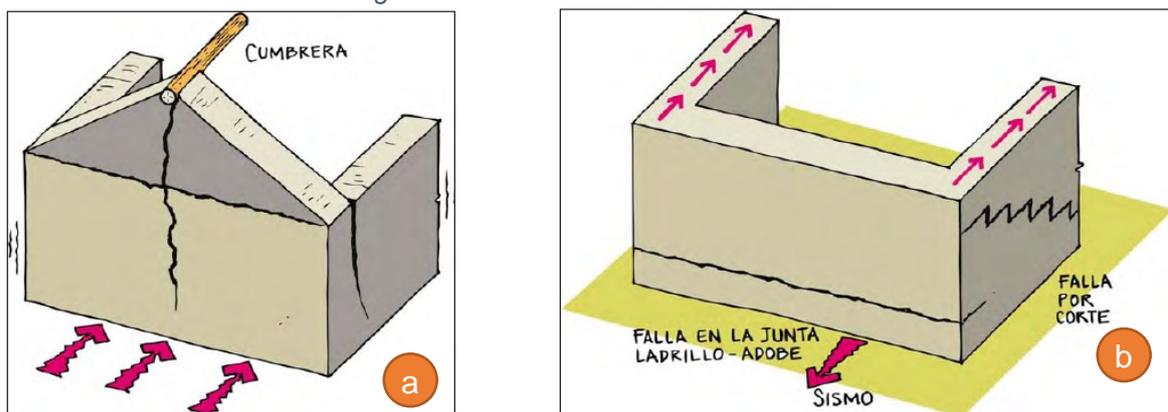
aceleraciones pico hasta 1.0 g. Sin embargo, los muros no colapsaron y el techo se mantuvo en su sitio. (Kuroiwa Horiuchi, 2019)

Reforzamiento con Geomalla en edificaciones de adobe; según (Torres Giles, 2018), en su análisis de diversas experiencias de intervención en proyectos de conservación y recuperación de patrimonios de tierra, presentando diversos criterios para enfrentar la conservación, como la aplicación refuerzo con geomalla, estas al estar constituidas por polímeros su durabilidad es muy alta y no presenta degradaciones en contacto con las arcillas de los adobes o revoque. Por lo que se considera altamente compatible con el material de origen.

Los resultados indicaron que las paredes reforzadas con geomalla y enlucido con barro aumentaron su resistencia inicial de 40% a 150% con respecto a la pared lisa. Se evidenció un aumento de energía absorbida y disipada con alta capacidad de desplazamiento horizontal. (Torrealva, 2012)

Es preciso mencionar que las edificaciones de adobe y tapial presentan fallas en muros, usualmente debido a un conjunto de características constructivas que incrementan su vulnerabilidad sísmica estructural. Además, si consideramos la antigüedad y deterioro de estas edificaciones hacen que ante un movimiento sísmico o peor aún ante un terremoto la capacidad de la estructura de soportarlo será mínima. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2000)

Figura 2: Fallas más comunes en muros



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2000)

NOTA: (a) se aprecia la FALLA VERTICAL por Flexión perpendicular al muro con falla en su zona central y en esquinas no confinadas de muros sueltos, este TIPO DE FALLA ES EL MÁS PELIGROSA. (b) FALLA HORIZONTAL por deslizamiento y por compresión debido a la poca capacidad portante del muro; FALLA DIAGONAL por Corte.

Para el procedimiento de evaluación de daños estructurales se debe tener en cuenta que una evaluación será deficiente si no toma en consideración una revisión al detalle de tanto de los componentes estructurales como no estructurales. Además, es preciso mencionar que, para analizar la vulnerabilidad sísmica de una edificación, la presente investigación se basa en experiencias internacionales, las cuales dan a conocer la utilización de diversos métodos para una revisión estructural.

Según (Moscoso Alcantara, 2021), menciona que los métodos cualitativos y cuantitativos de análisis de la vulnerabilidad sísmica, cuenta con varios grados de complejidad, dependiendo del objetivo a evaluar. Estas metodologías pueden agruparse en los siguientes conjuntos de análisis: cualitativos y cuantitativos.

Figura 3: Planificación de elaboración del proyecto



Fuente: Elaboración Propia

En el Análisis Estructural Cualitativo, se utiliza caracterizaciones generales para describir la estructura; generalmente, sus procesos son relacionados con el cálculo de índices universales que han sido calibrados a partir de los daños experimentados en las estructuras existentes, relacionados al nivel de daño estructural, permitiendo así la identificación de la vulnerabilidad sísmica estructural en términos generales. Un método cualitativo Internacional muy usado es (FEMA, 2015), el cual desarrolla una metodología de evaluación, basado en identificar el potencial riesgo sísmico en edificaciones. Este método consiste en llenar una ficha en base a una inspección ocular. El proceso de registro de datos comprende dos fases, cada una cuenta con su respectiva puntuación que va a ser corregida posteriormente mediante un proceso iterativo, de esa forma se obtiene el riesgo sísmico.

Además, (Mena Hernández, 2002) sostiene que, dentro de los métodos basados en características generales para realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios, menciona que la metodología más usada es el que emplea el procedimiento del índice de vulnerabilidad propuesta por Benedetti y Petrini, en 1984. Así mismo, un método algo más completo es la metodología propuesta por Hirosawa, este método incluso ha sido adaptado y usado por países como Ecuador, México, Chile y Perú, introduciendo algunas variaciones en la metodología, de manera que se adapte a las normativas, materiales constructivos y tipologías estructurales usados en cada país.

(Scaletti Farina, 2007) propone para evaluar estructuras de adobe en el Perú, adaptar la metodología del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini. Por lo cual, considerando lo mencionado, esta investigación se ha enfocado para el análisis estructural cualitativo, realizar tanto el cálculo de la vulnerabilidad sísmica a nivel global mediante el método de Benedetti y Petrini, como el cálculo de la vulnerabilidad sísmica a nivel de detalle parcial utilizando el método de Hirosawa. Los procesos de desarrollo de estos métodos están descritos en el parte de la metodología del presente estudio.

Por otra parte, en el Análisis Estructural Cuantitativo, el modelamiento y análisis en general juegan un importante rol en la evaluación estructural de las edificaciones. Es así que, las peculiaridades de cada edificación, dificultan un poco el proceso de modelamiento de las estructuras, entre estas particularidades tenemos: la variedad de algunas conexiones y propiedades de los materiales, condiciones de apoyo, definición de conexiones semirígidas o rígidas, excentricidad, conexiones entre componentes de distintas propiedades, con materiales de baja o nula capacidad a la tracción. Además, es fundamental el entendimiento de los rangos de deformación, en relación del deterioro estructural probables en elementos, para poder realizar una correcta interpretación de resultados. (Carlos Zavala Toledo, 2003)

El análisis estático lineal y pseudo dinámico son muy utilizados para verificar el comportamiento estructural en edificaciones con sistemas estructurales más resistentes que el adobe como concreto armado u estructura metálica. Estos

sistemas suelen ser idealizados en el sistema de entrepiso (losas) como masas concentradas; sin embargo, esta idealización no se aplica a estructuras de muros de adobe. De manera que, para el caso del adobe, se debe contemplar un sistema de masas combinadas considerando la relación de cada elemento muro en relación a los elementos adyacentes, que inciden en su desplazamiento y esfuerzo. (Chacón Sánchez, y otros, 2021)

Para conocer el comportamiento estructural de una edificación, es necesario verificar el criterio la estructuración, según la tipología de la estructura se verificará si la estructura puede soportar y tener un buen comportamiento frente a las solicitaciones gravitacionales, y principalmente, frente a los eventos sísmicos. Así mismo se verifica los siguientes seis criterios estructurales; como primer criterio tenemos a la simplicidad y simetría, puesto que las edificaciones importantes debiendo tener tanto el centro de rigidez como el de masa lo más cercanos posibles para evitar momentos torsionales; el segundo criterio corresponde a la resistencia y ductilidad, la estructuras deben tener una resistencia razonable, cuando una estructura incurre en el rango plástico, se aprovecha su capacidad de ductilidad, formándose rotulas plásticas el cual permitirá dar tiempo de evacuación sin dañar a las personas; el tercer criterio es la hiperestaticidad y monolitismo, la hiperestaticidad permite una mayor estabilidad, resistencia y redistribución de esfuerzos en las estructuras, en cambio, el monolitismo concibe la estructura como si fuera un solo elemento; el cuarto criterio es la uniformidad y continuidad estructural, las estructuras no deben generar cambios bruscos, ya que pueden traer concentración de esfuerzos indeseables; el quinto criterio corresponde a la rigidez lateral, los elementos estructurales verticales controlan las deformaciones laterales, las cuales, son las responsables de daños en los elementos estructurales; finalmente como sexto criterio nos corresponde a la influencia de elementos no estructurales, los elementos estructurales proveen efectos positivos durante el comportamiento sísmico de las estructuras, sin antes comprometer considerablemente a los elementos estructurales.

Por otra parte, el sistema estructural constituye la armadura de la estructura, que será adecuado de soportar las cargas actuantes y transmitir las al suelo de fundación.

Entendiéndose que la edificación a evaluar corresponde a un sistema de mampostería de adobe, por lo cual es necesario revisar la Norma E.030 y E.080.

Para el Cálculo de Fuerzas Sísmicas Horizontales, acorde al (RNE - Norma E.080, 2017), señala que, para determinar en una estructura la fuerza sísmica horizontal en la base, esta se calculará por la siguiente expresión:

$$H = S.U.C.P$$

Dónde:

- S = Factor de suelo
- U = Factor de uso
- C = Coeficiente sísmico
- P = Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50 % de la carga viva.

Para el Cálculo de la Carga Sísmica y Aceleración Espectral, se realiza acorde al (RNE - Norma E.030, 2018), menciona que, para determinar la fuerza cortante en la base y en cada dirección de análisis de la estructura, esta se calculará con la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} . P$$

Luego tenemos que:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} . g$$

Dónde:

- Z: Factor de zona.
- S: Factor del suelo.
- g: Aceleración de la gravedad.
- U: Factor de Uso o de importancia.
- R: Coeficiente de Reducción de demandas sísmicas.
- C: Factor de Amplificación Sísmica

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación corresponde al tipo **Aplicada**, debido a que se buscó la utilización de las bases teóricas relacionados a la evaluación de daños y a la propuesta de reforzamiento estructural. Considerando que la investigación, puede resolver una problemática, mediante el conocimiento científico, los medios (metodologías, tecnologías y protocolos). (CONCYTEC, 2020)

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación pertenece al **NO EXPERIMENTAL - TRANSVERSAL**, puesto que el estudio visualizo a la variable en su ambiente natural. Por otra parte, la toma de datos se ha realizado en un momento único. (Hernández Sampieri, y otros pág. 151)

Además, esta investigación se ha realizado, a nivel o alcance **descriptivo / correlacional** debido describirá la relación que existe entre la evaluación de daños y la propuesta de reforzamiento estructural en un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, ubicado en el distrito de Conchamarca, provincia de Ambo, departamento de Huánuco. Además, que se recolecto datos en un momento único que es el periodo 2021; explicando las relaciones de las variables estudiadas 1 y 2 **en un momento dado**, representado con el siguiente diagrama:

M: O1 —————▶ O2

Dónde:

M : Muestra.

O1 : Evaluación de Daños (Causa)

O2 : Propuesta de Reforzamiento Estructural (Efecto)

3.2. Variables y operacionalización

Las variables para tener en cuenta para el desarrollo del trabajo de investigación fueron las siguientes:

Variable Independiente : Evaluación de Daños

Variable Dependiente : Propuesta de Reforzamiento Estructural

Para visualizar la matriz de operacionalización de variables (ver Anexo 2)

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

El presente proyecto de investigación cuenta como población a todos los módulos pertenecientes al patrimonio cultural Casa Hacienda Quicacan, distrito de Conchamarca, provincia de Ambo.

3.3.2. Muestra y muestreo

Para la investigación se desarrolló como una muestra representativa por conveniencia y no probabilística, ya que, para poder evaluar los daños estructurales, se ha considerado los criterios y factores como: mayor grado de deterioro y valor del espacio arquitectónico, cuya muestra estará constituido por el módulo C de la Casa Hacienda Quicacan.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La investigación maneja como recolección de datos una técnica con carácter mixto. Por lo cual, en la tesis se utilizó los siguientes instrumentos de recolección de datos:

Técnicas de recolección de datos

- Observación: por contemplación directa se evaluó las características estructurales de la a fin de verificar el estado actual del módulo C de la Casa Hacienda de Quicacan, apoyado del instrumento de ficha de recolección de datos de campo; así mismo, se han anexando fotografías para evidenciar los daños más resaltantes, la cuales se encuentran dentro de la memoria descriptiva. (ver anexo 5)

- Análisis Estructural: se realizó con el fin de verificar el comportamiento estructural de los elementos, con el cual se evidencio los puntos más críticos y vulnerables de la estructura perteneciente al módulo C evaluado de la Casa Hacienda Quicacan, apoyado del instrumento de modelamiento estructural o matemático.

Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de recolección de datos: son documentos que se elaboran para obtener información acerca de las características técnicas, estado estructural y un diagnóstico de daños, esta ficha permitió determinar la vulnerabilidad sísmica a nivel global y a nivel parcial. (ver anexo 4)
- Modelamiento matemático: se realizó el modelamiento estructural del módulo a analizar de la Casa Hacienda Quicacan, utilizando el programa SAP2000 V19.2., con el cual se calculó los esfuerzos y deformaciones de la edificación.

3.5. Procedimientos.

La realización de la investigación, se ejecutó con las siguientes etapas:

- **Obtención de Datos para Evaluación**

- Utilizar la Ficha de recolección de datos de campo. (ver anexo 4)
- Realizar un Diagnóstico de Daños Visual, el cual estará complementado con una Memoria Descriptiva del Patrimonio a Evaluar, conjuntamente con un Panel fotográfico identificando el estado situación de cada uno de los ambientes. (ver anexo 5)

- **Evaluación de Daños Estructurales**

- Análisis Estructural Cualitativo

Con los datos recolectados se procede a realizar el trabajo de gabinete, utilizando la Norma E0.20, E0.30, E0.80, apoyándonos del software microsoft excel (xls) para cálculos necesario, donde se calcula lo siguiente:

- a. Calcular la Vulnerabilidad Sísmica a nivel Global, obtenido mediante la aplicación del método de Benedetti – Petrini.

b. Calcular la Vulnerabilidad Sísmica a nivel de Detalle Parcial, obtenido aplicando el método de Hirosawa.

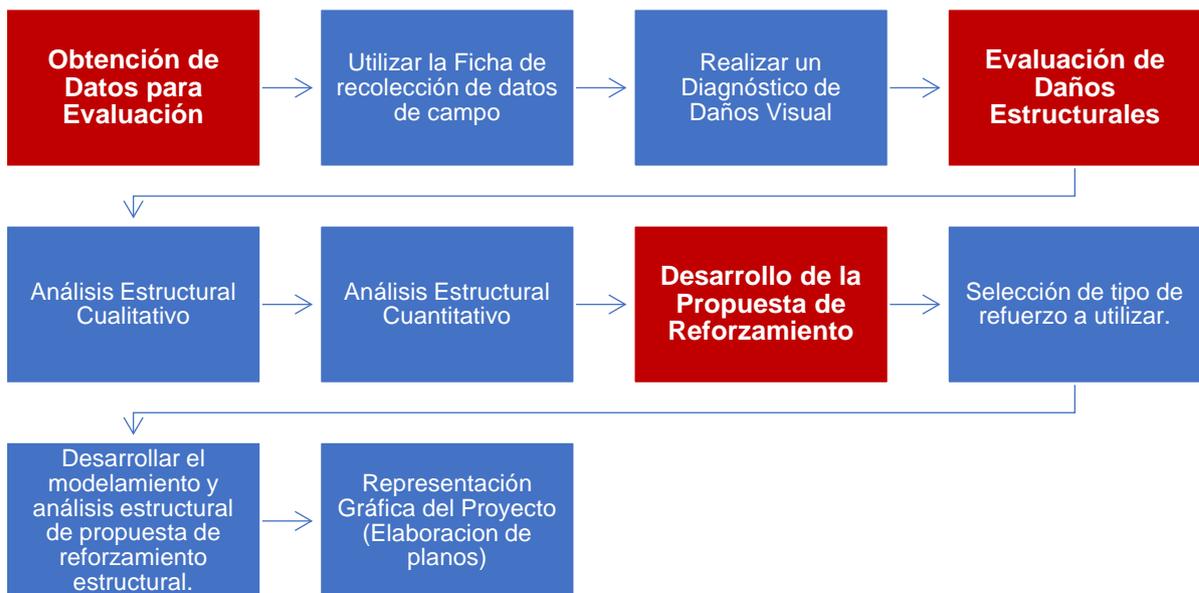
- **Análisis Estructural Cuantitativo**

Se desarrollo el modelamiento de la edificación, empleando el software SAP 2000 versión 19.2.1, el cual será evaluado mediante un análisis estático y dinámico (modal-espectral), utilizando la Norma E0.20, E0.30 y E0.80., con el fin de verificar los esfuerzos y deflexiones máximas de la estructura.

• **Desarrollo de la Propuesta de Reforzamiento**

- Selección de tipo de refuerzo a utilizar en la propuesta de reforzamiento.
- Desarrollar el modelamiento y análisis estructural de propuesta de reforzamiento estructural, con el cual se verificará su comportamiento estructural frente al modelo estructural sin reforzamiento, comparando las deformaciones y esfuerzos sísmicos máximos.
- Representación Gráfica del Proyecto, el cual comprende la elaboración de Planos Estructurales de la Propuesta de Reforzamiento. (ver anexo 6)

Figura 4: Procedimiento del desarrollo de esta investigación



Fuente: Elaboración Propia

3.6. Método de análisis de datos.

Una vez seleccionado el módulo de la Casa Hacienda Quicacan a evaluar, se da inicio al análisis de datos con el desarrollo de la recolección de datos de campo, aplicándose las metodologías siguientes:

3.6.1. Análisis Estructural Cualitativo

Para el Análisis Estructural Cualitativo se precisa las siguientes metodologías:

Vulnerabilidad Sísmica a Nivel Global – Método de Benedetti y Petrini

Este método italiano simplificado, evalúa las estructuras de los edificios mediante cálculos simplificados, identificando los parámetros más relevantes, determinando un índice de vulnerabilidad. Además, (Mesta Cornetero, 2014) menciona que esta metodología fue adaptada para evaluar inmuebles de mampostería y concreto armado; siendo acondicionado para el Perú con normas del RNE de diseño estructural.

Índice de vulnerabilidad para edificaciones de mampostería (adobe y albañilería)

El índice de vulnerabilidad para edificaciones de adobe se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$I = \alpha \sum_{i=1}^{11} w_i \cdot k_i$$

Dónde (α) es un coeficiente de escala que ajusta al 100% el valor máximo resultante. Para poder determinarlo se deben tomar en consideración los 11 parámetros correspondientes al presente método, donde para cada parámetro se le atribuye, una de las cuatro clases A, B, C y D conjuntamente con valor numérico (k_i) que cuenta con valores de 0 a 45. Por otra parte, a cada ítem le corresponde un determinado peso (w_i) entre 0.25 a 1.50.

Tabla 1: Parámetros según la Metodología Benedetti – Petrini, para edificaciones de adobe y albañilería

i	Parámetro	Ki*A	Ki*B	Ki*C	Ki*D	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	20	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	20	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	20	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	20	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	20	45	0.50
7	Configuración en elevación	0	5	20	45	1.00
8	Separación máxima entre muros	0	5	20	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	5	20	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	5	20	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	20	45	1.00

Fuente: (Mesta Cornetero, 2014)

Finalmente, el índice de vulnerabilidad establece un grado continuo con valores desde 0 hasta el valor máximo de 382.5. Cuyo valor se divide entre 3.825 para conseguir el índice de vulnerabilidad normalizado a un rango de $0 < I_v < 100$. Para la interpretación de los rangos, se toma en consideración lo siguiente:

- Vulnerabilidad Sísmica Baja $I < 20\%$
- Vulnerabilidad Sísmica Media $20\% \leq I < 40\%$
- Vulnerabilidad Sísmica Alta $40\% \leq I < 100\%$

Para asignar las clases A, B, C, D en cada parámetro, se considera las propuestas realizadas por (Mesta Cornetero, 2014) en su tesis (Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones Comunes en la Ciudad de Pimentel) y (Tuco Asencio, 2018) en su investigación (Evaluación del riesgo sísmico utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca). Además, se desarrolló en concordancia a la norma E0.80 y E0.30. Estas asignaciones resumen en la siguiente tabla, el cual se encuentra dentro de la ficha de recolección de datos (ver anexo 3).

Tabla 2: Parámetros de Evaluación Sísmica - Método Benedetti-Petrini

PARÁMETRO		CLASE	ELEMENTOS VERIFICADOS
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	A	Cumple la NTE E.080, presenta elementos de arriostres, adecuada distribución de muros y regularidad.
		B	No presenta una de las características de la clase A
		C	No presenta dos de las características de la clase A
		D	No presenta ninguna de las características de la clase A
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	A	Adobe de buena resistencia y calidad, presencia de un buen amarre entre unidades, mortero con espesor adecuado en la mayoría de juntas continuas y homogénea.
		B	No presenta una de las características de la clase A
		C	No presenta dos de las características de la clase A
		D	No presenta ninguna de las características de la clase A
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	A	$DD < 0.50$
		B	$0.50 \leq DD < 1.0$
		C	$1.0 \leq DD < 1.5$
		D	$DD \geq 0.50$
4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN	A	Cimentación según la NTE E.080, sin presencia de humedad o sales, en buen estado de conservación
		B	No presenta una de las características de la clase A
		C	No presenta dos de las características de la clase A
		D	No presenta ninguna de las características de la clase A
5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	A	Ausencia de desniveles, buena conexión entre muros y el diafragma, con deformaciones insignificantes.
		B	No presenta una de las características de la clase A
		C	No presenta dos de las características de la clase A
		D	No presenta ninguna de las características de la clase A
6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	A	Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
		B	Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
		C	Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
		D	Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$
7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	A	Edificio con $RL < 10\%$
		B	Edificio con $10\% \leq RL < 20\%$.
		C	Edificio con $20\% \leq RL < 50\%$. Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes
		D	Edificio con $RL > 50\%$. Presenta irregularidades de piso blando.
8	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE LOS MUROS	A	Edificio con $L/S < 4.7$
		B	Edificio con $4.7 \leq L/S < 5.6$
		C	Edificio con $5.6 \leq L/S < 7.8$
		D	Edificio con $L/S \geq 7.8$
9	TIPO DE CUBIERTA	A	Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano.
		B	Cubierta inestable de material teja y en buenas condiciones.
		C	Cubierta inestable de material de teja en malas condiciones.
		D	Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.
10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	A	Edificación que no contenga elementos no estructurales o estén correctamente conectados al sistema resistente.
		B	Edificación con balcones, parapetos, tanques de agua, u otro elemento no estructural conectadas al sistema.
		C	Edificación con balcones, parapetos, tanques de agua, u otro elemento no estructural mal conectado al sistema resistente o deteriorados debido a su antigüedad.
		D	Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo mal conectado a la estructura, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico.
11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	A	Edificación en buenas condiciones, sin fisuras visibles.
		B	Edificación que no presenta fisuras, pero cuyos componentes están levemente deteriorados.
		C	Edificación que presenta fisuras y cuyos componentes estructurales están deteriorados.
		D	Edificación con fuertes deterioro en muros y sus componentes.

Fuente: (Meli, 1998)

Así mismo, para un mejor entendimiento, se detalla algunos parámetros de evaluación, donde se requiere algunos cálculos simplificados:

- **Parámetro 3: Resistencia convencional**

Considerando la hipótesis del comportamiento de estructura ortogonal y cerrada (tipo cajón), es posible evaluar con bastante confiabilidad la resistencia que presenta un edificio frente a fuerzas horizontales. Emplearemos el procedimiento desarrollado en 1990, propuesto por Hurtado y Cardona, donde se dispone seleccionar la clase, no por el factor “a” como ocurre en el método de índice de vulnerabilidad, sino por la ductilidad DD, el cual es el inverso de “a”. Por ello se indica los pasos siguientes:

- a. Obtener Ax y Ay, consideradas como áreas de muros resistentes (m²), en la dirección analizada X y Y correspondientemente, este valor resultará de las investigaciones realizadas.
- b. Obtener la resistencia a la cortante perjudicial, tomando en cuenta la menor área de muros en el plano de nivel de análisis. Esta resistencia cortante se calcula, con la siguiente expresión:

$$VR = \min(Ax, Ay) * V$$

Dónde:

VR= Cortante menos favorable.

V= valor de la resistencia a cortante de los muros.

Tabla 3: Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería de adobe.

Propiedades mecánicas del adobe en edificios históricos				
Material	Peso Volumétrico	Resistencia a compresión	Resistencia a cortante kg/cm²	Módulo de elasticidad kg/cm²
Adobe	1.8	2-5	0.5	3000

Fuente: (Meli, 1998)

- c. Determinar el peso de la edificación que la estructura soporta (W), el cual está constituido por el peso de los muros, de los pisos y cubiertas.

$$W = N.(Ax + Ay).h.Pm + M.Ps.At + Ac.Pc$$

Dónde:

- W = peso de la estructura. A_t = área total construida en planta (m^2).
- A_x = área total resistente de muros (m^2), en la dirección X.
- A_y = área total resistente de muros (m^2), en la dirección Y.
- H = altura promedio de entrepiso (m).
- N = número de pisos de la edificación. P_m = peso específico de la mampostería (tn/m^3).
- P_s = peso por unidad de área del diafragma horizontal (tn/m^2)
- M = número de diafragmas horizontales.
- A_c = área total de la cubierta.
- P_c = peso por unidad de área de la cubierta.

Para estos cálculos se tomó en cuenta los siguientes valores: Valores para P_m : $1.6 \text{ tn}/m^3$, Valores para P_s : se considerará para valores de diafragmas la tabla siguiente:

Tabla 4: Diafragmas tipo, utilizado para el cálculo de coeficiente.

Descripción del forjado	Peso (kg/m^2)	
	Rango	Promedio
Viguetas de madera y entarimado	40 - 70	55
Viguetas de madera y bovedillas de yeso	100 - 160	130
Viguetas de madera y tablero de ladrillo	60 - 140	100
Viguetas de madera y bovedillas de ladrillo	130 - 280	205
Viguetas de madera y mortero ligero	160 - 390	275

Fuente: (Meli, 1998)

Valores par P_c : Considerar para coberturas de teja de barro: $0.16 \text{ tn}/m^2$.

Se sugiere, que el valor del área total de la cubierta se considere 20% más respecto al área construida considerando los volados y pendientes que cuentan las edificaciones de esta tipología.

- d. Determinar el coeficiente sísmico resistente (CSR), comprende la proporción del peso estructural soportado, como cortante horizontal en su dirección más perjudicial.

$$CSR = VR/W$$

Dónde: CSR= Coeficiente sísmico resistente. VR= Cortante menos desfavorable. W= Peso de la estructura.

- e. Calcular el coeficiente sísmico exigido (CSE) considerando el espectro de aceleraciones para un periodo de vibración, tal como se conoce en el diseño sismorresistente, según la Norma E0.80:

$$CSE = S \cdot U \cdot C$$

Dónde: CSE = Coeficiente sísmico exigido. S = Factor de suelo. U = Factor de uso. Factor dinámico de la estructura.

- f. Determinar la demanda de ductilidad, mediante la siguiente expresión:

$$DD = CSE/CSR$$

Dónde: DD = Demanda de ductilidad. CSE = Coeficiente sísmico exigido. CSR = Coeficiente sísmico resistente.

- g. Elección de la clase (A, B, C, D).

A. $DD < 0.50$

B. $0.5 \leq DD < 1.0$

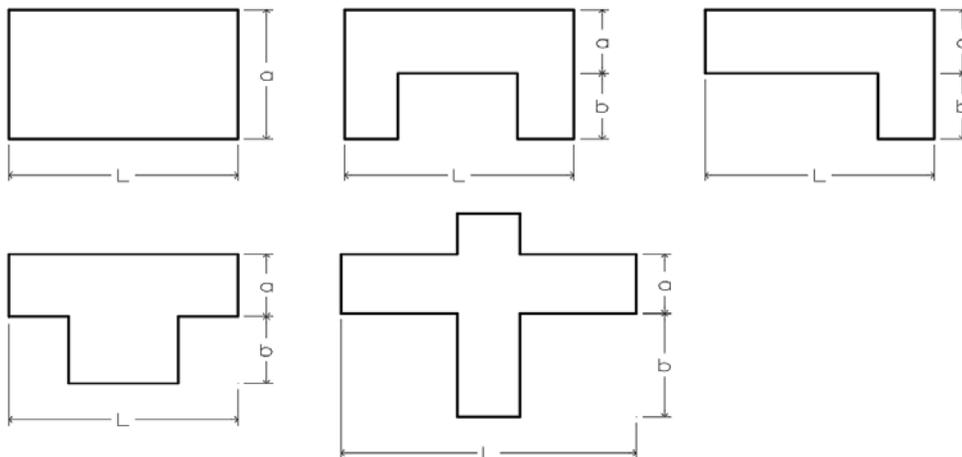
C. $1.0 \leq DD < 1.5$

D. $DD \geq 1.5$

- **Parámetro 6: Configuración en planta**

Para la configuración en planta es significativa en relación $\beta_1 = a/L$ de las longitudes menor y mayor. Además, se debe considerar las irregularidades del cuerpo principal teniendo en cuenta la relación $\beta_2 = b/L$.

Figura 5: Configuración en Planta – Método Benedetti - Petrini



Fuente: Elaboración Propia con datos de (Meli, 1998)

Elección de la clase (A, B, C, D).

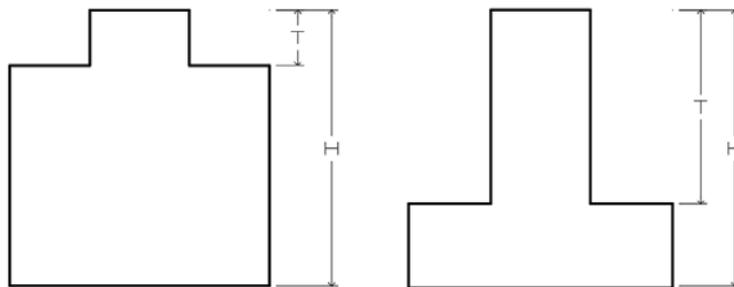
- A. Si $\beta_1 \geq 0.80$ ó $\beta_2 \leq 0.10$
- B. Si $0.80 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.10 < \beta_2 \leq 0.20$
- C. Si $0.60 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.20 < \beta_2 \leq 0.30$
- D. Si $0.40 > \beta_1$ ó $0.30 < \beta_2$

- **Parámetro 6: Configuración en elevación**

Para edificaciones de adobe y albañilería, se calcula en base a la variación de masa en porcentaje $\pm DA/A$ entre dos pisos sucesivos, siendo A el área del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de reducción de área hacia lo alto del edificio. Además, la evaluación de este parámetro, también se determina utilizando la siguiente expresión:

$$RL = \frac{H - T}{H}$$

Figura 6: Configuración en Elevación - - Método Benedetti - Petrini



Fuente: Elaboración Propia con datos de (Meli, 1998)

Elección de la clase (A, B, C, D).

- A. Edificio con $RL < 10\%$
- B. Edificio con $10\% \leq RL < 20\%$.
- C. Edificio con $20\% \leq RL < 50\%$. Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes
- D. Edificio con $RL > 50\%$. Presenta irregularidades de piso blando.

Vulnerabilidad Sísmica a Nivel de Detalle Parcial – Método de Hirosawa

Esta metodología es empleado oficialmente por el Ministerio de Construcción en Japón, originalmente fue usado para edificios existentes o dañados de concreto armado, de altura media con niveles de seis a ocho pisos. (Mena Hernández, 2002)

Últimamente, se ha estudiado la aplicación de este método en edificios mixtos de concreto armado y albañilería. (American Health Organization (PAHO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2000)

La vulnerabilidad estructural se determina evaluando lo siguiente:

- i. Cuando $I_s \geq I_{so}$ se cumple que el edificio cuenta con un comportamiento seguro ante un suceso sísmico.
- ii. Cuando $I_s < I_{so}$ se cumple que el edificio cuenta con un comportamiento inestable ante un suceso sísmico, siendo considerado inseguro.

a) Cálculo del I_s (Índice de vulnerabilidad estructural)

El método propuesto por Hirosawa, define para obtener el índice de resistencia estructural o índice de vulnerabilidad estructural (I_s), está se determinar por la siguiente expresión:

$$I_s = E_o \cdot S_D \cdot T$$

Dónde:

E_o = índice sísmico básico de comportamiento estructural

S_D = índice de configuración estructural

Cálculo de E_o

El índice E_o corresponde al producto del coeficiente de resistencia (C) y de ductilidad (F)

$$E_o = \alpha C \cdot T$$

Para el valor de E_o , todo componente sismorresistente estructural que conforma la estructura debe clasificarse considerando las siguientes categorías:

- Columnas cortas de concreto armado: Son todas las columnas en las que cumple la relación h_0/D es igual o menor de 2, donde h_0 es la altura libre y D es el ancho de la sección transversal.
- Columnas de concreto armado: Son todas las columnas en las que la relación h_0/D es mayor que 2.
- Muros de concreto armado: Son los elementos de hormigón armado con una sección transversal en que la relación entre el lado mayor y el lado menor de la sección transversal es mayor que 3.
- Muros de relleno de mampostería: Son aquellos muros de albañilería, normalmente con poco o ningún refuerzo, ubicados en el interior de los vanos de la subestructura resistente (pórticos) sin aislarlos de ella.
- Muros de mampostería armada o muros de albañilería confinada con elementos esbeltos de hormigón armado, pilares y cadenas.

Los muros considerados dentro del procedimiento que comprende esta metodología son aquellos muros diseñados y construidos de manera tal que puedan transferir las cargas horizontales y verticales de un nivel hasta la base; los muros de mampostería armada, dentro de estos, no se considera aquellos muros que sólo resisten las cargas de su propio peso como son: parapetos y tabiques de relleno o divisorios aislados de la estructura. Esta clasificación debe efectuarse para obtener la resistencia y para tomar en cuenta la mínima capacidad de deformación inelástica y capacidad de disipación de energía que algunos elementos presentan, como por ejemplo las columnas cortas y los muros de albañilería de relleno sin refuerzo, cuando el comportamiento sísmico está controlado por ellos. El índice E_0 se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} \cdot \{\alpha_1 \cdot (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 \cdot C_w + \alpha_3 \cdot C_c\} \cdot F$$

Dónde:

α_i : factor de reducción de la capacidad resistente en congruencia al nivel de deformación de sus elementos que controlan el comportamiento. Los

valores de estos factores se dan en la Tabla 5: Valores de los coeficientes α_i .

n_p : número de pisos del edificio.

i : nivel que se evalúa.

C_{mar} : índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería.

C_{sc} : índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado.

C_a : índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinada.

C_{ma} : índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada.

C_w : índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado.

C_c : índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado.

F : índice de ductilidad asociado a los elementos verticales.

$F = 1,0$ si C_{mar} , C_a y C_{sc} son iguales a cero

$F = 0,8$ si C_{mar} , C_a y C_{sc} son distintos de cero

Para la capacidad resistente sísmica se determina en primer lugar, considerando la tabla siguiente:

Tabla 5: Valores de los coeficientes α_i

Tipo	α_1	α_2	α_3	Módulo de Falla
A	1.0	0.7	0.5	Muros de relleno de mampostería o columnas cortas o muros de mampostería no reforzada y parcialmente confinadas o muros de mampostería confinada controlan la falla
B	1.0	0.7	0.5	Muros de concreto reforzado controlan la falla
C	1.0	0.7	0.5	Columnas de concreto reforzado controlan la falla

Fuente: (Mena Hernández, 2002)

Esta tabla nos permite seleccionar la capacidad sísmica, considerando como los componentes con mayor fragilidad (Tipo A), con menor fragilidad (Tipo B) y respectivamente por los dúctiles (Tipo C).

Los índices de resistencia (Ci) se obtienen tomando en cuenta las resistencias de componentes estructurales y del tipo de refuerzo.

Las ecuaciones usadas son:

$$C_{mar} = \frac{0.6 * 0.85 * \tau_0 * \sum A_{mar}}{\sum_{j=1}^{np} W_j}$$

$$C_{sc} = \frac{f_c}{200} * \frac{15 * \sum A_{sc}}{\sum_{j=1}^{np} W_j}$$

$$C_{ma} = \frac{0.6 * (0.45 * \tau_0 + 0.25 * \sigma_0) * \sum A_{ma}}{\sum_{j=1}^{np} W_j}$$

$$C_a = C_{ma}$$

$$C_w = \frac{f_c}{200} * \frac{30 * \sum A_{m1} + 20 * \sum A_{m2} + 12 * \sum A_{m3} + 10 * \sum A_{m4}}{\sum_{j=1}^{np} W_j}$$

$$C_c = \frac{f_c}{200} * \frac{10 * \sum A_{c1} + 7 * \sum A_{c2}}{\sum_{j=1}^{np} W_j}$$

Dónde:

- f_c = Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto.
- $\sum A_{mar}$ = Suma de las áreas de los muros de relleno de albañilería del piso en evaluación en la dirección analizada.
- $\sum A_{sc}$ = Suma del área de las columnas cortas de concreto armado del piso en evaluación.
- $\sum A_{ma}$ = Suma de las áreas de los muros de albañilería confinada del piso en evaluación en la dirección analizada.
- $\sum A_{m1}$ = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos, con cuantía de refuerzo horizontal igual o mayor que 1,2 % y una esbeltez (H / L) del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está controlada por la resistencia de aplastamiento de la diagonal comprimida debido a su alta cuantía de refuerzo horizontal.

- ΣAm_2 = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación con columnas en ambos extremos y cuantía de refuerzo horizontal mínima. En estos muros la resistencia al corte es proporcionada principalmente por la armadura horizontal.
- ΣAm_3 = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en alguno de sus extremos, una esbeltez del muro igual o menor que 2 y una cuantía de armadura mínima. En estos muros la resistencia al corte está definida por la carga de agrietamiento diagonal del concreto debido a su reducida cuantía de armadura de refuerzo.
- ΣAm_4 = Suma de las áreas de los muros de concreto armado del piso en evaluación, sin columnas o con una columna en alguno de sus extremos y una esbeltez del muro mayor que 2. En estos muros la resistencia al corte está dada por las ecuaciones de la norma ACI-318.
- ΣAc_1 = Suma de las áreas de las columnas de concreto armado, donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es menor que 6.
- ΣAc_2 = Suma de las áreas de las columnas de concreto armado, donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es igual o mayor que 6.
- W_j = Peso del piso j.
- τ_o = Resistencia básica de corte de la mampostería.
- σ_o = Tensión normal debida al esfuerzo axial que producen las cargas verticales de peso propio y las sobrecargas de uso.
- L = Largo del muro.
- H = Altura del piso si L es igual o mayor que 3 m. o altura libre del muro si L es menor que 3 m.

Se debe considerar utilizar para el cálculo de las ecuaciones, expresar las unidades de áreas en cm^2 , las resistencias y tensiones en kg/cm^2 y los pesos en kgf . Además, los coeficientes que afectan las áreas de las diversas tipologías que forman el sistema sismo resistente, deben ser expresados en unidades kgf/cm^2 .

Cálculo de SD

Según Hirosawa, propone para determinar el SD en el primer nivel de evaluación de vulnerabilidad, para lo cual se usa la siguiente expresión:

$$S_D = \prod_{i=1}^8 q_i$$

Dónde:

$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R_i\}$ para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 7$ y 8

$q_i = \{1.2 - (1 - G_i) * R_i\}$ para $i = 6$

Tabla 6: Valores de G_i y R_i

Ítems (QL)	G_i			R_i
	1	0.9	0.8	
Regularidad	regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1
Relación largo-ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5
Contratación de planta	$0.8 \leq c$	$0.55 < c \leq 0.8$	$C < 0.5$	0.5
Atrio o patio interior	$R_{ap} = 0.1$	$0.1 < R_{ap} \leq 0.1$	$0.3 < R_{ap}$	0.5
Excentricidad de atrio o patio interior	$f1=0.4$ $f2=0.1$	$f1 \leq 0.4$ $0.1 < f2 \leq 0.3$	$0.4 < f1$ $0.4 < f2$	0.25
Subterráneo	$1.0 \leq R_{as}$	$0.5 < R_{as} \leq 1.0$	$R_{as} < 0.5$	1
Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 < s \leq 0.01$	$S < 0.005$	0.5
Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq R_h$	$0.7 < R_h \leq 0.8$	$S < 0.7$	0.5

Fuente: (Mena Hernández, 2002)

- Regularidad a_i

a₁: La planta es simétrica en cada dirección, y el área de salientes es menor o igual al 10% del área total de la planta. Estas salientes son consideradas en el caso que $l/b \geq 0.5$.

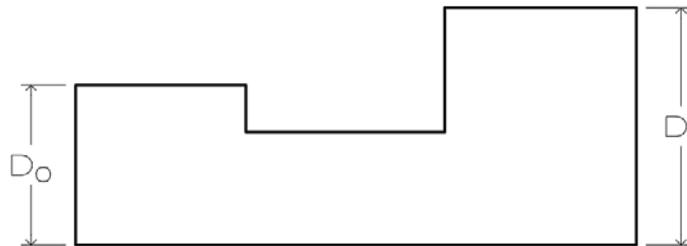
a₂: La planta no es regular, y el área de salientes es igual o menor que el 30% del área de la planta. Dentro de esta categoría se encuentran las plantas tipo L, T, U y otras.

a₃: La planta es más irregular que el caso a₂, y el área de salientes es mayor que el 30% del área de la planta.

- **Regularidad entre largo – ancho (B):** Razón entre mayor y menor la dimensión de la planta, considerando la forma ya sea de tipo L, T, U, C u otras formas que indique irregularidad.
- **Contracción en planta, c:**

$$c = \frac{D_1}{D_0}$$

Figura 7: Contracción en planta – Método de Hirosawa



Fuente: (Mena Hernández, 2002)

- **Atrio o patio interior:** Relación entre el área del atrio y el área total que, incluye el atrio. No obstante, la caja de escalera con muros de concreto armado no debe ser considerada en esta relación.
- **Excentricidad de atrio o patio interior, f:**
 - f1:** Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio, y la dimensión menor de la planta.
 - f2:** Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio, y la dimensión mayor de la planta.
- **Subterráneo:** Relación entre el área promedio de los niveles subterráneo y el área promedio de planta del edificio.
- **Junta de dilatación, s:** Este criterio se aplica a edificios que tienen juntas de dilatación y es la relación entre el espesor de la junta de dilatación sísmica y la altura del nivel a evaluar.
- **Uniformidad de altura de piso, Rh:** Relación entre la altura del piso inmediatamente superior al analizado y la altura de este. Para el caso del piso superior, el piso inmediatamente superior de esta ecuación es reemplazado por el piso inmediatamente inferior.

Cálculo de T

Este índice calcula las consecuencias que genera los daños en la estructura a consecuencia de su antigüedad o bien por la acción eventos sísmicos que la hayan afectado. Su valor se obtiene a partir de la información recabada de la inspección ocular y de los archivos que cuenta la edificación. El índice se obtiene, seleccionando para el edificio un valor único del índice T, según la tabla siguiente:

Tabla 7: Valores del índice T

Deformación permanente (T1)	
Característica	T1
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Tiene visibles deformaciones de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0

Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	
Característica	T2
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Presenta grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0

Incendio (T3)	
Característica	T3
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio.	1.0

Uso del cuerpo o bloque (T4)	
característica	T4
Almacena sustancias químicas.	0.8
No contiene sustancias químicas.	1.0

Tipo de daño estructural (T5)	
Característica	T5
Presenta daño estructural grave.	0.8
Presenta daño estructural fuerte.	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0

Fuente: (Mena Hernández, 2002)

Tabla 8: Clasificación de daños causados por un sismo

Tipo de Daño	Descripción
No Estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales.
Estructural ligero	Grietas de menos de 0,5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0,5 al 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de hormigón armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Fuente: (Mena Hernández, 2002)

b) Cálculo del Iso (índice de juicio estructural)

El índice Iso se determina con la siguiente expresión:

$$Iso = Eso * Z * G * U$$

Dónde:

Eso = Resistencia sísmica básica requerida.

Z = Factor de zona sísmica; su valor depende del peligro sísmico del lugar donde se ubica el edificio ($0.5 \leq Z \leq 1$).

G = Factor de influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas, se considera igual a 1,0 para condiciones topográficas sin pendiente e igual a 1,1 para zona de pendiente

U = Factor de importancia del edificio por su uso.

La resistencia sísmica básica (Eso) se ha obtenido en base al estudio de los edificios durante un terremoto en Japón, en cuanto a sus daños evaluado por Hirosawa. Por ello, es recomendable que esta resistencia se determine en base a la solicitud de resistencia elástica según las normas para la zona con alto peligro sísmico (zona epicentral), afectada por el factor de reducción (R) cuyo valor debe ser seleccionado tomando en cuenta el nivel de daño producidos fuera del servicio de la edificación. (Espinoza Cotrina, 2020)

Valor de Iso para la presente evaluación

Para el cálculo del Iso(peru) se realizará un comparativo con la norma japonesa considerando la (RNE - Norma E.030, 2018) .

Norma Peruana E0.30

Aceleración espectral: $Sa = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$

$$Z = 0.25$$

$$U = 1.3$$

$$S = 1.20, T_P = 0.6, T_L = 2.0 \rightarrow C=2.5$$

$R = 1.5$ (se asume considerando la baja ductilidad del adobe, considerando la investigación de (Chacón Sánchez, y otros, 2021).

Reemplazando valores tenemos:

$$Sa(\text{perú}) = 0.65 * g$$

Código Japonés

Aceleración espectral: $Sa = Z * Rt * Ai * Co * g$

a) Zonificación de la edificación:

Zona A $\rightarrow Z = 1.00$ (Zona con alta sismicidad)

Zona B $\rightarrow Z = 0.70$ (Zona con baja sismicidad)

Como la edificación a evaluar se encuentra en Huánuco, $Z=0.70$

b) Tipología de suelos

Tabla 9: Periodos T_c y T – Norma Japonesa

Tipo de suelo	T_c
Tipo I (suelo duro)	0.4
Tipo I (suelo medio)	0.6
Tipo I (suelo suave)	0.8

Fuente: Norma Japonesa – con datos recopilados de (Mena Hernández, 2002)

c) Periodo Fundamental

$$T = 0.02 * h$$

- Puesto que la altura es 6.35. $\rightarrow T = 0.127$

- d) Diseño espectral: El coeficiente espectral de diseño (R_t), se calcula en base al tipo de perfil del suelo y al periodo fundamental de la estructura.

Tabla 10: Coeficiente espectral de diseño (R_t) – Norma Japonesa

T	$T < T_c$	$T_c \leq T \leq 2T_c$	$2T_c \leq T$
R_t	1	$1-0.2(T/T_c-1)^2$	$1.6*T_c/T$

Fuente: Norma Japonesa – con datos recopilados de (Mena Hernández, 2002)

- Para suelo 2, $T=0.127$, el cual es menor que 0.6. por lo tanto, $R_t= 1$
- e) Factor de distribución de corte lateral: Este factor es una principal diferencia con la normativa peruana, considerando la distribución de fuerzas se relaciona. Para nuestro caso: $A_i = 1$
- f) Coeficiente Cortante Estándar (C_o): Se cuenta con valores definidos de 0.2 para sismo moderado y 1 para sismo extremo. Consideramos $C_o=1$

Ahora calculamos la Aceleración espectral:

$$S_a = Z * R_t * A_i * C_o * g$$

Dónde: $Z=0.7$, $R_t=1$, $A_i=1$, $C_o=1$

Reemplazando tenemos $S_a = 0.70*g$

- g) Análisis del juicio estructural - Iso (Japón):

$$I_s = E_{so} * Z * G * U$$

Consideramos como $C_{te} = Z*G*U$; constante dependiente del grado sísmico

Entonces Iso (Japón) = $E_o*Z*G*U$, consideramos $E_o=0.8$ para el primer nivel de evaluación

Dónde:

- $Z= 0.70$ índice de zona
- $U= 1.00$ índice de uso, para edificaciones importantes en general.
- $G= 1.00$ cuando no hay mucha pendiente
- $E_o = 0.8$ se considera ese valor para el primer método de evaluación

Reemplazando valores:

$$\text{Iso (Japón)} = 0.56$$

Calculo Iso para Perú (caso de evaluación), según el método Hirosawa

$$\frac{Iso(perú)}{Iso(japón)} = \frac{Sa(perú)}{Sa(japón)}$$

Sabemos del para nuestro caso de evaluación que $Sa(perú) = 0.65 * g$

Reemplazando tenemos:

$$\frac{Iso(perú)}{0.56} = \frac{0.65 * g}{0.70 * g}$$

$$Iso(perú) = 0.52$$

3.6.2. Análisis Estructural Cuantitativo

Para el Análisis Estructural Cuantitativo se precisa las siguientes metodologías para el análisis de datos:

Análisis Estático

Con el apoyo de un software, se realiza un modelo matemático de la edificación, donde se aplica un fuerza cortante basal actuando en la base del edificio, esta fuerza lateral representa un solo modo de vibración.

Es preciso mencionar que, si bien la (RNE - Norma E.030, 2018) menciona que, para el caso de sistemas estructurales de tierra, debemos remitimos al (RNE - Norma E.080, 2017). Sin embargo, la norma E.080, está más pensada para el diseño de tierra reforzada, mas no considera criterios de evaluación para estructuras existentes ni mucho menos toma en cuenta un análisis sísmico por aceleración.

Para lo cual, a continuación, se realiza la comparación de Fuerzas Sísmicas E.080 y E.030, las cuales se comparan para nuestro caso de evaluación:

Tabla 11: Comparativo Fuerza Sísmica entre la Norma E0.80 y E0.30

NORMA E0.80 Fuerza de Horizontal Sísmica	NORMA E0.30 Fuerza de la Cortante Basal
$H = S.U.C.P$	$V = \frac{Z.U.C.S}{R} . P$
Dónde:	Dónde:
- S = 1.4, suelo intermedio	- Z = 0.25, zona 2
- C = 0.15, Zona 2	- U = 1.30, categoría B importante
- U = 1.4, cultural – recreación	- S = 1.20, suelo intermedio
- P = CM + 0.5CV	- C = 2.5, $T_P=0.6$ $T_L=2.0$
Reemplazando:	- R = 1.5, asumimos ese valor, considerando la baja ductilidad del adobe
H= 0.294P	Cuenta con $I_p=0.90$, esquinas entrantes y $I_a=1.00$
	- P = CM + 0.5CV + 0.25 CVT
	Reemplazando:
	V = 0.72P

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTP E0.80 y E0.30

NOTA: Se prueba apreciar que las diferencias son considerables.

Análisis Dinámico

Adicionalmente, se aplica en el modelo estructural un análisis modal - espectral, donde se combinan los diversos modos de vibrar de una estructura conjuntamente con un espectro de diseño sísmico, con el fin de analizar el periodo y la distorsión de entrepiso, para relacionarlas con los parámetros definidos en el (RNE - Norma E.030, 2018), este análisis comprende lo siguiente:

Materiales de los Elementos Estructurales

Se consideró lo siguiente Pesos de los Materiales:

Tabla 12: Características De Materiales

MATERIAL	E(ton/m ²)	Poisson
Adobe	17000	0.2
Madera (Eucalipto)	770000	0.02

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTE 020

Tabla 13: Cargas de Materiales

CARGAS DE MATERIALES	
Madera Eucalipto	740 kg/m ³
Yeso	160 kg/m ²
Adobe	1600 kg/m ³
Cobertura: Teja Andina sobre torta de barro	160 kg/m ²

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTE 020

Especificaciones de Cargas

La estructura está sometida a cargas gravitacionales durante su vida de servicio, estas cargas lo conforman las cargas muertas y cargas vivas, para lo cual nos apoyaremos del (RNE - Norma E.020, 2006).

Carga muerta (D)

Es aquella carga permanente y fija que ejerce sobre la estructura. Las cuales están conformadas por el propio peso de los componentes estructurales y no estructurales, su cálculo se obtiene por el producto de su peso unitario y volumen o área (losas, cobertura, etc). CARGA DEL TECHO 100 KG/M2 (TEJA ANDINA)

Carga viva (L)

La carga viva o sobrecarga actuante en las estructuras es debido a los ocupantes, muebles u otras cargas móviles. Esta carga depende del uso de la edificación y considerado el (RNE - Norma E.020, 2006). CARGA DEL TECHO 50 KG/M2

Combinaciones de carga

Para el estudio se efectuó la constatación de los estados de servicio límites, por consiguiente, para este fin se debe considerar utilizar las combinaciones de cargas mencionadas en el (RNE - Norma E.020, 2006)

- D
- D + L
- D + (W o 0,70 E)
- α [D + L + (W o 0,70 E)]

Dónde:

D = Carga muerta

L = Carga viva

W = Carga de viento

E = Carga de sismo, según (NTE E.030 Diseño Sismo resistente)

α = Factor que tendrá un valor mínimo de 0,75

A continuación, se detalla las combinaciones realizadas

Tabla 14: Combinaciones de Carga

Combinación		Descripción
Comb 1	D	Combinación de carga muerta (peso propio + supercarga de combinación liviana)
Comb 2	D+L	Combinación de carga muerta y carga viva
Comb 3	D+0.70Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección +X)
Comb 4	D-0.70Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección -X)
Comb 5	D+0.70Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección +Y)
Comb 6	D-0.70Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección -Y)
Comb 7	0.75D+0.75L+0.525Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección +X)
Comb 8	0.75D+0.75L-0.525Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección -X)
Comb 9	0.75D+0.75L+0.525Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección +Y)
Comb 10	0.75D+0.75L-0.525Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección -Y)

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTE 020

Elección del Software Estructural

El programa que se va a usar para el análisis y diseño es SAP2000 V19.2.1. El cual nos permitió modelar, analizar y diseñar la estructura de la edificación.

3.7. Aspectos éticos.

Esta investigación se desarrolló bajo el cumplimiento de los principios éticos, para lo cual se citó cuidadosamente valorando y reconociendo los derechos de la propiedad intelectual asociado a los autores. Así mismo, es de resaltar que también se ha utilizado el estilo ISO 690, cumpliéndose con todas sus directrices. Además, también se consideró para el análisis estructural cualitativo, para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica a nivel global, se utilizó el método italiano de Benedetti y Petrini; y para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica a nivel de detalle parcial, se utilizó el método japonés de Hirosawa; y un análisis cuantitativo mediante el desarrollo de un modelo matemático estructural, respetando las disposiciones establecidas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP), considerando la E.030 (diseño sismorresistente), E.080 (diseño de tierra reforzada), E.020 (cargas).

IV. RESULTADOS

1. En esta investigación se formuló como Objetivo General: Determinar en qué medida la evaluación de daños influye en la propuesta de reforzamiento de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco.

Este objetivo general fue cumplido mediante el apoyo de los objetivos específicos.

Es así que, la evaluación de daños ha permitido mediante un análisis cualitativo y cuantitativo, entender los daños de una estructura a primera instancia, partiendo de un análisis cualitativo, el cual permitió calcular la vulnerabilidad sísmica del módulo evaluado e identificar daños observables en la edificación evaluada; sin embargo, para un mejor entendimiento de los daños estructurales observables y evidenciados como fisuras, grietas, presencia de humedad y deformaciones presentes; para la investigación fue necesario realizar un análisis cuantitativo, de manera que, se verifico a mayor detalle los esfuerzos y desplazamientos de la edificación, dando un mejor entendimiento del comportamiento estructural de la edificación ante las sollicitaciones sísmicas basado en el espectro de pseudo aceleraciones y congruentes con la norma E.030 – Norma de Diseño Sismorresistente y la norma E.080 – Norma de Diseño y Construcción con tierra reforzada. Posteriormente, habiendo identificado los daños estructurales y sus probables causas, conjuntamente conociendo las zonas vulnerables de la edificación; fue posible realizar la selección del tipo de refuerzo, basado en la recolección de datos, tomando en cuenta el análisis de la estructura y considerando las experiencias de anteriores investigaciones similares; de manera que la propuesta permitió mitigar el daño estructural evaluado; proponiendo una refuerzo estructural amigable con el carácter arquitectónico del patrimonio histórico, de manera que se altere mínimamente la integridad original de la edificación.

Por lo tanto, podemos decir que una correcta evaluación daños influye significativamente en la propuesta de reforzamiento estructural.

2. Objetivo Específico 1: Determinar en qué medida un análisis estructural cualitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco.

En el Análisis estructural cualitativo, los valores obtenidos en el cálculo de la Vulnerabilidad Sísmica a Nivel Global de la estructura mediante el Método de Benedetti y Petrini, dio como resultado lo siguiente:

Tabla 15: Resultado de Vulnerabilidad Sísmica

i	Parámetros	Ki*A	Ki*B	Ki*C	Ki*D	Wi	Ki x Wi
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	0	5	20	45	1.00	20.00
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	0	5	20	45	0.25	1.25
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	0	5	20	45	1.50	30.00
4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN	0	5	20	45	0.75	15.00
5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	0	5	20	45	1.00	20.00
6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	0	5	20	45	0.50	10.00
7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	0	5	20	45	1.00	-
8	SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS	0	5	20	45	0.25	11.25
9	TIPO DE CUBIERTA	0	5	20	45	1.00	20.00
10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	0	5	20	45	0.25	-
11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	0	5	20	45	1.00	20.00
$\sum_i w_i \cdot k_i$							147.50

$$I = \alpha \sum_i w_i \cdot k_i$$

α	0.002614
I	38.56%

Vulnerabilidad Sísmica Baja $I < 20\%$

Vulnerabilidad Sísmica Media $20\% \leq I < 40\%$

Vulnerabilidad Sísmica Alta $40\% \leq I < 100\%$

Así mismo los valores obtenidos en el cálculo de la Vulnerabilidad Sísmica a Nivel de Detalle Parcial mediante el Método de Hirosawa se estuvo lo siguiente:

- Is (Índice de vulnerabilidad estructural) = 0.141
- Iso (Índice de Juicio Estructural) = 0.520

Habiendo consideraciones de la metodología, donde:

- Cuando $I_s \geq I_{so}$ se cumple que el edificio cuenta con un comportamiento seguro ante un suceso sísmico.
- Cuando $I_s < I_{so}$ se cumple que el edificio cuenta con un comportamiento inestable ante un suceso sísmico, por ende, es considerado inseguro.

Obteniendo: **$I_s < I_{so}$ COMPORTAMIENTO INSEGURO ANTE UN EVENTO SISMICO**

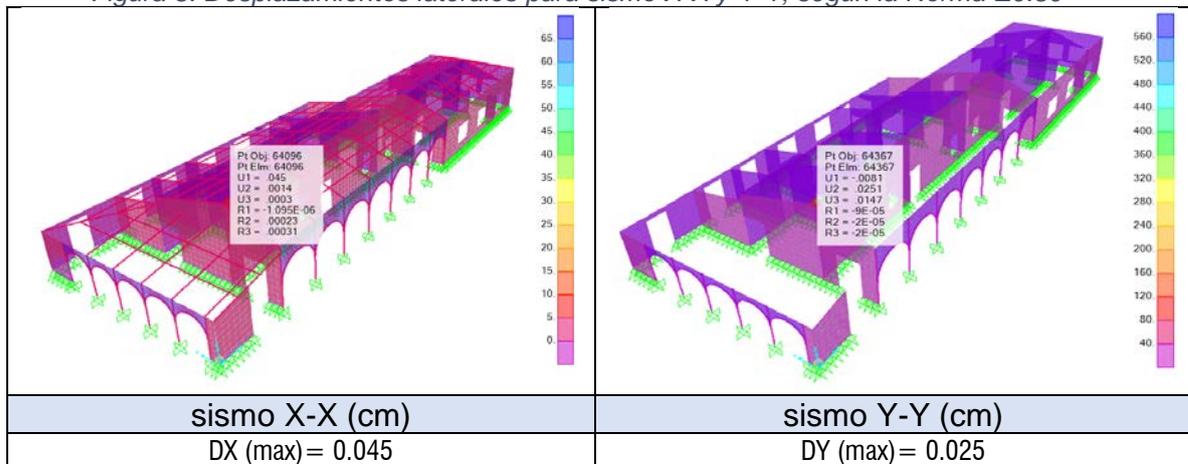
Por lo tanto, de los resultados obtenidos, podemos decir que un análisis estructural cualitativo ha permitido conocer el nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación, este dato es muy relevante, puesto que nos brindó una información muy significativa para la evaluación de daños.

3. Objetivo Específico 2: Determinar en qué medida un análisis estructural cuantitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco.

En el análisis estructural cuantitativo, se realizó el análisis estático y dinámico de la edificación, obteniendo la estimación de máximos esfuerzos y deformaciones producidas por el sismo X-X y sismo Y-Y, obteniendo los siguientes valores que se presentan en las siguientes figuras y tablas:

Utilizando Norma E0.80

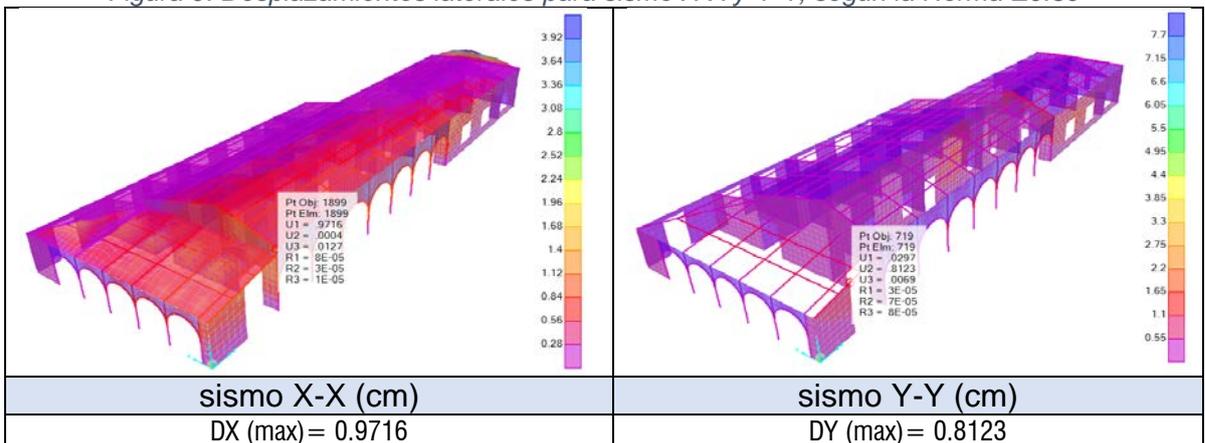
Figura 8: Desplazamientos laterales para sismo X-X y Y-Y, según la Norma E0.80



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Utilizando Norma E0.30

Figura 9: Desplazamientos laterales para sismo X-X y Y-Y, según la Norma E0.30



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Como era de esperar si aplicáramos un análisis estático, las fuerzas horizontales sísmica (H), según Norma E0.80 no arroja deformaciones insignificantes. Por ello, pertinentemente se decidió adecuar el modelo a la norma E0.30, con el fin de poner hacer un análisis modal espectral.

En la dirección X

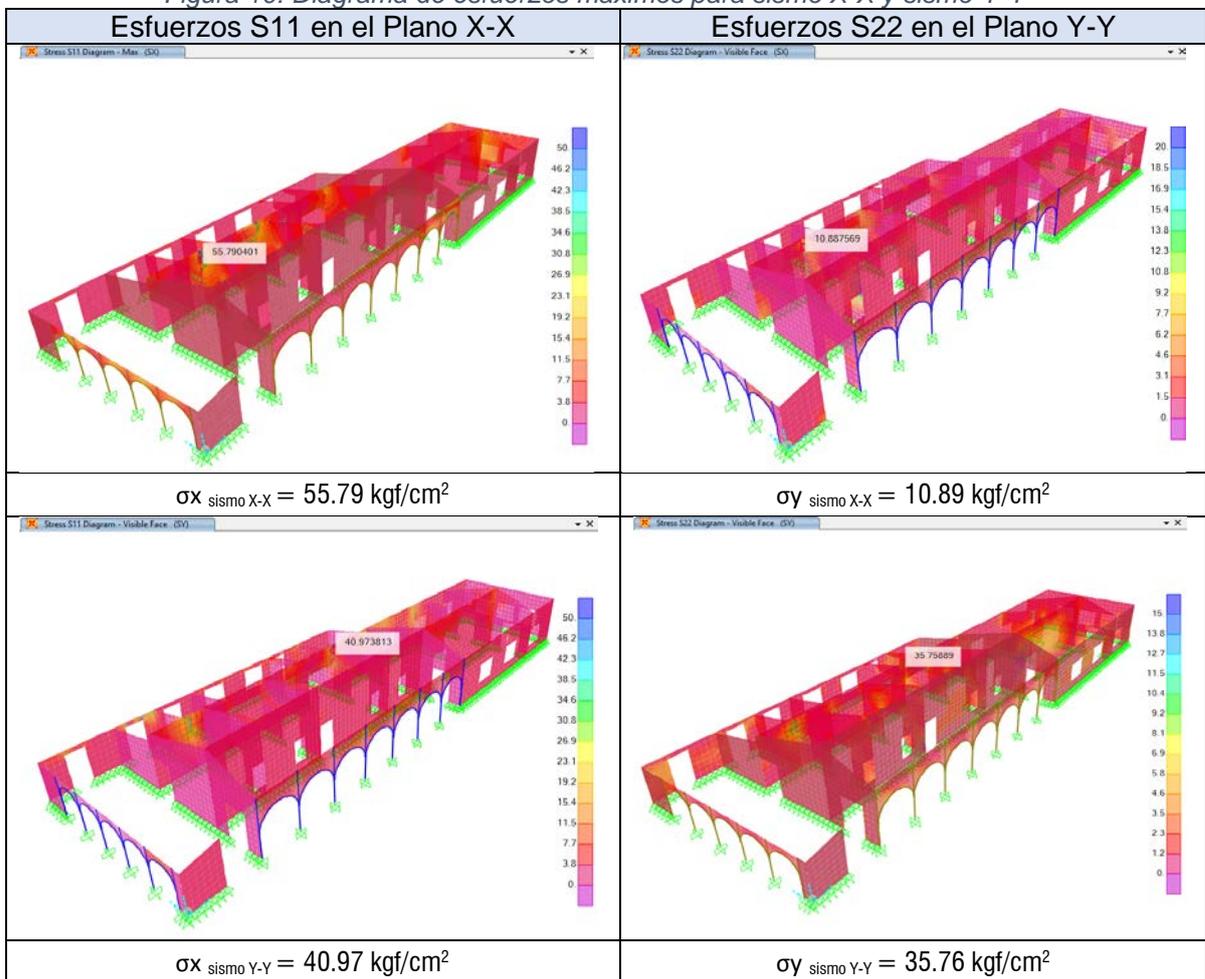
Tipo de Edificación		REGULAR			$Dx \cdot 0.75R$	(se asume)
Sistema Estructural		Muros con ductilidad limitada			$R=4.0$	
Material Predominante		Albañilería			$\Delta=0.005$	
NIVEL	Dx	Desplaz relat Δ Elast	$\Delta i = Dx \cdot 0.75R$	he (cm)	$\Delta i / he$	
1	0.975	0.975	2.925	635	0.00461	CONFORME

En la dirección Y

Tipo de Edificación		REGULAR			$Dx \cdot 0.75R$	(se asume)
Sistema Estructural		Muros con ductilidad limitada			$R=4.0$	
Material Predominante		Albañilería			$\Delta=0.005$	
NIVEL	Dy	Desplaz relat Δ Elast	$\Delta i = Dx \cdot 0.75R$	he (cm)	$\Delta i / he$	
1	1.2568	1.2568	3.7704	635	0.00594	NO CONFORME

Resultados de Esfuerzos max – para sismo X-X, Y-Y (kgf/cm²)

Figura 10: Diagrama de esfuerzos máximos para sismo X-X y sismo Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

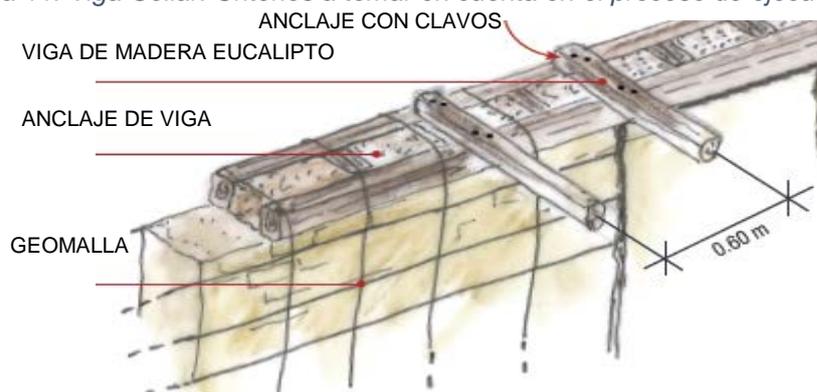
Por lo tanto, un análisis estructural cuantitativo brindó una información más al detalle de la edificación, respecto a los esfuerzos y desplazamientos, siendo muy significativo su influencia para la evaluación de daños.

4. Objetivo Específico 3: Determinar en medida la selección de refuerzo estructural influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco.

La selección del refuerzo, se ha efectuado basado en la recolección de datos, tomando en cuenta el análisis de la estructura y considerando las experiencias anteriores de similares investigaciones. Es por ello que se plantea aplicar el reforzamiento de viga collar y reforzamiento en muros con geomalla, con el fin de brindar y asegurar una mejor estabilidad a la estructura existente de la Casa Hacienda Quicacán.

Reforzamiento con Viga collar, es aquel elemento que actúa como un cinturón permitiendo amarrar todas las paredes para una mejor distribución de esfuerzos y desplazamientos, de manera que trabajen juntos los muros durante un sismo, distribuyéndose hacia los muros uniformemente las cargas del techo.

Figura 11: Viga Collar: Criterios a tomar en cuenta en el proceso de ejecución.



Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, 2014)

Reforzamiento con Geomalla en edificaciones de adobe, según (Torres Giles, 2018), en su análisis de diversas experiencias mediante proyectos de intervención de conservación y recuperación de patrimonios de tierra, menciona que el refuerzo con geomalla, presenta una durabilidad muy alta. Además, (Torrealva, 2012) en una investigación menciona que las paredes reforzadas con geomalla y enlucido con barro aumentaron su resistencia inicial de 40% a 150% con respecto a la pared lisa. Se evidenció un aumento de energía absorbida y disipada con alta capacidad de desplazamiento horizontal.

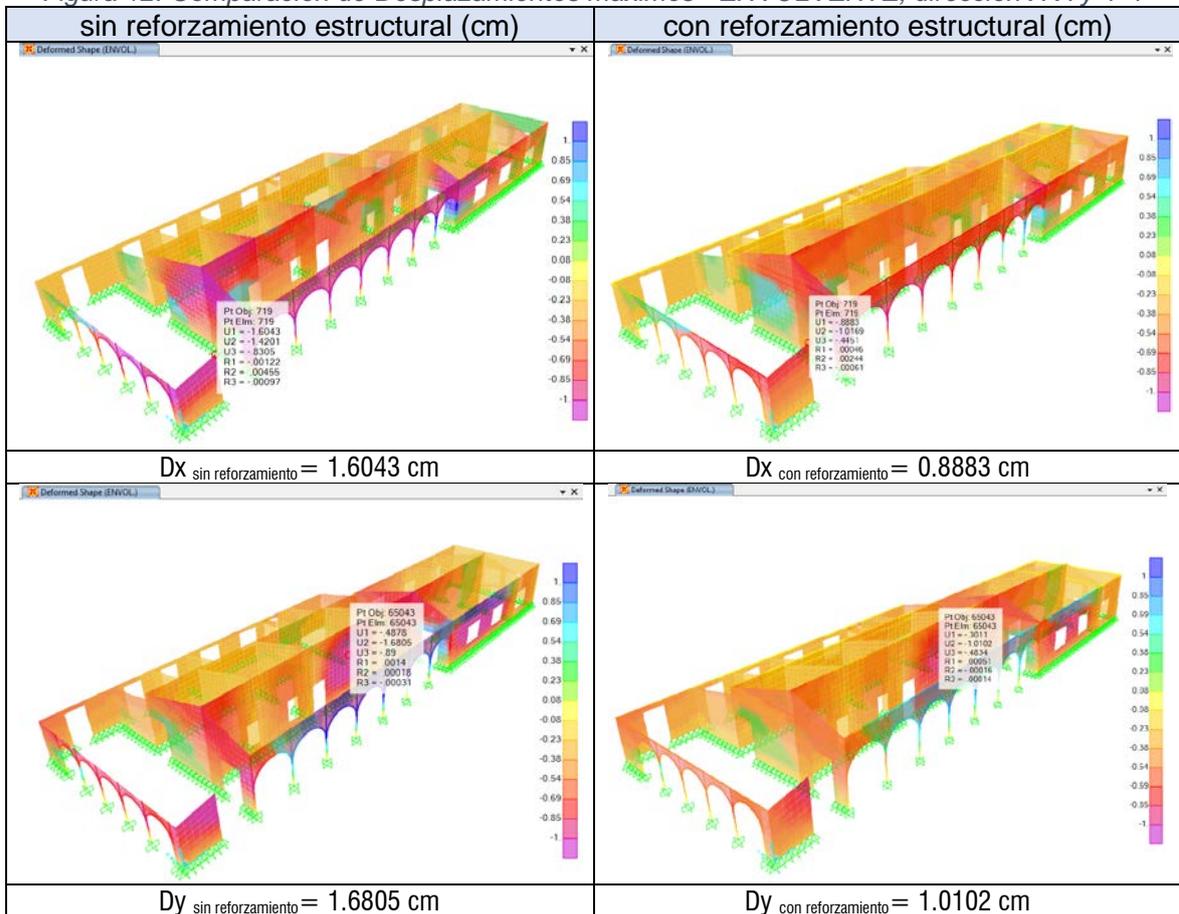
Por lo tanto, podemos decir que la selección de refuerzo estructural tiene una influencia significativa en la propuesta de reforzamiento estructural.

5. Objetivo Específico 4: Determinar en qué medida la propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco.

Para Verificar los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos, se ha realizado el comparativo de la estructura sin reforzamiento y con reforzamiento, se realizó el análisis estático y dinámico de la edificación, obteniendo la estimación de máximos esfuerzos y deformaciones producidas por el sismo X-X y sismo Y-Y, obteniendo los siguientes valores que se presentan en las siguientes figuras y tablas:

Desplazamientos Máximos (cm)

Figura 12: Comparación de Desplazamientos máximos - ENVOLVENTE, dirección X-X y Y-Y sin reforzamiento estructural (cm)



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

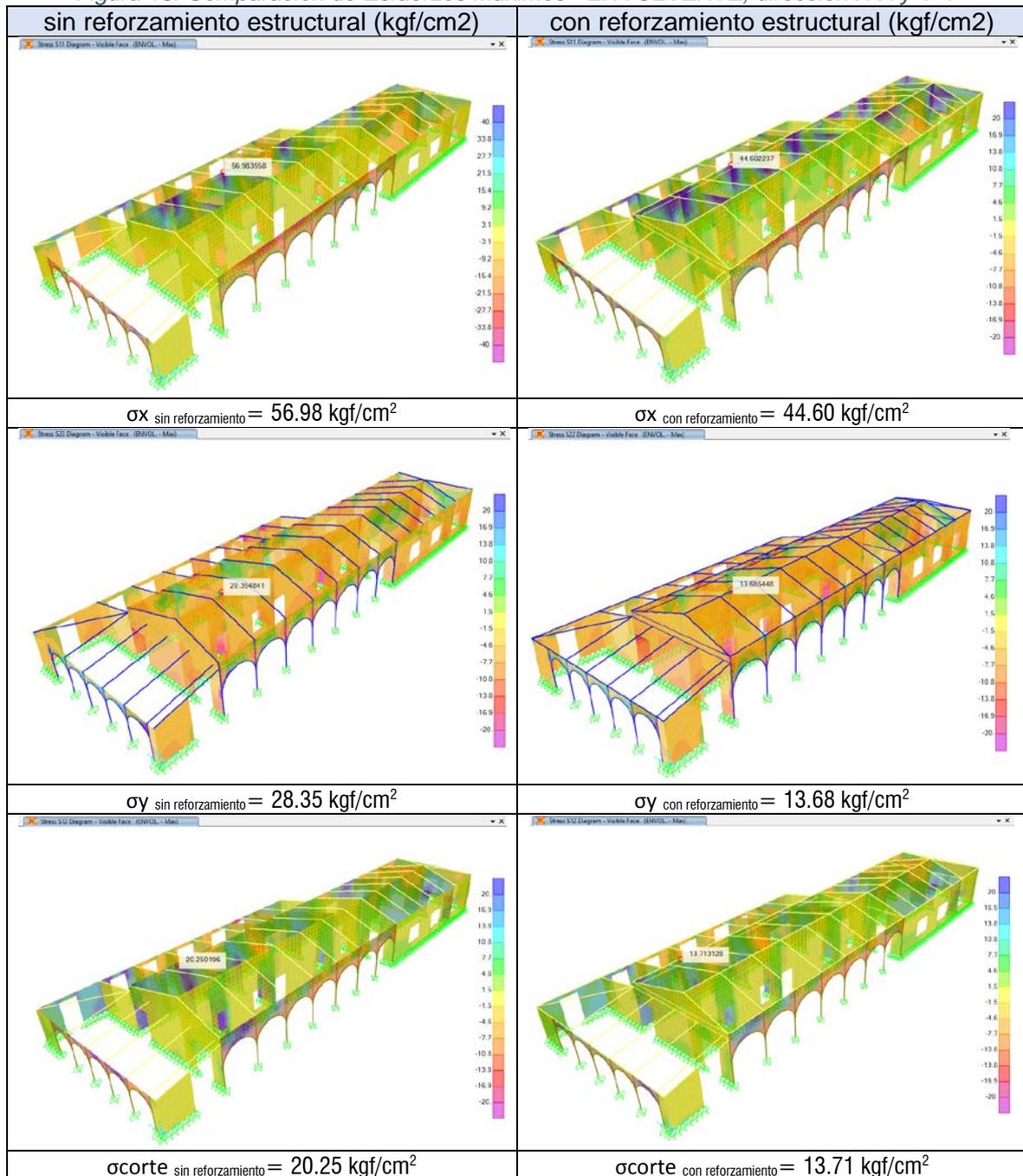
Tabla 16: Diferencias de desplazamiento entre la estructura sin reforzamiento - con reforzamiento

Descripción	Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Diferencias	%
Desplazamientos en X-X (cm)	1.6043	0.8883	0.7160	44.6%
Desplazamientos en Y-Y (cm)	1.6805	1.0102	0.6703	39.9%

Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Esfuerzos Máximos (kgf/cm²)

Figura 13: Comparación de Esfuerzos máximos - ENVOLVENTE, dirección X-X y Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Tabla 17: Diferencias de esfuerzos entre la estructura sin reforzamiento - con reforzamiento

Descripción	Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Diferencias	%
Esfuerzo en X-X (kgf/cm ²)	56.98	44.60	12.38	21.7%
Esfuerzo en Y-Y (kgf/cm ²)	28.35	13.68	14.67	51.7%
Esfuerzo de Corte (kgf/cm ²)	20.25	13.71	6.54	32.3%

Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Por lo tanto, con la propuesta de reforzamiento estructural se ha reducido los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos del módulo evaluado.

V. DISCUSIÓN

1. (Delgado Caizaguano, 2019) en su tesis (Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales) y (Sánchez Cárdenaz, 2013) en su investigación (Vulnerabilidad Sísmica de Construcciones Patrimoniales Históricas de mampostería en Chile: Aplicación a los torreones españoles de Valdivia), quienes señalan que para reforzar una estructura patrimonial, previo al modelamiento y análisis de la edificación, es esencial realizar un levantamiento de información, apoyados de un diagnósticos de elementos, de materias y patologías para sugerir una técnica de reforzamiento. Además (Flores Salazar, y otros, 2019) en su artículo (Vulnerabilidad sísmica para la rehabilitación del patrimonio cultural. Un acercamiento teórico-institucional), menciona que para la obtención de la vulnerabilidad sísmica existen métodos o técnicas directas (tipológicos y mecánicos), indirectos, convencional y híbridos; lo cual concuerda con la investigación puesto que se debe seleccionar una metodología aplicada según las escalas de evaluación: observado, simplificado o detallado. Por lo tanto, se admite la hipótesis general, debido a que los resultados de la evaluación de daños mediante un análisis estructural cualitativo y cuantitativo influye de forma significativa a la propuesta de reforzamiento, además que tiene relación con el objetivo general de *determinar en qué medida la evaluación daños contribuye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco*, por ende, se cumplió con dicho objetivo general: *Determinar en qué medida la evaluación daños influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo -Huánuco*.
2. (Sánchez Cárdenaz, 2013) en su investigación (Vulnerabilidad Sísmica de Construcciones Patrimoniales Históricas de mampostería en Chile: Aplicación a los torreones españoles de Valdivia) señala que, para el cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica, es necesario contar con antecedentes históricos, con el apoyo de estudios de campo para contar con una información sobre su estructura, su geometría, propiedades mecánicas los materiales y del suelo. Así mismo, (Casimiro Gómez, 2016) en su tesis (Restauración arquitectónico de la casa hacienda Quicacán para su revaluación como patrimonio histórico -

turístico, paisajístico y puesta en uso sostenible, microcuenca del Distrito de Conchamarca, Departamento de Huánuco 2015 – 2025), sustenta información relevante de la edificación de la Casa Hacienda Quicacan, en cuanto a materiales, arquitectura, estado de conservación, así como, los aspectos socio-culturales; los cuales fueron tomados en cuenta en la evaluación. Por otra parte, (Mena Hernández, 2002) en su investigación (Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas) sostiene que, dentro de las metodologías de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios, basados en características generales de la estructura, las más usadas es la metodología del índice de vulnerabilidad propuesta por Benedetti y Petrini – 1984; así mismo, según (Scaletti Farina, 2007) sostiene que para una evaluación de la vulnerabilidad sísmica un poco más completo en edificios se utiliza la metodología propuesta por Hirosawa, este método incluso ha sido utilizado por países como Ecuador, México, Chile y Perú, introduciendo algunas variaciones en la metodología, de manera que se adapte a las normativas, materiales constructivos y tipologías estructurales usados en cada país. Por lo que la investigación concuerda en aplicar, este método de Benedetti – Petrini, ya que nos permite conocer a nivel global o general el índice de vulnerabilidad sísmica de la edificación; sin embargo, este método fue desarrollado en Italia, país donde por su ubicación cuenta con niveles sísmicos por debajo al del Perú; mientras que en comparación con a la propuesta de Hirosawa, método desarrollado en Japón, país con altos niveles sísmicos. En consecuencia y considerando que se entiende que todas las metodologías son aproximaciones más aun tratándose de un análisis a nivel cualitativo; se vio pertinente para el desarrollo de esta investigación apoyarnos de los valores de propiedades mecánicas y dinámicas de materiales de estudios ya realizados. Por lo tanto, es congruente con la hipótesis específica dado que es fundamental conocer la vulnerabilidad sísmica de la edificación, además tiene coherencia con el objetivo específico de *determinar en qué medida un análisis estructural cualitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco, puesto que se cumplió con dicho objetivo.*

3. (Proaño, y otros, 2007) en su artículo (Vulnerabilidad Sísmica de la Catedral de Lima) y (Carlos Zavala Toledo, 2003) en su investigación (Experiencias

Recientes De Evaluación de Edificaciones Históricas), sustentan la necesidad de realizar un modelo matemático para el análisis sísmico del edificio, basados en un análisis lineal elástico espectro de pseudos aceleraciones del código sísmico del Perú, a fin de realizar un mapeo para determinar las zonas más vulnerables de la estructura y proponer viables alternativas de reforzamiento. Además (Chacón Sánchez, y otros, 2021) en su investigación (Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta) afirman que el análisis estático lineal y pseudo dinámico son muy utilizados para verificar el comportamiento estructural en edificaciones con sistemas estructurales más resistentes que el adobe como concreto armado u estructura metálica; por ello, al tratarse sistema estructural de tierra con poca o casi nula ductilidad, proponen asumir para el factor de reducción de respuesta sísmica valores de $(1.00 \leq R < 2.00)$. Es así que, considerando todo lo mencionado tiene coherencia la importancia de un análisis lineal elástico (análisis dinámico). Además, es preciso mencionar que, si bien, la (RNE - Norma E.030, 2018) perteneciente al Diseño Sismorresistente, menciona que para estructuras de tierra nos remitimos a la Norma E.080. No obstante, el (RNE - Norma E.080, 2017) referente al Diseño y Construcción con Tierra Reforzada esta está pensado más en el diseño de nuevas estructuras, y no para estructuras patrimoniales, la norma simplifica para el diseño sísmico en estimar una fuerza horizontal equivalente en relación al peso propio de la estructura para mostrar una carga lateral sísmica mediante un método estático. Por lo cual para la investigación se vio necesario adaptar los cálculos a la norma E.030 para realizar un análisis dinámico modal espectral, considerando un valor de para el coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas igual a 1.50. Por lo consiguiente se acepta la hipótesis específica, además tiene coherencia lo descrito con el objetivo específico de *Determinar en qué medida un análisis estructural cuantitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco*, estos criterios permitieron que se cumpla con dicho objetivo.

4. (Pico Rodriguez, y otros, 2018) en su tesis titulada (Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C.), sostienen para construcciones patrimoniales de tierra

como principales técnicas de reforzamiento las siguientes: la utilización del reforzamiento con madera, el revestimiento estructural, utilizando dispositivos metálicos y vigas de coronación. Así mismo, (Kuroiwa Horiuchi, 2019) en su libro (Gestión del Riesgo de Desastres en el Siglo XXI) sostuvo que la viga collar es uno de los más efectivos elementos para reducir la vulnerabilidad sísmica. Por otra parte, (Torres Giles, 2018), en su investigación (Técnicas de Intervención para la conservación y recuperación del patrimonio chileno en tierra) considera que la aplicación refuerzo con geomalla, es compatible con el material de origen, además al estar constituidas por polímeros su durabilidad es muy alta y no presenta degradaciones en contacto con las arcillas de los adobes o revoque. Por lo tanto, coincidimos que la selección de refuerzo tiene una importancia significativa para la propuesta de reforzamiento, su selección debe realizarse en función a sus propiedades estructural y compatibilidad con el material de origen, considerando sobre todo los criterios para la Intervención técnica en un bien patrimonial según la (RNE - Norma E.080, 2017). Por lo consiguiente se acepta la hipótesis específica, además tiene coherencia con el objetivo específico de *determinar en qué medida la selección de refuerzo estructural influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco*, por ende, se cumplió con el objetivo.

5. (Escobar Chauca, y otros, 2021), en su tesis titulada (Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020) y (Condor Reyes, y otros, 2019), en su tesis titulada (Reforzamiento Estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación cultural hotel comercio “El Cordano” – Patrimonio Cultural Lima –Perú), coinciden que con el reforzamiento estructural los resultados obtenidos de esfuerzos y deformaciones (derivadas) disminuyen, obteniendo mejores resultados, con una mejor capacidad de absorción de energía, incremento la resistencia a esfuerzos de tracción y a corte. Por lo tanto, se admite la hipótesis específica además tiene coherencia con el objetivo específico de *determinar en qué medida la propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo – Huánuco*.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que, para una propuesta de reforzamiento de un edificio patrimonial, se debe realizar una evaluación de daños, para lo cual se propone una metodología simplificada, mediante dos análisis que se complementan entre sí, el primero través de un análisis cualitativo el cual nos permita tener un mejor entendimiento del estado situacional y nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación; y el segundo mediante un análisis cuantitativo el cual involucra realizar un modelamiento y análisis estructural sísmico de la edificación, de manera que contribuyan a evidenciar los puntos y elementos más vulnerables de la edificación.
2. De la investigación, podemos concluir que, el análisis estructural cualitativo influye significativamente en la evaluación de daños, permitiendo conocer la vulnerabilidad sísmica de la edificación evaluada; considerando que, a pesar de las limitaciones de no poder intervenir en el patrimonio para la toma muestras de materiales para los ensayos de laboratorios, si fue es posible realizar un eficaz nivel de detalle de evaluación estructural, solo apoyándonos de datos de estudios e investigaciones de propiedades físico – mecánicas de materiales similares que comprende la edificación, entendiendo que las metodologías de análisis estructural sísmico son aproximaciones. Incluso la norma E0.30 aplica aproximaciones intrínsecas en sus metodológicas, castigando a las estructuras al presentar alguna irregularidad y amplificando las fuerzas sísmicas para su diseño.
3. El análisis estructural cuantitativo influye significativamente en la evaluación de daños, permitiendo conocer a mayor detalle las posibles causas de los daños observados, identificando las zonas vulnerables de la edificación evaluada y analizando su comportamiento estructural; para cual, dentro del análisis dinámico, fue necesario realizar que nuestro modelamiento y análisis se adecue a la norma E.030. A pesar de que la norma E0.30 indica que para estructuras de tierra nos remitamos a la norma E0.80; sin embargo, esta norma está basado más en el diseño mas no en una evaluación, a diferencia del análisis modal espectral, para lo cual se ha considerado un factor de reducción de respuesta sísmica $R=1.5$, considerando la baja ductilidad del adobe.

4. La selección del refuerzo estructural debe estar influenciado por diversos elementos; como el diagnóstico situacional, características geométricas, arquitectónicas, materiales y experiencias de investigaciones anteriores, considerando que alteren lo mínimo posible a la integridad original de la edificación en cuanto a su carácter arquitectónico y estructural. Debido a estas consideraciones para el caso de la Casa Hacienda Quicacan, se seleccionó una propuesta de refuerzo de viga collar y reforzamiento de muros con geomallas, los cuales dieron buenos resultados en su análisis.
5. De acuerdo a los datos obtenidos del modelamiento y análisis estructural, al determinar las deformaciones y esfuerzos debido a las cargas estáticas y sísmicas en elementos estructurales de la Casa Hacienda Quicacan, en su estado actual y comparado con el comportamiento estructural de la propuesta de reforzamiento, se evidenció una reducción en las deformaciones y esfuerzos; por lo cual, se podría decir que mejoró notablemente la rigidez en muros, con una mejor distribución de esfuerzos en estos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es recomendable, tomar más conciencia por el valor cultural de los patrimonios históricos, aunque la brecha cultural es amplia, no solo se debe esperar que el Ministerio de Cultura a través de sus Institutos Culturales, sean los únicos que tomen iniciativas ante la vulnerabilidad y deterioro de estas edificaciones. Por ello, los gobiernos locales y regionales como primera línea, deben proponer proyectos culturales de restauración, conservación y de puesta en valor.
2. Si bien, el RNE menciona que, para el proceso de reforzamiento estructural, se pueden utilizar otros procedimientos y criterios diferentes a los indicados en el RNE. Se sugiere dentro del RNE se incluyan procedimientos de evaluación estructural de patrimonios, de manera que nos permita conocer el comportamiento estructural de la edificación y tener mejores criterios técnicos.
3. Si bien el adobe es un material muy estudiado y utilizado en la construcción de viviendas; se recomienda realizar más estudios sobre estructuras patrimoniales en adobe, respecto a su análisis y evaluación estructural del material, con el cual se pueda establecer parámetros según sus propiedades físico y mecánicas, de manera que puedan ser utilizados para futuros estudios.
4. Se recomienda que la normal E0.30 no se debe excluir del todo al material de adobe. Puesto que, la norma E0.30 incluye un estudio modal – espectral, así mismo considera la influencia de irregularidades en las diversas formas de vibrar de la estructura. Por lo contrario, la norma E0.80 no considera estos criterios muy importantes dentro de un análisis el comportamiento estructural.
5. Es importante que futuros estudios se enfoquen en la determinación del factor de reducción sísmica (R) en estructuras de adobe patrimoniales, dentro de la Norma E030, ya que es un valor importante dentro del proceso de análisis sísmico estructural de la edificación.
6. Se recomienda, que para la selección de refuerzo estructural se realice previamente la investigación de datos históricos del patrimonio, de características físico – mecánicas de los materiales que forman la estructura de la edificación, de manera que se proponga un adecuado tipo de refuerzo que altere lo menos posible a la integridad estructural original.

REFERENCIAS

1. **Alonso G., José Luis. 2014.** *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.* [ed.] Diseño Guayaba Digital C.A. Caracas : PAG MARKETIBG SOLUCIONES C.A., 2014.
2. **American Health Organization (PAHO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2000.** *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.* Washington D.C. : Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencias y Coordinación del Socorro en Casos de Desastres, 2000. ISBN 92 75 32304 6.
3. **Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. 2000.** *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada.* Colombia : Fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero, 2000.
4. **Bonetti Diaz, Ricardo León. 2003.** *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada.* Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2003. Vol. Capítulo 6.
5. **Carlos Zavala Toledo, Luis Vásquez Chicata, Rafael Salinas Basualdo, Ricardo Proaño Tataje, Guillermo Huaco Cárdenas. 2003.** *Experiencias Recientes De Evaluación de Edificaciones Históricas.* Iquitos : XIV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL, 2003.
6. **Casimiro Gómez, Jens Daniel. 2016.** *Restauración arquitectónica de la casa hacienda Quicacán para su revaluación como patrimonio histórico - turístico, paisajístico y puesta en uso sostenible, microcuenca del Distrito de Conchamarca, Departamento de Huánuco 2015 – 2025.* Huánuco : Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2016.
7. **Catalán Quiroz, Policarpo, y otros. 2019.** Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio. [En línea] 2019. <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v29/2007-9621-au-29-e1861.pdf>.
8. **Chacón Sánchez, Juan Pablo, y otros. 2021.** *Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta.* Quito : Revista Politécnica, 2021. Vol. 47. ISSN 1390-0129.
9. **Comisión de Cultura y Patrimonio Cultural. 2021.** *Ley 6242/2020-CR, 4593/2018-CR y 6845/2020-CR, que con texto sustitutorio, propone "Ley que declara de interés nacional y necesidad pública la protección, restauración, investigación, conservación de bienes históricos de Ambo y Huánuco.* Lima : Congreso de la República, 2021. Periodo Legislativo 2020-2021.

10. **CONCYTEC. 2020.** *Guía práctica para la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo (I+D).* s.l. : Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica , 2020.
11. **Condor Reyes, Eddy Boncris y Molina Gomez, Gerardo. 2019.** *Reforzamiento Estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación Cultural Hotel Comercio “El Cordano” – Patrimonio Cultural Lima –Perú.* Lima : Universidad de San Martín de Porres, 2019.
12. **De la Torre Rangel, O., y otros. 2004.** *Evaluación Estructural y Comportamiento de las Reparaciones Efectuadas a Edificaciones Históricas.* Mexico : Revista de Ingeniería Sísmica, 2004. págs. 1-26. ISSN: 0185-092X.
13. **Delgado Caizaguano, Enma Luzmila. 2019.** *Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales.* Universidad Nacional de Chimborazo - UNACH, Riobamba, Ecuador : Universidad Nacional de Chimborazo, 2019.
14. **Escobar Chauca Bening Junior, Rivera Chambi Elisban. 2021.** *“Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020”.* Callao : Universidad Cesar Vallejo, 2021.
15. **Escobar Chauca, Bening Junior y Rivera Chambi, Elisban. 2021.** *“Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020”.* Callao : Universidad Cesar Vallejo, 2021.
16. **Espinoza Cotrina, Gabriel. 2020.** *Vulnerabilidad Sísmica a través del método Misaya Hirosawa en el edificio municipal de San Miguel-Lima-2020.* Lima : Universidad Cesar vallejo, 2020.
17. **FEMA. 2015.** *Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards: A Handbook.* Washington, D.C. California : nehrp, 2015.
18. **Fernandez, Yhosimi Washington Esquivel. 2009.** *Sistemas de refuerzo estructural en monumentos históricos de la Región Cusco.* Lima : PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2009.
19. **Flores Salazar, Luis Gerardo y Miguel Ferreira, Tiago. 2019.** *Vulnerabilidad sísmica para la rehabilitación del patrimonio cultural. Un acercamiento teórico-institucional.* México : Gremium®, 2019. Vol. 6. ISSN 2007-8773.
20. **Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar.** *Metodología de la Investigación.* México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

21. **Kuroiwa Horiuchi, Julio. 2019.** *Gestión del Riesgo de Desastres en el Siglo XXI.* Lima : NSG SAC, 2019. pág. 223. 2019-06140.
22. —. **2005.** *Reduccion de desastres.* Lima : Asociacion Editorial Bruño, 2005. 1150150500194.
23. **Maldonado Rondon, Esperanza y Chio Cho, Gustavo. 2009.** *Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra.* Barranquilla, Colombia : Universidad del Norte, 2009.
24. **Meli, Roberto. 1998.** *Ingenieria Estructural de los Edificios Historicos.* Mexico : Fundacion ICA, 1998. 03810.
25. **Mena Hernández, Ulises. 2002.** *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas.* Barcelona : Universidad Politécnica de Cataluña, 2002. Vol. Capitulo 3: Indice de Vulnerabilidad Sismica.
26. **Mesta Cornetero, Carlos Augusto. 2014.** *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones Comunes en la Ciudad de Pimentel.* Chiclayo : Universidad de San Martin de Porres, 2014.
27. **Ministerio de Cultura. 2007.** *Ley General del Patrimonio Cultural de la Nacion 28296 y su reglamento.* [ed.] Instituto Nacional de Cultura. Lima : Diario El Peruano, 2007.
28. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS. 2014.** *Fichas para la reparación de viviendas de adobe.* Lima : Direccion de la Construccion, 2014.
29. **Moscoso Alcantara, Edisson Alberto. 2021.** *Instituto CCIP.* [En línea] 9 de marzo de 2021.
https://www.youtube.com/watch?v=H1dFHP3_F6I&t=628s&ab_channel=InstitutoCCIP.
30. **Pico Rodriguez, Clara Milena y Ruiz Tulande, Candy Katherine. 2018.** *Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia : Universidad Distrital Francisco Jodes de Caldas, 2018.
31. **Proaño, Ricardo, y otros. 2007.** *Vulnerabilidad Sismica de la Catedral de Lima.* Lima : CAP-Lima, 2007. Investigacione del CISMID, FIC-UNI.
32. **Ramos, Luis F. y Lourenço, Paulo B. 2005.** *Seismic Analysis of a Heritage Building Compound in the Old Town of Lisbon.* Lisboa : 250TH ANNIVERSARY OF THE 1755 LISBON EARTHQUAKE, 2005.
33. **Rivera Torres, Juan Carlos y Muñoz Díaz, Edgar Eduardo. 2005.** *Caracterización estructural de materiales de sistemas constructivos en tierra.* Bogota : CR3.1, 2005. Vol. 5.

34. **RNE - Norma E.020. 2006.** *Cargas.* [ed.] El Peruano. Lima : Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.
35. **RNE - Norma E.030. 2018.** *Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Lima : El Peruano, 2018. pág. 32, Normas Legales.
36. **RNE - Norma E.080. 2017.** *Diseño y construcción con tierra reforzada .* [ed.] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - MVCS. Lima : Diario El Peruano, 2017.
37. **Samanez Argumedo, Roberto. 1983.** *La restauración de estructuras de adobe en los monumentos históricos de la región andina del Perú : tecnología apropiada en la conservación del patrimonio cultural.* Lima : Oficina de Asuntos Culturales de COFIDE, 1983. 88-B11005.
38. **Sánchez Cárdenaz, María Inés. 2013.** *Vulnerabilidad Sísmica de Construcciones Patrimoniales Históricas de mampostería en Chile: Aplicación a los torreones españoles de Valdivia.* Valdivia : Universidad Austral de Chile, 2013.
39. **Scaletti Farina, Hugo. 2007.** *Evaluación de Estructura de Adobe.* Lima : CISMID-FIC-UNI, 2007. Diapositivas.
40. **Solís, M., y otros. 2015.** *Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas.* Lima : Informes de la Construcción, 2015. Vol. 67. 0020-0883.
41. **Torrealva, Daniel. 2012.** *Seismic Design Criteria for Adobe Buildings Reinforced with Geogrids.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), 2012. pág. 06.
42. **Torres Giles, Claudia. 2018.** *Técnicas de Intervención para la conservación y recuperación del patrimonio chileno en tierra.* s.l. : Universidad de Chile, 2018. Informes de la Construcción. Tópico 4 N° 15.
43. **Tucto Asencio, Juan Denis. 2018.** *Evaluación del riesgo sísmico utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca.* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.
44. **Vargas Mamani, Rony Bladimir. 2021.** *Vulnerabilidad sísmica para una propuesta de reforzamiento estructural del templo de San Felipe de Caracoto-San Roman-Puno, 2021.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2021.

ANEXOS

Anexo 1 - Matriz de consistencia

Tabla 18: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EVALUACIÓN DE DAÑOS Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MÓDULO DE LA CASA HACIENDA QUICACAN, CONCHAMARCA, AMBO, HUÁNUCO - 2021
AUTOR: Bach. Salazar Ambicho Dennis Willy

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PG: ¿En qué medida la evaluación daños permite realizar la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco?	OG: Determinar en qué medida la evaluación daños influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco	HG: La evaluación daños influye significativamente en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.	INDEPENDIENTE Evaluación de Daños Estructurales	1. Análisis Estructural Cualitativo. 2. Análisis Estructural Cuantitativo.	- Características Estructurales - Diagnóstico de daños - Vulnerabilidad Sísmica - Análisis estático y dinámico - Esfuerzos - Desplazamientos	Enfoque: Cuantitativo Tipo de Investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Descriptivo/Correlacional
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	Diseño de Investigación: No Experimental - Transversal
PE1: ¿En qué medida un análisis estructural cualitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco?	OE1: Determinar en qué medida un análisis estructural cualitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.	HE1: Un análisis estructural cualitativo influye significativamente en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.	DEPENDIENTE Propuesta de Reforzamiento Estructural	1. Selección de Refuerzo	- Configuración Geométrica del patrimonio - Características técnicas del patrimonio. - Tipo de Refuerzo	
PE2: ¿En qué medida un análisis estructural cuantitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco?	OE2: Determinar en qué medida un análisis estructural cuantitativo influye en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.	HE2: Un análisis estructural cuantitativo influye significativamente en la evaluación de daños de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.		2. Comportamiento Estructural de Reforzamiento	- Criterio de Estructuración - Disminución de Desplazamiento - Análisis Sísmico	
PE3: ¿En qué medida la selección de refuerzo estructural influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco?	OE3: Determinar en qué medida la selección de refuerzo estructural influye en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.	HE3: La selección de refuerzo estructural influye significativamente en la propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.		3. Representación Gráfica del Proyecto	- Planos Estructurales	
PE4: ¿En qué medida la propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco?	OE4: Determinar en qué medida la propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.	HE4: La propuesta de reforzamiento estructural reduce los desplazamientos y máximos esfuerzos sísmicos de un módulo de la Casa Hacienda Quicacán, Conchamarca, Ambo - Huánuco.				

Anexo 2 - Matriz de operacionalización de variables

Tabla 19: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: EVALUACIÓN DE DAÑOS Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MÓDULO DE LA CASA HACIENDA QUICACAN, CONCHAMARCA, AMBO, HUÁNUCO - 2021

AUTOR: Bach. Salazar Ambicho Dennis Willy

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Evaluación de Daños Estructurales	Proceso que consiste en determinar la vulnerabilidad sísmica de una estructura, verificando estado actual de la edificación a nivel estructural, mediante un proceso de análisis cualitativo y cuantitativo.	Es analizar las fuerzas internas y de resistencia que tienen los elementos estructurales ante las cargas de servicio y sísmicas. Para evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación se requiere utilizar metodologías y normas de diseño sismorresistente.	Análisis Estructural Cualitativo.	<ul style="list-style-type: none"> - Características Técnicas y Estructurales - Deterioro de la Edificación. - Vulnerabilidad Sísmica a Nivel Global - Vulnerabilidad Sísmica a Nivel de Detalle Parcial 	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de Recolección de Datos - Hoja de Cálculo de Vulnerabilidad Sísmica. (Excel) 	Ordinal, Nominal De Razón
			Análisis Estructural Cuantitativo.	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis Estático - Análisis Dinámico - Desplazamientos - Deformaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de Recolección de Datos - Software: Sap2000 v19.0 	De Razón (kg/cm2, m)
DEPENDIENTE Propuesta de Reforzamiento Estructural	Proceso ingenieril que tiene el propósito de mejorar el comportamiento de una estructura para que aumente su capacidad original, mejore su estructuración y/o cuente con elementos añadidos que reduzcan la demanda sísmica.	El reforzamiento estructural produce un incremento de capacidad estructural. Para lo cual se requiere seleccionará el tipo de refuerzo para intervención acorde a las características técnicas del patrimonio y verificar el comportamiento estructural del refuerzo (Soporte antiguo + Refuerzo).	Selección de Refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración Geométrica del patrimonio - Características técnicas del patrimonio. - Tipo de Refuerzo a utilizar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Software: AutoCad - Ficha de Recolección de Datos 	Ordinal, Nominal
			Comportamiento Estructural de Reforzamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Criterio de Estructuración - Disminución de Desplazamiento - Análisis Sísmico 	<ul style="list-style-type: none"> - Software: Sap2000 v19.0 	De Razón
			Representación Gráfica del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Planos Estructurales 	<ul style="list-style-type: none"> - Software: AutoCad 	De Razón (m)

**Anexo 3 - Ficha de Recolección de datos de campo para Evaluación de
Daños en Edificio Patrimonial**

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICIOS PATRIMONIALES

EVALUADOR: FECHA

Llenar con letra de imprenta y marcar con X lo que corresponda

1. INFORMACIÓN GENERAL **MODULO EVALUADO**

1.1 DATOS GENERALES

Nombre del Inmueble

Ubicación

Tipo de Uso
 Vivienda Oficina Educación Comercio Reunión | Cultural Educación Iglesia
 Otro

Tipo de Suelo
 Roca Dura Suelo Muy Rígido Suelo intermedio Suelo blando Suelo Pobre Suelo suave

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

2.1 CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN PLANTA

ESQUEMA EN PLANTA – 1ER NIVEL

2.2 ANTIGÜEDAD DE LA EDIFICACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

PISO NIVEL	AÑO DE LA CONSTRUCCIÓN	ESTADO DE CONSERVACIÓN			
		MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO

2.3 DATOS TÉCNICOS DE ELEMENTOS

Cimientos

Nivel	Tipo	Cantidad	Ancho	Largo	Altura	Material

Muros

Nivel	Tipo	Cantidad	Ancho	Largo	Altura	Material

Columnas

Nivel	Tipo	Cantidad	Ancho	Largo	Altura	Material

Vigas

Nivel	Tipo	Cantidad	Ancho	Largo	Altura	Material

Techos

Nivel	Tipo	Cantidad	Ancho	Largo	Altura	Material

Observaciones

3.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

<input type="checkbox"/> CONCRETO ARMADO	<input type="checkbox"/> ALBAÑILERÍA	<input type="checkbox"/> ACERO	<input type="checkbox"/> MADERA		
Estructura	Estructural	Tipo de Bloque	Estructura	Uniones	Estructura
Pórticos	Simple	Cerámico	Marcos Arriostrados	Soldadas	Marcos de Madera
Muros	Confinada	Hormigón	Marcos Rígidos	Apernadas	Muros de Madera
Dual	Armada	Adobe		Mixtos	Quincha
	Contrafuertes	Piedra			
		Otro			

NOTA: Cuando es un Sistema Mixto se evaluará el más CRÍTICO

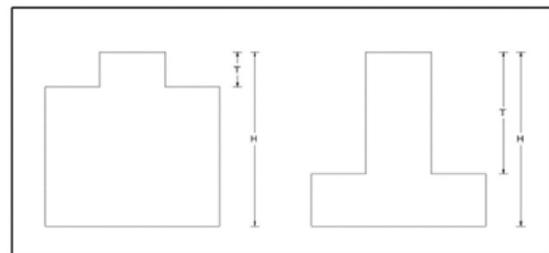
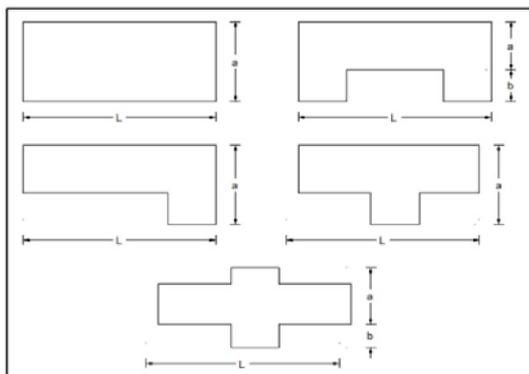
3. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES:

3.1 VERIFICACIÓN RÁPIDA DE PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Datos obtenidos por el Método de Benedetti – Petrini, para estructuras de mampostería de Above

Marcar con X en la clase que corresponda

PARÁMETRO	CLASE	ELEMENTOS VERIFICADOS
1 ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	A	Cumple la NTE E.080, presenta elementos de arriostres, adecuada distribución de muros y regularidad.
	B	No presenta una de las características de la clase A
	C	No presenta dos de las características de la clase A
	D	No presenta ninguna de las características de la clase A
2 CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	A	Adobe de buena resistencia y calidad, presencia de un buen amarre entre unidades, mortero con espesor adecuado en la mayoría de juntas continuas y homogénea.
	B	No presenta una de las características de la clase A
	C	No presenta dos de las características de la clase A
	D	No presenta ninguna de las características de la clase A
3 RESISTENCIA CONVENCIONAL	A	$DD < 0.50$
	B	$0.50 \leq DD < 1.0$
	C	$1.0 \leq DD < 1.5$
	D	$DD \geq 0.50$
4 POSICIÓN DEL EDIFICIO Y DE LA CIMENTACIÓN	A	Cimentación según la NTE E.080, sin presencia de humedad o sales, en buen estado de conservación
	B	No presenta una de las características de la clase A
	C	No presenta dos de las características de la clase A
	D	No presenta ninguna de las características de la clase A
5 DIAFRAGMAS HORIZONTALES	A	Ausencia de desniveles, buena conexión entre muros y el diafragma, con deformaciones insignificantes.
	B	No presenta una de las características de la clase A
	C	No presenta dos de las características de la clase A
	D	No presenta ninguna de las características de la clase A
6 CONFIGURACIÓN EN PLANTA	A	Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
	B	Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
	C	Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
	D	Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$
7 CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	A	Edificio con $RL < 10\%$
	B	Edificio con $10\% \leq RL < 20\%$.
	C	Edificio con $20\% \leq RL < 50\%$. Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes
	D	Edificio con $RL > 50\%$. Presenta irregularidades de piso blando.
8 DISTANCIA MÁXIMA ENTRE LOS MUROS	A	Edificio con $L/S < 4.7$
	B	Edificio con $4.7 \leq L/S < 5.6$
	C	Edificio con $5.6 \leq L/S < 7.8$
	D	Edificio con $L/S \geq 7.8$
9 TIPO DE CUBIERTA	A	Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano.
	B	Cubierta inestable de material teja y en buenas condiciones.
	C	Cubierta inestable de material de teja en malas condiciones.
	D	Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.
10 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	A	Edificación que no contenga elementos no estructurales o estén correctamente conectados al sistema resistente.
	B	Edificación con balcones, parapetos, tanques de agua, u otro elemento no estructural conectadas al sistema.
	C	Edificación con balcones, parapetos, tanques de agua, u otro elemento no estructural mal conectado al sistema resistente o deteriorados debido a su antigüedad.
	D	Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo mal conectado a la estructura, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico.
11 ESTADO DE CONSERVACIÓN	A	Edificación en buenas condiciones, sin fisuras visibles.
	B	Edificación que no presenta fisuras, pero cuyos componentes están levemente deteriorados.
	C	Edificación que presenta fisuras y cuyos componentes estructurales están deteriorados.
	D	Edificación con fuertes deterioro en muros y sus componentes.



Configuración en Planta

$$\beta_1 = \frac{a}{L}; \beta_2 = \frac{b}{L}$$

Configuración en Elevación

$$RL = \frac{H - T}{H}$$

4. DETERIORO DE LA EDIFICACIÓN

4.1 PROBLEMAS ESTRUCTURALES

Llenar SOLO cuando se evidencie las irregularidades o problemas, donde corresponda

Irregularidad en planta		Irregularidad en elevación	
<input type="checkbox"/> Asimétrico (efectos de torsión)	<input type="checkbox"/> Planta Baja Flexible	<input type="checkbox"/> Lugar Inclinado con apoyos a diferente nivel (laderas)	
<input type="checkbox"/> Aberturas en planta >20% (área o longitud)	<input type="checkbox"/> Marcos o muros no llegan a la cimentación	<input type="checkbox"/> Sistemas de entresijos inclinados	
<input type="checkbox"/> Longitud de entranques/salientes >20%	<input type="checkbox"/> Columnas cortas	<input type="checkbox"/> Grandes masas en pisos superiores	
<input type="checkbox"/> Diafragmas abiertos con aperturas > 50%	<input type="checkbox"/> Reducción de la planta en pisos superiores	<input type="checkbox"/> Arreglo irregular de ventanas en fachada	
<input type="checkbox"/> Sistema no Paralelos	<input type="checkbox"/> Irregularidad Geométrica Vertical		
Otras fuentes de vulnerabilidad			
<input type="checkbox"/> Conexión excéntrica viga - columna	<input type="checkbox"/> Columna débil – viga fuerte		
<input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas	<input type="checkbox"/> Un elemento resiste mas del 35% del sismo		
Problemas geotécnicos		Estructura	
<input type="checkbox"/> Grietas en el terreno	<input type="checkbox"/> Columna débil – viga fuerte	<input type="checkbox"/> Colapso total	Ancho de Grieta o Fisura _____ mm
<input type="checkbox"/> Hundimientos diferenciales	<input type="checkbox"/> Hundimiento (-) o emersión (+) general: _____ cm	<input type="checkbox"/> Colapso Parcial	<input type="checkbox"/> Elementos Estructurales
<input type="checkbox"/> Socavación o Erosión	<input type="checkbox"/> Inclinación del edificio: _____ %		<input type="checkbox"/> Muro
			<input type="checkbox"/> Techo
			<input type="checkbox"/> Sección del edificio _____ %

4.2 ÍNDICE DEL DETERIORO DE LA EDIFICACIÓN

Datos obtenidos por el Método de Hirosawa

Deformación permanente (T1)	T1	NUMERO DE PISOS O NIVELES			
		1°	2°	3°	4°
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial	0.7				
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9				
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9				
Tiene visibles deformaciones de vigas o columnas.	0.9				
No presenta signos de deformación.	1.0				

Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	T2	NUMERO DE PISOS O NIVELES			
		1°	2°	3°	4°
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8				
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9				
Presenta grietas visibles en muros.	0.9				
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9				
Nada de lo anterior.	1.0				

Incendio (T3)	T3	NUMERO DE PISOS O NIVELES			
		1°	2°	3°	4°
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado.	0.7				
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8				
No ha experimentado incendio.	1.0				

Uso del cuerpo o bloque (T4)	T4	NUMERO DE PISOS O NIVELES			
		1°	2°	3°	4°
Almacena sustancias químicas.	0.8				
No contiene sustancias químicas.	1.0				

Tipo de daño estructural (T5)	T5	NUMERO DE PISOS O NIVELES			
		1°	2°	3°	4°
Presenta daño estructural grave.	0.8				
Presenta daño estructural fuerte.	0.9				
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0				

Anexo 4 - Validación de los Instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Apellidos y Nombres del Experto	ROMEL CORDOVA SHEDAN
1.2. Institución donde labora	CONSULTOR DE OBRA INDEPENDIENTE
1.3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación	Ficha de Recolección de datos de campo para Evaluación de Daños en Edificio Patrimonial
1.4. Autor del Instrumento	Bach. Dennis Willy Salazar Ambicho
1.4. Título de Investigación	Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la casa hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco - 2021

2. ASPECTOS DE VALIDACION

Llenar con letra de imprenta y marcar con X, lo que corresponda

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				DEFICIENTE		MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	CLARIDAD									X				
2	OBJETIVIDAD										X			
3	ACTUALIDAD									X				
4	ORGANIZACIÓN										X			
5	SUFICIENCIA											X		
6	INTENCIONALIDAD												X	
7	CONSISTENCIA												X	
8	COHERENCIA											X		
9	METODOLOGÍA												X	
10	PERTINENCIA												X	

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN


 Romel Cordova Shedan
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 133310

Experto : Mg. Romel Córdova Shedan
 DNI : 41378638

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Apellidos y Nombres del Experto	ROMER IVAN LOVON DAVILA
1.2. Institución donde labora	UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
1.3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación	Ficha de Recolección de datos de campo para Evaluación de Daños en Edificio Patrimonial
1.4. Autor del Instrumento	Bach. Dennis Willy Salazar Ambicho
1.4. Título de Investigación	Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la casa hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco - 2021

2. ASPECTOS DE VALIDACION

Llenar con letra de imprenta y marcar con X, lo que corresponda

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				DEFICIENTE		MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	CLARIDAD								X					
2	OBJETIVIDAD									X				
3	ACTUALIDAD								X					
4	ORGANIZACIÓN											X		
5	SUFICIENCIA												X	
6	INTENCIONALIDAD										X			
7	CONSISTENCIA												X	
8	COHERENCIA											X		
9	METODOLOGÍA											X		
10	PERTINENCIA											X		

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN 86.5

R.L.P.

Romer Iván Lovón Dávila
 DOCTOR EN INGENIERIA CIVIL
 Reg. C.I.P N° 80180

Experto : Mg. Romer Iván Lovón Dávila
 DNI : 40159757

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1. INFORMACIÓN GENERAL	
1.1. Apellidos y Nombres del Experto	MG. RICARDO MARTIN CHÁVEZ ASENCIO
1.2. Institución donde labora	Universidad Nacional Hermilio Valdizan
1.3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación	Ficha de Recolección de datos de campo para Evaluación de Daños en Edificio Patrimonial
1.4. Autor del Instrumento	Bach. Dennis Willy Salazar Ambicho
1.4. Título de Investigación	Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la casa hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco - 2021

2. ASPECTOS DE VALIDACION

Llenar con letra de imprenta y marcar con X, lo que corresponda

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE				DEFICIENTE		MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	CLARIDAD	Esta fórmula con lenguaje apropiado y comprensible.								X				
2	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos							X					
3	ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia inherente a las variables y adecuado a los objetivos								X				
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre la operacional y conceptual respecto a las variables.									X			
5	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X			
6	INTENCIONALIDAD	Esta de acuerdo para valorar las variables de la hipótesis.										X		
7	CONSISTENCIA	La información que recoja a través de los ítems del instrumento.											X	
8	COHERENCIA	Existe coherencia entre con los indicadores de cada dimensión de las variables.										X		
9	METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuesto responden al propósito de la investigación.											X	
10	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y el método científico.										X		

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN 85.5



Ing. Ricardo Martin Chavez Asencio
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 37141

Experto : Mg. Ricardo Martin Chávez Asencio
DNI : 26632498

**Anexo 5 - Memoria Descriptiva y Panel Fotográfico de la Casa Hacienda
Quicacan**

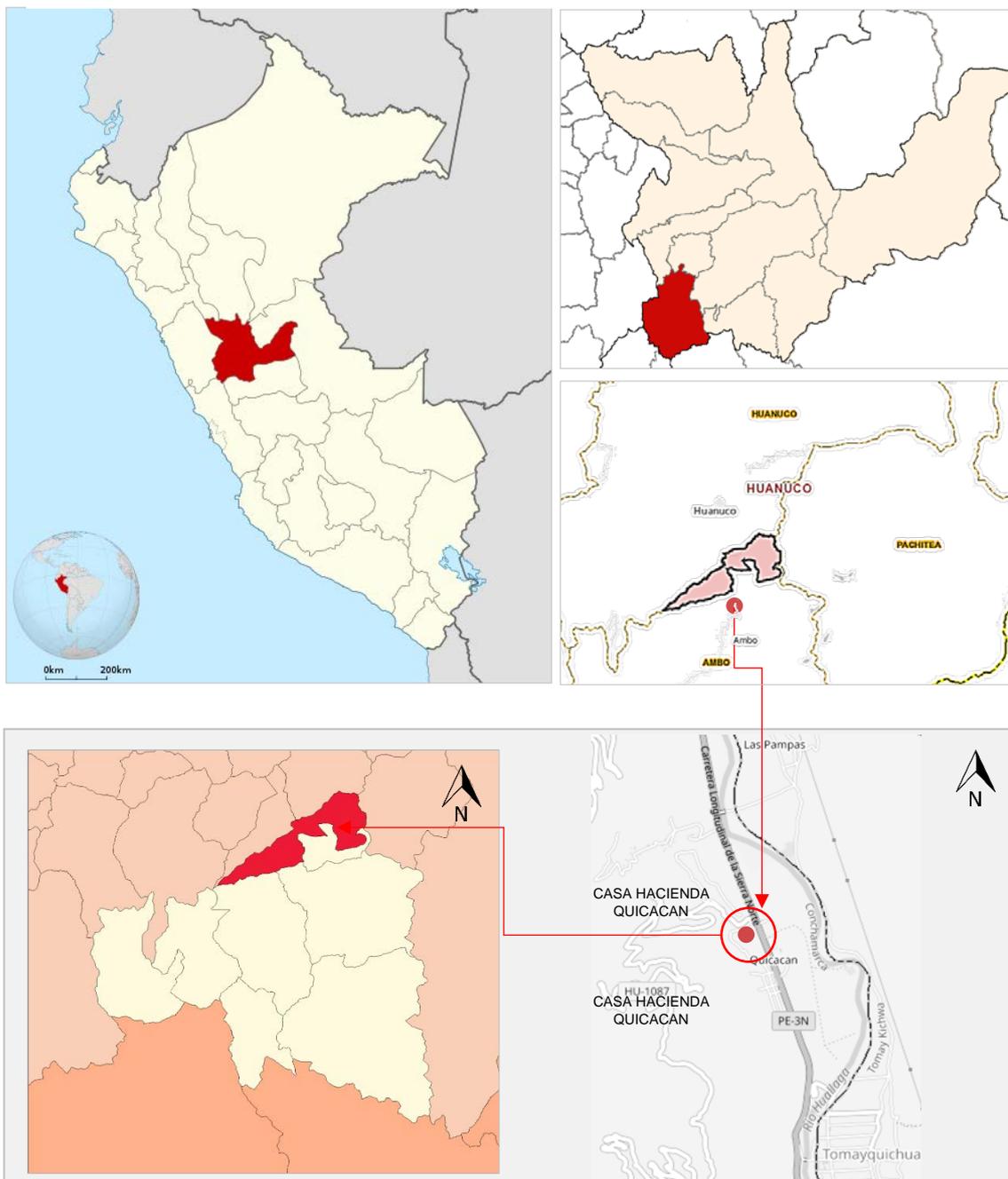
MEMORIA DESCRIPTIVA

Nombre del Monumento Histórico

Casa Hacienda Quicacan, distrito de Conchamarca - Ambo –Huánuco.

Ubicación

Figura 14: Mapa de Ubicación geográfica



Fuente: INGEMMET- MAPA UBICACIÓN MAPS

La Casa hacienda se Ubica a 13 Km. de la ciudad de Huánuco, margen derecha de la carretera Huánuco – Lima

Distrito : Conchamarca

Provincia : Ambo

Región : Huánuco

Figura 16: Ubicación de la Casa Hacienda Quicacan



Fuente: Elaboración propia con ayuda del SIGRID

Uso.

El tipo de arquitectura es civil doméstico y religiosa construida en el siglo XVII. En la parte frontal de la casa hacienda existe un cañaveral y un trapiche donde se elabora el aguardiente de caña de azúcar, licor típico de la sierra.

Área del Terreno.

El terreno, se encuentra inscrito en registro Públicos con la Partida P.E. 11013667 y su código de referencia catastral en: COD_CATASTRAL:8_365885_114024 (Área Reservada) y cuenta con área de 42 377,00 m².

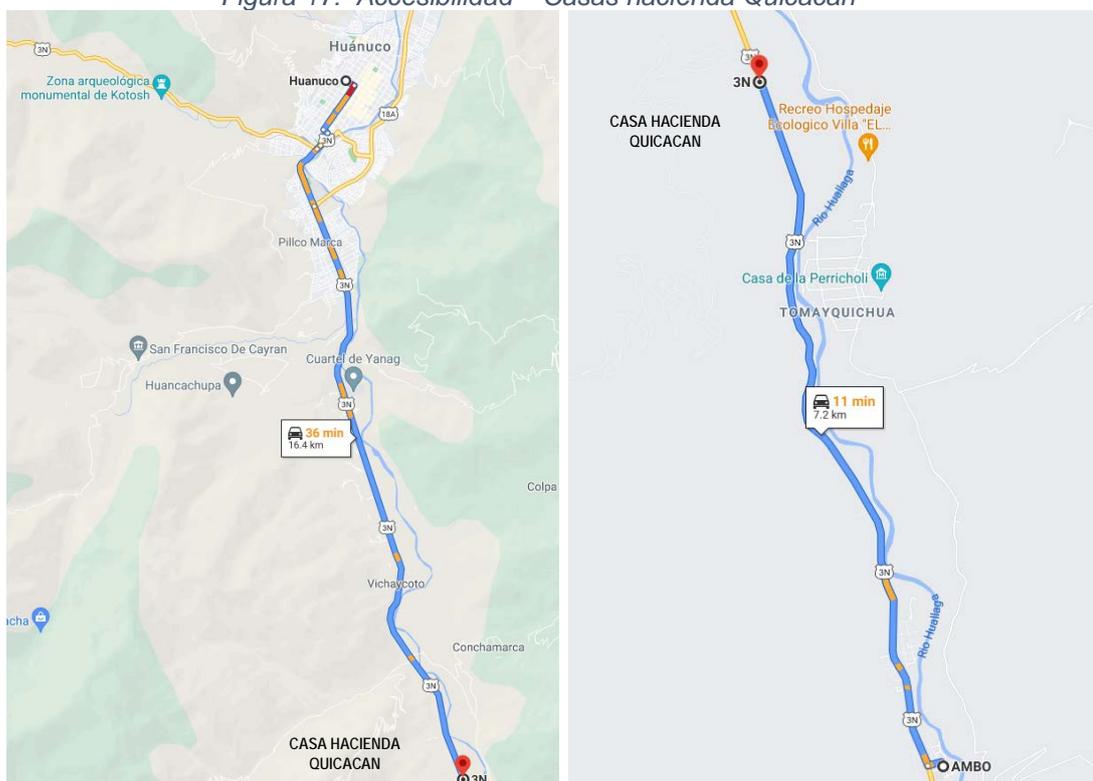
Área construida.

El área de intervención es de 2 997,62 m². Con un perímetro de 773.88 ml.

Categoría del Inmueble: Es declarado como Monumento Integrante del Patrimonio Cultural de la Nación, mediante Resolución directoral nacional N° 227/INC del 19 de marzo del 2004.

Accesibilidad: El acceso para llegar a al La Hacienda de Quicacan se encuentra ubicada a una altitud de 2000 m.s.n.m. se ubica a 13 Km. de la ciudad de Huánuco, margen derecha de la carretera Huánuco – Lima en un terreno con pendiente, su acceso es a través de la carretera Huánuco – Lima.

Figura 17: Accesibilidad – Casas hacienda Quicacan



Fuente: Google MAP

Tabla 20: Ruta de acceso a la Casa Hacienda Quicacan

DE	A	DIST. (KM)	TIEMPO Horas	TIPO DE VÍA	MEDIO DE TRANSPORTE
Ciudad de Huánuco	Casa Hacienda	16.4 km	36 min	Asfaltado y Afirmado	Autos, Camionetas, Ómnibus.
Ciudad de Ambo	Casa Hacienda	7.2 km	11 min	Asfaltado y Afirmado	Autos, Camionetas, Ómnibus.

Fuente: Elaboración Propia con datos de Google MAP

Breve Historia de la Casa hacienda de Quicacan

La Hacienda Quicacán fue edificada en el siglo XVIII, según el testimonio de los lugareños que son nietos, bisnietos y tataranietos de los que fueron trabajadores de la casa hacienda. La hacienda Quicacán fue asumida en propiedad por el cierto español en los primeros años del siglo XVIII, en que aparece como propietarios los curas de la orden mercedaria.

Podemos decir que la Casa Hacienda Quicacán se remonta a dos etapas importantes primero con la llegada de la orden mercedaria y su arribo a diferentes cumbre y valles del interior del Perú para luego inmediatamente realizar la construcción de la infraestructura.

Dentro de su interior conserva mobiliarios de esa época, tiene un gran patio rodeado de arcos, una capilla con su campanario y catacumbas. En sus inicios funcionó como convento franciscano, en su interior cuenta con una Capilla y Altar de estilo Neoclásico. Su composición con arcos de medio punto, nos permite identificar características de la arquitectura colonial, sus ambientes fueron usados por revolucionarios quienes después de la batalla del Arco Puncu (Ambo) utilizaron dichos ambientes durante algún tiempo.

A mediados del siglo XVIII es transferida la propiedad y sus habitantes nativos, a los jesuitas. Al producirse la independencia llega a Huánuco el libertador Simón Bolívar, quien, crea el colegio de Minería, ahora Gran Unidad Escolar Leoncio Prado Gutiérrez. Para asegurar su adecuado funcionamiento al recién creado organismo educativo, el libertador dispuso que todas las Haciendas del Valle del Huallaga Contiguas, pasen a propiedad del colegio de Minería, incluida la Hacienda Quicacán. El Colegio entrega en alquiler las tierras asignadas. En 1890 la familia Dyer, considerando que estaban en posesión 30 años, es declarada judicialmente propietaria de la hacienda. Los herederos transfieren la propiedad a Luis Duran, ex presidente de la cámara de Diputados durante el gobierno de Guillermo Billingurst.

Entre 1890 y 1938 fue de propiedad de Guillermo Durand Fernández Maldonado, potenciándose la producción de caña de azúcar, teniendo como principal fuente de trabajo a negros traídos de la costa y gente de la zona. Este personaje fue nieto del héroe Juan José Crespo Castillo quien encabeza la revolución de 1812.

Así mismo en este inmueble vivió, naciendo en dicho lugar uno de sus hijos Don Guillermo Durand Flores "Padre de la Archivística Nacional". En el año 1939 el inmueble fue adquirido por Rolin Thorne,

El 3 de junio de 1974, se inició el proceso de expropiación de los predios de Quicacán, Huancahuasi, Oyoncauri, en el distrito de Ambo y el predio Mitotambo,

cuando el gobierno de entonces implementa el programa nacional de reforma agraria. El estado inicia la demanda de expropiación ante el juez de tierras mediante el expediente 298 de 1976. El 19 de Julio de 1976, dando el cumplimiento al proceso de reforma agraria se emite el Decreto Supremo 159-74, en que dispone el juzgado la primera acta de ministración de posesión de los predios afectados de Quicacán, Huancahuasi, Oyoncauri y Mitotambo, a fin de que se efectuó la traslación de dominio de estas tierras a nombre del Ministerio de Agricultura. En 1977, por impulso del Estado y los reclamos de los campesinos, se constituye la Cooperativa Agraria de Producción Quicacán, Distrito de Tomayquichua, Provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

El 28 de noviembre de 1979, por resolución directoral 315-79 se clasifica a 69 campesinos como beneficiarios de la ley de reforma agraria de los predios mencionados. Pero no son aún los propietarios. Con la resolución 53, del 30 de octubre del 2003 con la que se inscribe los predios de Quicacán, Huancahuasi y Oyoncauri a nombre de la ex dirección general de reforma agraria y asentamiento rural, después de 30 años, la propiedad de las tierras que estaba a nombre de Jorge Rolling Thorne S.A., pasan al ministerio de agricultura, Registros públicos lo inscrito en su respectiva partidas de números 11013667; 11013668 y 02013461, como propiedad de la Reforma Agraria y Asentamiento Rural del Ministerio de Agricultura, con fecha 6 de mayo del 2005. Actualmente la Dirección Regional de Agricultura (DRA) del Gobierno Regional de Huánuco reconoció como beneficiarios de la Reforma Agraria del predio "Quicacán" a la Cooperativa Agraria de Producción Quicacán Ltda. N° 11 (2-VII). Está conformada únicamente por 69 miembros, donde resaltan el señor Alberto Melanio Velásquez Rosales (presidente), Juan Velásquez Huasco (secretario del Consejo de Administración), Justo Palomino Gallardo (gerente de la cooperativa).

La Casa Hacienda encierra un pasado histórico de participación importante a lo largo de la formación social, económica y administrativa del departamento de Huánuco, ya que era la una de las Haciendas más influyentes dentro del Territorio de Huánuco, La Casa Hacienda a su vez fue Importante en la Época Colonial, Republicana y en la Gran Reforma Agraria en los años 70s. paso como propiedad de los ex trabajadores de la Casa Hacienda Quicacan cuando fue propietario Jorge Thorne Larabury hasta el año 2001 en que se retira definitivamente de la casa por una orden judicial.

En 2006 a causas del litigio que existe entre la cooperativa agraria Quicacán y el Ministerio de Agricultura se ordena a la cooperativa a no hacer uso de las instalaciones de la casa Hacienda, y desde entonces la casa hacienda se encuentra en estado de abandono.

Con respecto a los bienes muebles que componen la casa hacienda, estas son muy pocas en realidad, según las personas que cuidan la casa, mencionan que

éstas han sido robadas en el transcurso del año 1982, año en que se retiró de manera definitiva el último hacendado.

Distribución General Arquitectónica

Según (Casimiro Gómez, 2016). La Casa Hacienda consta de Siete Módulos o Volúmenes:

Módulo A - Recibo y terraza de casa hacienda: Este módulo presenta 2 niveles: El Primer piso cuenta con 5 ambientes. El segundo piso era utilizado a manera de Torre de Vigilancia posteriormente como Terraza. Cabe mencionar que la galería y demás ambientes aún se vienen utilizando en la actualidad por el regular estado de conservación que presenta

Módulo B – Casa del Hacendado: El módulo presenta 2 niveles: El Primer nivel es un semi sótano con 04 espacios muy amplios que se asume fue utilizado como depósito exclusivo del hacendado. El segundo piso. El segundo nivel consta de 15 espacios. En esta edificación resalta el ambiente de galerías con arcos de medio puntos.

Módulo C – Habitaciones para Huéspedes del hacendado, el módulo en cuestión posee 2 niveles, El Primer nivel con 1214.56 m². De área construida y El Segundo nivel abarca un área construida de 311.67 m². Dentro de los espacios destacan La Capilla, El cuarto Funerario de los Hacendados, y la galería por donde se accede a la capilla.

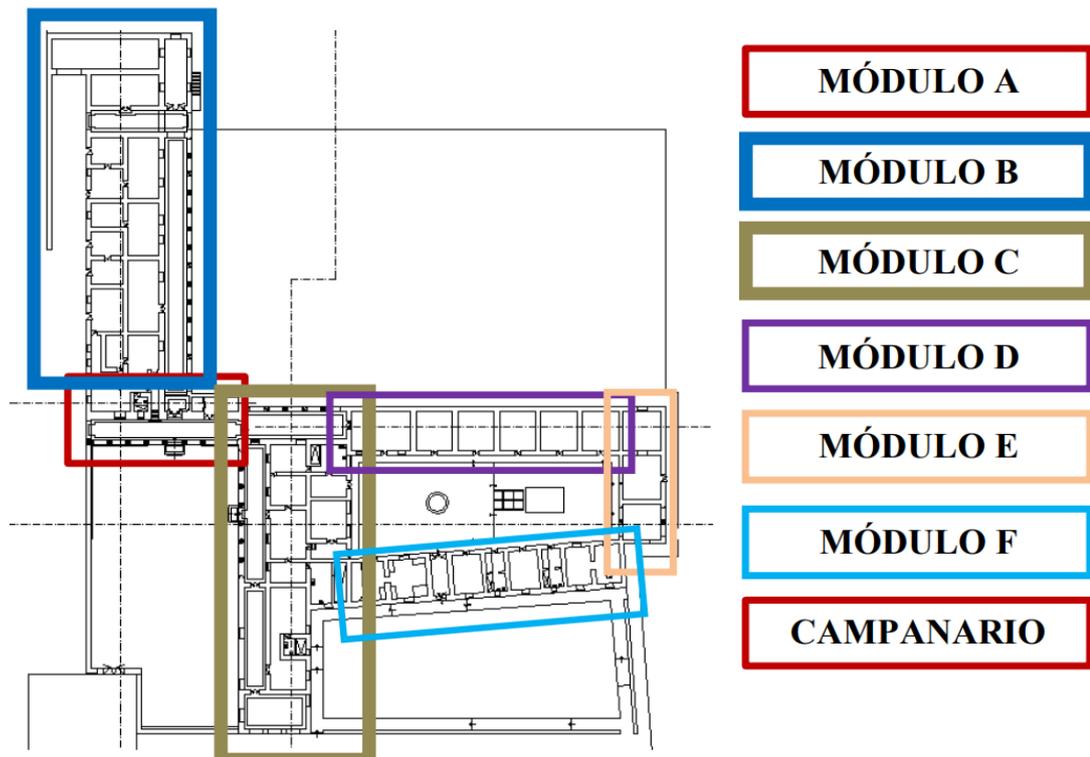
Módulo D – Almacenes y Depósitos: está conformada por un solo nivel, estos espacios son los depósitos o almacenes de productos de toda la hacienda. En este Módulo se identificó 07 espacios, abarca un área de 348.80m²

Módulo E – Salas Estar del Hacendado: está conformada por un solo nivel, estos espacios son de esparcimiento para el hacendado, abarca un área de 169.30m²

Módulo F – Cocina y Cuartos de Servicio de la Casa Hacienda: La edificación está conformada por un solo nivel, estos espacios son los destinados para el servicio, abarca un área de 350.70m².

Módulo G – El Campanario: El área que ocupa esta edificación es 73.41 m², a diferencia de los otros dos módulos que están contruidos de Adobe, estas contienen partes de ladrillo y mortero de Cal.

Figura 18: Distribución General de la Casa Hacienda de Quicacan

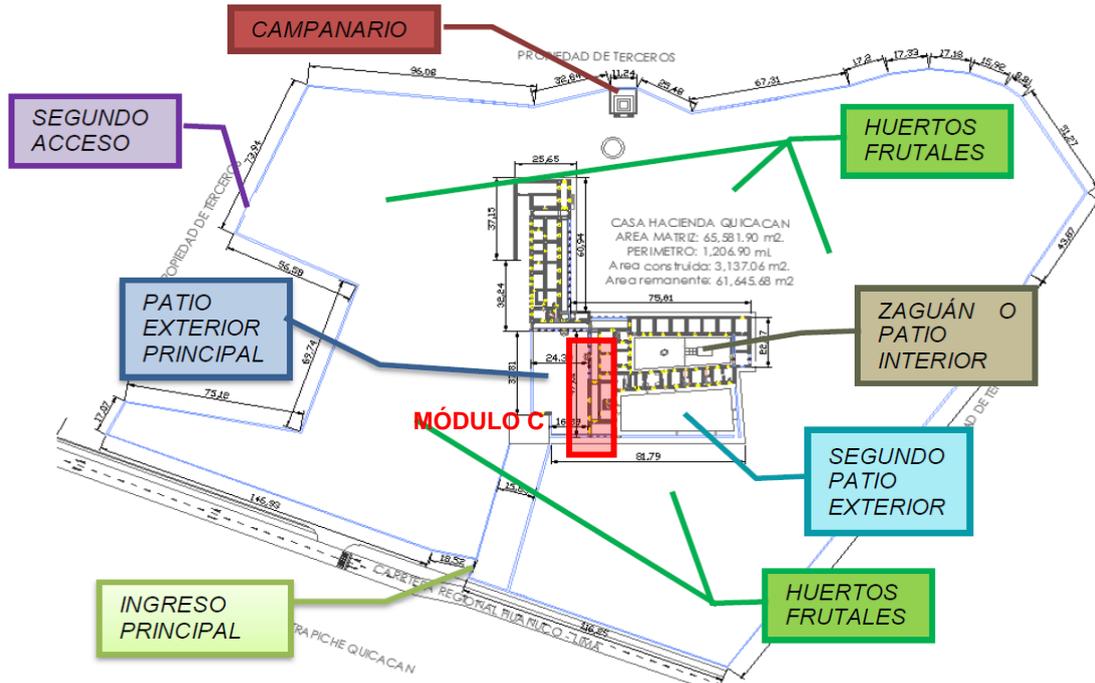


Fuente: (Casimiro Gómez, 2016)

Determinación de Zona A Intervenir

Para el dimensionamiento del trabajo se seleccionó el **Módulo C**, con el cual se trabajó la propuesta de reforzamiento estructural.

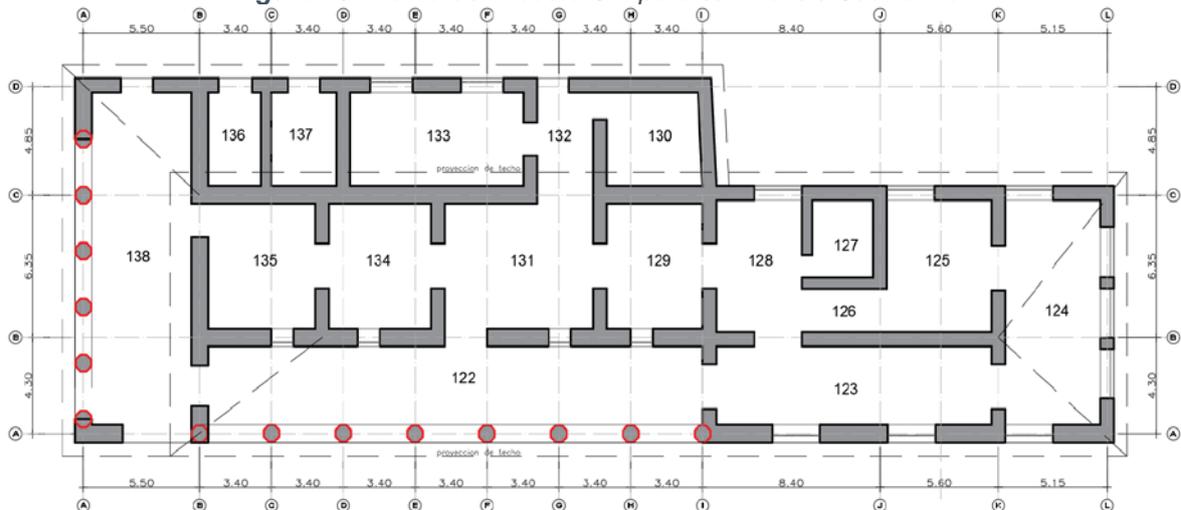
Figura 19: Planta General de la Casa Hacienda Quicacan



Fuente: (Casimiro Gómez, 2016)

Este pabellón está conformado por 14 ambientes y dos galerías, una que da al patio principal y otra en la parte posterior. Consta de 01 nivel, presenta algunos desniveles. Conformado por ambientes de la casa que funcionaron como zona social (sala, comedor), quizá por esta conformación los espacios presentan mayor altura.

Figura 20: Planta del Módulo C – para su Análisis Cualitativo



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, verificado los daños del módulo C, ha sido posible identificar los espacios con mayor vulnerabilidad ante el riesgo de colapso. Por lo que limitaremos el análisis estructural cuantitativo solo al sector más crítico, a través de un modelo matemático con el cual se conozcan a mayor detalle las deficiencias estructurales producto del deterioro.

Figura 21: Vista Exterior del Módulo C



Fuente: Propia

Este módulo resalta en su primer nivel 07 Arcos de Medio Punto, el cual sirve como Hall principal.

Figura 22: Vista Exterior del Módulo C



Fuente: Propia

Se realiza una breve descripción de los riesgos que presenta cada uno de los ambientes de este pabellón.

Ambiente 122 Galería Principal

Este ambiente corresponde a la galería principal que da acceso a los ambientes del Módulo C. Presenta solo algunas fisuras en los enlucidos, el piso se encuentra en buenas condiciones. Su nivel de riesgo es Leve.

Fotografía 1: Ambiente 123 – Módulo C Diagnóstico – Nivel de riesgo leve.

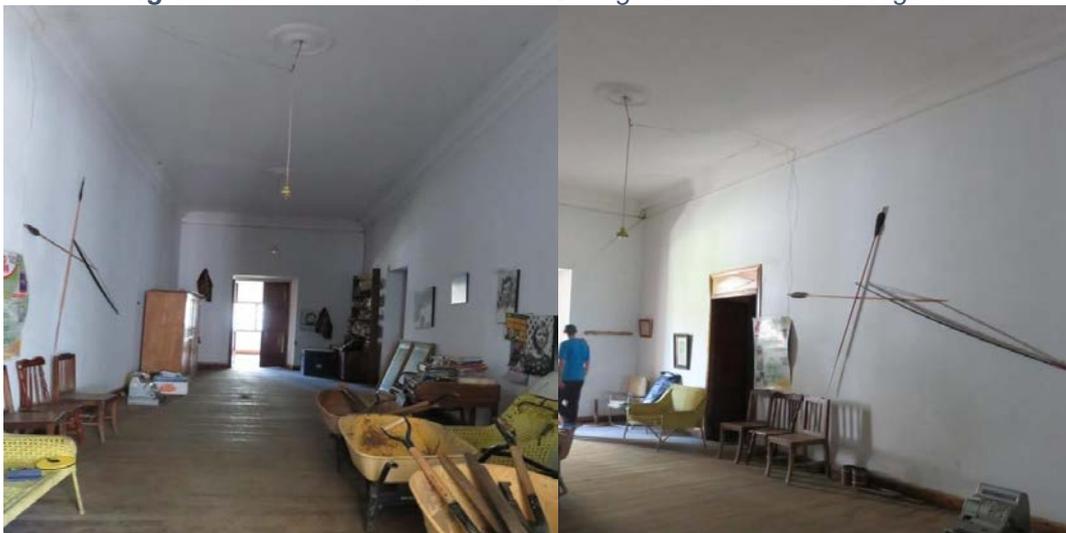


Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 123

Este ambiente presenta pocas lesiones, algunos enlucidos fisurados, al parecer son de los pocos ambientes que aún se utilizan para guardar algunos encerados. Su nivel de riesgo es leve.

Fotografía 2: Ambiente 123 – Módulo C Diagnóstico – Nivel de riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 124.

Este ambiente no presenta mayores lesiones que se puedan observar a simple vista, este ambiente muestra pocas lesiones. El nivel de riesgo es Leve.

Fotografía 3: Ambiente 124 – Módulo C Diagnóstico – Nivel de riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 125.

Este ambiente al igual que los ambientes anteriores no presenta mayores lesiones. El nivel de riesgo es Leve.

Fotografía 4: Ambiente 125 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo leve.

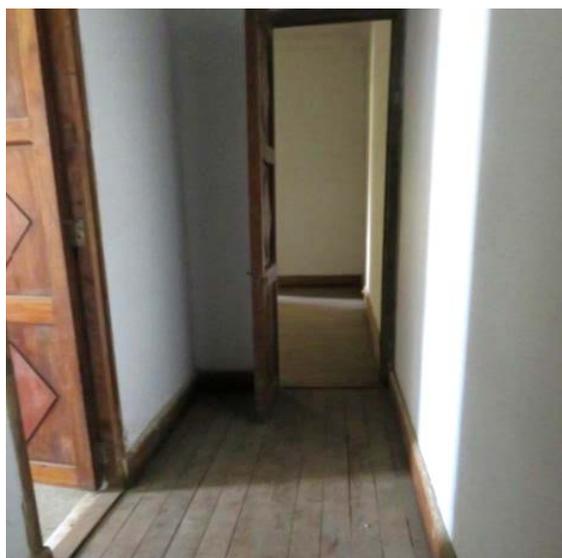


Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 126.

Este ambiente está conformado por un pequeño pasadizo que conecta dos ambientes y que permite el acceso a un pequeño baño, este ambiente es muy estrecho y como el resto de los ambientes no presenta mayores lesiones. En nivel de riesgo es leve.

Fotografía 5: Ambiente 126 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 127.

Este ambiente funciona como baño, es uno de los pocos servicios que se encuentra en buenas condiciones, sus acabados se encuentran bien.

Fotografía 6: Ambiente 127 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 128.

Este ambiente se comunica con el ambiente 123, este ambiente tampoco presenta mayores lesiones. Su nivel de riesgo es leve,

Fotografía 7: Ambiente 128 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 129.

Este ambiente también presenta pocas lesiones. Su nivel de riesgo es Leve.

Fotografía 8: Ambiente 129 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 130.

Este ambiente está funcionando como servicios higiénicos, este ambiente muestra enlucido fisurado, se observa también manchas de humedad producidas por humedades de filtración.

Fotografía 9: Ambiente 130 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 131.

Este ambiente no presenta mayores lesiones, al igual que los anteriormente descritos cuenta con un nivel de riesgo leve.

Fotografía 10: Ambiente 131 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo leve.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 132.

Este ambiente conecta la galería principal con el ambiente 131 y el patio del pabellón 1, este ambiente se trata de un pequeño hall de comunicación, este ambiente se encuentra en un nivel más bajo que el ambiente 131, se muestra enlucidos fisurados, humedad por filtración que ha originado parte del desmoronamiento de la cabecera del muro, esto también ha afectado el ambiente 130 contiguo.

Fotografía 11: Ambiente 132 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 133.

Este ambiente habría funcionado como un comedor, este ambiente forma es contiguo al patio del pabellón 1, es un espacio amplio no presenta mayores lesiones salvo algunas fisuras en el enlucido, el piso presente muestras signos de humedad lo que habría que observar pues esto podría provocar un asentamiento diferencial. Este ambiente cuenta con un nivel de riesgo medio.

Fotografía 12: Ambiente 133 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 134.

Este ambiente tampoco presenta mayores lesiones por lo tanto se considera este ambiente con nivel de riesgo leve.

Fotografía 13: Ambiente 134 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo LEVE.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 135.

Este ambiente presenta humedad por filtración que ha originado que parte del techo se ha desprendido, los enlucidos están fisuradas. Este ambiente presenta un nivel de riesgo medio.

Fotografía 14: Ambiente 135 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 136.

Este ambiente funciona como un baño, se puede apreciar la humedad por filtración que ha provocado desprendimientos de cielo raso, y las huellas de las manchas de humedad, además de depósitos de escombros del techo. El nivel de riesgo de este ambiente es medio.

Fotografía 15: Ambiente 133 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 137

Este pequeño espacio se comunica con el patio de pabellón 1 y con el ambiente 136 al igual que toda la parte posterior se encuentra muy afectado sobre todo en el techo, la presencia de humedad por filtración, así como fisuras en los enlucidos. Su nivel de riesgo es medio.

Fotografía 16: Ambiente 137 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Ambiente 138 Galería Lateral

Esta galería presenta problemas en el techo, que deja ver las escorrentías sobre la cabecera de los muros, producto de la humedad por filtración, al estar aledaño a una zona abierta con vegetación ha generado también humedad capilar en las bases de los pórticos. Su nivel de riesgo es medio.

Fotografía 17: Ambiente 138 – Módulo C Diagnóstico – Nivel riesgo medio.



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6 - Cálculos del Análisis Estructural Cualitativo

1) Parámetro 1: Tipo y Organización del sistema resistente

En la edificación no considero la NTE E0.80, no presenta elementos arriostres, además los muros han sido reparados anteriormente y se aprecia una buena distribución de muros.

Clase A	Cumple la NTE E.080, presenta elementos de arriostres, adecuada distribución de muros y regularidad.
Clase B	No presenta una de las características de la clase A
Clase C	No presenta dos de las características de la clase A
Clase D	No presenta ninguna de las características de la clase A

Le corresponde la **clase C**

2) Parámetro 2: Tipo y Organización del sistema resistente

La edificación está compuesta por muros de mampostería artesanal, con deterioro parcial.

Clase A	Adobe de buena resistencia y calidad, presencia de un buen amarre entre unidades, mortero con espesor adecuado en la mayoría de juntas continuas y homogénea.
Clase B	No presenta una de las características de la clase A
Clase C	No presenta dos de las características de la clase A
Clase D	No presenta ninguna de las características de la clase A

Le corresponde la **clase B**

3) Parámetro 3: Resistencia convencional

a. Determinar A_x y A_y que son las áreas totales resistentes de muros m^2 en la dirección X y Y respectivamente.

- Para nuestro caso habiendo medrado los muros, tenemos:

$$A_x = 77.80 \text{ m}^2 \quad \text{y} \quad A_y = 45.00 \text{ m}^2$$

b. Determinar la resistencia al cortante menos desfavorable, considerando la menor área de muros en un plano en el primer piso de la edificación. La resistencia cortante se calcula como:

$$VR = \min(Ax, Ay) * V$$

Dónde: V= resistencia a cortante de muros de abobe (5 tn/m²), según **Tabla 3**: Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para mampostería de adobe.

Reemplazando: $VR = (45.00) * 5 \rightarrow VR = 225 \text{ tn}$

- c. Calcular el peso de la edificación que es resistido por la estructura (W), según la formula:

$$W = N.(Ax + Ay).h.Pm + M.Ps.At + Ac.Pc$$

Dónde:

At = área total construida en planta (m²) = 709.10 m²

Ax = área total resistente de muros (m²), en la dirección X = 77.80 m²

Ay = área total resistente de muros (m²), en la dirección Y = 45.00 m²

H = altura promedio de entrepiso (m) = 5.2 m

N = número de pisos de la edificación = 1

Pm = peso específico de la mampostería (tn/m³) = 1.60 tn/m³

Ps = peso por unidad de área del diafragma horizontal (tn/m²) = 0.00

M = número de diafragmas horizontales = 1

Ac = área total de la cubierta. = 818.10 m²

Pc = peso por unidad de área de la cubierta = 0.16 tn/m²

Reemplazando valores: **W = 1152.59 tn**

- d. Calcular el coeficiente sísmico resistente CSR:

$$CSR = VR/W$$

Reemplazando: **CSR = 0.195**

e. Calcular el coeficiente sísmico exigido (CSE):

$$CSE = S \cdot U \cdot C$$

Dónde: CSE = Coeficiente sísmico exigido. S = Factor de suelo. U = Factor de uso. C = Factor dinámico de la estructura.

Aplicando los datos según (RNE - Norma E.080, 2017):

- S (Factor de suelo): Suelo Intermedio S = 1.4
- U (Factor de uso): Cultural - Recreativo U = 1.4
- C (Coeficiente Sísmico): Zona 2 C = 0.15

Reemplazando: **CSE = 0.294**

f. Calcular la demanda de ductilidad, con la relación:

$$DD = CSE/CSR$$

Reemplazando: **DD = 1.40** DD < 0.50

Clase A	DD < 0.50
Clase B	0.50 ≤ DD < 1.0
Clase C	1.0 ≤ DD < 1.5
Clase D	DD ≥ 0.50

Le corresponde la **clase C**

4) Parámetro 4: Posición del edificio y de la cimentación

En la edificación se puede apreciar que tiene presencia de humedad, en un estado de conservación deteriorado.

Clase A	Cimentación según la NTE E.080, sin presencia de humedad o sales, en buen estado de conservación
Clase B	No presenta una de las características de la clase A
Clase C	No presenta dos de las características de la clase A
Clase D	No presenta ninguna de las características de la clase A

Le corresponde la **clase C**

5) Parámetro 5: Diafragmas horizontales

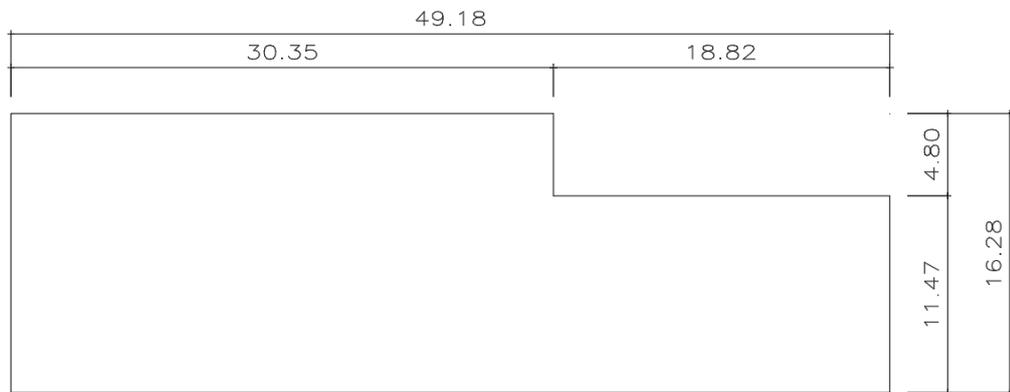
La edificación presenta un solo nivel y cuenta con una cubierta de teja artesanal en malas condiciones, con deformaciones significantes.

Clase A	Ausencia de desniveles, buena conexión entre muros y el diafragma, con deformaciones insignificantes.
Clase B	No presenta una de las características de la clase A
Clase C	No presenta dos de las características de la clase A
Clase D	No presenta ninguna de las características de la clase A

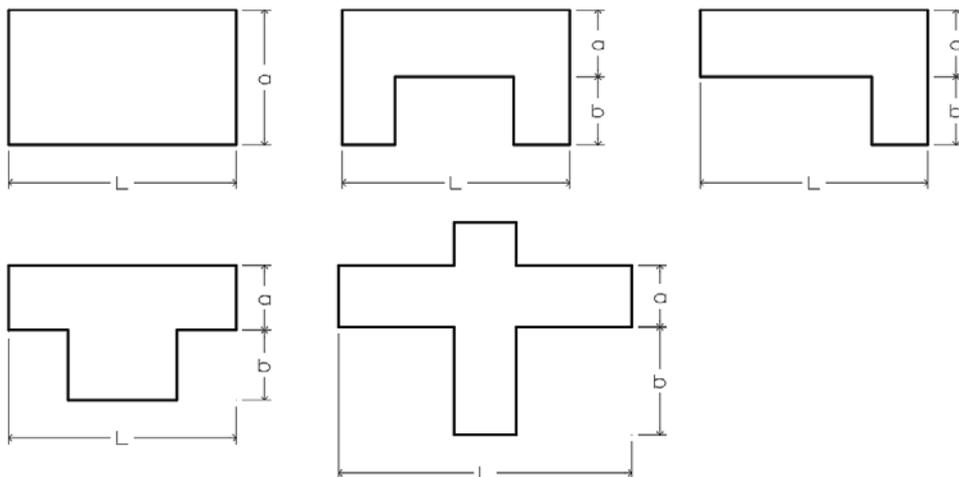
Le corresponde la **clase C**

6) Parámetro 6: Configuración en planta

La edificación tiene la siguiente configuración en planta:



Calculamos: $\beta_1 = \frac{a}{L}$; $\beta_2 = \frac{b}{L}$, considerando:



Reemplazando:

$$\beta_1 = \frac{4.80}{49.18} = 0.0976; \beta_2 = \frac{11.47}{49.18} = 0.233$$

Clase A	Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
Clase B	Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
Clase C	Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
Clase D	Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Le corresponde la **clase C**

7) Parámetro 7: Configuración en elevación

La edificación es de un solo nivel, por lo que no presenta irregularidad

Clase A	Edificio con $RL < 10\%$
Clase B	Edificio con $10\% \leq RL < 20\%$.
Clase C	Edificio con $20\% \leq RL < 50\%$. Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes
Clase D	Edificio con $RL > 50\%$. Presenta irregularidades de piso blando.

Le corresponde la **clase A**

8) Parámetro 8: Distancia máxima entre los muros

La edificación cuenta con dos tipos de adobes, con espesores de 0.65 y 0.80m, con espaciamiento máximo entre muros transversales de $L = 6m$

Se calcula L/S , donde S es el espesor del muro maestro y L es el espaciamiento máximo entre los muros transversales

Reemplazando $L/S = 6/0.65 = 9.23$ (con el espesor más crítico)

Clase A	Edificio con $L/S < 4.7$
Clase B	Edificio con $4.7 \leq L/S < 5.6$
Clase C	Edificio con $5.6 \leq L/S < 7.8$
Clase D	Edificio con $L/S \geq 7.8$

Le corresponde la **clase D**

9) Parámetro 9: Tipo de cubierta

La edificación cuenta con cubierta de teja en malas condiciones

Clase A	Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano.
Clase B	Cubierta inestable de material teja y en buenas condiciones.
Clase C	Cubierta inestable de material de teja en malas condiciones.
Clase D	Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

Le corresponde la **clase C**

10) Parámetro 10: Elementos no estructurales

La edificación no cuenta con elementos no estructurales.

Clase A	Edificación que no contenga elementos no estructurales o estén correctamente conectados al sistema resistente.
Clase B	Edificación con balcones, parapetos, tanques de agua, u otro elemento no estructural conectadas al sistema.
Clase C	Edificación con balcones, parapetos, tanques de agua, u otro elemento no estructural mal conectado al sistema resistente o deteriorados debido a su antigüedad.
Clase D	Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo mal conectado a la estructura, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico.

Le corresponde la **clase A**

11) Parámetro 11: Estado de conservación

La edificación presenta fisura con deterioro parcial en su interior.

Clase A	Edificación en buenas condiciones, sin fisuras visibles.
Clase B	Edificación que no presenta fisuras, pero cuyos componentes están levemente deteriorados.
Clase C	Edificación que presenta fisuras y cuyos componentes estructurales están deteriorados.
Clase D	Edificación con fuertes deterioro en muros y sus componentes.

Le corresponde la **clase C**

Índice de Vulnerabilidad Sísmica (Iv)

i	Parámetros	Ki*A	Ki*B	Ki*C	Ki*D	Wi	Ki x Wi
1	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	0	5	20	45	1.00	20.00
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	0	5	20	45	0.25	1.25
3	RESISTENCIA CONVENCIONAL	0	5	20	45	1.50	30.00
4	POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN	0	5	20	45	0.75	15.00
5	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	0	5	20	45	1.00	20.00
6	CONFIGURACIÓN EN PLANTA	0	5	20	45	0.50	10.00
7	CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN	0	5	20	45	1.00	-
8	SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE MUROS	0	5	20	45	0.25	11.25
9	TIPO DE CUBIERTA	0	5	20	45	1.00	20.00
10	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	0	5	20	45	0.25	-
11	ESTADO DE CONSERVACIÓN	0	5	20	45	1.00	20.00

$\sum_i w_i \cdot k_i$	147.50
------------------------	--------

$$I = \alpha \sum_i w_i \cdot k_i$$

α	0.002614
I	38.56%

Vulnerabilidad Sísmica Baja

Vulnerabilidad Sísmica Media

Vulnerabilidad Sísmica Alta

$I < 20\%$

$20\% \leq I < 40\%$

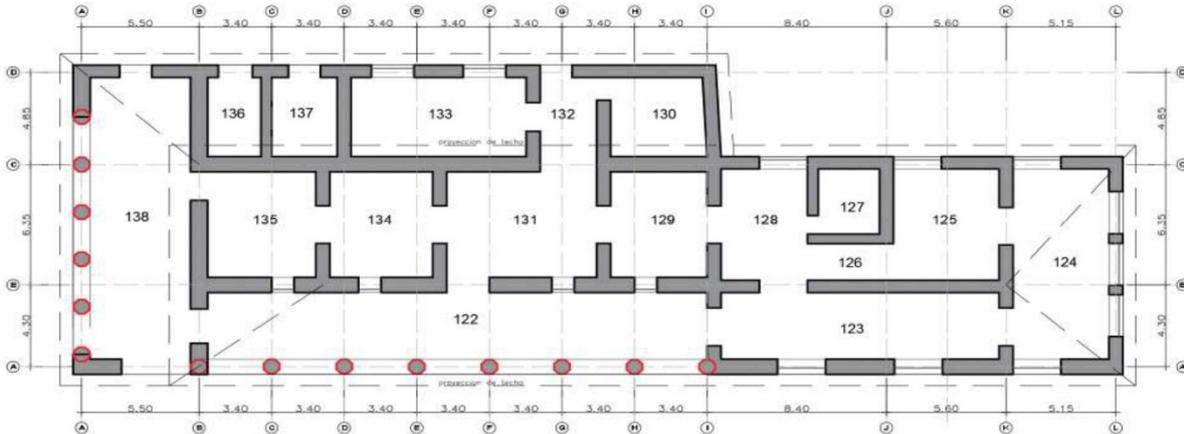
$40\% \leq I < 100\%$

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Evaluador Dennis Willy Salazar Ambicho
Ubicación Conchamarca - Ambo
Edificación Casa Quicacan **Módulo Evaluado** C

DATOS DE LA EDIFICACIÓN

PLANO GENERAL



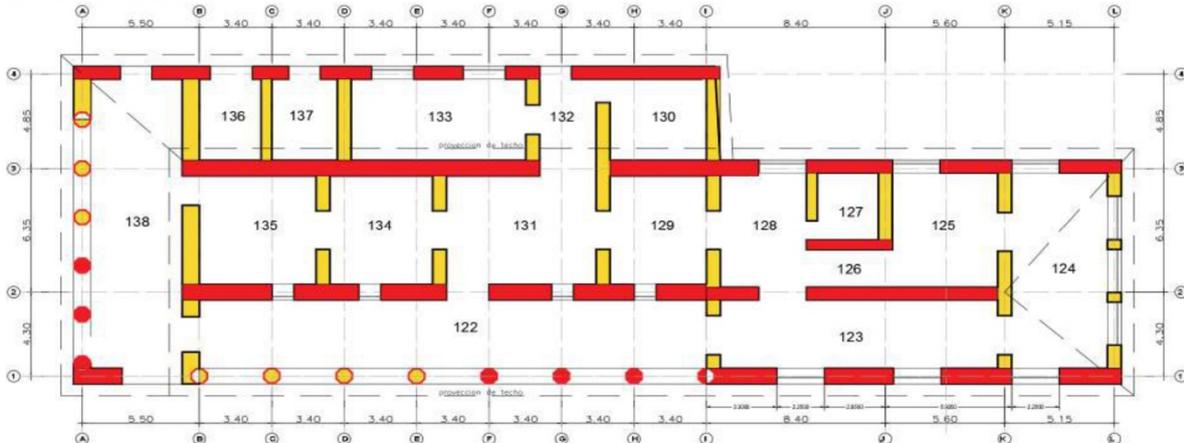
Numero de Pisos de la Edificación 1
 Altura de entrespiso 5.2 m
 Area del techo y/o losa 818.1 m²
 Columna de Adobe diametro 0.8 m
 Vigas diametro 0.25 m
 Correas diametro 0.1 m

DATOS DE MATERIALES

Con el Apoyo del NTP E-020, consideramos lo siguiente

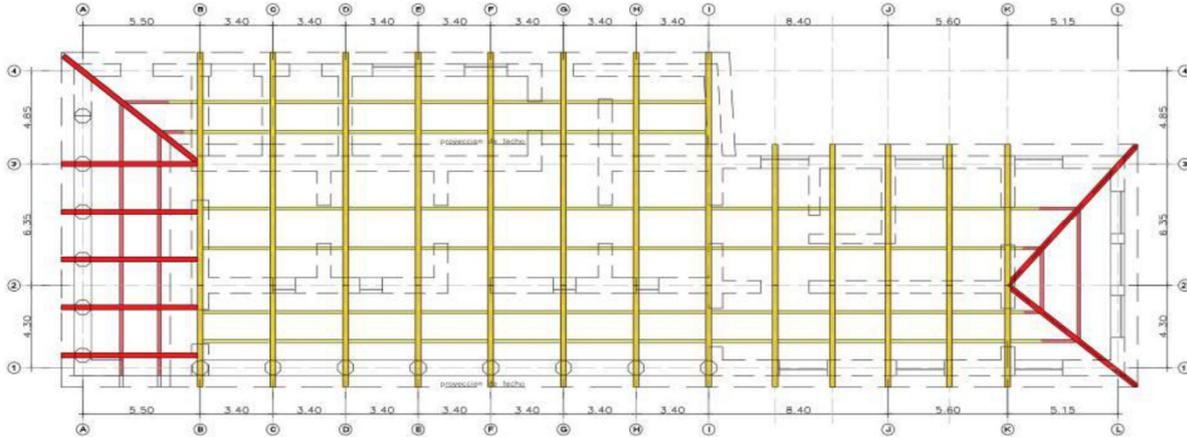
CARGAS UNITARIAS	
ADOBE	1600 kg/m ³
MADERA DE ECUCALIPTO	740 kg/m ³
YESO	25 kg/m ²
COBERTURA (Teja Andina de Barro)	160 kg/m ²

PESO DE MUROS



Descripción	Area	Altura	Volumen	Carga Unitaria	Wj(kg)
Dirección X	77.80	5.20	404.56	1600	647,296.00
Dirección Y	45.00	5.20	234.00	1600	374,400.00
TOTAL					1,021,696.00

PESO DE VIGAS Y CORREAS DE MADERA



Vigas de Madera	Diametro (m)	Área (m2)	Longitud	Volumen	Carga Unitaria	Wj(kg)
Dirección X	0.25	0.05	58.85	2.89	740	2137.71
Dirección Y	0.25	0.05	203.2	9.97	740	7381.19
TOTAL						9518.90

Correas	Diametro (m)	Área (m2)	Longitud	Volumen	Carga Unitaria	Wj(kg)
Dirección X	0.10	0.01	44	0.35	740	255.73
Dirección Y	0.10	0.01	204	1.60	740	1185.64
TOTAL						1441.37

PESO DE TECHO	Área (m2)	Carga Unitaria (kg/m2)	Wj(kg)
	818.10	160.00	130896.00

PESO TOTAL (Wj)	
1er Nivel	1,163,552.27 kg

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

$$I_s = E_o * S_D * T$$

E_o : índice sísmico básico de comportamiento estructural.

S_D : índice de configuración estructural.

T: índice de deterioro de la edificación.

1) CÁLCULO DEL ÍNDICE SÍSMICO BÁSICO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

$$E_o = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * \{\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c\} * F$$

FACTORES	VALOR
Cmar: índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería	≠ 0
Csc: índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado	0
Ca: índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería reforzada o parcialmente confinado	0
Cma: índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada	0
Cw: índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado	0
Cc: índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado	0

PARA EL CASO DE EVALUACIÓN
índice sísmico básico de comportamiento estructural

Tenemos:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * C_{mar}) * F$$

Por lo tanto

$$C_{mar} = \frac{0.6 * 0.85 * \tau_0 * \sum A_{mar}}{\sum_{j=1}^{n_p} W_j}$$

$\sum A_{mar}$ = Suma de las áreas de los muros de relleno de albañilería del piso en evaluación en la dirección analizada

W_j = Peso del piso j.

τ_0 = Resistencia básica de corte de la albañilería. (*)

σ_o = Tensión normal debida al esfuerzo axial que producen las cargas verticales de peso propio y las sobrecargas de

(*) Para el cálculo de τ_0 = Resistencia básica de corte de la albañilería, se tomó en consideración lo siguiente:

Según, la NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA (2017) la norma, menciona en su Artículo 8.5 que la resistencia de muros a tracción por flexión, tiene una resistencia última 0.14 MPa = 1.42 kgf/cm².

Así mismo, según (Catalán Quiroz, y otros, 2019) de menciona que, de los muretes ensayados, se obtuvo un esfuerzo cortante (V_m) promedio de 0.11 MPa = 1.122 kgf/cm².

Por lo tanto, siendo más conservador se tomó el valor de 1.122 kgf/cm²

Cmar				
NIVEL DE EVALUACIÓN	τ_0 (kgf/cm ²)*	A mar	Wj(Kg)	Cmar
Piso 1 Dirección X	1.122	647,296.00	1,163,552.27	0.318331825
Piso 1 Dirección Y	1.122	374,400.00	1,163,552.27	0.184125092

VALORES DEL COEFICIENTE α				
Tipo	α_1	α_2	α_3	Módulo de Falla
A	1.0	0.7	0.5	Muros de relleno de mampostería o columnas cortas o muros de mampostería no reforzada y parcialmente confinadas o muros de mampostería confinada controlan la falla
B	1.0	0.7	0.5	Muros de concreto reforzado controlan la falla
C	1.0	0.7	0.5	Columnas de concreto reforzado controlan la falla

F (índice de ductibilidad asociado a los elementos verticales)		
F	1.0	Si Cmar, Ca y Csc son iguales a cero
F	0.8	Si Cmar, Ca y Csc son diferentes a cero

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * C_{mar}) * F$$

n_p : número de pisos del edificio.

i : nivel que se evalúa.

Numero de pisos a calcular 1.0

Eo	0.2546655
-----------	------------------

2) CÁLCULO DEL ÍNDICE SÍSMICO DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

$$S_D = \prod_{i=1}^8 q_i$$

Dónde:

$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * Ri\}$ para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 7$ y 8

$q_i = \{1.2 - (1 - G_i) * Ri\}$ para $i = 6$

Ítems (qi)	Gi			Ri	SD
	1	0.9	0.8		
Regularidad	regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1	0.9
Relacion largo-ancho	B≤5	5<B≤8	B>8	0.5	0.9
Contratacion de planta	0.8≤c	0.55<c≤0.8	C<0.5	0.5	
Atrio o patio interior	Rap = 0.1	0.1<Rap ≤0.1	0.3 <Rap	0.5	
Excentricidad de atrio o patio interior	f1=0.4 f2=0.1	f1≤0.4 0.1 <f2≤0.3	0.4 <f1 0.4 <f2	0.25	
Subteraneo	1.0 ≤Ras	0.5<Ras ≤1.0	Ras<0.5	1	
Junta de dilatación	0.01 ≤s	0.005<s ≤0.01	S<0.005	0.5	0.9
Uniformidad de altura de piso	0.8 ≤ Rh	0.7<Rh ≤0.8	S<0.7	0.5	0.95
SD					0.69

3) CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DETERIORO DE LA EDIFICACIÓN

Deformación permanente (T1)	
Característica	T1
El edificio presenta inclinación debido al asentamiento diferencial	0.7
El edificio está construido sobre relleno artificial.	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente.	0.9
Tiene visible deformaciones de vigas o columnas.	0.9
No presenta signos de deformación.	1.0

Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	
Característica	T2
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras.	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas.	0.9
Presenta grietas visibles en muros.	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.	0.9
Nada de lo anterior.	1.0

Incendio (T3)	
Característica	T3
Ha experimentado incendio pero no fue reparado.	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado.	0.8
No ha experimentado incendio.	1.0

Uso del cuerpo o bloque (T4)	
Característica	T4
Almacena sustancia químicas.	0.8
No contiene sustancias químicas.	1.0

Tipo de daño estructural (T5)	
Característica	T5
Presenta daño estructural grave.	0.8
Presenta daño estructural fuerte.	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural.	1.0

RESULTADO (T)	
T1	0.9
T2	0.9
T3	1
T4	1.0
T5	0.8
VALOR MAS BAJO DE DETERIORO	0.8

El criterio de la clasificación del daño asociado al sismo

Tipo de Daño	Descripcion
No Estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales.
Estructural ligero	Grietas de menos de 0,5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0,5 al 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de hormigón armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Por lo tanto, el I_s (resistencia provista para la edificación)

$$I_s = E_o * S_D * T \quad I_s = 0.141$$

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE JUICIO ESTRUCTURAL

$$I_{SO} = E_{SO} * Z * G * U$$

Comparativa en Norma Peruana y Código Japonés

Según Código Japonés

Ahora calculamos la Aceleración espectral:

$$S_a = Z * R_t * A_i * C_o * g$$

Dónde: $Z=0.7$, $R_t=1$, $A_i=1$, $C_o=1$

Reemplazando tenemos $S_a = 0.70 * g$

Análisis del juicio estructural - Iso (Japón):

$$I_s = E_{so} * Z * G * U$$

Si consideramos como $C_{te} = Z * G * U$; constante que depende el nivel sísmico
Entonces Iso (Japón) = $E_o * Z * G * U$, consideramos $E_o=0.8$ para primer método de evaluación

Dónde:

$Z = 0.70$	índice de zona
$U = 1.00$	índice de uso por importancia, para edificaciones en general.
$G = 1.00$	cuando no hay mucha pendiente
$E_o = 0.8$	para primer método de evaluación

Reemplazando valores:

$$Iso \text{ (Japón)} = 0.56$$

Según Norma E-030

Aceleración espectral:

$$Sa = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Z = 0.25

U = 1.3

S = 1.20, T_p = 0.6, T_L = 2.0 → C=2.5

R = 1.5 (se asume considerando la baja ductilidad del adobe, considerando la investigación de (Chacón Sánchez, y otros, 2021).

Reemplazando valores tenemos:

$$Sa(perú) = 0.65 \cdot g$$

ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

(G) Factor de influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas

El factor G se considera igual a 1,0 para condiciones topográficas sin pendiente e igual a 1,1 para zona de pendiente

Cálculo Iso para Perú (caso de evaluación), según el método Hirosawa

$$\frac{Iso(perú)}{Iso(japón)} = \frac{Sa(perú)}{Sa(japón)}$$

Sabemos del para nuestro caso de evaluación que Sa(perú) = 0.65*g

Reemplazando tenemos:

$$\frac{Iso(perú)}{0.56} = \frac{0.65 \cdot g}{0.70 \cdot g}$$

$$Iso(perú) = 0.52$$

Reemplazando los valores tenemos:

$$I_{SO} = E_{SO} \cdot Z \cdot G \cdot U$$

Iso= **0.52**

RESULTADO

Is =	0.141
Iso =	0.520

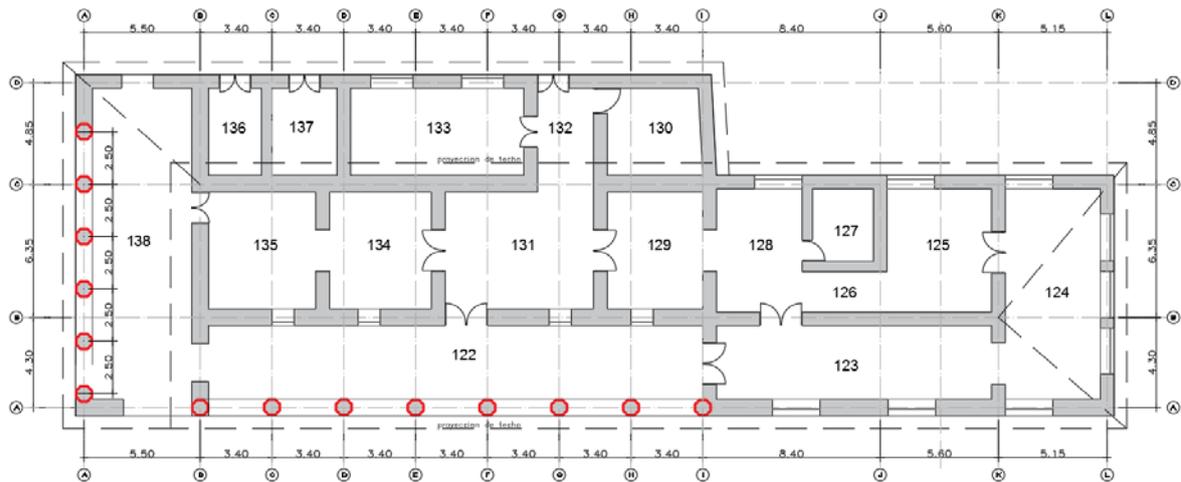
Por lo tanto:

Is < Iso COMPORTAMIENTO INSEGURO
FRENTE A UN EVENTO SISMICO

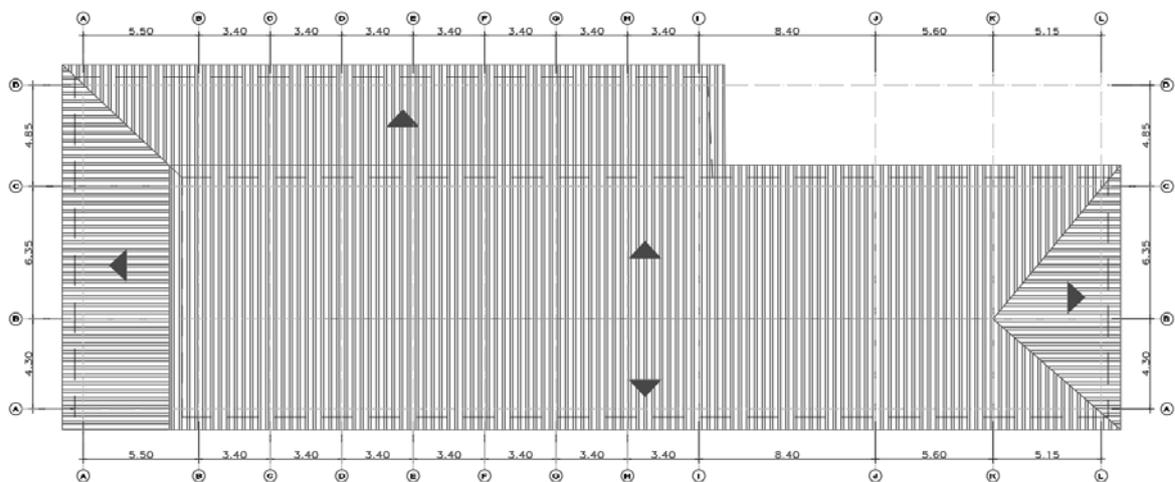
**Anexo 7 - Cálculos del Análisis Estructural Cuantitativo
Informe Técnico de Modelamiento y Análisis
Estructural en SAP2000**

DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL

Antes de iniciar con la modelación se realiza la escrituración en planta con las mediciones ya realizadas en campos. Es así que, con el apoyo del AutoCAD, colocamos los ejes estructurales o grillas a modelar.



PLANTA DE ENCOFRADO - 1° NIVEL



PLANTA DE TECHO

CONSIDERACIONES

- Elección del Sistema Estructural

El sistema estructural es sistema de estructura de tierra, sin embargo, con el fin de adaptar el modelo a la norma E0.30, se consideró como un sistema de albañilería debido a tener un comportamiento similar. Sin embargo, se consideró un Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas de $R=1.5$, ya que el adobe tiene baja ductilidad.

- Materiales de los Elementos Estructurales

Características de los Materiales:

Tabla 21: Características De Materiales

MATERIAL	E(ton/m ²)	Poisson
Adobe	17000	0.2
Madera (Eucalipto)	770000	0.02

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTE 020

Pesos de los Materiales:

Tabla 22: Cargas de Materiales

CARGAS DE MATERIALES	
Madera Eucalipto	740 Kg/m ³
Yeso	160 Kg/m ²
Adobe	1600 Kg/m ³
Cobertura: Teja Andina sobre torta de barro	160 Kg/m ²

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTE 020

- Especificaciones de Cargas

La estructura está sometida a cargas gravitacionales durante su vida de servicio, siendo las cargas muertas y cargas vivas.

Carga muerta (D): CARGA DEL TECHO 100 KG/M2 (TEJA ANDINA)

Carga viva (L): CARGA DEL TECHO 50 KG/M2

- Combinaciones de carga

En el presente trabajo se realizó la verificación de los estados límites de servicio, por lo tanto, las combinaciones de cargas utilizadas para este fin corresponden a las estipuladas por la Norma Técnica E-020 Cargas. Combinaciones de carga para el método de esfuerzos de trabajo.

- D
- D + L
- D + (W o 0,70 E)
- α [D + L + (W o 0,70 E)]

Dónde:

D = Carga muerta

L = Carga viva

W = Carga de viento

E = Carga de sismo, según (NTE E.030 Diseño Sismo resistente)

α = Factor que tendrá un valor mínimo de 0.75

Tabla 23: Combinaciones de Carga

Combinación		Descripción
Comb 1	D	Combinación de carga muerta (peso propio + supercarga de combinación liviana)
Comb 2	D+L	Combinación de carga muerta y carga viva
Comb 3	D+0.70Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección +X)
Comb 4	D-0.70Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección -X)
Comb 5	D+0.70Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección +Y)
Comb 6	D-0.70Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + sismo en la dirección -Y)
Comb 7	0.75D+0.75L+0.525Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección +X)
Comb 8	0.75D+0.75L-0.525Sx	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección -X)
Comb 9	0.75D+0.75L+0.525Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección +Y)
Comb 10	0.75D+0.75L-0.525Sy	Combinación para acción accidental sísmica (peso propio + carga viva + sismo en la dirección -Y)

Fuente: Elaboración Propia – con datos de NTE 020

MODELAMIENTO ESTRUCTURAL

a) Elección del Software Estructural

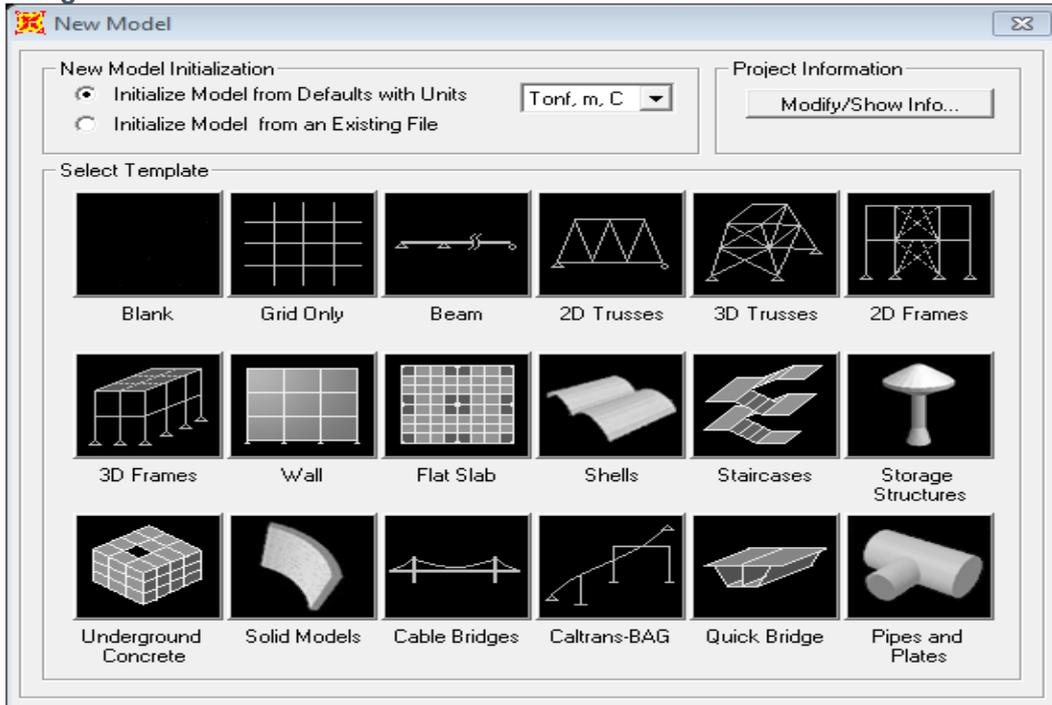
El programa que se va a usar para el análisis y diseño es SAP2000 V19.2.1. El cual nos permitirá modelar, analizar y diseñar la estructura de la edificación.

Figura 23: Ventana de presentación del programa SAP2000 V19.2.1



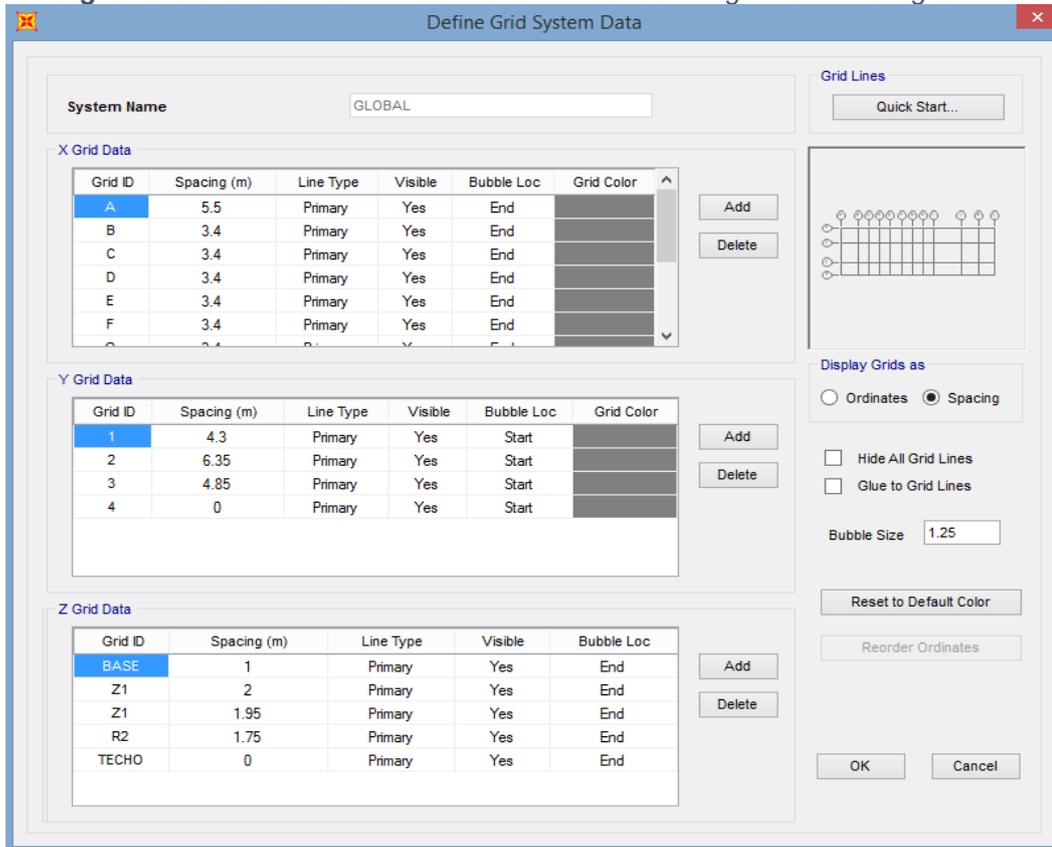
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 24: Ventana donde nos muestran los modelos de la estructura a modelar.



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

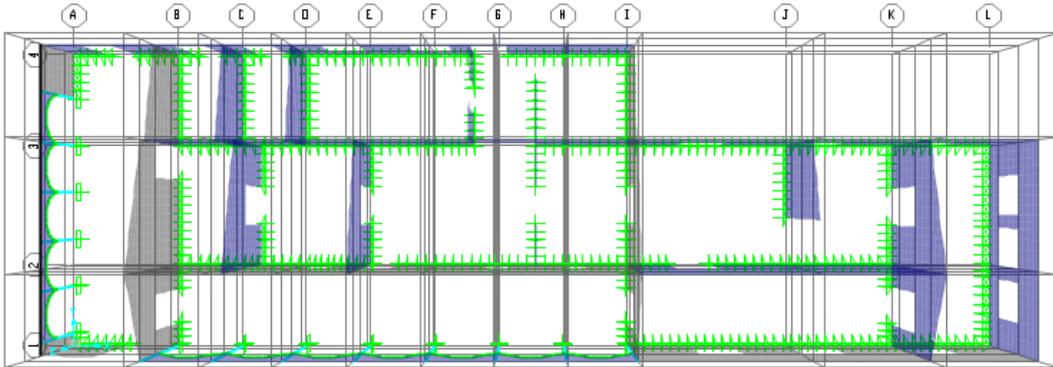
Figura 25: Ventana donde se muestra las coordenadas globales de las grillas



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

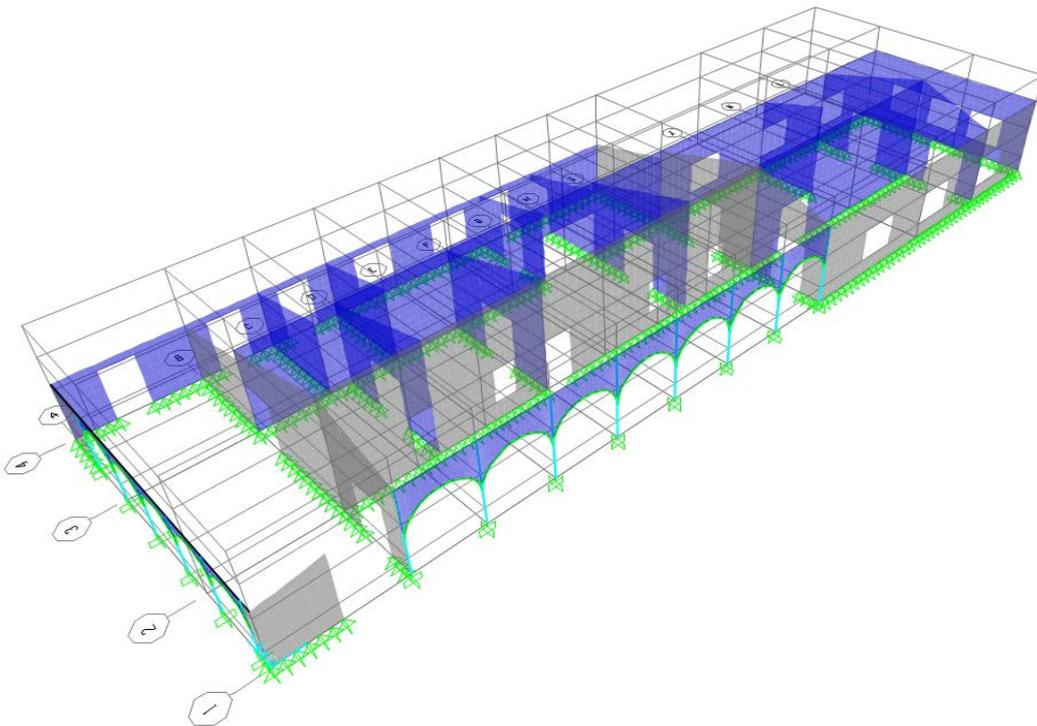
Obteniendo la siguiente representación en planta

Figura 26: Representación gráfica de las coordenadas globales de las grillas



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 27: Representación gráfica de las coordenadas globales de las grillas – 3D



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

b) Definición de Materiales

Se definen los materiales con las consideraciones de propiedades de los materiales ya considerados como del adobe, madera eucalipto, teja artesanal.

Figura 28: Colocación de datos para Definición de Materiales

The figure displays three sequential screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in SAP, illustrating the data entry process for three different materials: ADOBE, MADERA, and TEJ AND. Each dialog box is organized into three main sections: General Data, Weight and Mass, and Isotropic Property Data.

Material 1: ADOBE

- General Data:** Material Name and Display Color: ADOBE (with a green color swatch); Material Type: Other; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 1.6; Mass per Unit Volume: 0.1632; Units: Tonf, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 17000; Poisson, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05; Shear Modulus, G: 7083.3333

Material 2: MADERA

- General Data:** Material Name and Display Color: MADERA (with a yellow color swatch); Material Type: Other; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 0.75; Mass per Unit Volume: 0.0765; Units: Tonf, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 770000; Poisson, U: 0.02; Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05; Shear Modulus, G: 377451

Material 3: TEJ AND

- General Data:** Material Name and Display Color: TEJ AND (with an orange color swatch); Material Type: Other; Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume: 1.6; Mass per Unit Volume: 0.1632; Units: Tonf, m, C
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E: 17000; Poisson, U: 0.2; Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05; Shear Modulus, G: 7083.3333

Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

c) Definición de Secciones

Se realiza el modelamiento matemático de la estructura considerando los elementos frame y Shell.

Se definirán las secciones de los elementos estructurales, obtenidas del pre dimensionamiento, en el programa SAP2000 V19.0.0.

- Secciones de Columnas

Sección de columna circular de adobe de 0.75 m de diámetro

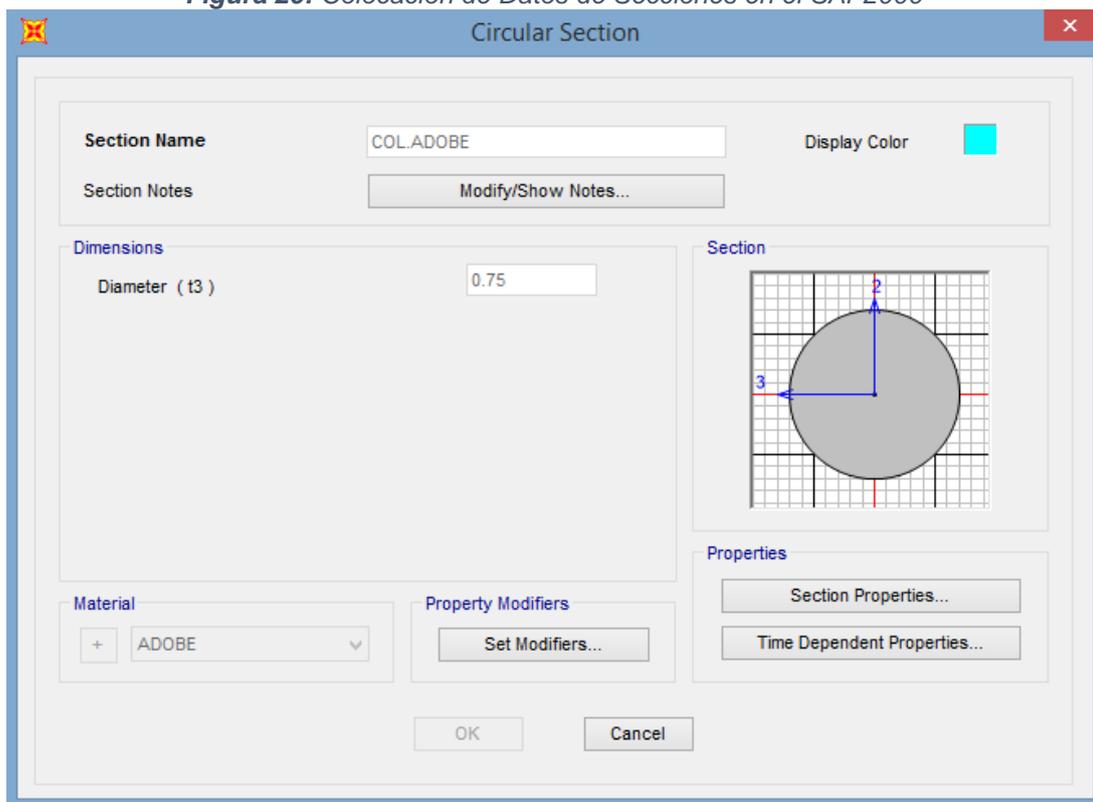
- Secciones de Muros

Muros de adobe de 0.65 y 0.80m de espesor

- Secciones de Listones de Madera y Correas

Los Listones tienen un diámetro de 0.25 y las correas de 0.10m de diámetro.

Figura 29: Colocación de Datos de Secciones en el SAP2000



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 30: Colocación de Datos de Secciones en el SAP2000

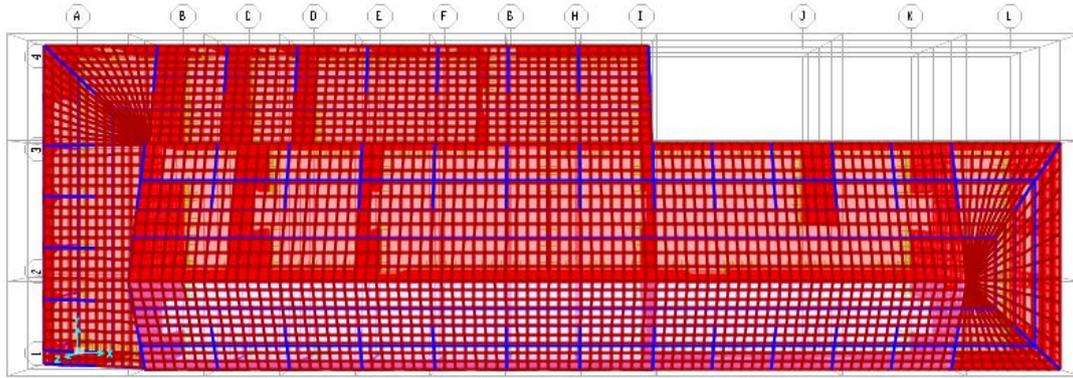
The screenshot shows the 'Shell Section Data' dialog box. At the top, the title bar reads 'Shell Section Data'. The 'Section Name' field contains 'M 0.80'. To the right, 'Display Color' is set to a black square. Below this, there is a 'Section Notes' field with a 'Modify/Show...' button. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear'. A 'Modify/Show Layer Definition...' button is below. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' (0.8) and 'Bending' (0.8). The 'Material' section has a 'Material Name' dropdown set to 'ADOBE' and a 'Material Angle' input field (0.0). The 'Time Dependent Properties' section has a 'Set Time Dependent Properties...' button. The 'Stiffness Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Temp Dependent Properties' section has a 'Thermal Properties...' button. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

The screenshot shows the 'Shell Section Data' dialog box. At the top, the title bar reads 'Shell Section Data'. The 'Section Name' field contains 'TECHO'. To the right, 'Display Color' is set to a magenta square. Below this, there is a 'Section Notes' field with a 'Modify/Show...' button. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear'. A 'Modify/Show Layer Definition...' button is below. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' (0.01) and 'Bending' (0.01). The 'Material' section has a 'Material Name' dropdown set to 'TEJ AND' and a 'Material Angle' input field (0.0). The 'Time Dependent Properties' section has a 'Set Time Dependent Properties...' button. The 'Stiffness Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Temp Dependent Properties' section has a 'Thermal Properties...' button. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 31: Colocación de Datos de Secciones en el SAP2000

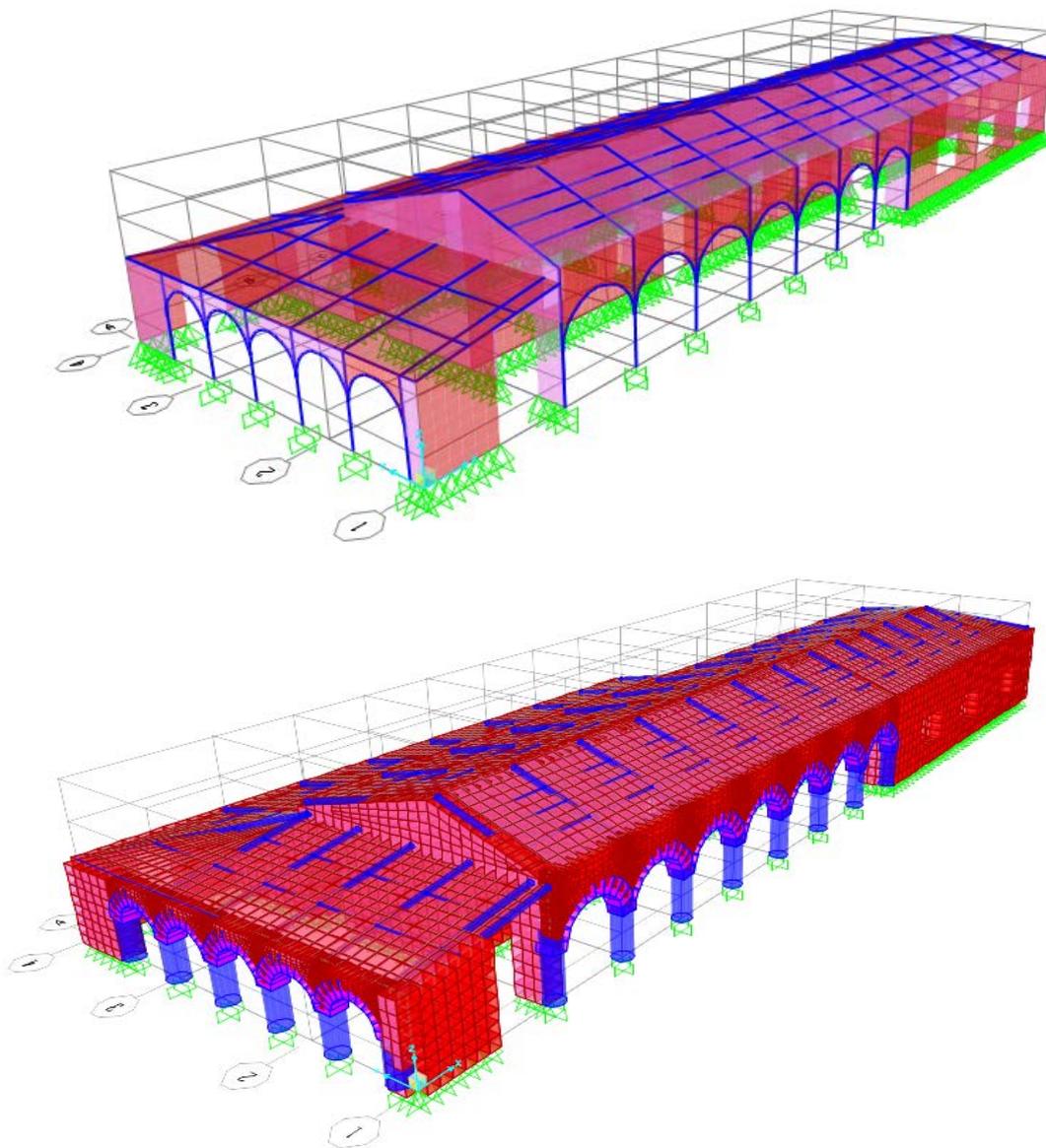
Además, dentro del proceso de modelamiento, se debe tener algunas consideraciones, como: divisiones de los elementos de áreas de muros y el techo.

Figura 32: Dibujo de los elementos verticales y horizontales.



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 33: Dibujo de los elementos verticales y horizontales.

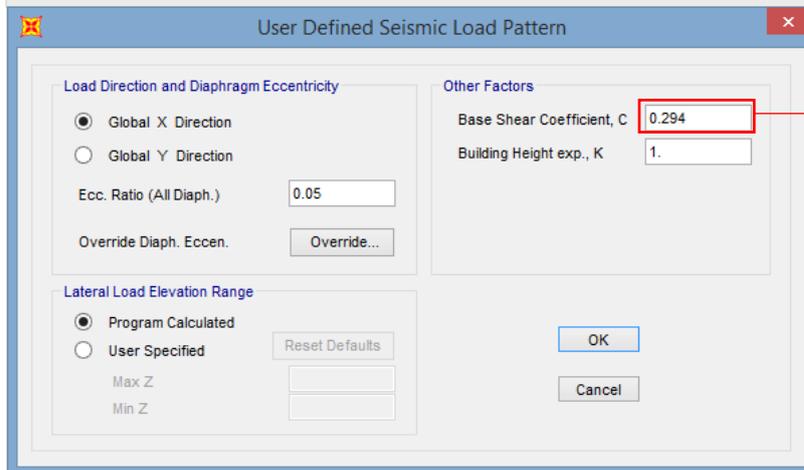
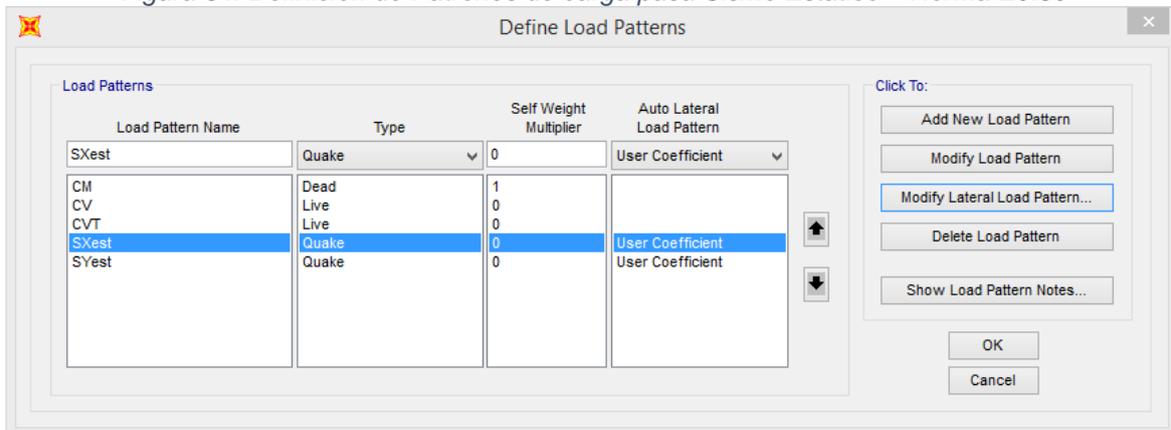


Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

d) Análisis estático

Según la Norma E0.80 (Diseño y construcción con tierra reforzada)

Figura 34: Definición de Patrones de carga para Sismo Estático – Norma E0.80

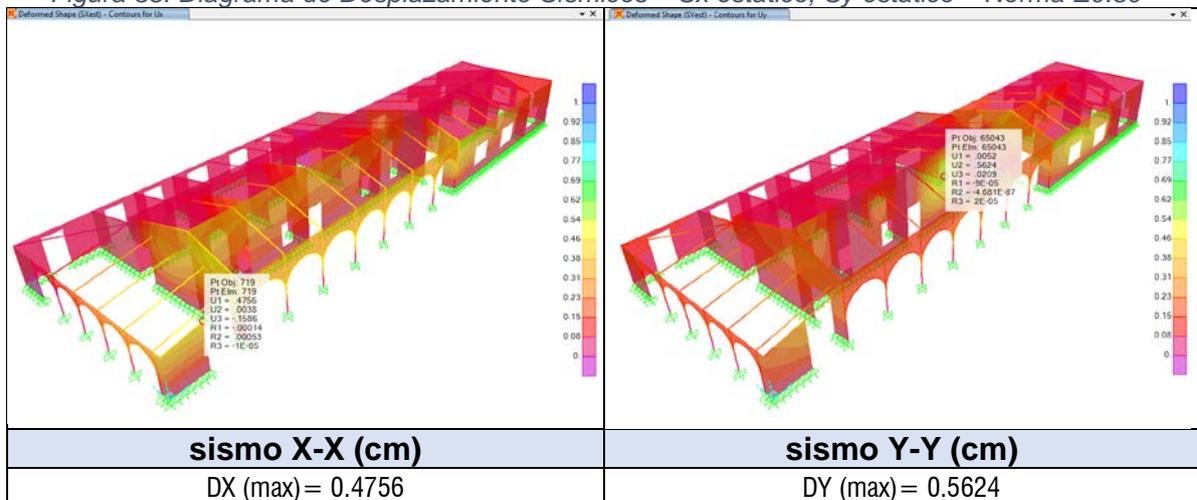


NORMA E0.80
 Fuerza de Horizontal Sísmica
 $H = S \cdot U \cdot C \cdot P$
 Donde:
 - S = 1.4, suelo intermedio
 - C = 0.15, Zona 2
 - U = 1.4, cultural – recreación
 - P = CM + 0.5CV
 Reemplazando: $H = 0.294P$

Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Se verifica los desplazamientos en dirección X-X y Y-Y, de los sismos estáticos, obtenido los siguientes resultados:

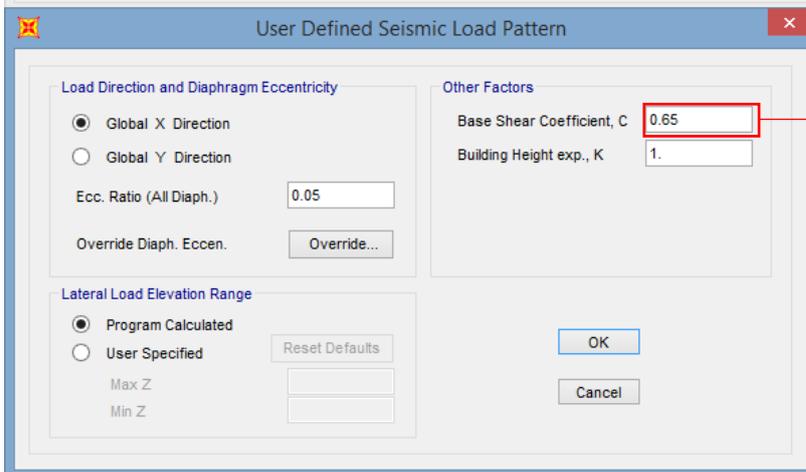
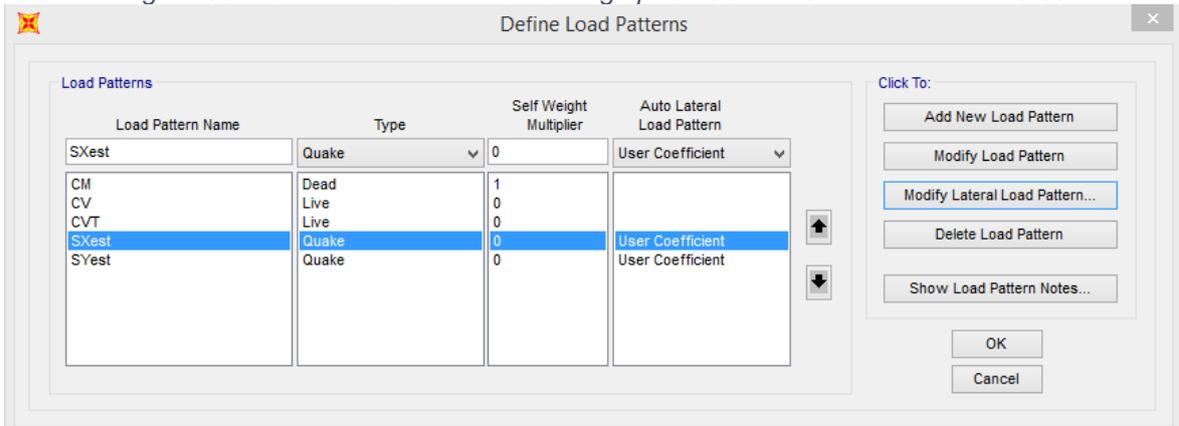
Figura 35: Diagrama de Desplazamiento Sísmicos – Sx estático, Sy estático – Norma E0.80



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Según la Norma E0.30 (Diseño sísmoresistente)

Figura 36: Definición de Patrones de carga para Sismo Estático – Norma E0.30



Fuerza de la Cortante Basal

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Donde:

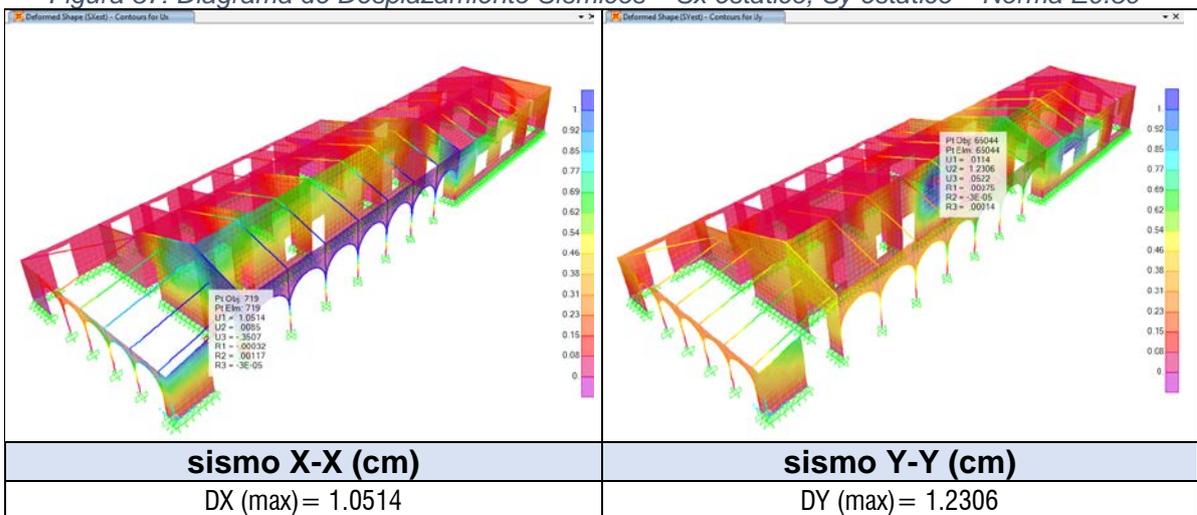
- Z = 0.25, zona 2
- U = 1.30, categoría B importante
- S = 1.20, suelo intermedio
- C = 2.5, $T_p=0.6$ $T_I=2.0$
- R = 1.5, asumimos ese valor, considerando la baja ductilidad del adobe.
- P = CM + 0.5CV + 0.25 CVT

Reemplazando: $\rightarrow V = 0.65P$

Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Se verifica los desplazamientos en dirección X-X y Y-Y, de los sismos estáticos, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 37: Diagrama de Desplazamiento Sísmicos – Sx estático, Sy estático – Norma E0.30



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

e) Análisis Sísmico

- **Propósito del Análisis Sísmico**

El propósito principal del análisis sísmico o dinámico de la estructura es estudiar el probable comportamiento de la estructura ante sollicitaciones gravitacionales y laterales (sismo o viento).

Para el análisis sísmico de la estructura real, podemos plantear un modelo pseudo – tridimensional para representarla en el programa SAP2000 V19.2.1. El análisis dinámico se divide en tres grandes grupos:

- Análisis modal espectral
- Análisis tiempo – historia
- Análisis en el dominio de frecuencias

El análisis sísmico de la edificación del presente proyecto será ejecutado de acuerdo a la NTE E.030 (Diseño sismorresistente) vigente. Donde nos especifica que debemos utilizar uno de los siguientes procedimientos:

- Análisis estático o de fuerzas equivalentes
- Análisis dinámico modal espectral

El análisis de la estructura se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. Debemos considerar que el análisis dinámico tiempo – historia podrá usarse con fines de verificación, sin sustituir a las anteriores establecidas en la NTE E.030 vigente.

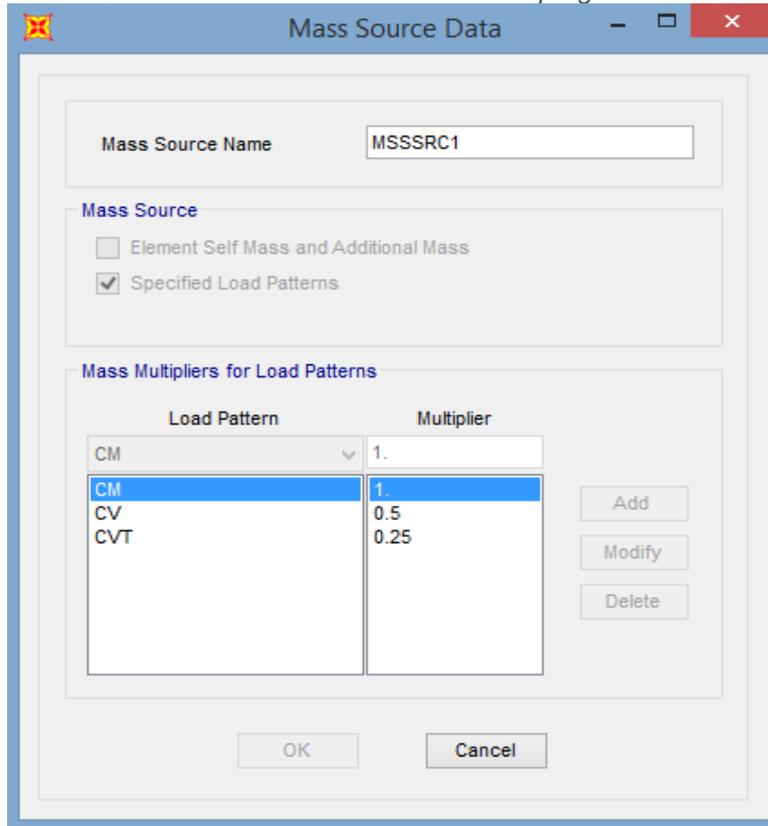
- **Análisis Modal**

Se realiza el análisis modal para determinar los modos de vibración de la estructura, la cual son útiles para entender el comportamiento de dicha estructura. En este proyecto se realizará el tipo de análisis modal por vectores propios.

- a) Consideraciones para en análisis modal**

Previo al análisis modal definiremos la masa de la estructura, asignaremos diafragma rígido a los niveles del modelo, número de modos de vibración, etc.

Figura 38: Definición de masa de la estructura en el programa SAP2000 V19.2.1.

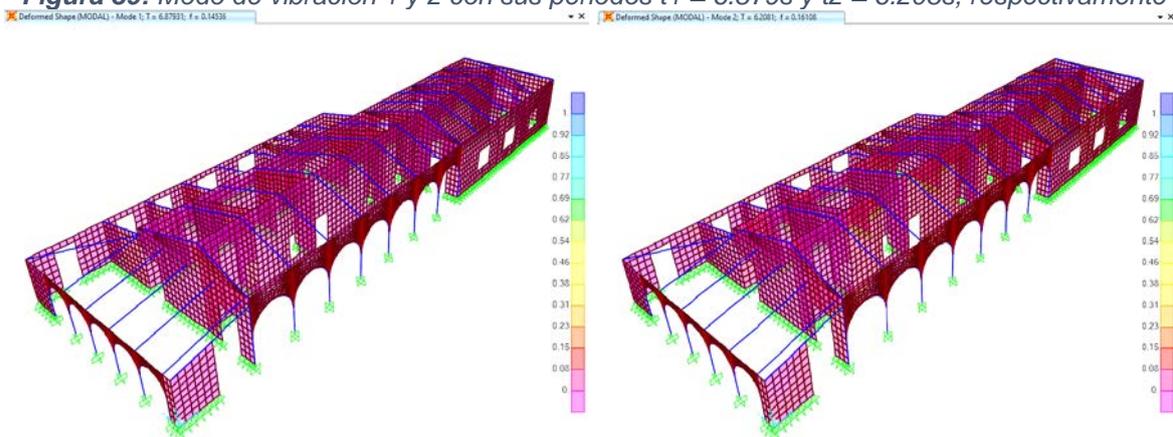


Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

b) Respuesta del análisis modal

Veremos los principales movimientos con sus respectivos periodos de la estructura en el programa SAP2000 V.19.2.1.

Figura 39: Modo de vibración 1 y 2 con sus periodos $t_1 = 6.879s$ y $t_2 = 6.208s$, respectivamente



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

- **Parámetros Sísmicos**

La norma E.030 nos especifica los parámetros para el análisis sísmico de la estructura, la cual nos servirá para el diseño estructural de los elementos estructurales.

- a) **Factor zona (Z):** Se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N°1 de la NTE E.030. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal del suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

Tabla 24: Factores de Zona "Z"- Norma E0.30

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: NTE E.030

En el mapa de zonificación sísmica a la provincia de Huánuco, le corresponde la Zona 2, con un valor de **Z=0.25**.

Figura 40: Distribución espacial sismicidad del Perú.

ZONAS SÍSMICAS



Fuente: NTE E.030

- b) **Condiciones geotécnicas (S):** Este valor lo obtenemos de la Tabla N° 3 – factor de suelo (NTE E.030) en base a las características del estudio del suelo, donde se cimentará la edificación.

Siendo en nuestro caso un suelo tipo “S2”, obtenemos un **S = 1.20** y los periodos de acuerdo a la tabla N° 04 (NTE E.030)

$$T_p = 0.6s \text{ y } T_L = 2.0s$$

- c) **Periodo fundamental (T):** El periodo fundamental de la estructura se determina de acuerdo al análisis dinámico que se realizó. Teniendo como valores:

$$T_{xx} = 0.71s \text{ y } T_{yy} = 0.70s.$$

- d) **Coeficiente de amplificación sísmica (C):** Representa la amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración de suelo.

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica por las siguientes expresiones (NTE E.030):

$$\begin{array}{ll} C = 2.5 & \text{si } T < T_p \\ C = 2.5 (T_p/T) & \text{si } T_p < T < T_L \\ C = 2.5(T_p \cdot T_L/T^2) & \text{si } T_L < T \end{array}$$

Siendo:

T = periodo fundamental de la estructura.

Se observa lo siguiente:

$$T_{xx} = 0.350s < T_p = 0.6s \text{ y } T_{yy} = 0.144s < T_p = 0.6s$$

Entonces tenemos: **C = 2.5**

- e) **Categoría de la edificación y factor de uso (U):** Este valor se obtiene de la Tabla N° 5 – Categoría de las Edificaciones y factor de uso. (NTE E.030)

El proyecto en evaluación corresponde a la **categoría B** (edificaciones esenciales) tratándose de un centro educativo, por lo tanto, el factor de uso **U = 1.3**

- **Análisis Dinámico Modal Espectral**

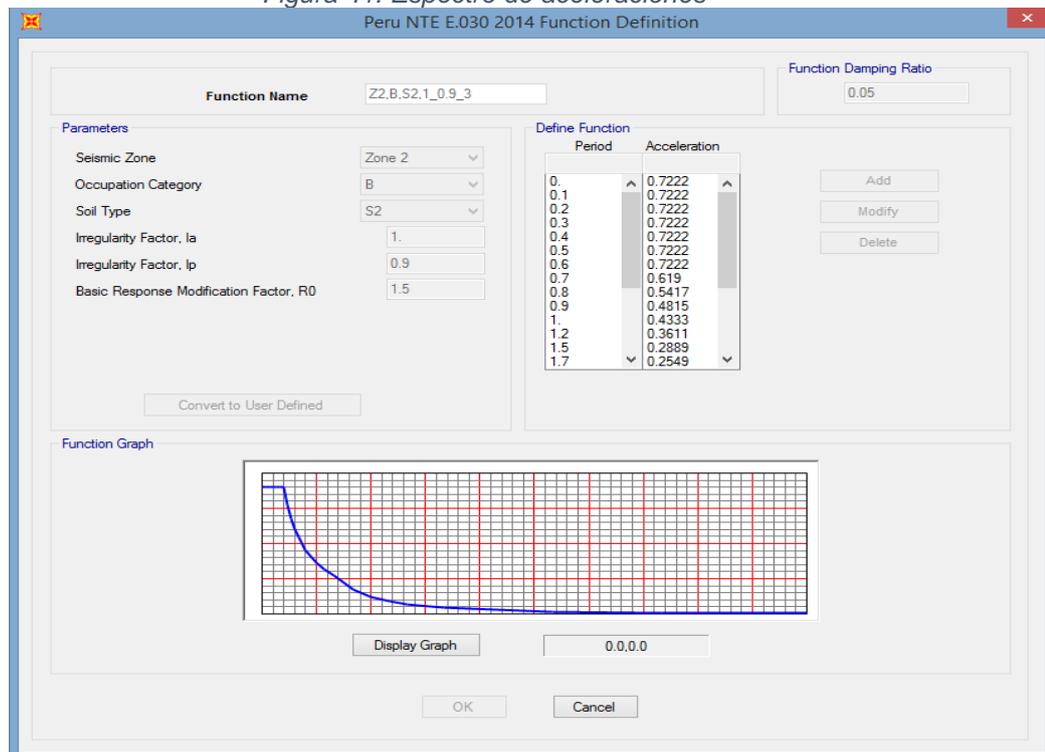
Para cada una de las direcciones horizontales se utiliza un espectro inelástico de aceleración definido por la siguiente fórmula:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Los parámetros sísmicos ya lo definimos anteriormente, siendo estas:

- $Z = 0.25$
- $U = 1.3$
- $S = \text{TIPO 2}$
- $R_x = 1.5$ $R_y = 1.5$ (Se asume debido a que el adobe tiene muy baja ductibilidad).

Figura 41: Espectro de aceleraciones



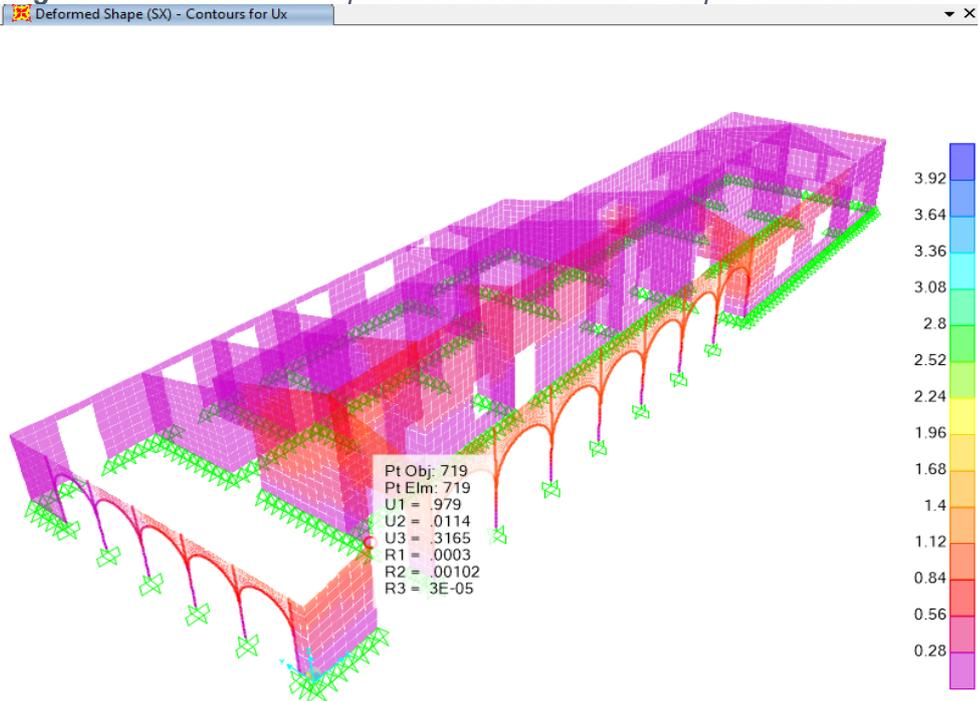
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

f) Desplazamientos del Edificio

La estructura está sometida a cargas gravitacionales durante su vida de servicio, siendo las cargas muertas y cargas vivas.

Desplazamiento en X-X – Sismo X (cm)

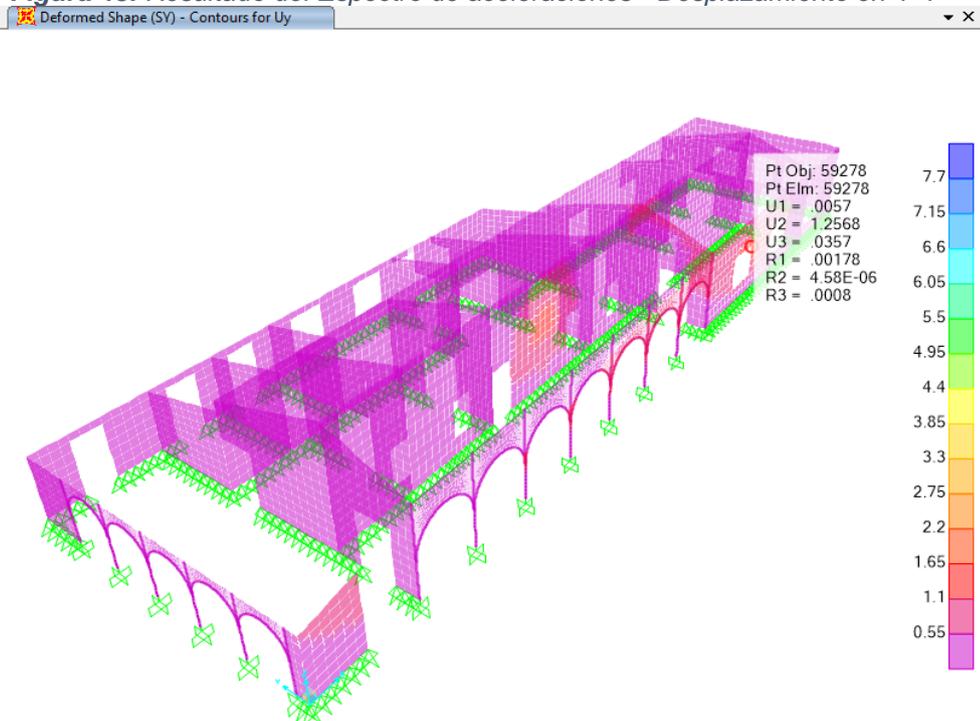
Figura 42: Resultado del Espectro de aceleraciones - Desplazamiento en X-X



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Desplazamiento en Y-Y – Sismo Y (cm)

Figura 43: Resultado del Espectro de aceleraciones - Desplazamiento en Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

En la dirección X

Tipo de Edificación
Sistema Estructural
Material Predominante

REGULAR	Dx*0.75R
Muros con ductilidad limitada	R=4.0
Albañilería	Δ=0.005

(se asume)

NIVEL	Dx	Desplaz relat Δ Elast	Δi=Dx*0.75R	he (cm)	Δi/he
1	0.975	0.975	2.925	635	0.00461

CONFORME

En la dirección Y

Tipo de Edificación
Sistema Estructural
Material Predominante

REGULAR	Dx*0.75R
Muros con ductilidad limitada	R=4.0
Albañilería	Δ=0.005

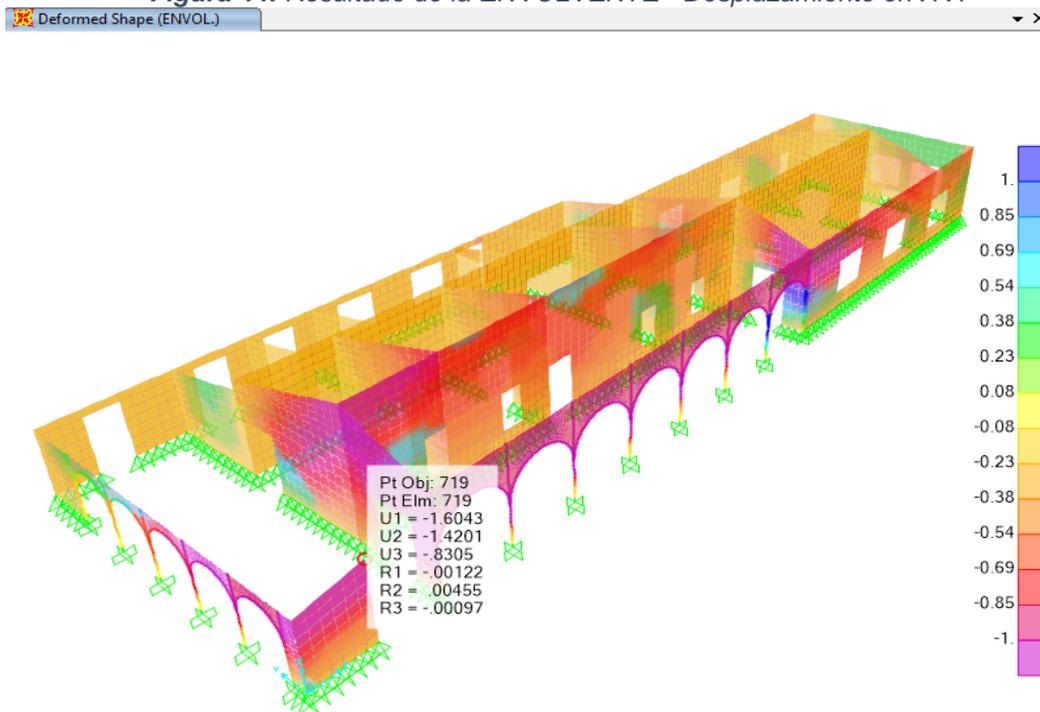
(se asume)

NIVEL	Dy	Desplaz relat Δ Elast	Δi=Dx*0.75R	he (cm)	Δi/he
1	1.2568	1.2568	3.7704	635	0.00594

NO CONFORME

Desplazamiento en la Envolvente, dirección X-X (cm)

Figura 44: Resultado de la ENVOLVENTE - Desplazamiento en X-X



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

En la dirección X

Tipo de Edificación
Sistema Estructural
Material Predominante

REGULAR	Dx*0.75R
Muros con ductilidad limitada	R=4.0
Albañilería	Δ=0.005

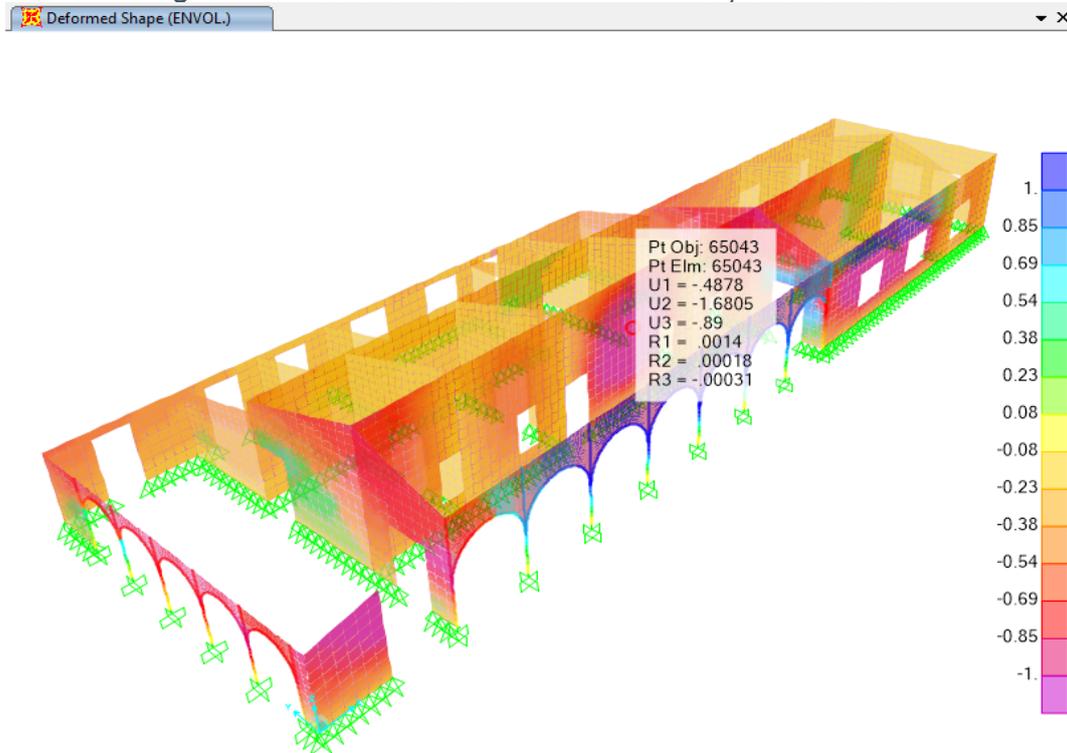
(se asume)

NIVEL	Dx	Desplaz relat Δ Elast	Δi=Dx*0.75R	he (cm)	Δi/he
1	1.3907	1.3907	4.1721	635	0.00657

NO CONFORME

Desplazamiento en la Envolvente, dirección Y-Y (cm)

Figura 45: Resultado de la ENVOLVENTE - Desplazamiento en Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

En la dirección Y

Tipo de Edificación
Sistema Estructural
Material Predominante

REGULAR	$Dx \cdot 0.75R$
Muros con ductilidad limitada	$R=4.0$
Albañilería	$\Delta=0.005$

(se asume)

NIVEL	Dy	Desplaz relat Δ Elast	$\Delta i = Dx \cdot 0.75R$	he (cm)	$\Delta i / he$
1	1.6805	1.6805	5.0415	635	0.00794

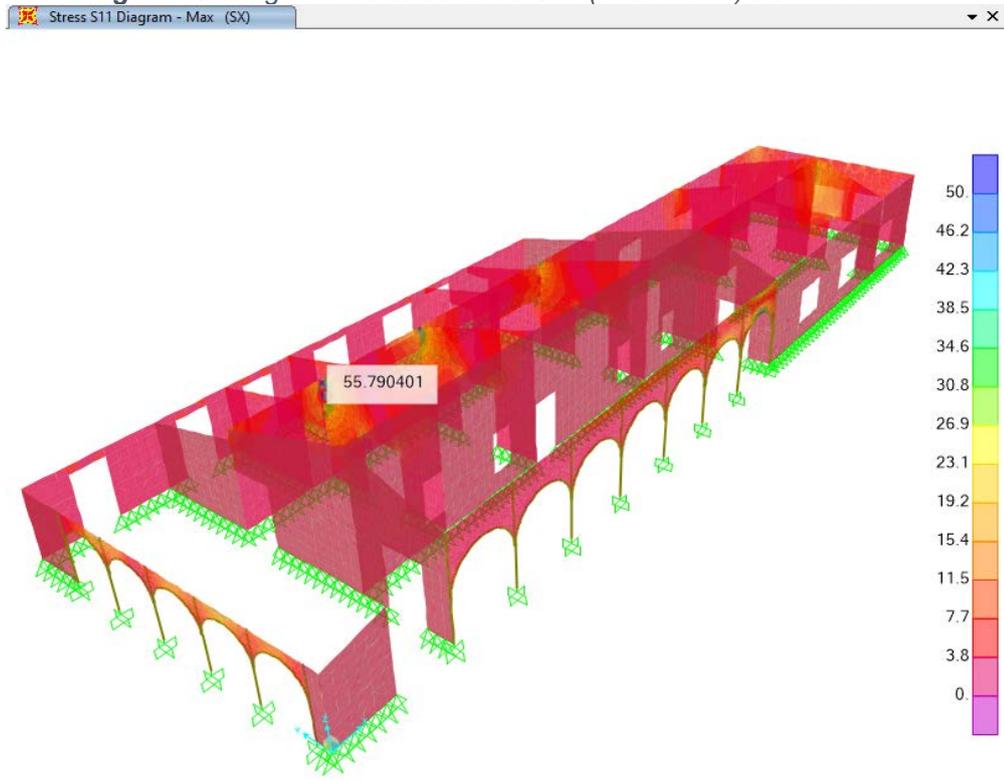
**NO
CONFORME**

f) Resultados del Análisis Estructural

A continuación, mostraremos los resultados esfuerzos y momentos máximos del análisis estructural de la edificación modelada en el programa SAP2000 V19.0.0.

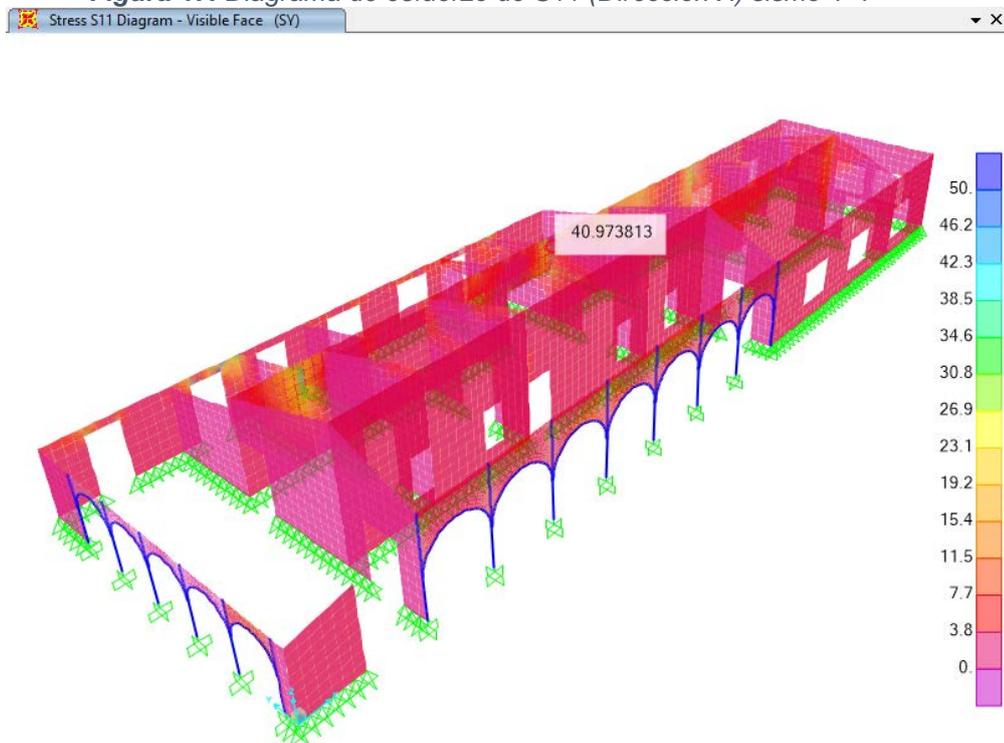
Esfuerzos máximos en S11 - dirección X (Kgf/cm²)

Figura 46: Diagrama de esfuerzo de S11 (Dirección X) sismo X-X



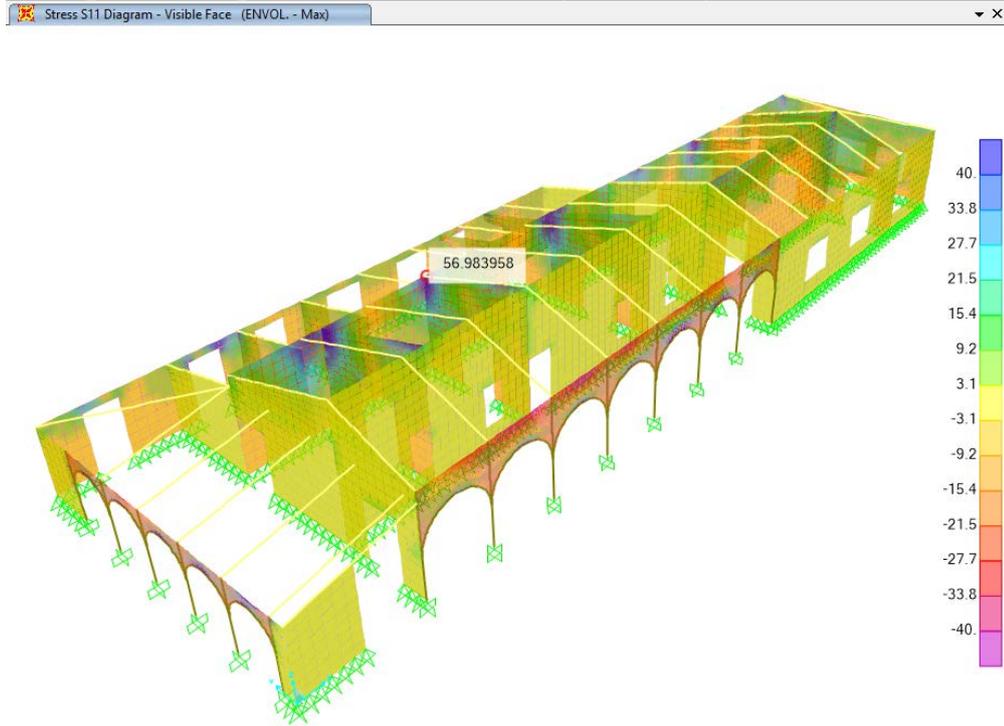
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 47: Diagrama de esfuerzo de S11 (Dirección X) sismo Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

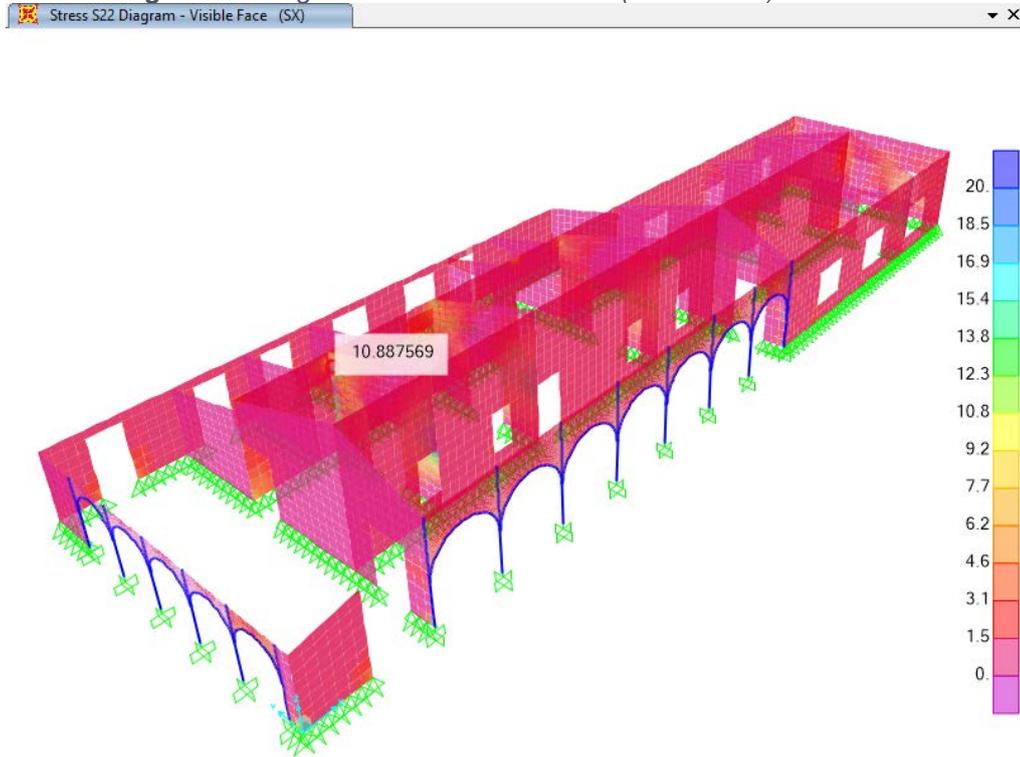
Figura 48: Diagrama de esfuerzo de S11 (Dirección X) ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

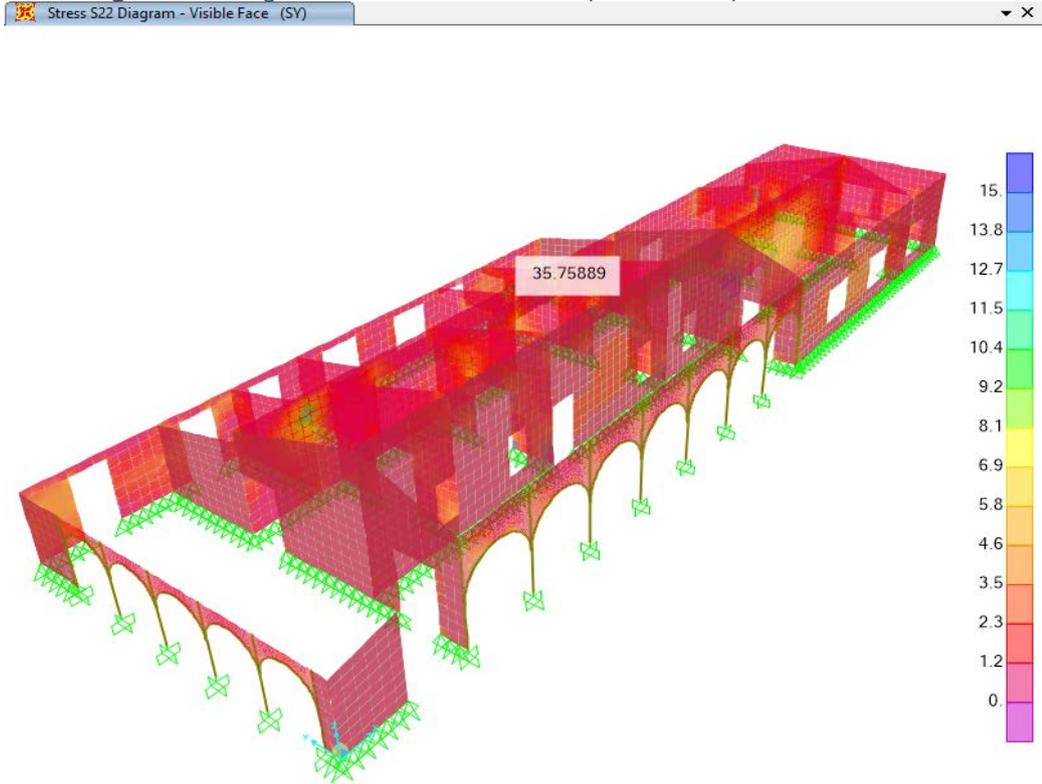
Esfuerzos máximos en S22 - dirección Y (Kgf/cm²)

Figura 49: Diagrama de esfuerzo de S22 (Dirección Y) sismo X-X



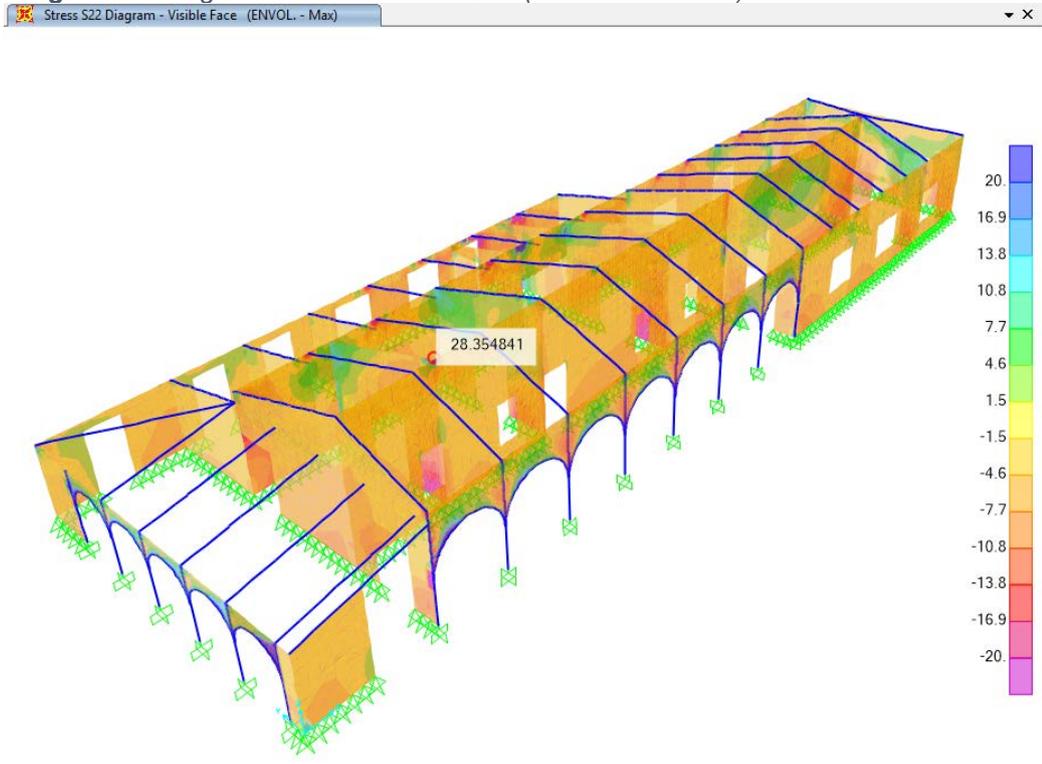
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 50: Diagrama de esfuerzo de S22 (Dirección Y) sismo Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

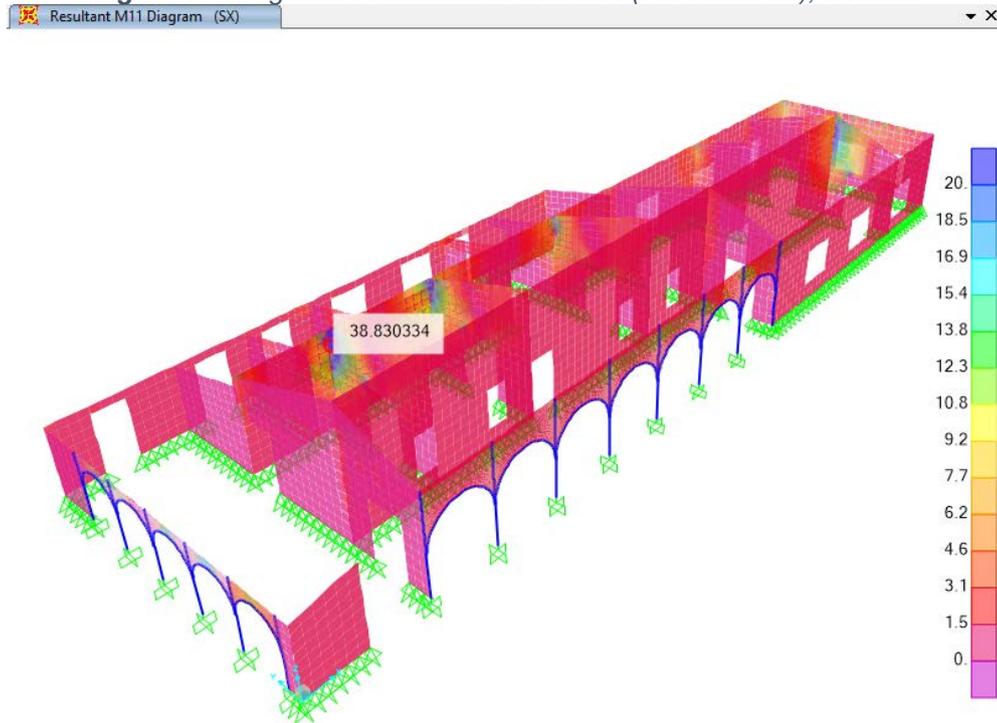
Figura 51: Diagrama de esfuerzo de S22 (Dirección vertical) ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

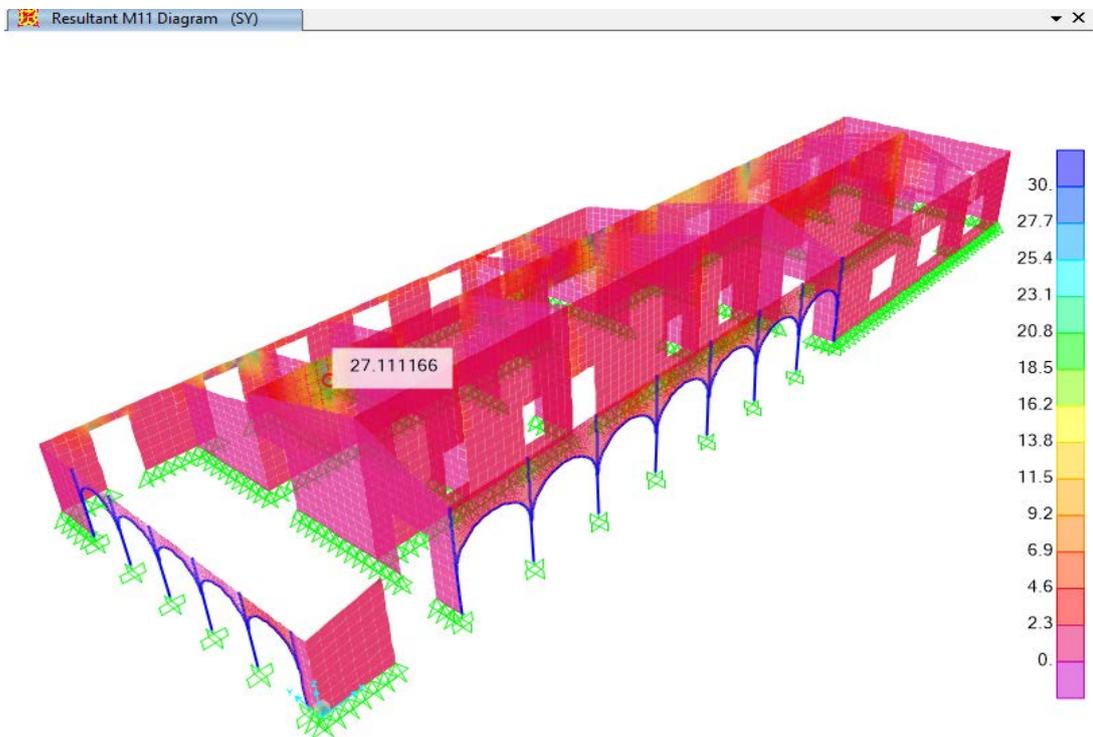
Momentos Flectores máximos en M11 - dirección X (tonf-m/m)

Figura 52: Diagrama de momentos flectores (dirección X-X), sismo X



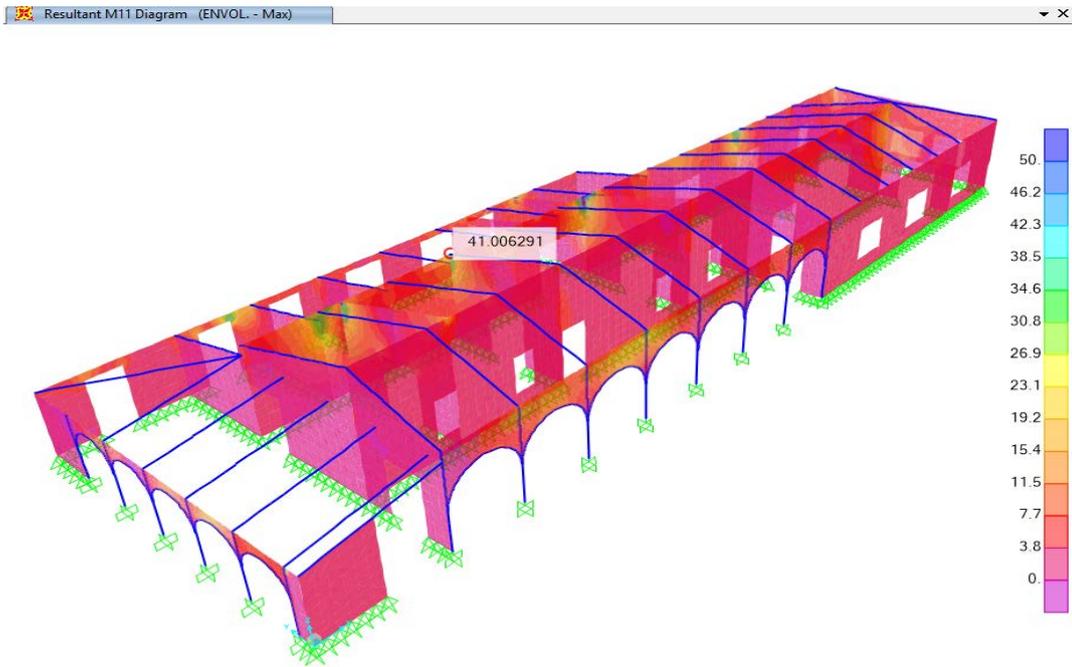
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 53: Diagrama de momentos flectores (dirección X-X), sismo Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

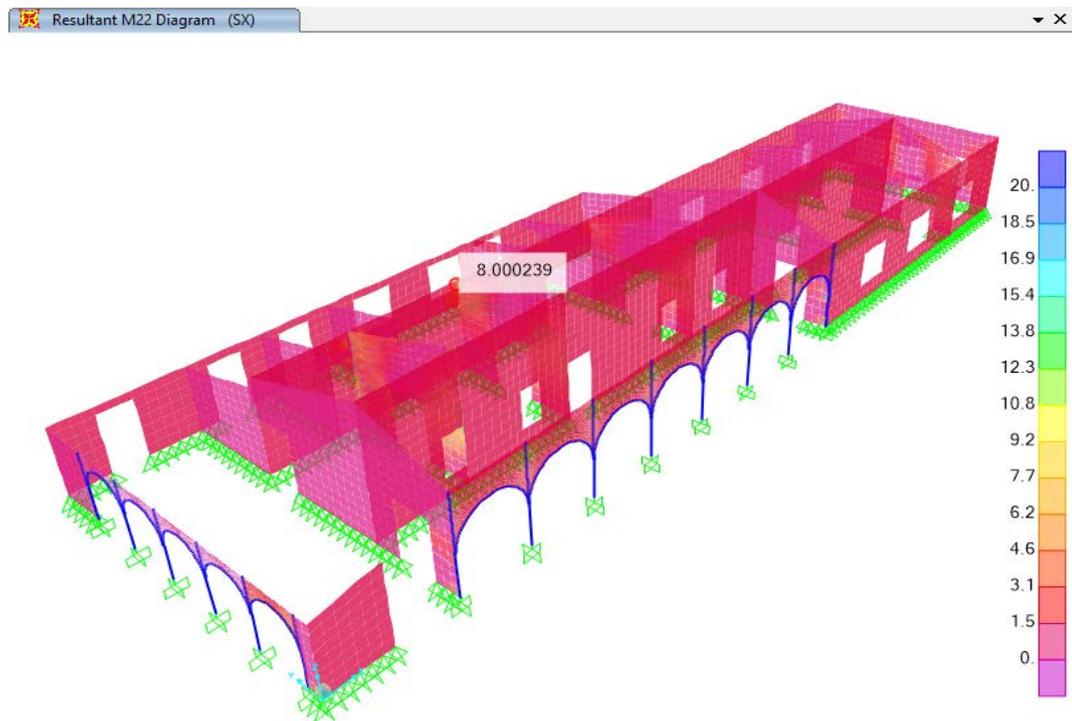
Figura 54: Diagrama de momentos flectores (dirección X-X), ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

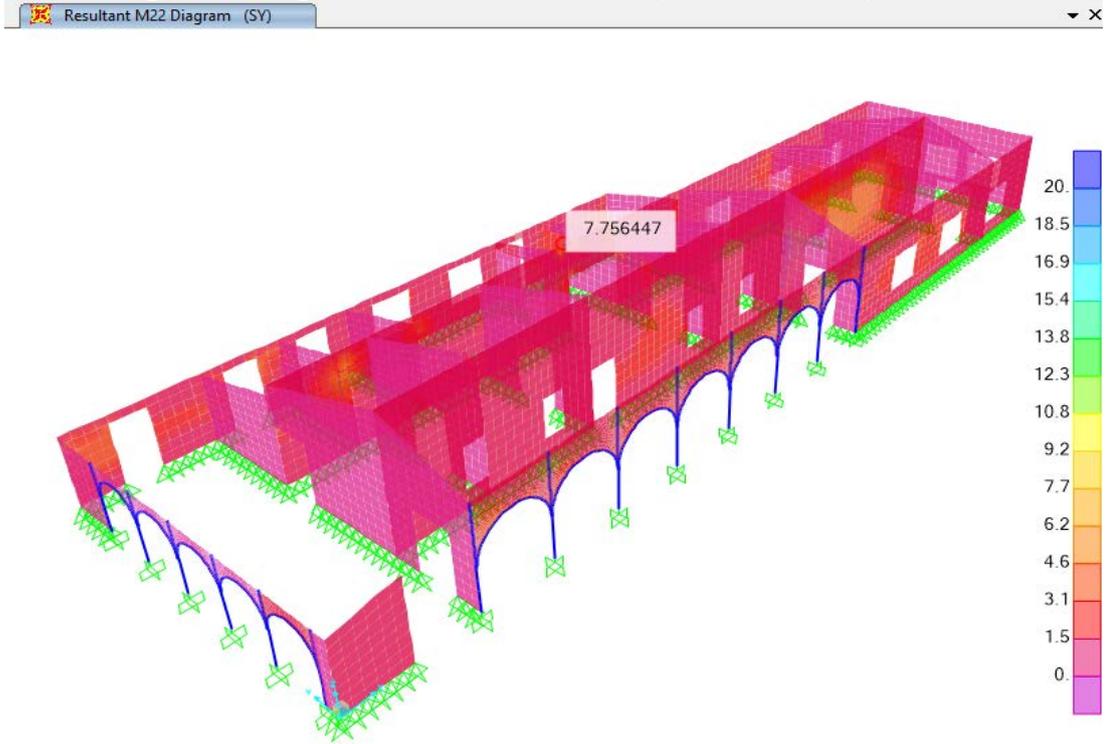
Momentos Flectores máximos en M22 - dirección Y (tonf-m/m)

Figura 55: Diagrama de momentos flectores (dirección vertical), sismo X



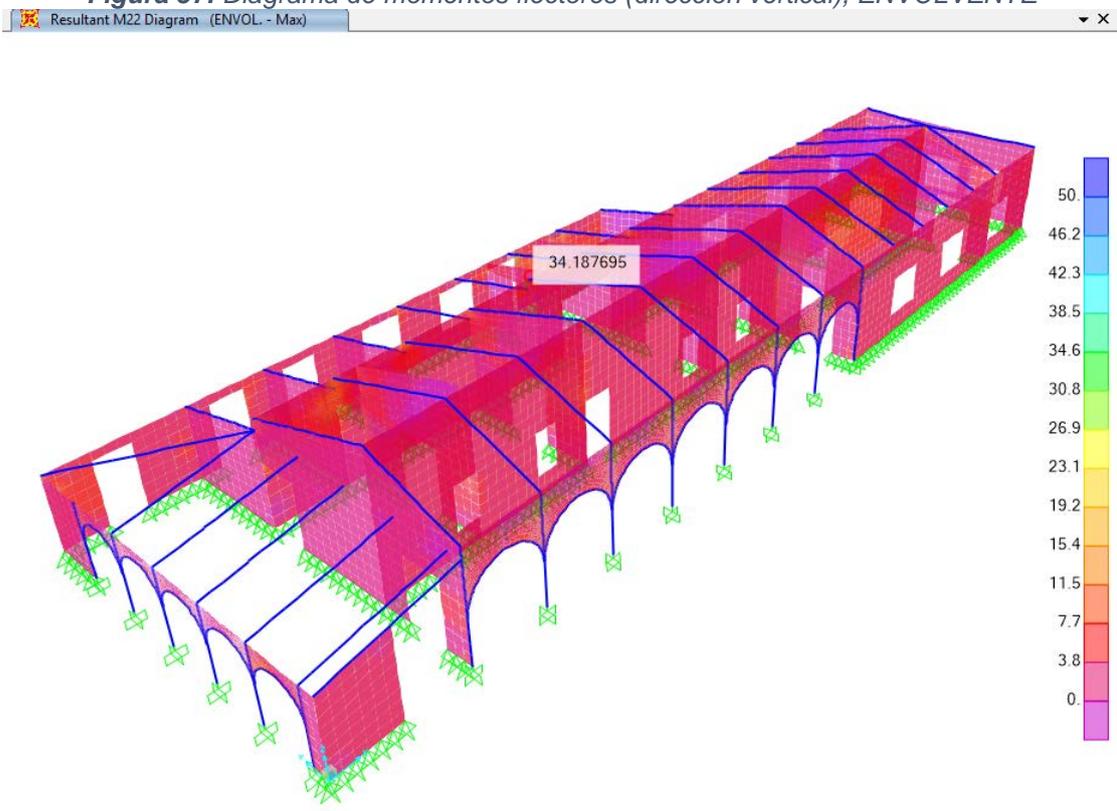
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 56: Diagrama de momentos flectores (dirección vertical), sismo Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 57: Diagrama de momentos flectores (dirección vertical), ENVOLVENTE



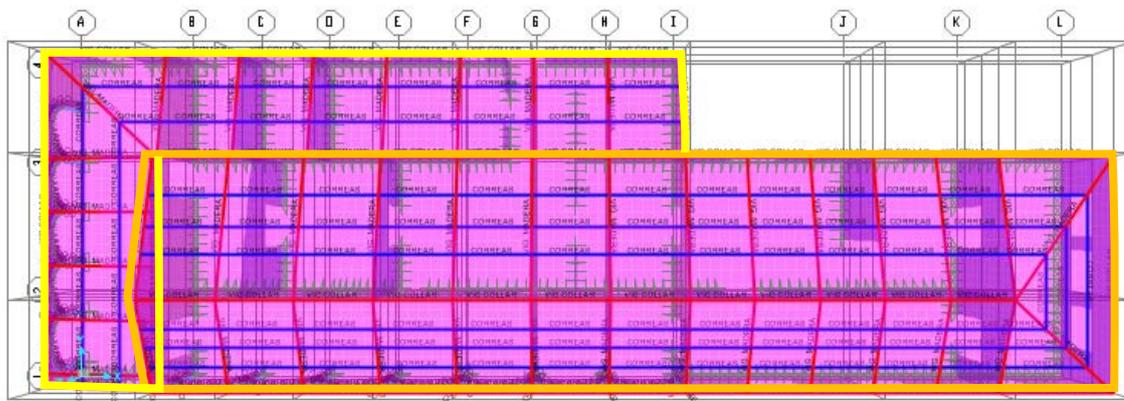
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

MODELAMIENTO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

Para la propuesta de reforzamiento se selecciona como tipo de refuerzo a la Viga Collar y para rigidizar los muros

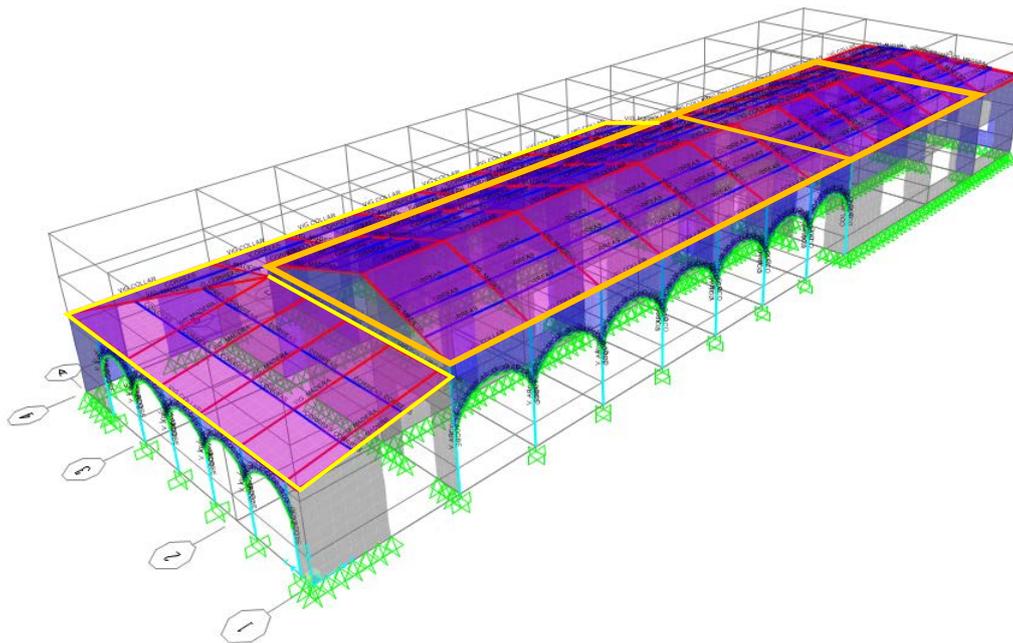
Para considerar el Módulo de Elasticidad del Above con Geomalla, se consideró estudio como el realizado por (Solís, y otros, 2015) donde en su investigación (Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas), concluye que tiene módulos de elasticidad promedio de $369 \text{ Mpa} = 3762.75 \text{ kgf/cm}^2$. Sin embargo, para ser más conservadores consideraremos el valor de $E = 3000 \text{ kg/cm}^2$, en los valores recomendados para mampostería de adobe por (Meli, 1998).

Figura 58: Dibujo de Viga Collar dentro del modelamiento estructural – Vista en Planta



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 59: Dibujo de Viga Collar dentro del modelamiento estructural – Vista 3D

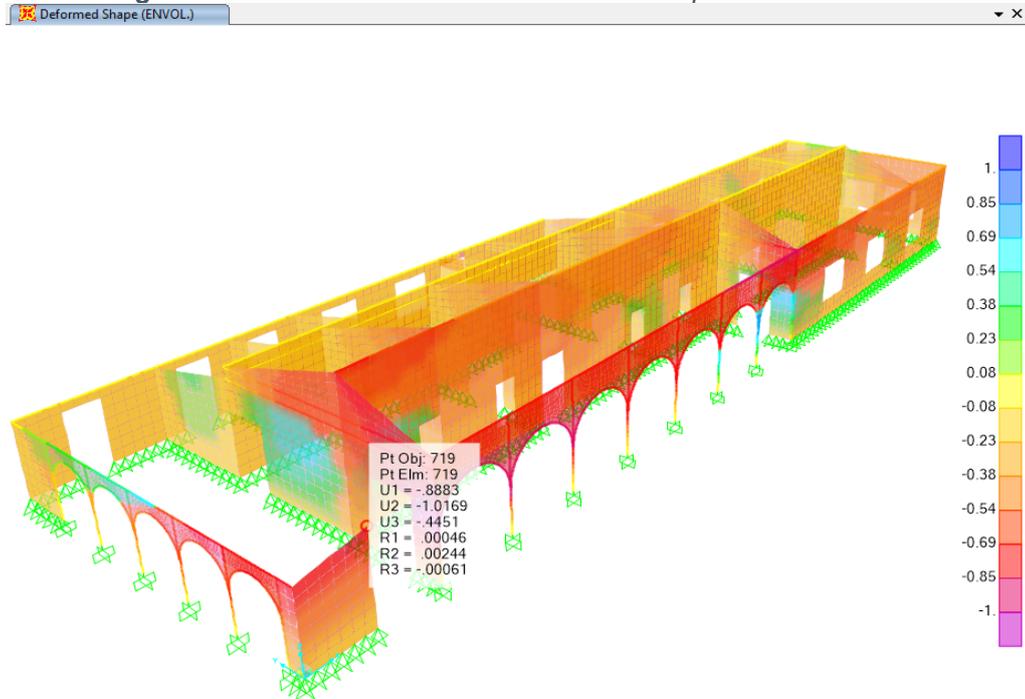


Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Para el análisis de datos consideraremos solo los resultados de la ENVOLVENTE, debido a que la combinación donde los resultados obtenidos son los máximos valores.

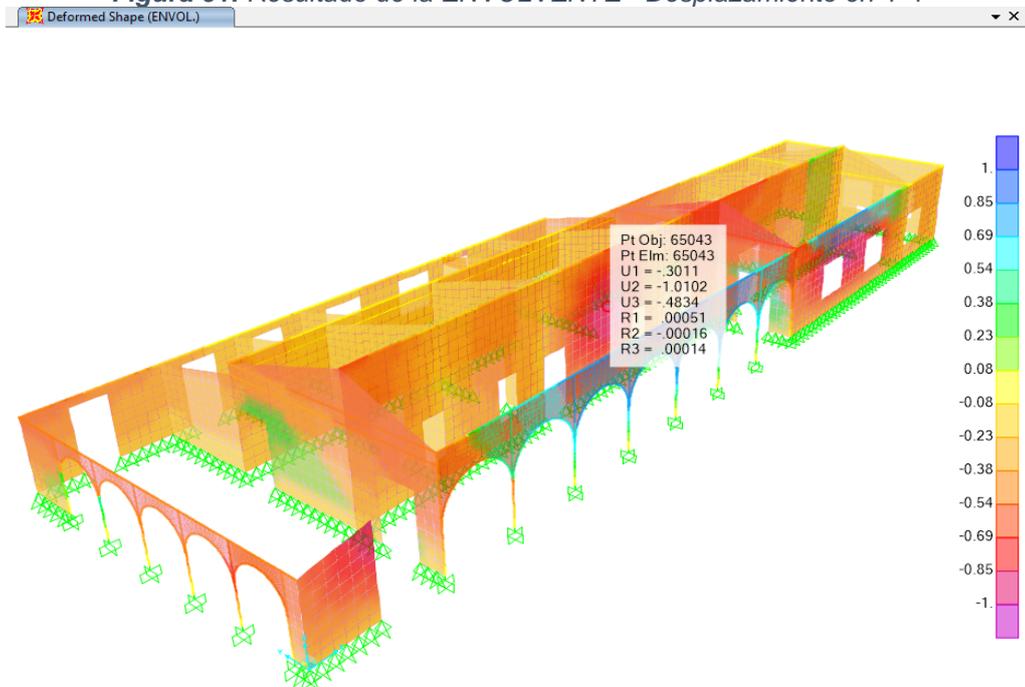
Desplazamiento en la Envolverte, dirección X-X, Y-Y (cm)

Figura 60: Resultado de la ENVOLVENTE - Desplazamiento en X-X



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Figura 61: Resultado de la ENVOLVENTE - Desplazamiento en Y-Y



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

En la dirección X

Tipo de Edificación
Sistema Estructural
Material Predominante

REGULAR	$Dx \cdot 0.75R$
Muros con ductilidad limitada	$R=4.0$
Albañilería	$\Delta=0.005$

(se asume)

NIVEL	Dx	Desplaz relat Δ Elast	$\Delta i = Dx \cdot 0.75R$	he (cm)	$\Delta i / he$
1	0.8883	0.8883	2.6649	635	0.00420

CONFORME

En la dirección Y

Tipo de Edificación
Sistema Estructural
Material Predominante

REGULAR	$Dx \cdot 0.75R$
Muros con ductilidad limitada	$R=4.0$
Albañilería	$\Delta=0.005$

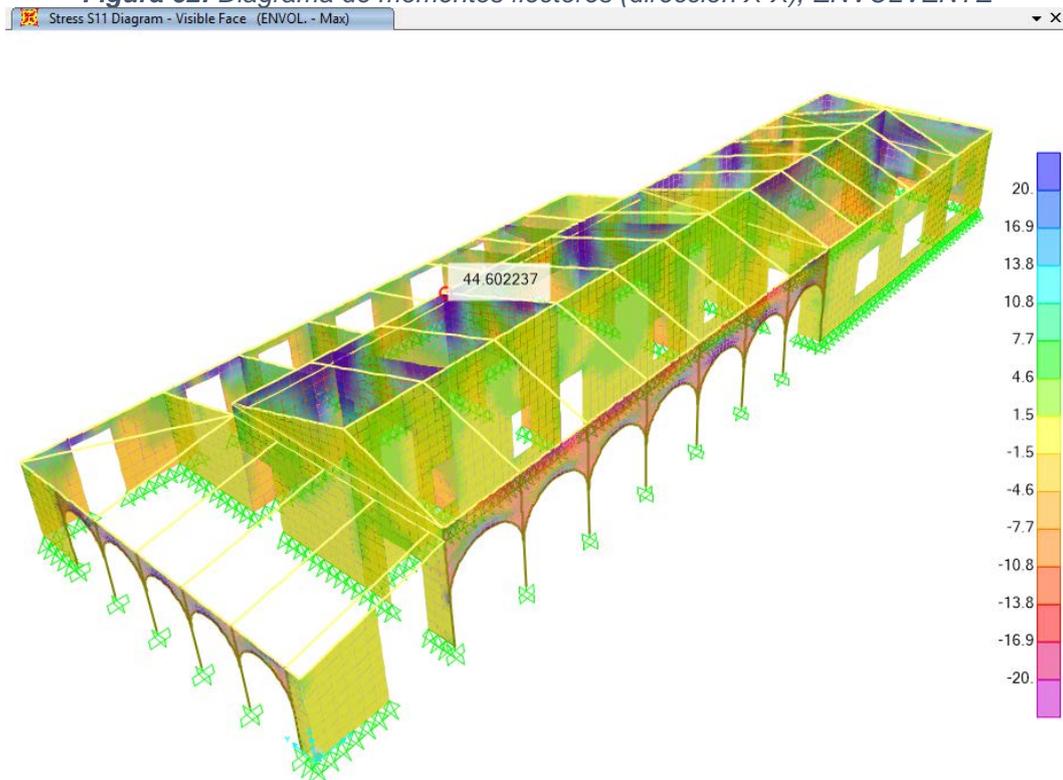
(se asume)

NIVEL	Dy	Desplaz relat Δ Elast	$\Delta i = Dy \cdot 0.75R$	he (cm)	$\Delta i / he$
1	1.0102	1.0102	3.0306	635	0.00477

CONFORME

Esfuerzos máximos en S11 - dirección X (Kgf/cm²)

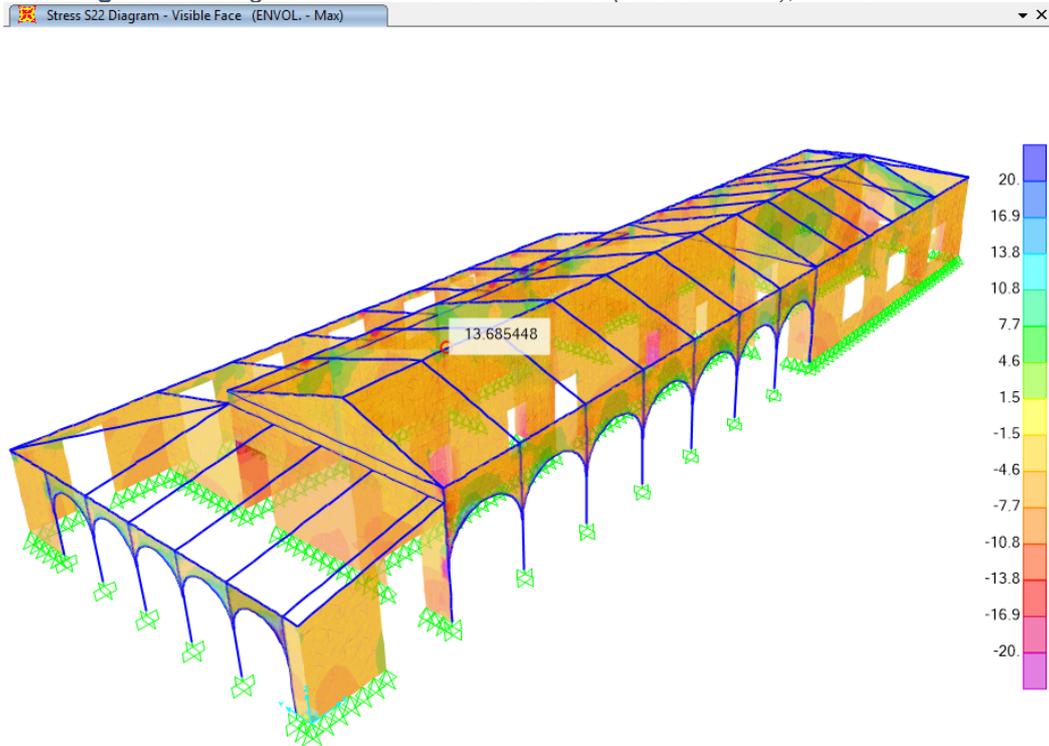
Figura 62: Diagrama de momentos flectores (dirección X-X), ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Esfuerzos máximos en S22 - dirección y (Kgf/cm2)

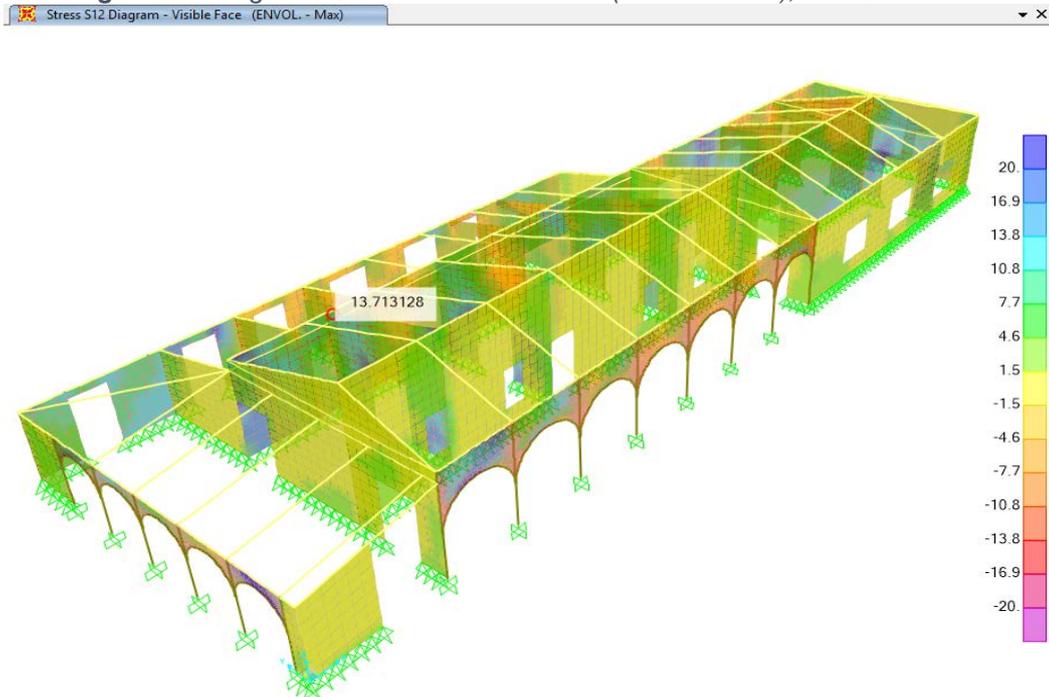
Figura 63: Diagrama de momentos flectores (dirección Y-Y), ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Esfuerzos máximos en S12 – esfuerzo de corte (Kgf/cm2)

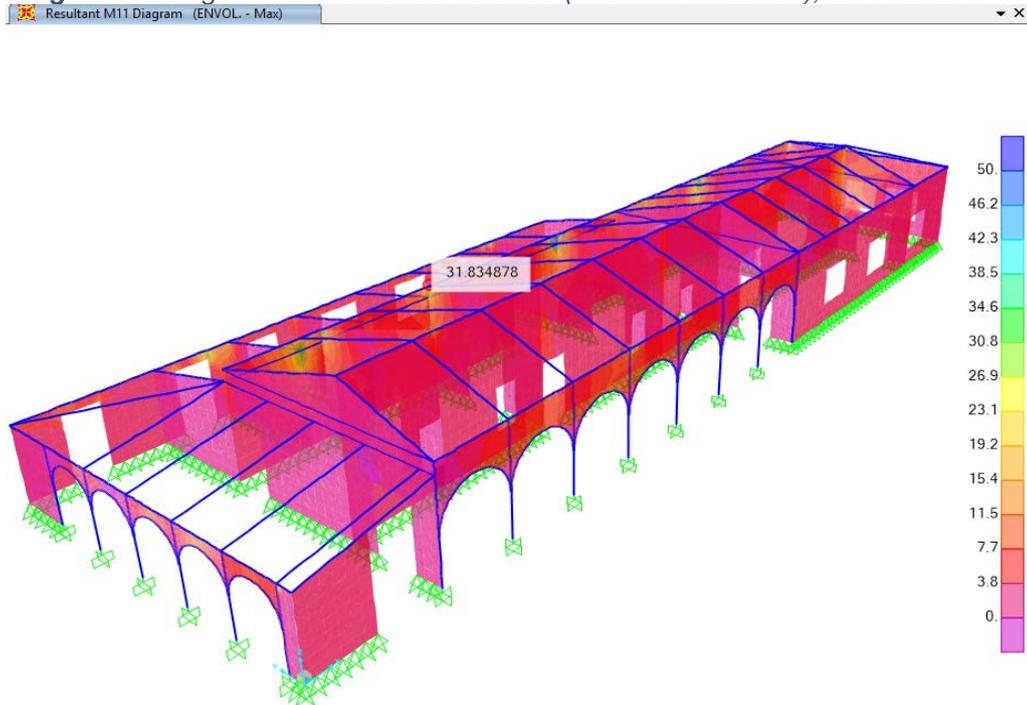
Figura 64: Diagrama de momentos flectores (dirección Y-Y), ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

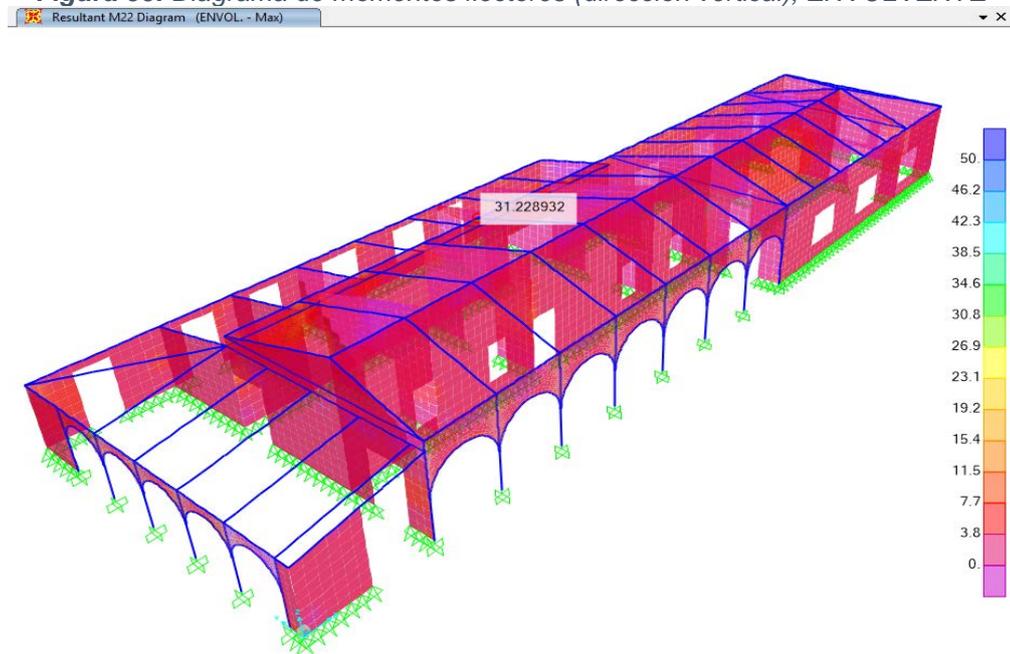
Momentos Flectores máximos en M22 - dirección Y (tonf-m/m)

Figura 65: Diagrama de momentos flectores (dirección horizontal), ENVOLVENTE



Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

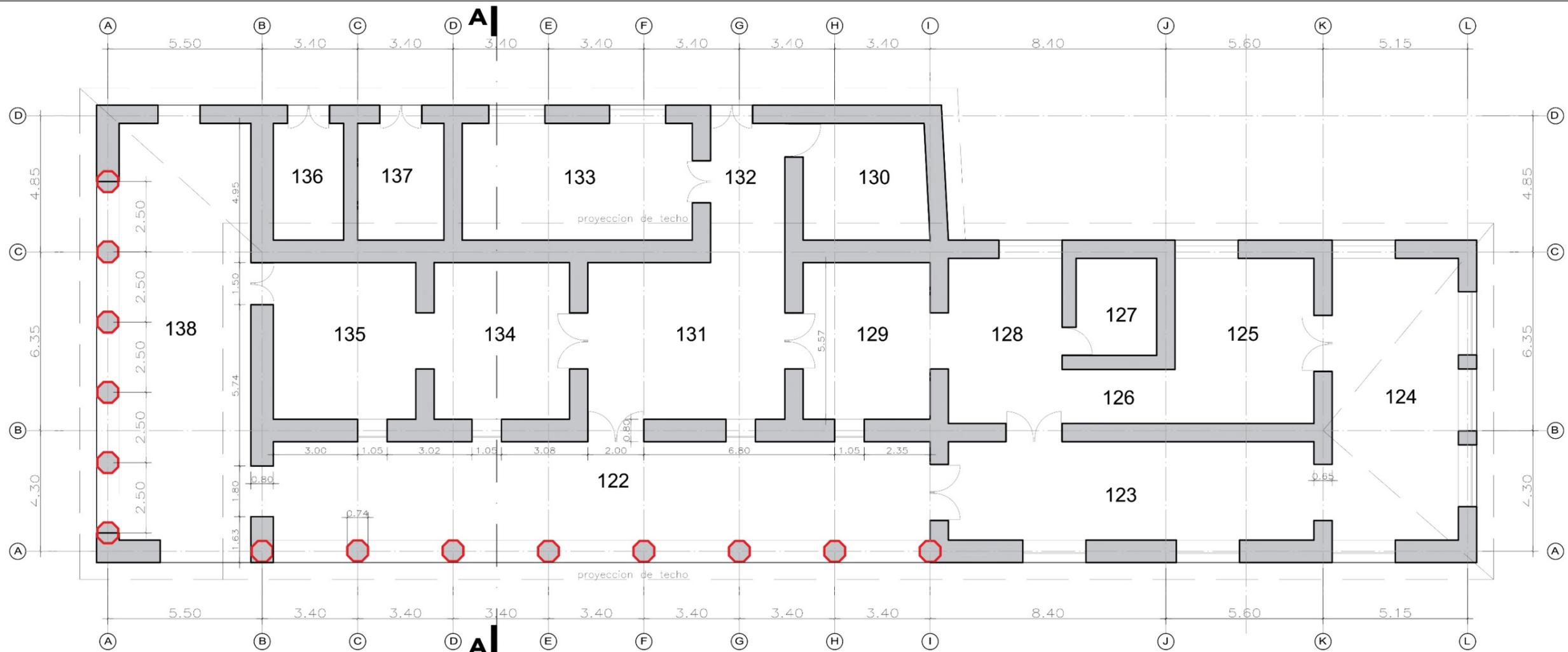
Figura 66: Diagrama de momentos flectores (dirección vertical), ENVOLVENTE



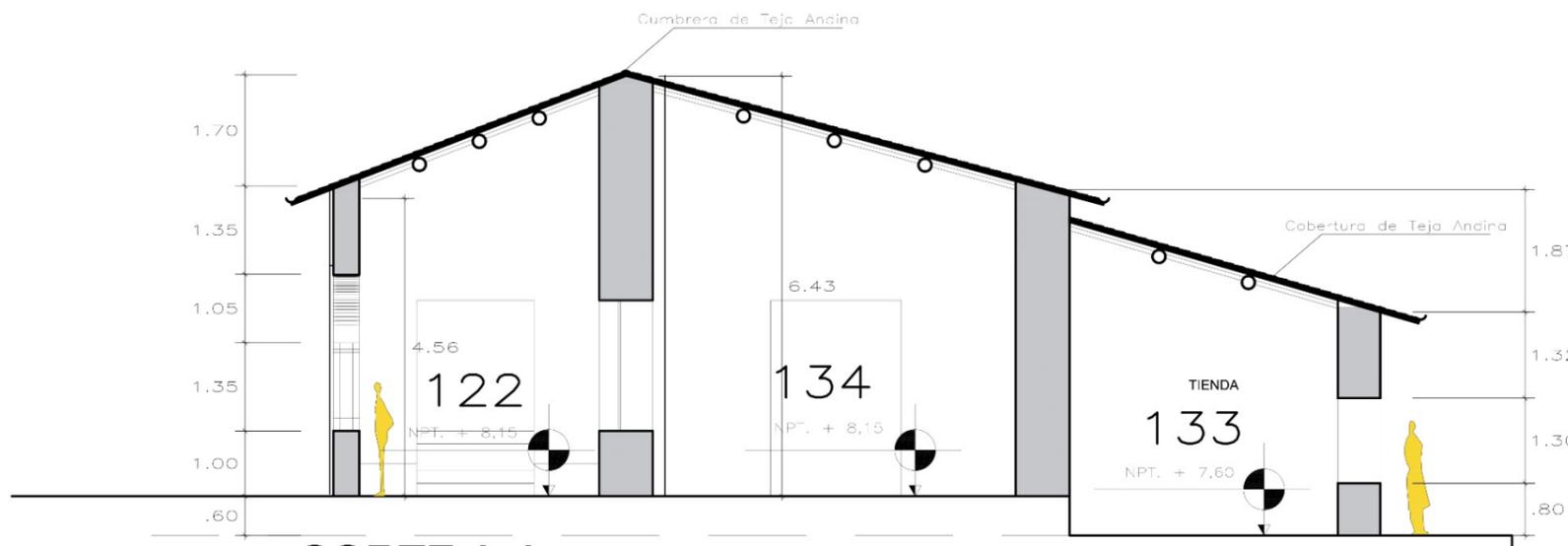
Fuente: Elaboración Propia – con datos del SAP 2000

Como se aprecia al realizar el reforzamiento, se reduce notablemente los desplazamiento, esfuerzos y momentos flectores en ellos muros.

Anexo 8 - Planos de Propuesta de Reforzamiento

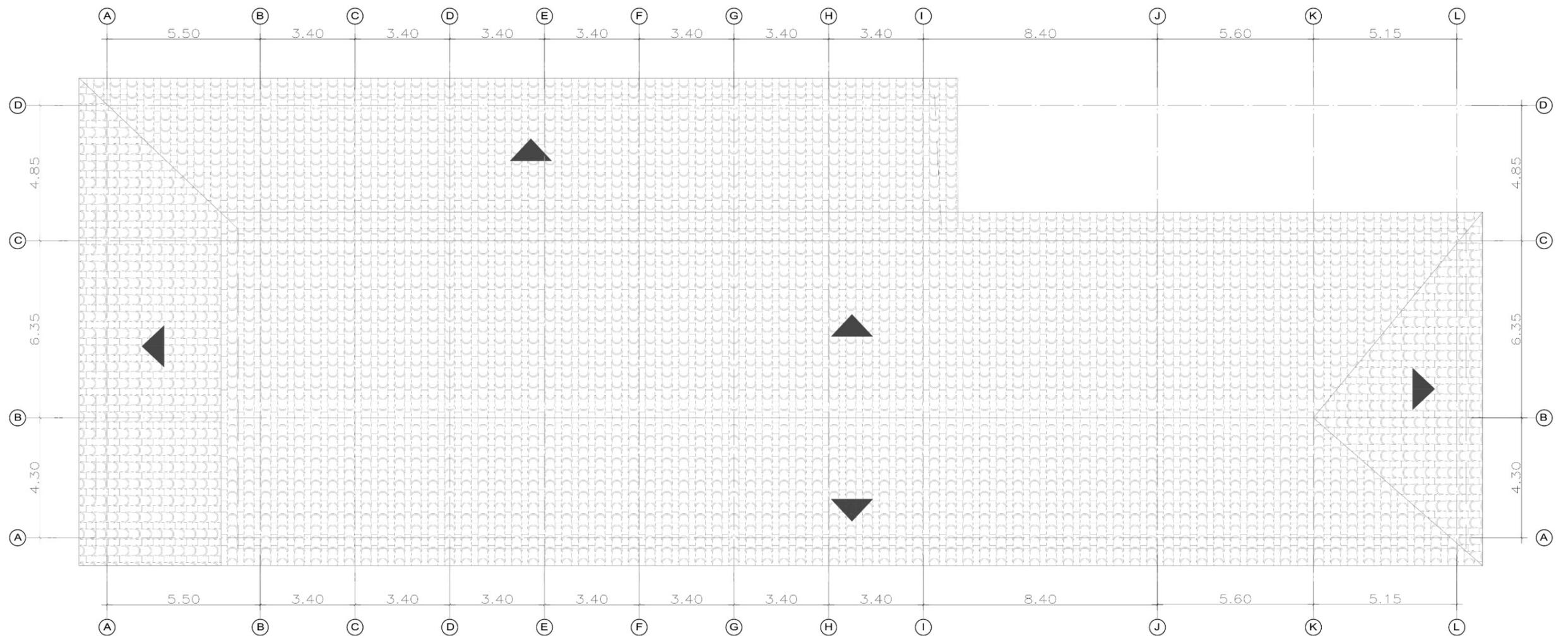


PLANTA DE DISTRIBUCION - 1° NIVEL
 ESCALA 1/50

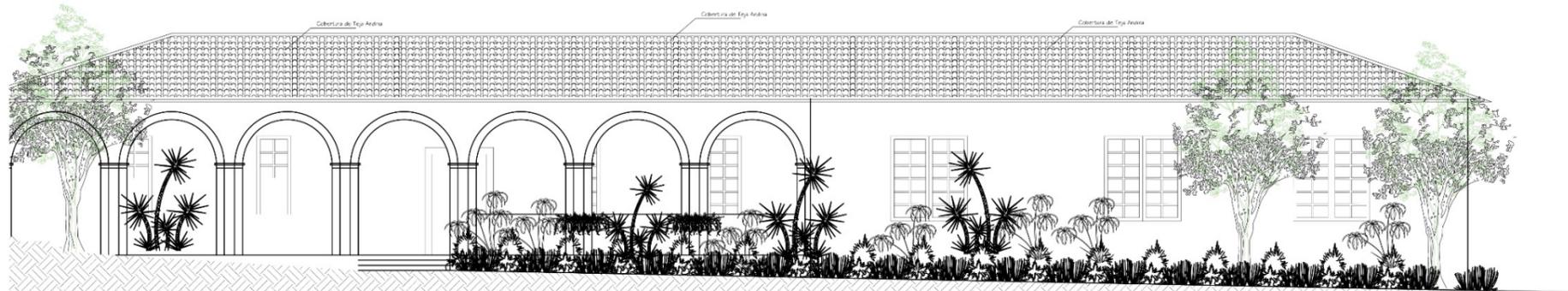


CORTE A-A
 ESCALA S/E

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
"Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco-2021"	
AUTOR:	LAMINA:
DENNIS WILLY SALAZAR AMBICHO	A-1
PLANO:	
PLANO DE DISTRIBUCION	
ESCALA:	FECHA:
INDICADA	DICIEMBRE 2021
B' : WILLYSAAM	

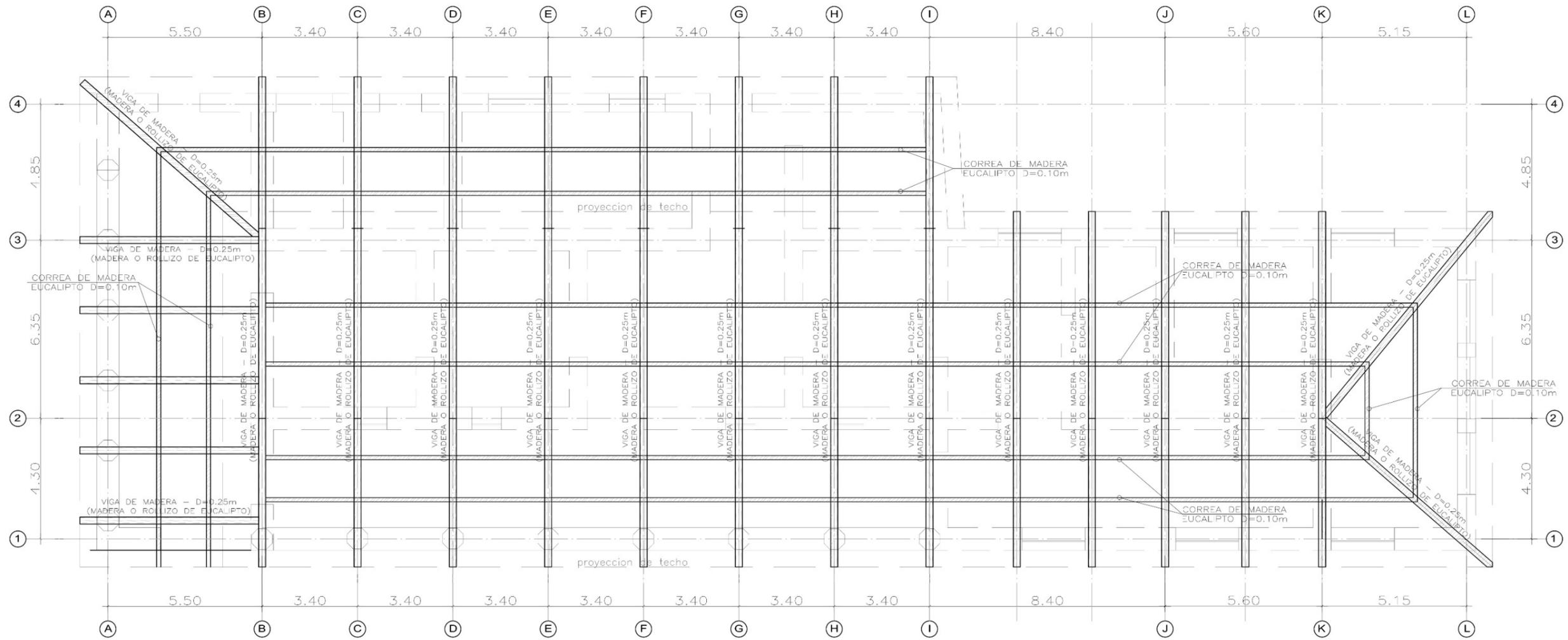


PLANTA DE TECHO
ESCALA 1/50

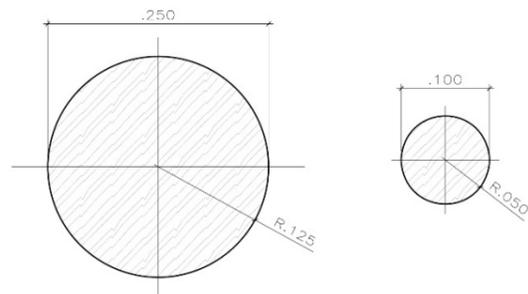


ELEVACIÓN PRINCIPAL
ESCALA S/E

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
"Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco-2021"	
AUTOR:	LAMINA:
DENNIS WILLY SALAZAR AMBICHO	A-2
PLANO: PLANO DE TECHO	
ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE 2021
Vº BPº: WILLYSAAM	

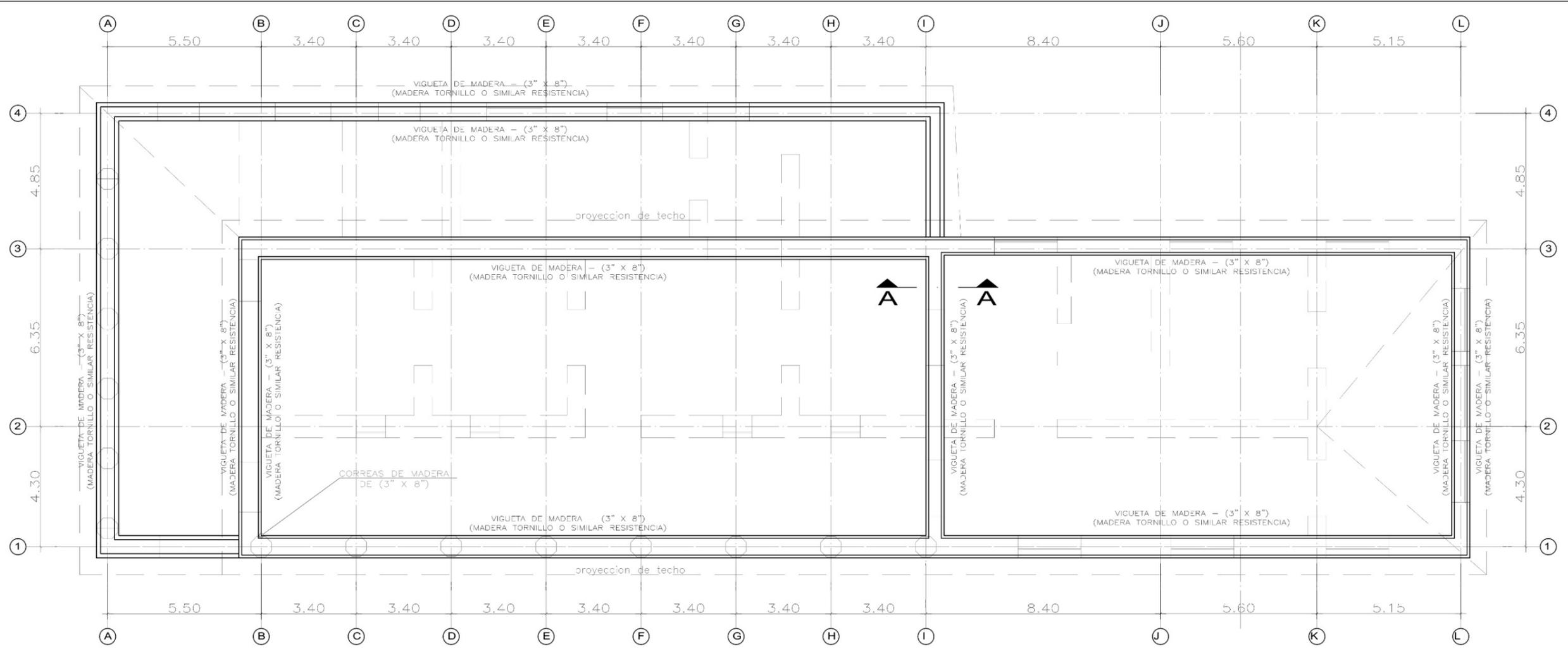


PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHO
 ESCALA 1/50

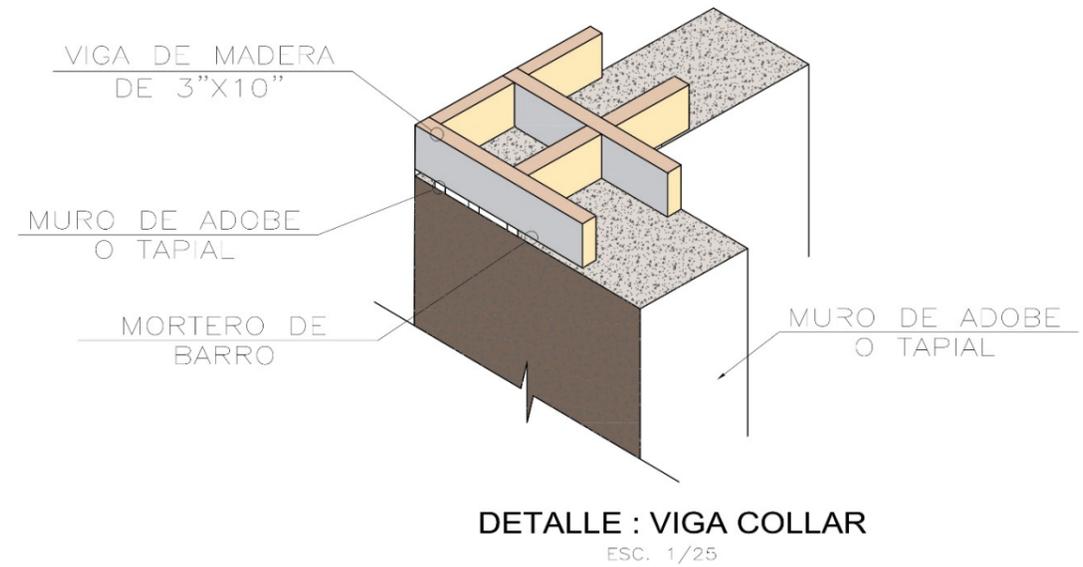


CORTE A-A: DETALLE DE VIGUETAS Y CORREAS
 ESC. 1/5

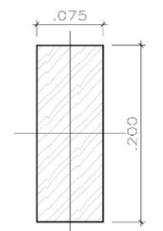
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
"Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco-2021"	
AUTOR:	LAMINA:
DENNIS WILLY SALAZAR AMBICHO	E-1
PLANO:	PLANO DE ESTRUCTURA DE TECHO
ESCALA:	FECHA:
INDICADA	DICIEMBRE 2021
VERIFICADO POR:	WILLYSAAM



PLANTA DE TECHO - COLOCACION DE VIGA COLLAR
 ESCALA 1/100



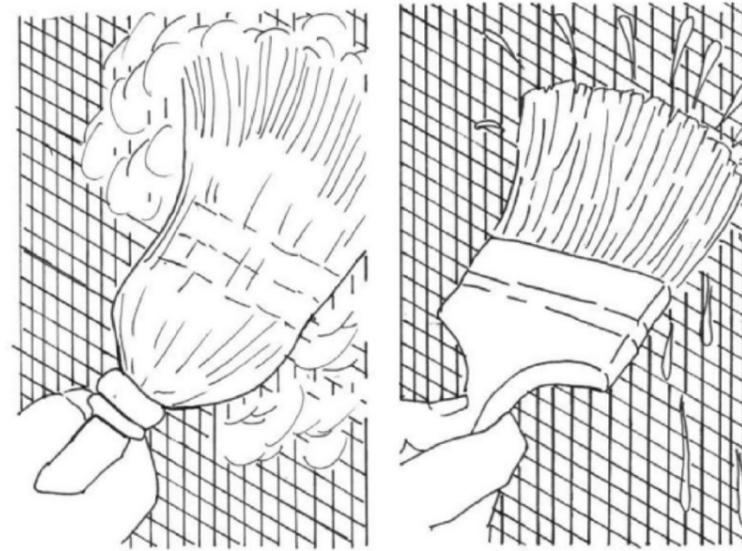
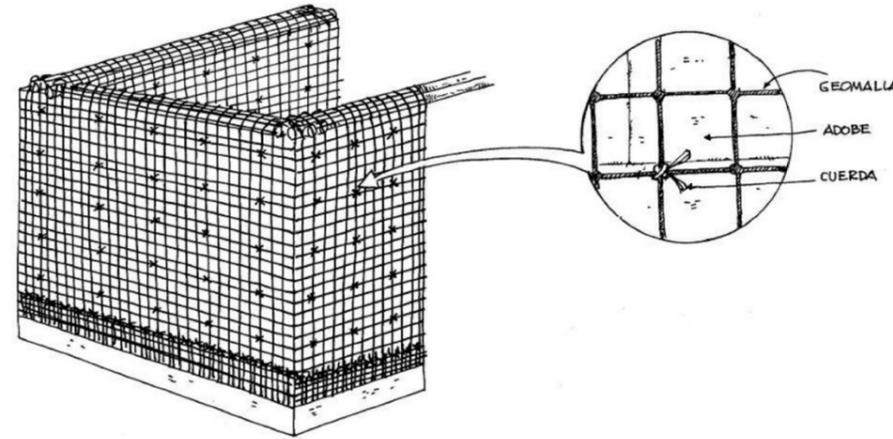
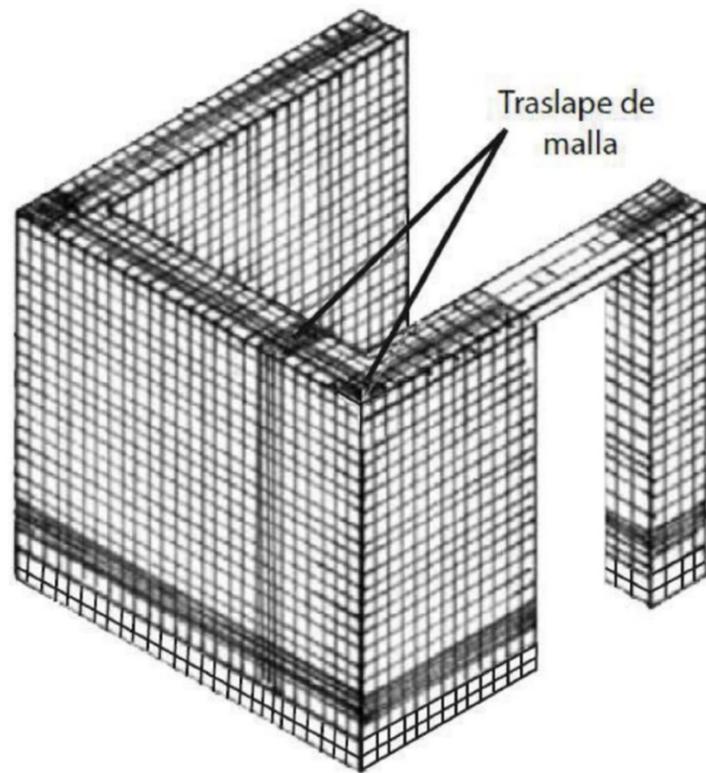
DETALLE : VIGA COLLAR
 ESC. 1/25



75X200mm(3\"/>

CORTE A-A: DETALLE DE VIGA
 ESC. 1/5

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
"Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco-2021"	
AUTOR:	DENNIS WILLY SALAZAR AMBICHO
PLANO:	PLANO DE REFUERZO DE VIGA COLLAR
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	DICIEMBRE 2021
LAMINA:	E-2
V. B.:	WILLYSAAM



Recuerda que cuando el tarrajeo se raja se debilita su resistencia a la lluvia. Esto se puede solucionar agregando paja al barro. Además, antes de colocar el revestimiento, debes limpiar el polvo y dar una mano de agua a la superficie del muro.

Cómo colocar el barro sobre las mallas:

Paso 1: Coloca bolas de barro sobre la pared y apriétalas con las manos.

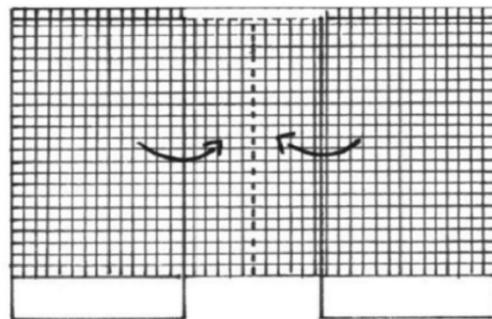
Paso 2: Empareja la superficie y déjala secar.



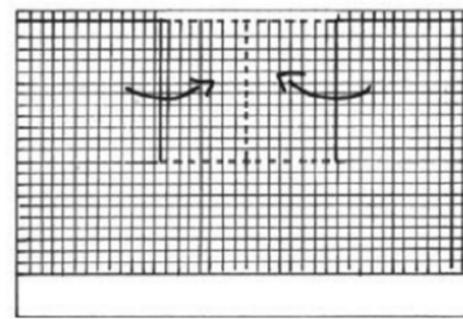
Paso 3: Dale una segunda mano de agua y aplica con una espátula la segunda capa de barro de espesor muy delgado y déjalo secar.



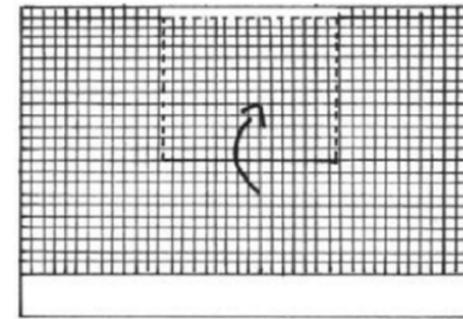
Recuerda que la segunda capa cubre totalmente las rajaduras de la primera y permite obtener un mejor acabado.



CARA FRONTAL Y OPUESTA (2 cortes)



CARA OPUESTA (3 cortes)



En puertas: corta y dobla la malla en 2 partes a cada lado.
En ventanas: corta y dobla la malla a cada lado, según las indicaciones

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
"Evaluación de daños y propuesta de reforzamiento estructural de un módulo de la Casa Hacienda Quicacan, Conchamarca, Ambo, Huánuco-2021"	
AUTOR:	LAMINA:
DENNIS WILLY SALAZAR AMBICHO	E-3
PLANO:	DETALLES DE INSTALACIÓN DE GEOMALLA EN MUROS
ESCALA:	FECHA:
INDICADA	DICIEMBRE 2021
WILLYSAAM	