

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados
con malla de acero en la ciudad de Juliaca (Puno – Perú)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Elvis Denis Quispe Quispe

Remin Beltran Flores

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, diciembre de 2022

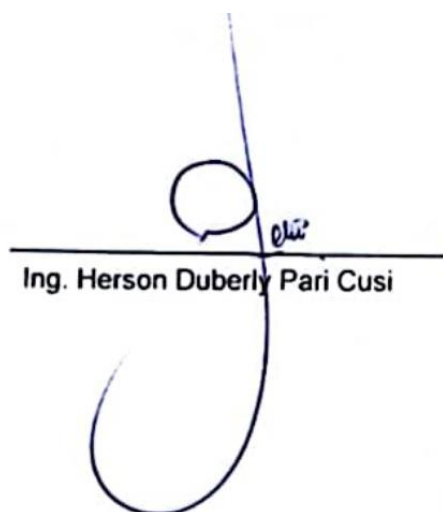
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Mg. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca (Puno – Perú)” constituye la memoria que presentan los Bachilleres Elvis Denis Quispe Quispe y Remin Beltran Flores, tiene un índice de similitud de 12 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presentedeclaración en Juliaca, a los 28 días del mes de diciembre del año 2022.



Ing. Herson Duberly Pari Cusi



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a...15... día(s) del mes de...diciembre... del año 2023, siendo las 09:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: *Ing. Juana Beatriz Aquise Pari*, el secretario: *Mg. Henry Antonio Aguilar Chuguinima* y los demás miembros: *Ing. Wilson Gomez Carudes*

..... y el asesor: *Ing. Nerson Duberly Pari Gusi* con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: *Análisis del comportamiento estructural en muros pandorita reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca (Puno-Perú)*

..... de el(los)/a(las) bachiller(es): a) *Elvis Denis Quispe Quispe* b) *Remin Beltran Flores* conducente a la obtención del título profesional de *Ingeniero Civil* (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): *Elvis Denis Quispe Quispe*

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>15</i>	<i>B-</i>	<i>Bueno</i>	<i>Muy Bueno</i>

Candidato (b): *Remin Beltran Flores*

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>14</i>	<i>C</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Signature]
Presidente

[Signature]
Asesor

[Signature]
Candidato/a (a)

[Signature]
Miembro

[Signature]
Secretario

[Signature]
Miembro

[Signature]
Candidato/a (b)

DEDICATORIA

Yo Elvis Denis Quispe Quispe, dedico este logro en primer lugar a Dios por las bendiciones brindadas en mis estudios. A mis padres Justino Quispe Pinto y Juliana Quispe Chara y amigos que estuvieron ahí siempre brindándome su apoyo incondicional en todo momento durante mi formación profesional y en el transcurso de mi vida.

ELVIS DENIS QUISPE QUISPE

En primer lugar, agradecer a Dios, por las bendiciones brindadas durante los años de estudio. A mis queridos padres Enrique Beltran Castillo y Flavia Flores Vilca y familia, quienes me brindaron su apoyo durante todo mi trayecto estudiantil, incentivando y brindando palabras de aliento en todo momento.

REMIN BELTRAN FLORES

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos la vida, la salud, la sabiduría y fuerza para poder culminar con este proyecto de tesis.

A la Universidad Peruana Unión, por darnos la oportunidad de formarnos académicamente, espiritualmente y físicamente en su casa de estudios.

A nuestros Familiares que estuvieron con su apoyo incondicional mediante consejos, ánimos en los momentos que los requeríamos.

A nuestro asesor de tesis Ing. Herson Duberly Pari Cusi, por sus sugerencias, recomendaciones y exigencia para la culminación de este proyecto tesis.

A nuestros jurados: Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia, Ing. Wilson Gomez Paredes, que aportaron en nuestra tesis mediante sus observaciones y sugerencias.

A todas las personas que han sido parte del proceso de esta investigación, así mismo a la E.P. Ingeniería Civil facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión y a los docentes que brindaron sus conocimientos y experiencia.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	10
ABSTRACT:.....	11
1 INTRODUCCIÓN	12
2 MATERIALES Y MÉTODOS	16
3 REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
4 RESULTADOS.....	17
5 CONCLUSIONES	38
6 RECOMENDACIONES	39
7 REFERENCIAS	40
8 ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de prismas de mampostería - datos de Laboratorios.....	27
Tabla 2. Longitud de cada muro y área tributaria del Piso 1.....	28
Tabla 3. Longitud de cada muro y área tributaria del Piso 2.....	28
Tabla 4. Densidad de muros.....	28
Tabla 5. Centro de masas Piso 1 y 2	30
Tabla 6. Centro de rigideces Piso 1 y 2.....	31
Tabla 7. Momentos torsores en la dirección X-X Sin Refuerzo.....	33
Tabla 8. Momentos torsores en la dirección Y-Y Sin Refuerzo.....	33
Tabla 9. Momentos torsores en la dirección X-X Con Refuerzo	33
Tabla 10. Momentos torsores en la dirección Y-Y Con Refuerzo	33
Tabla 11. Desplazamientos máximos.....	36
Tabla 12. Desplazamientos máximos.....	36
Tabla 13. Derivas máximas.....	37
Tabla 14. Derivas máximas.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la ciudad de Juliaca. Puno - Perú	17
Figura 2. Muros y pilas según el diseño de refuerzo.....	17
Figura 3. Variación dimensional de ladrillos pandereta.....	18
Figura 4. Alabeo de ladrillos pandereta	18
Figura 5. Absorción de ladrillos pandereta	19
Figura 6. Resistencia a compresión de las unidades de mampostería	19
Figura 7. Ensayo de compresión axial de pilas.	20
Figura 8. Resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillo pandereta mecanizado.	21
Figura 9. Resistencia a la compresión diagonal de muros con ladrillo pandereta mecanizado.....	22
Figura 10. Resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillo pandereta semi mecanizado.....	22
Figura 11. Resistencia a la compresión diagonal de muros con ladrillo pandereta semi mecanizado.....	23
Figura 12. Tipo de falla en muros pandereta, según el tipo de diseño.	24
Figura 13. Costo de muros pandereta según el tipo de diseño.	25
Figura 14. Plano de primer nivel.....	26
Figura 15. Plano de segundo nivel.....	26
Figura 16. Fotografía de vivienda existente	27
Figura 17. Verificación de esfuerzo axial máximo de muros pandereta – Piso 1	29
Figura 18. Verificación de esfuerzo axial máximo de muros pandereta – Piso 2.	29
Figura 19. Centro de rigideces y de masas Piso 1.....	31
Figura 20. Peso de las edificaciones sin refuerzo y con refuerzo.	31
Figura 21. Fuerza cortante en la edificación sin refuerzo y con refuerzo.....	32
Figura 22. Fuerza cortante en edificación sin refuerzo y con refuerzo.....	34
Figura 23. Momentos de cada muro sin refuerzo y con refuerzo.	34
Figura 24. Verificación de control de fisuración en Piso 1 y 2, sin refuerzo.....	35
Figura 25. Verificación de control de fisuración en Piso 1 y 2, sin refuerzo.....	36
Figura 26. Desplazamientos máximos - sin refuerzo	37
Figura 27. Desplazamientos máximos – con refuerzo	37
Figura 28. Derivas máximas - sin refuerzo.....	37
Figura 29. Derivas máximas - con refuerzo	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Evidencia de Sumisión de la Tesis.....	44
Anexo B. Resultados de Laboratotrio	45

Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca (Puno – Perú)

Analysis of the structural behavior of walls reinforced with steel mesh in the city of Juliaca (Puno - Peru)

Elvis Denis Quispe Quispe^{a1} Remin Beltran Flores^a

^aEP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento estructural de muros pandereta reforzados con malla de acero. La investigación concierne a un diseño experimental con un enfoque cuantitativo mediante la observación y análisis de variables intervinientes. Los resultados de la resistencia a compresión axial con ladrillos pandereta tienen como patrón pilas sin tarrajeo, con respecto a este diseño se tuvo incrementos de 13.95% con tarrajeo unilateral reforzado, 42.78% con tarrajeo bilateral y 73.04% con tarrajeo bilateral reforzado. Se observa también que ninguno llega a la resistencia mínima de la Norma E 0.70, sin embargo, el diseño más próximo es con tarrajeo bilateral reforzado. Por otro lado, los resultados de la resistencia a compresión diagonal en ladrillos pandereta tienen como patrón muros sin tarrajeo, con respecto a este diseño se tuvo incrementos de 32.64% con tarrajeo unilateral reforzado, 58.79% con tarrajeo bilateral y 124.23% con tarrajeo bilateral reforzado. Por consiguiente, los tres tipos de diseño cumplen con la resistencia mínima de la Norma E 0.70, a excepción del patrón sin tarrajeo. Entonces se concluye que el uso de la malla de acero como refuerzo mejora el comportamiento estructural, ya que los muros pandereta son propensos a fallar ante eventos sísmicos, además al observar el tipo de falla, los muros reforzados se comportan de manera dúctil. Así mismo al realizar el análisis estructural de una edificación típica sin refuerzo los muros pandereta sufren agrietamiento, sin embargo, al reforzar la vivienda no se agrieta ante un sismo moderado.

Palabras clave: Comportamiento estructural, mampostería confinada, compresión axial, compresión diagonal, reforzamiento y malla de acero.

¹ Autor de correspondencia:
Km. 6 Carretera salida Arequipa, chullunquiani, Juliaca.
Tel.: +51 921172100
E-mail: denisquispeq@upeu.edu.pe

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the structural behavior of tambourine walls reinforced with steel mesh. The research refers to an experimental design with a quantitative approach through observation and analysis of intervening variables. The results of the resistance to axial compression with tambourine brick have the uncoated piles as a pattern, with respect to this design there were increases of 13.95% with reinforced unilateral lining, 42.78% with bilateral lining and 73.04% with lining. bilateral. reinforced. It is also observed that none reaches the minimum resistance of Norm E 0.70, however, the closest design is with a bilateral coating reinforced with steel mesh. On the other hand, the results of the resistance to diagonal compression in tambourine brick have the uncoated walls as a pattern, with respect to this design there were increases of 32.64% with reinforced unilateral coating, 58.79% with bilateral coating and 124.23% with reinforced bilateral lining. Therefore, all three design types meet the minimum strength of 0.70 of the standards, with the exception of the bare pattern. Then it is concluded that the use of the steel mesh as reinforcement improves the structural behavior, since the tambourine walls are prone to fail before seismic events, also when observing the type of failure, the reinforced walls behave in a ductile way. Likewise, when carrying out the structural analysis of a typical building without reinforcement, the tambourine walls suffer cracking, however, when reinforcing the house, it does not crack in the event of a moderate earthquake.

Keywords: Structural behavior Confined masonry Axial compression Diagonal compression Reinforcing Steel mesh

1. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se tiene un incremento en la utilización de unidades de albañilería debido a la demanda de construcciones, en gran parte de los casos en la etapa de construcción priorizan la “optimización” de recursos, utilizando materiales de bajo costo que no cumplen con las normas establecidas según el reglamento nacional de edificaciones E. 070. En la actualidad las viviendas de la ciudad de Juliaca son construidos mediante el sistema estructural de mampostería confinada, es por ello que empezaron a utilizar ladrillos pandereta mecanizado y semi mecanizado, estas unidades de mampostería tiene mucha demanda por la población dado que el costo es accesible a comparación de los ladrillos permitidos por la norma, es por esta razón que existen viviendas con este tipo de ladrillos pandereta, sin embargo la población carece de información sobre la adecuada elección del tipo de ladrillo para emplear en la construcción de sus viviendas, el ladrillo pandereta según la norma no está permitido como muro estructural excepto en la zona 1 según el mapa sísmico del Perú.

Indica la norma que este tipo de ladrillo es para construcciones en muros de tabique que no soportan cargas, sin embargo, la población realiza este tipo de construcciones a falta de una asesoría técnica. Por lo tanto, es muy necesario realizar un análisis del comportamiento estructural de muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca [1-3].

En un estudio realizado en la ciudad de Juliaca en el año 2019, da a conocer que el 83% de las viviendas son construidos con ladrillos pandereta mecanizados y semi mecanizados, el 70% de las viviendas construidas con estas unidades de mampostería presentan fisuras, así mismo indica que el 64% de la población desea reforzar sus viviendas [1]. De las cedulas censales a los propietarios de las viviendas en la ciudad de Juliaca, el 95% de las construcciones existentes son construidas con criterios de mampostería confinada, y solo el 5% son construidos bajo el sistema estructural aporticada [4].

Los factores importantes para el análisis de la vulnerabilidad sísmica son: la densidad de muros que presenta una vivienda de mampostería confinada, la eficiencia de mano de obra empleada durante la construcción, la calidad de los materiales empleados además de los errores constructivos que puedan existir y del tipo de suelo sobre el cual se encuentra la vivienda, por lo tanto en la evaluación de riesgo sísmico en viviendas de mampostería confinada de la Provincia de San Román, en el sector de salida Cusco tiene un riesgo sísmico predominante de 70%, catalogándose este un valor de riesgo sísmico medio, en cuanto al sector de la salida Huancané se tiene un riesgo sísmico del 95%, siendo este un valor de riesgo sísmico alto [5].

En medio de la problemática que genera un evento sísmico surgió la idea de reforzar los muros portantes, los resultados experimentales reportados en un estudio, forman una base de conocimiento sobre la eficacia del refuerzo con rejillas de acero en muros de mampostería [6]. Los especímenes construidos fueron sometidos a la prueba de compresión diagonal, para evaluar su resistencia al corte de la mampostería en paneles no reforzados y reforzados, por lo tanto, como resultado se tuvo incremento constante en la capacidad de carga portante de los paneles reforzados; además, los especímenes reacondicionados presentaron menos fallas frágiles con respecto a los no

reforzados [7]. Al reforzar un muro de mampostería con una fina capa de mortero reforzado con fibra de acero representa una novedad, el procedimiento de aplicación es práctico, el mismo que presenta resultados experimentales mejorados en términos de incremento de resistencia y rigidez [8]. La baja resistencia al cizallamiento de las construcciones de mampostería es motivo de gran preocupación, especialmente cuando estas construcciones se encuentran en áreas de alto riesgo sísmico, por ello, al realizar ensayos de compresión diagonal para determinar el comportamiento de las mamposterías reforzadas, evaluado tanto en términos de resistencia, se verifican que el recubrimiento del mortero mezclado con fibras es prácticamente tan efectivo como el mortero de cemento en cuanto a la resistencia a fisuras [9]. Por lo tanto, se realizó estudios en donde la resistencia máxima de los muros reforzados con malla de acero aumentó en un 32% en comparación a los muros sin reforzar. La ductilidad también aumentó en un 36 % dando así un tiempo mayor a las personas para que puedan evacuar durante un evento sísmico [10].

Al realizar un revestimiento con mortero de 3cm y 1cm de espesor, en ambos lados, reforzados mediante mallas de vidrio y fibras de carbono. Se lograron aumentos significativos en la resistencia al corte con un incremento de 110% con respecto a la mampostería simple; además, se supo que las mallas son capaces de evitar el colapso de la mampostería, absorbiendo las tensiones de tracción en las zonas agrietadas [11]. Un método innovador de refuerzo en muros de mampostería es utilizando mortero reforzado con alta resistencia a la tracción con alambres paralelos de acero (HTSS), donde se construyó especímenes reforzados, los cuales se sometieron a prueba, la absorción de energía aumentó de 24 a 5300 veces en comparación con la muestra sin refuerzo, por lo que también se tuvo una mejora en el mecanismo de falla desde la desunión hasta la ruptura del tejido y aumentó la resistencia en un 88 % en comparación con la muestra simple [12].

El comportamiento de cizallamiento en mamposterías reforzados con acero (SRG), a través de pruebas a compresión diagonal, los resultados destacan un papel crucial de la matriz de mortero en la mejora de la capacidad de cizallamiento en muros portantes [13]. En un estudio, una serie de nueve paneles de mampostería no reforzada (URM) y 24 paneles reforzados han sido sometidos a pruebas de compresión diagonal. Se estudiaron diferentes configuraciones de refuerzo. Los resultados experimentales señalaron que el refuerzo de FRP aplicado solo en un lado de los paneles no tuvo una mejora significativa de colapso por corte (partimiento diagonal) del URM; mientras que las configuraciones en ambos lados proporcionaron una falla menos frágil y un notable aumento en su resistencia [14]. Un estudio sobre comportamiento estructural de muros de mampostería modernizados con Mortero Reforzado Textil (TRM) para mejorar su resistencia al cizallamiento realizó pruebas de compresión diagonal en diez muestras de mampostería con ladrillo de arcilla y mortero de cal reacondicionadas con tres sistemas diferentes: i) rejillas bidireccionales continuas, ii) bandas discretas de acero unidireccional y iii) TRM de basalto continuo en la cara interna de la pared y juntas de lecho de repunto estructural con barras de acero inoxidable montadas en la cara exterior de la pared, por lo que se tuvo un aumento beneficioso en la resistencia al cizallamiento y la ductilidad [15].

Un estudio sobre el comportamiento de paneles de mampostería, consistió en realizar ensayos de compresión diagonal en paneles reforzados y no reforzados. Como resultado los paneles no reforzados tuvieron una falla frágil, en cambio los paneles reforzados presentaron una falla dúctil. la comparación entre técnicas tradicionales e innovadoras de mejoramiento sísmico fue con el fin

de caracterizar el comportamiento de muros de mampostería históricos bajo diferentes configuraciones de refuerzo [16]. La investigación experimental sobre el uso de SRG como solución de refuerzo en muros de mampostería de corte compuestos por ladrillos artesanales y mortero de cal hidráulica. Se realizaron ensayos de compresión diagonal en muros reforzados con SRG formados por láminas de acero de baja densidad (LDS). El SRG se aplicó en ambos lados de los muros, con configuración de franjas, utilizando una y dos capas de LDS. Al realizar las pruebas los muros de mampostería reforzados presentaron, disipación de energía y ductilidad [17].

En Perú, existen estudios como “Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada”, en donde dan a conocer que la malla para tarrajeo y la malla electrosoldada como refuerzo, evitan la trituración de los ladrillos pandereta, presentando un mecanismo de falla controlada, siendo esta característica de vital importancia ya que esto puede permitir a los usuarios evacuar de una edificación en caso se produzca un sismo [18]. La investigación “Reforzamiento de la mampostería confinada más utilizada en Arequipa con Malla Electrosoldada, indica que el tipo de falla es dúctil en las unidades de mampostería hueca al emplear malla electrosoldada, así mismo el uso del refuerzo dio un incremento de; 5.1% en la resistencia a la compresión axial (f'_m), y 47.1% en la resistencia a la compresión diagonal (v'_m). Entonces se puede concluir que el uso de la malla electrosoldada como refuerzo mejora el comportamiento estructural [19]. Por otro lado, la investigación “Reforzamiento de los muros de mampostería confinado con mallas de acero”, realizada por la universidad pontificia católica de Perú, menciona que la resistencia máxima de los muros reparados y reforzados aumenta en un 32% en comparación a los muros sin refuerzo. Por lo que también la ductilidad aumenta en un 36 % [20]. En el estudio “Diseño de mallas electrosoldadas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe típicas de Perú”, da a conocer que las fuerzas causadas por los sismos, son resistidas por la malla de alambre electrosoldada, los cuales fueron aplicados en varias viviendas reales en dos terremotos en el Perú [21]. El Reforzamiento en muros de mampostería aplicando mallas electrosoldadas incrementa en un 26.45% de reforzamiento, evitando así fallas de corte que son muy recurrentes en un movimiento sísmico [22].

El estudio sobre “Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería” dio a conocer las fallas que presentan los muros de mampostería, tales como: Falla de corte por deslizamiento, por flexión, por aplastamiento, por adherencia. donde indica que en un muro se produce un estado de esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal aplicando la carga, pero al mismo tiempo se produce un estado de esfuerzos de tensión a lo largo de la diagonal perpendicular [23]. La mampostería no armada es la técnica constructiva más antigua y la más aplicada, al ser frágil, no soportar las cargas laterales durante un terremoto o sismo, por lo que es necesario encontrar una técnica eficaz y económica para fortalecer las viviendas de mampostería con el fin de resistir las cargas sísmicas sin causar ningún daño a los seres humanos. Por lo consiguiente en el estudio se reforzó las muestras con mortero de alta resistencia (1 cemento: 4 arena) + malla de alambre soldado y mortero de baja resistencia (1 cemento: 6 arena) que se utilizan comúnmente en la práctica de la construcción india, los resultados obtenidos muestran que al aplicar el reforzamiento en la mampostería mejoró la resistencia a la flexión y la ductilidad de la mampostería [24]. Los edificios de mampostería no reforzada son muy populares en todo el mundo debido a los bajos costos de construcción, a pesar de que son propensos a daños sustanciales causados incluso por terremotos moderados. Así mismo en muchos casos, la reconstrucción no es

la mejor solución debido a las restricciones financieras, hacer un reacondicionamiento mediante refuerzos sería la mejor opción. En esta investigación se ha proyectado reforzar con malla de acero, como un método de reparación / reacondicionamiento, económicamente accesible. Para demostrar la capacidad mejorada se llevaron a cabo una serie de pruebas experimentales en paredes URM típicas a escala 1: 1.5, considerando parámetros influyentes, se obtuvo resultados teniendo un aumento promedio del 288% en la capacidad de fuerza lateral [25].

Puno se vio afectado en varias ocasiones por eventos sísmicos, según el instituto geofísico del Perú los últimos registros de mayor impacto fueron en el año 2016 (6,3Mw), 2022 (6.9Mw) que provocaron daños en las viviendas como fisuras y grietas. Por lo tanto, para mejorar la resistencia al corte de muros pandereta, es fundamental estudiar su comportamiento [26].

La investigación tiene como finalidad determinar las resistencias a compresión axial y a compresión diagonal de los muretes elaborados con ladrillo pandereta, sin refuerzo y con refuerzo mediante el tarrajeo con malla de acero unilateral y bilateral. Con esta investigación se plantea mejorar las construcciones de mampostería confinada a través de muros pandereta reforzados, de tal modo que pueda incrementar su resistencia frente a eventos de sismo, ya que nuestra ciudad de Juliaca se ubica en la zona 3 según el reglamento nacional de edificaciones. Esta investigación pertenece a la rama de ingeniería estructural por lo que se realizó el análisis sobre el comportamiento estructural en muros de mampostería sometidos a compresión axial y compresión diagonal.

Se realizó la comparación de los datos que se basan en la cuantificación y cálculo de los ensayos mediante la observación y análisis de las variables intervinientes tales como: a) Tarrajeo con reforzamiento en muros y pilas, b) ladrillos pandereta (mecanizado y semi mecanizado), resistencia a compresión axial y compresión diagonal. La pregunta general de esta investigación es: ¿Cómo influye en el comportamiento estructural el reforzamiento con malla de acero en muros pandereta en la ciudad de Juliaca, usando ladrillos pandereta mecanizados y semi mecanizados?, para contestar la interrogante se probó la hipótesis mediante el diseño de la investigación, para ello ha desarrollado de manera experimental, en este estudio se obtuvo valores a partir de muestras ensayadas en los laboratorios de estructuras y concreto mediante la observación de resultados.

La investigación como primera fase consistió en analizar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería mecanizado y semi mecanizado mediante ensayos de laboratorio. Como segunda fase se determinó y se comparó las resistencias características a compresión axial de pilas y compresión diagonal de muros construidos con ladrillo pandereta mecanizado sin tarrajeo, con tarrajeo bilateral, con tarrajeo unilateral reforzado y con tarrajeo bilateral reforzado. Como tercera fase se determinó y se comparó las resistencias características a compresión axial de pilas y compresión diagonal de muros construidos con ladrillo pandereta semi mecanizado sin tarrajeo, con tarrajeo bilateral, con tarrajeo unilateral reforzado y con tarrajeo bilateral reforzado. Por último, se analizó el tipo de falla en muros según el tipo de diseño, además se evaluó la comparación de costos unitarios de los muros pandereta según el tipo de diseño.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio concierne a un diseño experimental, con un enfoque cuantitativo mediante la observación y análisis de las variables intervinientes en esta investigación, debido a que demanda la recolección de datos para contrastar la hipótesis [27]. Las normativas empleadas en los ensayos de pilas y muros de mampostería fueron: NTP 399.605 ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de mampostería y NTP 399.621 para ensayo de compresión diagonal en muros de albañilería [28].

En el presente estudio se construyeron un total de 24 muros, cada uno con medidas de 0.60m x 0.60m, con dosificación de mortero 1:4, espesor de juntas verticales y horizontales con 3cm para ladrillo mecanizado y 2.5cm para ladrillo semi mecanizado, 12 muros fueron construidos con ladrillo pandereta mecanizado, según el diseño del experimento de la siguiente manera: Se construyeron 3 muros sin tarrajeo, 3 muros con tarrajeo bilateral, 3 muros con tarrajeo unilateral reforzado mediante malla de acero, por último 3 muros con tarrajeo bilateral reforzado de igual manera mediante malla de acero. Este mismo proceso se llevó a cabo para los ladrillos semi mecanizados. Finalmente se construyeron 24 pilas cada una conformada de 3 hiladas, y el diseño del experimento fue igual que los muros. Los instrumentos que se utilizaron en el presente trabajo de investigación son los siguientes: Guías de laboratorio, fotografías, software de ingeniería, equipos de laboratorio de estructuras y concreto.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

El comportamiento estructural de mampostería confinada es la forma como responde toda una estructura conformada por muros portantes en términos de deformaciones y agrietamiento, ante la aplicación de las fuerzas de sismo, esto se ve reflejado en el tipo de falla en prismas de mampostería, pilas y muros, así mismo al realizar un análisis estructural de la resistencia al agrietamiento diagonal [19].

3.1 Tipos de falla que presenta los muros de mampostería

3.1.1 Falla diagonal: Esta falla atraviesa los ladrillos diagonalmente esto se produce porque la resistencia a la tracción es igual que la resistencia por adherencia del mortero con la unidad de albañilería [1].

3.1.2 Falla escalonada: Ocurre cuando la resistencia de la unidad de mampostería es mayor que la resistencia del mortero (juntas verticales y horizontales), produciendo una falla escalonada ya que el mortero tiene menor resistencia con respecto a los ladrillos [1].

3.1.3 Falla por deslizamiento: Este modo de falla se da cuando las unidades de mampostería y el mortero no presentan adherencia, como consecuencia se genera una falla por corte [1].

3.1.4 Falla por flexión: Este modo de falla se puede presentar en muros esbeltos, cuando se generan tracciones importantes en las columnas de confinamiento, produciéndose la fluencia de las armaduras longitudinales y una falla de compresión por flexión en el talón comprimido del muro [29].

El estudio se realizó en la ciudad de Juliaca de la región Puno – Perú, donde la población aproximada es de 276,110.00 habitantes, la figura 1 muestra el mapa de ubicación de Juliaca a nivel nacional, departamental y provincial.

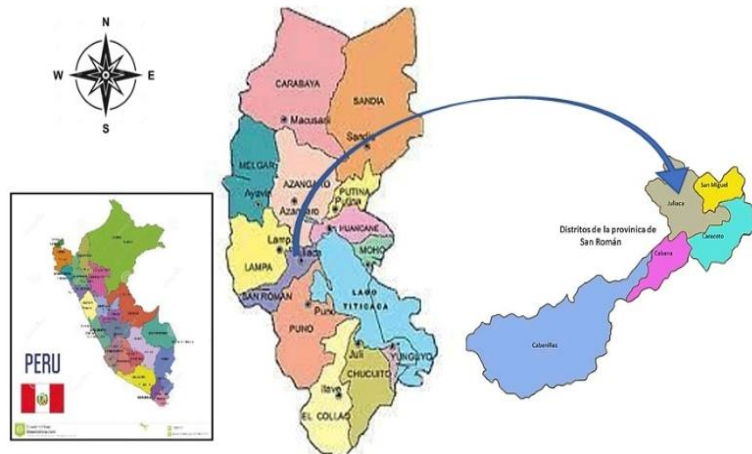


Figura 1: Mapa de ubicación de la ciudad de Juliaca Puno – Perú.

Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1 Propiedades físicas y mecánicas de unidades de mampostería.

Las propiedades físicas y mecánicas de unidades de mampostería se ensayaron para ladrillos mecanizados y semi mecanizados de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 [30]. En la figura 2 se observa los especímenes.



Figura 2: Muros y pilas según el diseño de refuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

En las imágenes se muestran especímenes de pilas y muros reforzados con malla de acero el cual tiene un diámetro de 6mm, la separación entre varillas verticales y horizontales es de 15cm, para los nudos se utilizó alambre recocido N°16.

4.1.1. Variación dimensional: Para el ensayo se utilizó de forma aleatoria 3 unidades tanto para el ladrillo mecanizado y semi mecanizado, En la figura 3 el ensayo se realizado de acuerdo a la Norma NTP 399.613 [31].

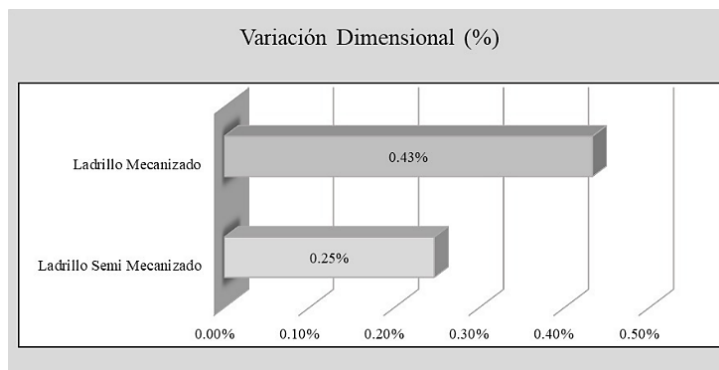


Figura 3: Variación dimensional de ladrillos pandereta.

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de variabilidad dimensional de los ladrillos pandereta mecanizado es de 0.43%, en semi mecanizado 0.25%. eso nos a da entender que los ladrillos mecanizados tienen un mayor porcentaje de variación por ende presentan un alabeo mayor. Por lo que al realizar el asentado de muros estos ladrillos tendrán un espesor de juntas no uniformes, por otro lado, semi mecanizados tendrán uniformidad en juntas [32].

4.1.2. Alabeo: Es la prueba de ensayo sobre el desgaste donde, se busca comprobar cuan cóncavo o convexo es la unidad de mampostería. El alabeo suele ser más presente en los ladrillos que se han hecho de manera artesanal en comparación de los ladrillos fabricados en empresas grandes.

Para este ensayo de igual manera se utilizó de forma aleatoria 3 unidades para ladrillo mecanizado y semi mecanizado, el ensayo se realizado de acuerdo a la Norma NTP 399.613 [31]. En la figura 4 se muestra el porcentaje de concavidad y convexo.

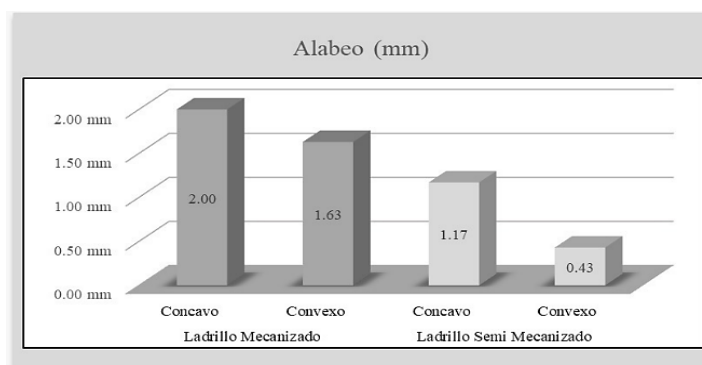


Figura 4: Alabeo de ladrillos pandereta.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el promedio de concavidad y convexo de los ladrillos pandereta, el ladrillo mecanizado presenta un valor de alabeo mayor 2.0 mm producido por la concavidad, por lo que podemos decir que estos ladrillos mecanizados tendrán juntas mayores el mismo que llevará a disminuir la adherencia con el ladrillo y mortero, afectando directamente la resistencia a la fuerza cortante, sin embargo, el ladrillo semi mecanizado un a mejor adherencia con el mortero.

4.1.3. Absorción: La capacidad de absorción de una unidad de mampostería se define como la diferencia de peso entre el ladrillo saturado y el peso del ladrillo seco, la cual se expresa en porcentaje. Se limpian los ladrillos con una brocha y se colocan en la estufa por 24 horas. Para este ensayo de igual manera se utilizó de forma aleatoria 3 unidades del ladrillo mecanizado y semi mecanizado, el ensayo se realizado de acuerdo a la Norma NTP 399.613 [31]. En la figura 5 se muestra el porcentaje de absorción.

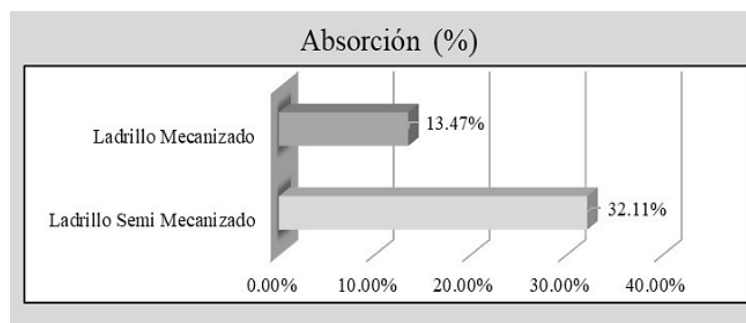


Figura 5: Absorción de ladrillos pandereta.

Fuente: Elaboración propia.

Observando de los resultados de absorción, podemos afirmar que el ladrillo mecanizado absorbe 13.47% y el ladrillo semi mecanizado absorbe 32.11%, por lo tanto, este ladrillo vendría ser más poroso afectando la adherencia mortero – ladrillo, además los muros con este tipo de unidad se tendrían que hacer un curado mucho mayor que al otro, según el reglamento no debería de exceder el 22%. Esta propiedad es esencial porque cuanto mayor es el porcentaje de absorción, más porosa es la unidad y, por lo tanto, tiene menos resistencia a la intemperie [33].

4.1.4. Resistencia a compresión de las unidades de mampostería: La resistencia del espécimen se define como la carga de rotura dividida entre el área de contacto de los mismos. En la figura 6 se aprecia los resultados del ensayo, para realizar la prueba se utilizó de manera aleatoria 5 unidades del ladrillo mecanizado y otros 5 del semi mecanizado.

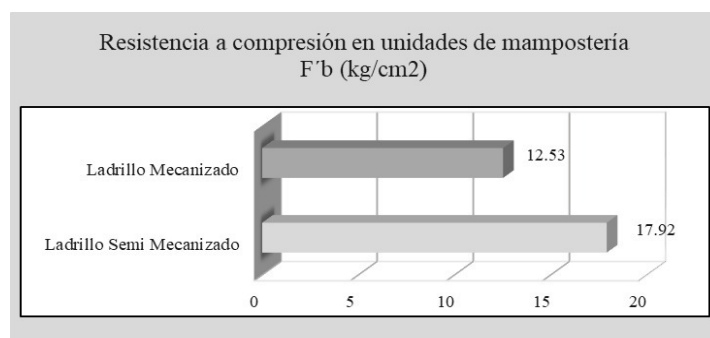


Figura 6: Resistencia a compresión de las unidades de mampostería.

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura el ladrillo semi mecanizado alcanza 17.92 kg/cm² y es mayor con respecto al ladrillo mecanizado el cual alcanza 12.53, sin embargo, ninguno de los ladrillos pandereta alcanza la resistencia mínima de la Norma técnica Peruana NTP E. 070 que es 50 kg/cm². Estas unidades de mampostería según la normativa mencionada su uso es para muros no portantes (divisiones).

4.2. Comparación de las resistencias características a compresión axial y compresión diagonal construidos con ladrillo pandereta mecanizado.

4.2.1. Compresión axial de pilas: La capacidad de un material se define en términos de su resistencia, lo que significa que la carga que puede soportar el material antes de que falle se denomina resistencia a compresión axial del material. La resistencia a la compresión axial depende básicamente de cómo se transfieren las cargas al material, al aplicar la carga siempre debe haber una continuidad para que ocurra correctamente, la transferencia de carga debe ser continua [34].

Las pilas para este estudio se registró medidas como: ancho, altura y espesor. En la figura 7, se procedió con el ensayo de compresión axial de acuerdo Según la NTP 399.605 [35], se obtuvo las cargas máximas que alcanzó las pilas. Para el análisis se calculó la resistencia mediante la relación entre la carga máxima y el área bruta de la sección transversal de la pila sin tarrajeo, con tarrajeo, con tarrajeo + refuerzo unilateral y con tarrajeo + refuerzo bilateral.



Figura 7: Ensayo de compresión axial de pilas.

Fuente: Elaboración propia.

El valor de resistencia característica a compresión axial de la unidad de mampostería F'_m se obtuvo mediante el valor promedio de las muestras ensayadas menos su desviación estándar como se ve en la siguiente ecuación [36]:

$$F_m = \frac{P_{max}}{A} \quad ; \quad F'_m = F_m - \sigma$$

Donde: F_m : Es la fuerza que resiste la pila de mampostería (kg); A : Área bruta de la pila (cm²); F'_m : Resistencia característica a compresión axial de mampostería (kg/cm²) y σ : Desviación estándar. En la figura 8 se muestra las resistencias alcanzadas al ser sometidos en una prensa hidráulica.

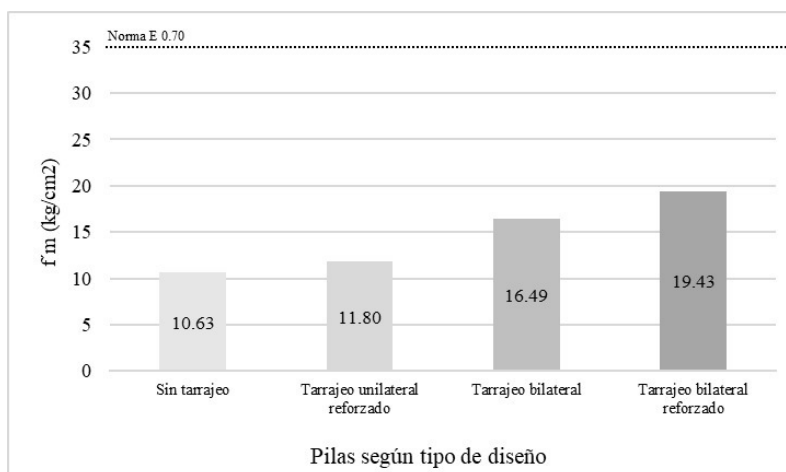


Figura 8: Resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillo pandereta mecanizado.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que la muestra patrón sin tarrajeo tiene una resistencia característica de 10.63 kg/cm², al comparar con pilas según el tipo de diseño se tiene incrementos de 11.00%, 55.07% y 82.74% respectivamente.

Por lo tanto, al aplicar el tarrajeo unilateral reforzado no influye de manera significativa, sin embargo, cuando se aplica el tarrajeo bilateral presenta una mejoría, por otro lado, al comparar con tarrajeo bilateral reforzado presenta el porcentaje más alto, lo cual es muy significativo. También podemos decir, al aplicar la malla de acero como refuerzo en ambos lados en la pila resulta ser más eficaz que en un solo lado. Las pilas con tarrajeo bilateral reforzado son los que tienen una mayor resistencia, sin embargo, no alcanza la resistencia mínima establecida por la Norma E 0.70.

4.2.2. Compresión diagonal de muros pandereta: El ensayo de compresión diagonal consiste en cargar un conjunto de mampostería en compresión a lo largo de una de las diagonales, causando así una falla de tensión con la muestra separándose paralelamente a la dirección de carga aplicada [36]. Dada su capacidad para inducir un agrietamiento diagonal cortante, se ha utilizado ampliamente como herramienta para comparar resultados y técnicas de refuerzo [37]. La resistencia característica a compresión diagonal de la albañilería V'_m se obtendrá como el valor promedio de las muestras ensayadas menos su desviación estándar, según la NTP 399.621 [38].

Para ello se procedió calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$V_m = \frac{P_{max}}{AD} \quad ; \quad V'_m = V_m - \sigma$$

Donde: V_m : Resistencia a corte (kg/cm²); $P_{máx}$: Carga máxima que resiste el prisma (kg); $A \cdot D$: Área diagonal (diagonal del muro por el espesor, cm²); V'_m : Resistencia característica a compresión diagonal (kg/cm²); σ : Desviación estándar. En la figura 9 muestra las resistencias obtenidas en los laboratorios de estructuras, según RILEM TC 76-LUM [39].

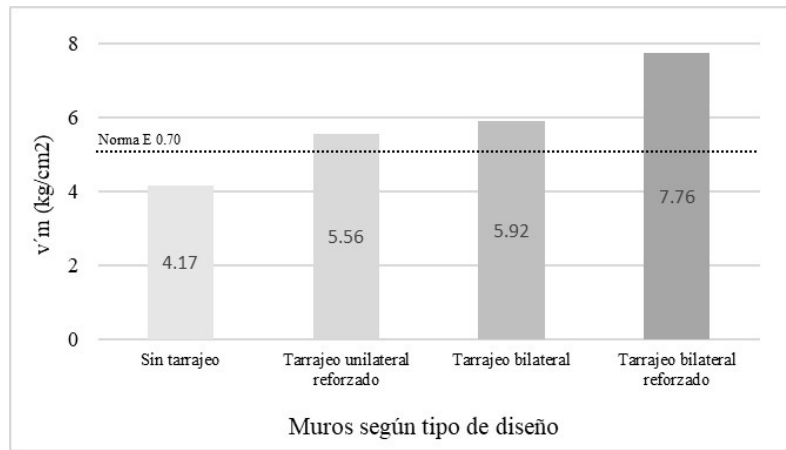


Figura 9: Resistencia a la compresión diagonal de muros con ladrillo pandereta mecanizado.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que la muestra patrón sin tarrajeo tiene una resistencia característica de 4.17 kg/cm², al comparar con muros según el tipo de diseño se tiene incrementos de 33.40%, 42.10% y 86.23% respectivamente. Por lo tanto, al aplicar el tarrajeo unilateral reforzado influye de manera significativa, así mismo, cuando se aplica el tarrajeo bilateral presenta una mejoría, por otro lado, al comparar con tarrajeo bilateral reforzado presenta el porcentaje más alto, lo cual es muy significativo. La malla de acero aplicado en un solo lado y en ambos lados en muros pandereta hace que mejore su resistencia al corte, permitiendo que resista a fuerzas de sismo y a la vez comportándose de manera dúctil, generándose una falla adecuada con fisuras y grieta diagonal que atraviesa el muro, de este modo evitando una falla explosiva. Cabe precisar que la malla de acero se deformó de manera elástica sin embargo no llegó a su límite de fluencia. Los muros con tarrajeo bilateral reforzado son los que tienen una mayor resistencia, de esta manera cumple la resistencia mínima de la Norma E 0.70.

4.3. Comparación de las resistencias características a compresión axial y compresión diagonal construidos con ladrillo pandereta semi mecanizado.

4.3.1. Compresión axial de pilas: El procedimiento de la estimación de la resistencia es igual al anterior ensayo de pilas, en la figura 10 se muestra las resistencias a compresión axial.

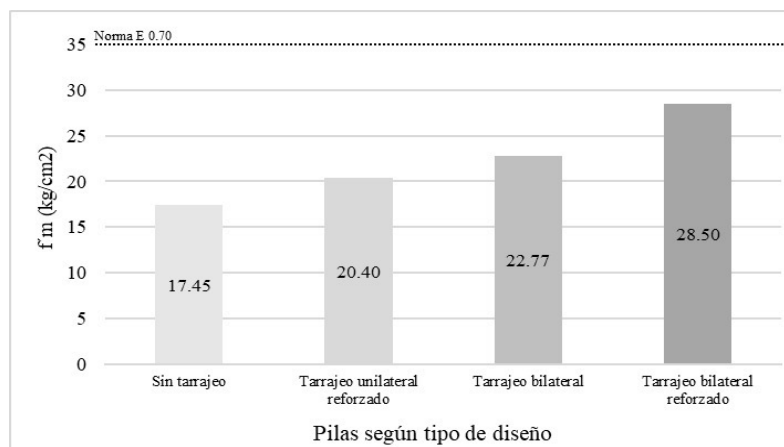


Figura 10: Resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillo pandereta semi mecanizado.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que la muestra patrón sin tarrajeo tiene una resistencia característica de 17.45 kg/cm², al comparar con pilas según el tipo de diseño se tiene incrementos de 16.89%, 30.49% y 63.32% respectivamente. Por lo tanto, al aplicar el tarrajeo unilateral reforzado no influye de manera significativa, sin embargo, cuando se aplica el tarrajeo bilateral presenta una mejoría, por otro lado, al comparar con tarrajeo bilateral reforzado presenta el porcentaje más alto, lo cual es muy significativo. También podemos decir, al aplicar la malla de acero como refuerzo en ambos lados en la pila resulta ser más eficaz que aplicar en un solo lado. Las pilas con tarrajeo bilateral reforzado son los que tienen una mayor resistencia, sin embargo, no alcanza la resistencia mínima establecida por la Norma E 0.70.

4.3.2. Compresión diagonal de muros pandereta: El procedimiento de la estimación de la resistencia es igual al anterior ensayo de muros, el ensayo de compresión diagonal fue realizada de acuerdo Según la NTP 399.605 [36], en la figura 11 se muestra las resistencias obtenidas del laboratorio de concreto.

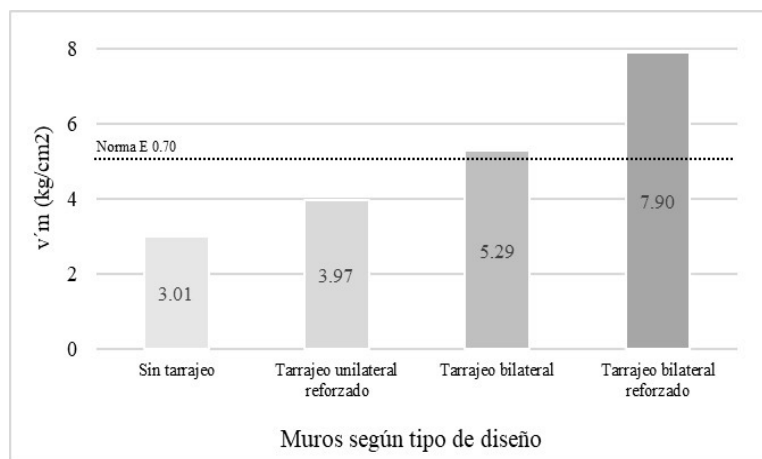


Figura 11: Resistencia a la compresión diagonal de muros con ladrillo pandereta semi mecanizado.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que la muestra patrón sin tarrajeo tiene una resistencia característica de 3.01 kg/cm², al comparar con muros según el tipo de diseño se tiene incrementos de 31.89%, 75.74% y 162.45% respectivamente. Por lo tanto, al aplicar el tarrajeo unilateral reforzado influye de manera significativa, así mismo, cuando se aplica el tarrajeo bilateral presenta una mejoría, por otro lado, al comparar con tarrajeo bilateral reforzado presenta el porcentaje más alto, lo cual es muy significativo.

La malla de acero aplicado en un solo lado y en ambos lados en muros pandereta hace que mejore su resistencia al corte, permitiendo que resista a fuerzas de sismo y a la vez comportándose de manera dúctil, generándose una falla adecuada con fisuras y grieta diagonal que atraviesa el muro, de este modo evitando una falla explosiva. Cabe precisar que la malla de acero se deformó de manera elástica sin embargo no llegó a su límite de fluencia. Los muros con tarrajeo bilateral reforzado son los que tienen una mayor resistencia, de esta manera cumple la resistencia mínima de la Norma E 0.70.

4.4. Análisis del tipo de falla en muros pandereta según el diseño de refuerzo, y comparación de costos unitarios.

4.4.1. Análisis del tipo de falla en muros pandereta según el diseño de refuerzo: De la figura 12 tipos de falla que presenta los muros pandereta sin tarrajeo son: escalonado y por deslizamiento, esto se debe porque el mortero en juntas verticales y horizontales no se tiene adherencia con unidades de mampostería, por lo que según Campbell y Duran [40] es mejor tener buena adherencia entre ladrillo y mortero.

Los muros pandereta con tarrajeo bilateral presentaron una falla del tipo escalonado, fue un caso similar a los muros sin tarrajeo, sin embargo, no se presentó falla por deslizamiento, se observó que el corte atraviesa a la unidad de albañilería, mortero y recubrimiento. Cabe mencionar que al aplicar la carga de manera progresiva las muestras fallaron frágilmente y a la vez muy explosiva. Por otro lado, los muros pandereta con tarrajeo unilateral reforzado, presentaron una falla del tipo escalonada, sin embargo, el lado con refuerzo no presentó la misma falla, solo se tuvo presencia de pocas fisuras, cabe resaltar que en este caso las muestras fallaron de manera controlada, no llegaron a explotar como casos anteriores. Por último, los muros pandereta con tarrajeo bilateral reforzado su deformación elástica con respecto al recubrimiento fueron similares, sin embargo, la malla de acero no llegó a su límite de fluencia, cabe mencionar que al aplicar la carga de manera progresiva la presencia de fisuras incrementó de manera significativa en ambos lados, de este modo al aplicar el refuerzo ocasiona una falla diagonal y la vez dúctil.



Figura 12: Tipo de falla en muros pandereta, según el tipo de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Análisis de costos unitarios de los ladrillos pandereta según el tipo de diseño: El análisis de costos para esta investigación se estimó con el programa S10 de costos y presupuestos, para ello se creó partidas como:

- ✓ Asentado de muro con ladrillo pandereta mecanizado (9.5 X 15 X 24cm) con aparejo en sogá.
- ✓ Asentado de muro con ladrillo pandereta semi mecanizado (10 X 12 X 20cm) con aparejo en sogá.
- ✓ Tarrajeo en muros exterior e interior con dosificación 1:4 e=1.5cm. (para muro convencional).
- ✓ Tarrajeo en muros exterior e interior con dosificación 1:4 e=2.5cm. (para muro reforzado).
- ✓ Reforzamiento con malla de acero de 6.00mm f'y=4200 kg/cm² cocada 15X15cm.

Se analizó el costo de construcción de un muro, teniendo en cuenta para un muro de (1 m²) y los precios son acorde a la fecha Marzo-2022 en los principales proveedores de materiales de construcción de la ciudad de Juliaca - Puno - Perú. La figura 13 muestra los costos por m² según el tipo de diseño, además se muestra el costo del ladrillo king kong de 18 huecos, ya que es la unidad de mampostería permitido para muros portantes por la norma E. 070.

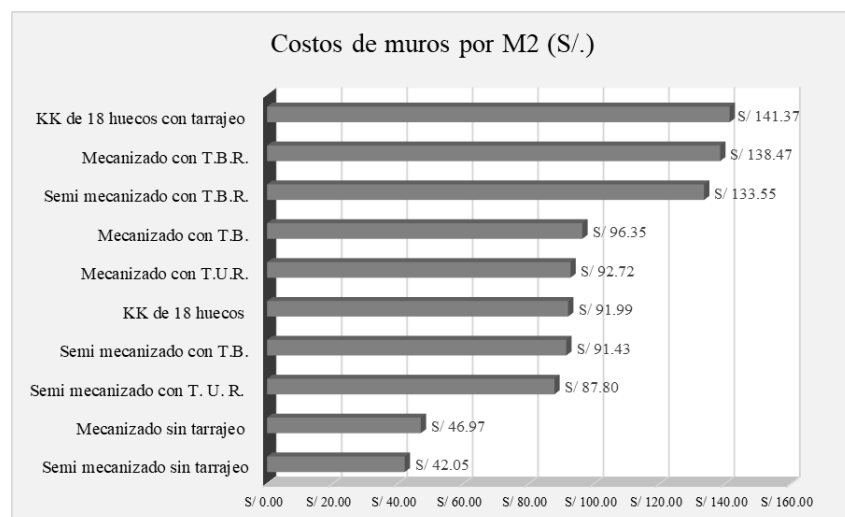


Figura 13: Costo de muros pandereta según el tipo de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Al utilizar el ladrillo pandereta mecanizado, de la figura, mostrada se observa que al comparar los muros sin tarrajeo y con tarrajeo unilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 46.97 a S/. 92.72, de esta forma se tiene un incremento de 97.40% por m², el cual es muy significativo. Por otro lado, al comparar los muros con tarrajeo bilateral y con tarrajeo bilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 96.35 a S/. 138.47, de esta forma se tiene un incremento de 43.70% por m², el cual no es muy significativo. Con respecto al ladrillo pandereta semi mecanizado, de la figura mostrada se observa que al comparar los muros sin tarrajeo y con tarrajeo unilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 42.05 a S/. 87.80, de esta forma se tiene un incremento de 108.80% por m², el cual es muy significativo. Ahora al comparar un muro con tarrajeo bilateral y con tarrajeo bilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 91.43 a S/. 133.55, de esta forma se tiene un incremento de 46.07% por m², el cual no es muy significativo.

4.5. Análisis estructural de una vivienda de mampostería confinada construido con muros pandereta mecanizado en la ciudad de Juliaca sin refuerzo y con refuerzo.

El comportamiento sísmico de los edificios de mampostería confinada construidas con ladrillos huecos ha resultado ser en muchos casos deplorable ya que no absorbe fuerzas de corte [40], incluso hasta presentar un estado de colapso fatal, principalmente cuando estas edificaciones están situadas sobre suelos blandos, por lo que es necesario realizar un análisis estructural de una vivienda ya construida, con el fin de conocer los muros críticos y posterior a ello, aplicar el refuerzo [19]. cabe resaltar que el diseño sin refuerzo representa con tarrajeo bilateral y con refuerzo representa con tarrajeo bilateral reforzado.

En esta investigación se realiza el análisis estructural sobre el control de fisuración en una edificación ya construida, en la figura 14 y 15 se observa los planos de la vivienda unifamiliar, la estructura está conformada por muros portantes de mampostería confinada construidos con ladrillos pandereta mecanizado, que le generen rigidez y resistencia de corte a la estructura, así mismo los elementos están distribuidos de forma simétrica.

Las normativas empleadas para los cálculos son Norma Técnica de Edificación E020 cargas, Norma Técnica de edificación E030 Diseño sismorresistente y Norma Técnica de edificación E070 mampostería [19].

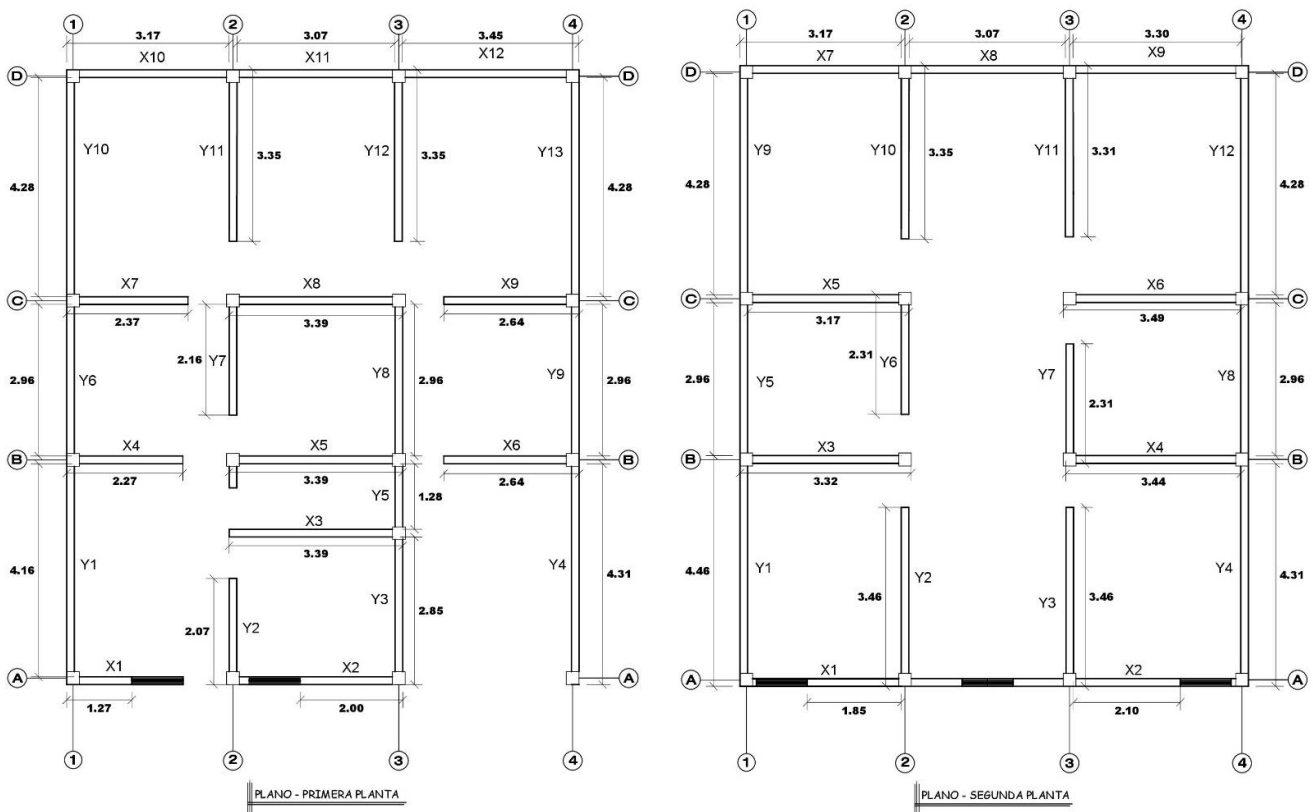


Figura 14: Plano de arquitectura primer nivel
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Plano de arquitectura segundo nivel
Fuente: Elaboración propia.

4.5.1. Características de la vivienda: La vivienda se ubica en la ciudad de Juliaca, Puno – Perú, el tipo de uso que se le da es vivienda unifamiliar, tiene 2 pisos, el suelo es intermedio, su sistema estructural que presenta es mampostería confinada, tiene un espesor efectivo de 0.18m en muros, la altura de mampostería es de 2.70m con alféizares de 1.20m y tiene losa aligerada en sentido unidireccional con espesor de 0.20m, tal como se aprecia en la siguiente figura 16.



Figura 16: Fotografía de vivienda existente.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Características de los materiales: Las características de los materiales se aprecian en la tabla 1.

Tabla 1.

Características de prismas de mampostería - datos de Laboratorios

Datos experimentales	Sin Ref. (Mpa)	Con Ref. (Mpa)
R. compresión de la unidad: F'b	1.23	1.23
R. característica a compresión P. F'm	1.62	1.91
R. característica a compresión D. V'm	0.58	0.76
Módulo de elasticidad Em	810	955
Módulo de corte Gm	324	382

Nota: P = Pila; D = Diagonal; R = Resistencia; Ref. = Refuerzo

El metrado de cargas, es un método para estimar las cargas actuantes en los diferentes elementos estructurales y no estructurales que componen una vivienda [44].

El metrado de cargas se estimó bajo NTP E. 020 y según datos experimentales obtenidos en los laboratorios de concreto y estructura, se utilizó Concreto armado: 2.4 ton/m², para mampostería sin refuerzo: 0.251 ton/m², para mampostería con refuerzo bilateral: 0.280 ton/m², losa aligerada: 0.300 ton/m², sobrecarga: 0.200 ton/m², sobrecarga azotea: 0.100 ton/m² acabados: 0.100 ton/m².

A partir de los planos, se dimensiona las áreas tributarias, posterior a ello se realizó la verificación de la densidad de muros. Según los planos del primer piso y del segundo piso, se tiene los datos de las longitudes en dirección X-X y dirección Y-Y para los pisos 1 y 2, se muestran en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2.

Longitud de cada muro y área tributaria del Piso 1

Dirección X-X			Dirección Y-Y		
Muro	L (m)	A (m2)	Muro	L (m)	A (m2)
X 1	1.27	2.28	Y 1	4.16	5.04
X 2	2.00	2.16	Y 2	2.07	4.58
X 3	3.39	5.12	Y 3	2.85	6.53
X 4	2.27	4.04	Y 4	4.31	5.740
X 5	3.39	5.11	Y 5	1.28	1.29
X 6	2.64	4.82	Y 6	2.96	2.19
X 7	2.37	4.39	Y 7	2.16	4.05
X 8	3.39	2.39	Y 8	3.11	5.57
X 9	2.64	3.66	Y 9	2.96	2.19
X 10	3.17	2.28	Y 10	4.28	4.18
X 11	3.07	2.36	Y 11	3.35	8.69
X 12	3.45	2.71	Y 12	3.35	9.45
-	-	-	Y 13	4.28	4.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

Longitud de cada muro y área tributaria del Piso 2

Dirección X-X			Dirección Y-Y		
Muro	L (m)	A (m2)	Muro	L (m)	A (m2)
X 1	1.85	2.87	Y 1	4.46	2.69
X 2	2.10	3.18	Y 2	3.46	12.03
X 3	3.32	5.20	Y 3	3.46	10.28
X 4	3.44	5.470	Y 4	4.31	3.65
X 5	3.17	4.70	Y 5	2.96	2.19
X 6	3.59	7.42	Y 6	2.31	7.28
X 7	3.17	2.28	Y 7	2.31	7.06
X 8	3.07	2.36	Y 8	2.96	2.19
X 9	3.30	2.62	Y 9	4.28	4.18
-	-	-	Y 10	3.35	8.69
-	-	-	Y 11	3.31	8.96
-	-	-	Y 12	4.28	4.39

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Densidad de muros: La densidad de muros portantes se calcula mediante la siguiente expresión [42]:

$$\frac{\sum L * t}{Ap} \geq \frac{ZUSN^{\circ}}{56}$$

Dónde: L : Longitud del muro; t : Espesor del muro; Ap : Área de planta; Z : Factor de zona ($Z = 0.35$); U : Factor de uso (edificación común, $U=1$); S : Factor de suelo (intermedio $S=1.15$); N : Número de niveles ($N=2$). La densidad de muros se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4.

Densidad de muros

Dirección		$\frac{\sum L \cdot t}{Ap}$	\geq	$\frac{ZUSN^{\circ}}{56}$	
Verificación					
EJE X	PISO 1	0.0496	>	0.0144	OK
	PISO 2	0.0405	>	0.0144	OK
EJE Y	PISO 1	0.0617	>	0.0144	OK
	PISO 2	0.0622	>	0.0144	OK

Fuente: (Elaboración Propia)

En la edificación, la expresión $ZUSN^{\circ}/56$ es menor en cada piso y en cada dirección con respecto a la expresión $\sum L \cdot t / Ap$, por tanto, cumple la densidad de muros especificada en la Norma Técnica E 0.70 [19]. Además, la densidad de muros debe ser similar en las dos direcciones de la vivienda, según los resultados de la densidad de muros pandereta, en la dirección Y-Y es mayor que la dirección en X-X, sin embargo, son similares, esta aplicación representa una configuración estructural similar a la mayoría de viviendas de la ciudad de Juliaca.

4.5.4. Revisión del esfuerzo axial máximo de muros: El diseño por carga vertical de gravedad en el muro pandereta presenta un esfuerzo axial con cargas de servicio, menor al esfuerzo admisible del material ante esta sollicitación, el esfuerzo axial actuante σ_m , para este análisis se calcula con la carga muerta y el 100% de la carga viva, dividida entre área rectangular del muro igual a su longitud total. Incluyendo todas las columnas. El valor máximo de σ_m se limita para que no se reduzca la ductilidad del muro ante sollicitaciones sísmicas severas, la verificación se realiza mediante la siguiente ecuación se revisa [19].

$$\sigma_1 = \frac{Pm}{t * L} \leq \sigma_2 = 0.2f'm \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq \sigma_3 = 0.15f'm$$

Dónde: σ_1 : Esfuerzo actuante; Pm : Carga de gravedad; t : Espesor del muro; L : Longitud del muro; σ_2 : Esfuerzo admisible $f'm$: Resistencia característica a la compresión axial; h : Altura del muro. σ_3 : Esfuerzo limitante. Para la verificación, se realizó el metrado de cargas para cada nivel, utilizando las áreas tributarias de cada muro (Tabla 2 y 3), En la figura 17 y 18 se realiza la comprobación de la expresión mencionada por la norma técnica E 0.70 [19].

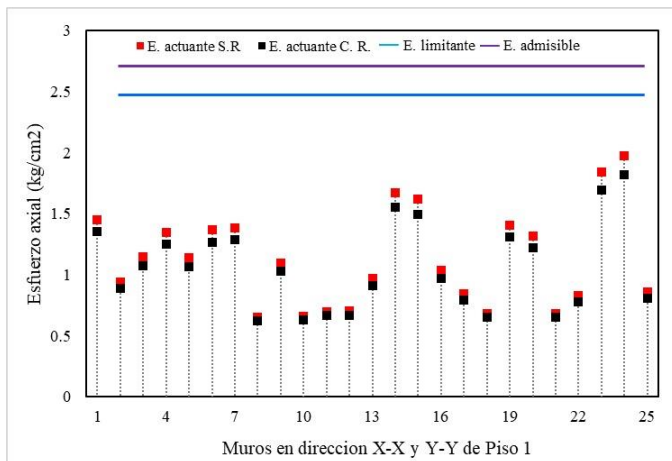


Figura 17: Verificación de esfuerzo axial máximo de muros pandereta – Piso 1.

Fuente: Elaboración propia.

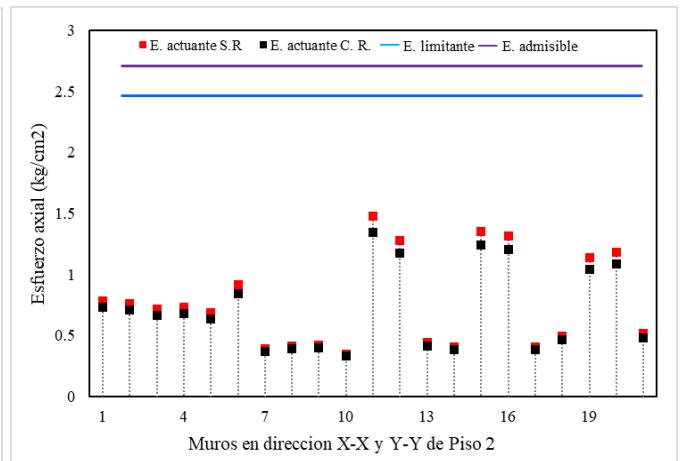


Figura 18: Verificación de esfuerzo axial máximo de muros pandereta – Piso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Observando las figuras, el esfuerzo axial con cargas de servicio si cumple con respecto al esfuerzo admisible del material, sin embargo, no se cumple con respecto al esfuerzo axial actuante, esto se da en primer piso y segundo piso, por lo que podemos decir que la resistencia a compresión axial de pila $F'm$ debe ser mejorada.

4.5.5. Centro de masa de la edificación: La masa se concentra en el centro de cada piso, y es también donde se concentra la mayor fuerza de sismo. Cuando existe una simetría en la distribución de los muros y en el resto de los elementos no estructurales el centro de masas coincide con el centroide de la planta, de no ser así el centro de masas se dará en la zona donde existe mayor concentración de muros [43].

Se procede a calcular el centro de masas teniendo como referencia un punto de origen del plano de arquitectura, a partir de ese punto se mide las distancias al centro de masa de cada muro

mediante la siguiente expresión [43]:

$$X_{cmt} = \frac{\sum P_m \times X_{cm}}{\sum P_m} ; Y_{cmt} = \frac{\sum P_m \times Y_{cm}}{\sum P_m}$$

Dónde: P_m : Peso de muro; X_{cm} , Y_{cm} : Centro de masa del muro respecto al punto de origen de acuerdo al plano. En la tabla 5 se muestra centro de masas en el primer piso y en el segundo piso de la edificación sin refuerzo, mas no para el reforzado puesto que son similares.

Tabla 5
Centro de masas Piso 1 y 2

C.M. / Piso	Piso 1	Piso 2
X_{cmt}	4.98 m	4.81 m
Y_{cmt}	6.39 m	6.30 m

Fuente: (Elaboración Propia)

Según la tabla, el centro de masas en la dirección X-X en los dos niveles son cercanos, esto se debe a que las masas son similares y que los muros pandereta tienen continuidad vertical; el mismo caso se da en la dirección Y-Y.

4.5.6. Centro de rigideces de la edificación: De igual manera para el cálculo del centro de rigideces se tomó un punto de origen de acuerdo al plano de arquitectura, solo consideraremos la rigidez de los muros portantes en la dirección más fuerte, es decir en la dirección paralela al eje en la que el muro está orientado. Es así que procedemos con el cálculo [19]. Las rigideces en ambas direcciones de cada muro se calculan mediante la siguiente expresión:

$$K_{(x)} = \frac{E_m * t}{4\left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3\left(\frac{h}{L}\right)} ; K_{(y)} = \frac{E_m * t}{4\left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3\left(\frac{h}{L}\right)}$$

Dónde: $K(X)$ es la rigidez en la dirección X-X; $K(y)$ es La rigidez en la dirección Y-Y; E_m : Modulo de elasticidad de mampostería (Dato de acuerdo a los resultados del laboratorio); t : Espesor de muro; h : Altura de muro; L : Longitud de muro; De similar manera se calcula la rigidez para la dirección Y-Y. Posteriormente se realiza el cálculo de centro de rigideces de la vivienda (X_{cr}) tanto para la dirección X-X y (Y_{cr}) y para la dirección Y-Y, mediante las siguientes expresiones:

$$X_{crt} = \frac{\sum K_{(y)} \times X_{cr}}{\sum K_{(y)}} ; Y_{crt} = \frac{\sum K_{(x)} \times Y_{cr}}{\sum K_{(x)}}$$

Dónde: $K_{(y)}$: Es la rigidez en la dirección Y-Y; X_{cr} : Centro de rigidez del muro respecto al eje del plano establecido; $K_{(x)}$: Es la rigidez en la dirección X-X; Y_{cr} : Centro de rigidez del muro.

En la figura 19 se aprecia el centro de rigideces en direcciones X-X y en Y-Y para cada piso, así mismo el centro de masas con respecto al eje planteado. El siguiente plano es de la edificación sin refuerzo. En la tabla 6 se muestra las rigideces para primero y segundo piso. Los resultados serán iguales para la edificación sin refuerzo y con refuerzo.

Tabla 6.
Centro de rigideces Piso 1 y 2

C.R. / Piso	Piso 1	Piso 2
C. R. en dirección X-X (Xcrt)	5.12 m	4.66 m
C.R. en dirección Y-Y (Ycrt)	7.28 m	7.63 m

Fuente: (Elaboración Propia)

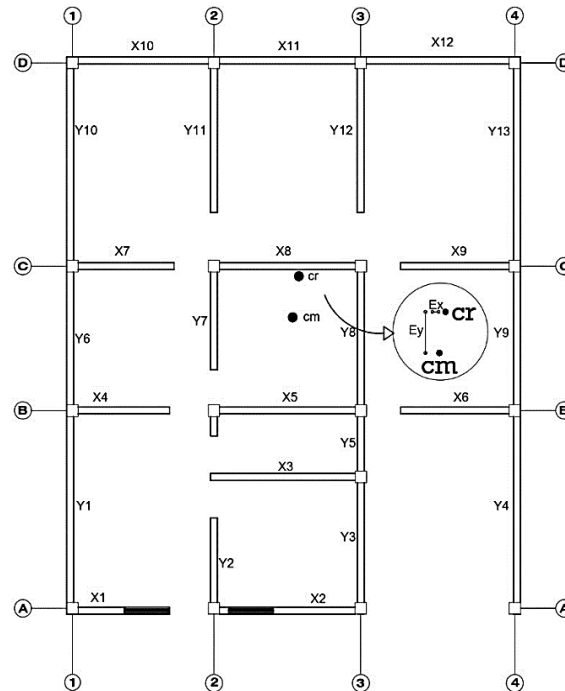


Figura 19: Centro de rigideces y de masas Piso 1.
 Fuente: Elaboración propia.

4.5.7. Peso sísmico de la edificación: Para estimar el peso de la vivienda (P_g) se utilizó el peso proveniente del metrado de cargas, el mismo que está en función de la carga muerta y un porcentaje de carga viva. Según la NTP E.030 para edificaciones comunes como viviendas se ubican en la categoría C [43], por lo tanto, el porcentaje para esta categoría es de 25%. En la Fig. 19 se aprecia el peso de la edificación en cada piso.

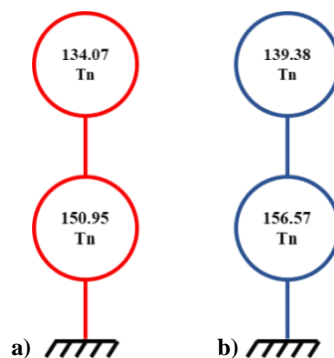


Figura 20: Peso de las edificaciones sin refuerzo y con refuerzo.
 Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el peso total de la edificación sin refuerzo es de 285.024 Tn, con refuerzo tiene 295.95 Tn. Con estos valores se realizan los cálculos para obtener la cortante basal.

4.5.8. Análisis sísmico: para el análisis sísmico seguimos la siguiente secuencia:

a) *Fuerza cortante de la edificación.* La fuerza cortante en la base se calcula mediante la NTP de diseño sismorresistente E. 030, el cual indica que la fuerza cortante basal se debe determinar con la siguiente ecuación [44]:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * Pg$$

Dónde: *Z*: es el factor de zona sísmica; *U*: Factor de uso; *S*: Factor de suelo; *C*: Coeficiente de amplificación sísmica; *R*: Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica; *Pg*: Peso sísmico de la vivienda.

Tomando en cuenta que el suelo donde está ubicado la vivienda, es un suelo intermedio, por lo tanto, el factor de suelo para Zona sísmica 3 será un suelo intermedio $S = 1.15$. Finalmente, utilizando todos los valores y remplazando en la ecuación mencionada, la cortante basal sísmica (*V*) es de 47.80 ton.

b) *Fuerzas cortantes y momentos en altura:* Para la distribución de la fuerza cortante basal en altura se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$V_i = \alpha_i * V; \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^K}{\sum_{i=1}^n P_i(h_i)^K}$$

Dónde: *n*: Número de niveles; *K*: Exponente de acuerdo al periodo fundamental ($T < 0.5$, $k=1$); *P_i*: Peso de cada nivel; *h_i*: Altura de cada piso.

En la figura 21 el momento en cada piso (*M_i*) se calcula multiplicando la cortante (*V_i*) por la altura de cada nivel:

$$M_i = V_i * h_i$$

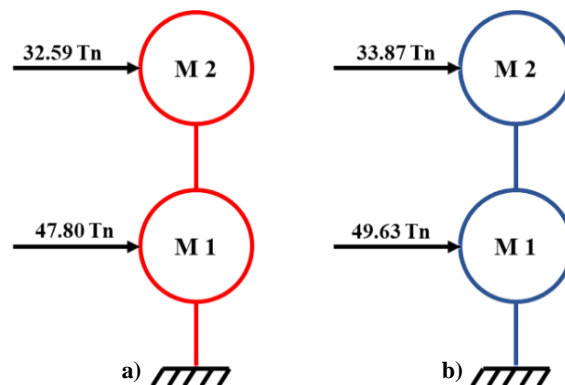


Figura 21: Fuerza cortante en la edificación sin refuerzo y con refuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

c) *Momentos torsores en planta*: Determinamos los momentos torsores en el piso 1 y 2 para un sismo en la dirección X-X y un sismo en la dirección Y-Y, utilizando las excentricidades físicas (e) causadas por el centro de masas y el centro de rigideces; así como también una excentricidad accidental del 5% de la longitud mayor de la edificación en cada dirección, dependiendo de la dirección analizada [19]. Calculamos los momentos torsores en cada piso en la dirección X-X (M_{tx1}) aplicando la siguiente ecuación:

$$M_{tx1} = V(e_y(\text{física}) \pm e_y(\text{accidental}))$$

Por lo tanto, aplicando las fórmulas mencionadas, se tiene la tabla 7, 8, 9 y 10 en donde ya se obtiene momentos torsores para ambas direcciones.

Tabla 7.
Momentos torsores en la dirección x-x Sin Refuerzo

SISMO X-X (Ton-m)				
Pisos	Y cm (m)	Y cr (m)	Mtx1	Mtx2
1	6.393	7.279	71.017	13.656
2	6.300	7.632	62.982	23.866

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 9.
Momentos torsores en la dirección x-x Con Refuerzo

SISMO X-X (Ton-m)				
Pisos	Y cm (m)	Y cr (m)	Mtx1	Mtx2
1	6.393	7.279	73.737	14.179
2	6.230	7.632	65.442	24.798

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 8.
Momentos torsores en la dirección y-y Sin Refuerzo

SISMO Y-Y (Ton-m)				
Pisos	Y cm (m)	Y cr (m)	Mtx1	Mtx2
1	4.980	5.116	30.385	-17.416
2	4.812	4.664	21.123	-11.474

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 10.
Momentos torsores en la dirección y-y Con Refuerzo

SISMO Y-Y (Ton-m)				
Pisos	Y cm (m)	Y cr (m)	Mtx1	Mtx2
1	4.980	5.116	31.549	-18.083
2	4.812	4.664	21.948	-11.922

Fuente: (Elaboración Propia)

d) *Fuerzas cortantes y momentos en cada muro*: Se distribuye la fuerza sísmica en cada muro (V_t), el cual es proporcional a la rigidez de cada muro y se le agrega la cortante torsional (V_r), mediante la siguiente ecuación: $V_{jx} = V_{txj} + V_{rxj}$. Para repartir la cortante en cada muro mediante su rigidez utilizamos la siguiente ecuación:

$$V_{txj} = \frac{K_j}{\sum K_j} \times V_i$$

La cortante torsional (V_r) se determinará mediante las siguientes ecuaciones:

$$V_{rx1j} = \frac{K_x * dy * M_{tx1}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2} ; V_{ry2j} = \frac{K_x * dy * M_{tx2}}{\sum K_x dy^2 + \sum K_y dx^2}$$

Dónde: K_x : Rigidez en la dirección X-X; dy : Diferencia de centros de las rigideces ($Y_{cr} - Y_{crj}$). De estas 2 ecuaciones se toma el mayor. En seguida se calculó la cortante en cada muro para cada piso y para direcciones (X-X e Y-Y).

Realizando los cálculos se obtiene la figura 22, el cual es calculado para cada muro, tanto para el piso 1 y 2. Los momentos en cada muro (M_j) se calculan mediante la siguiente ecuación: $M_j = V_j * h_j$; dónde: V_j : Cortante en cada muro; h_j : Altura de cada muro.

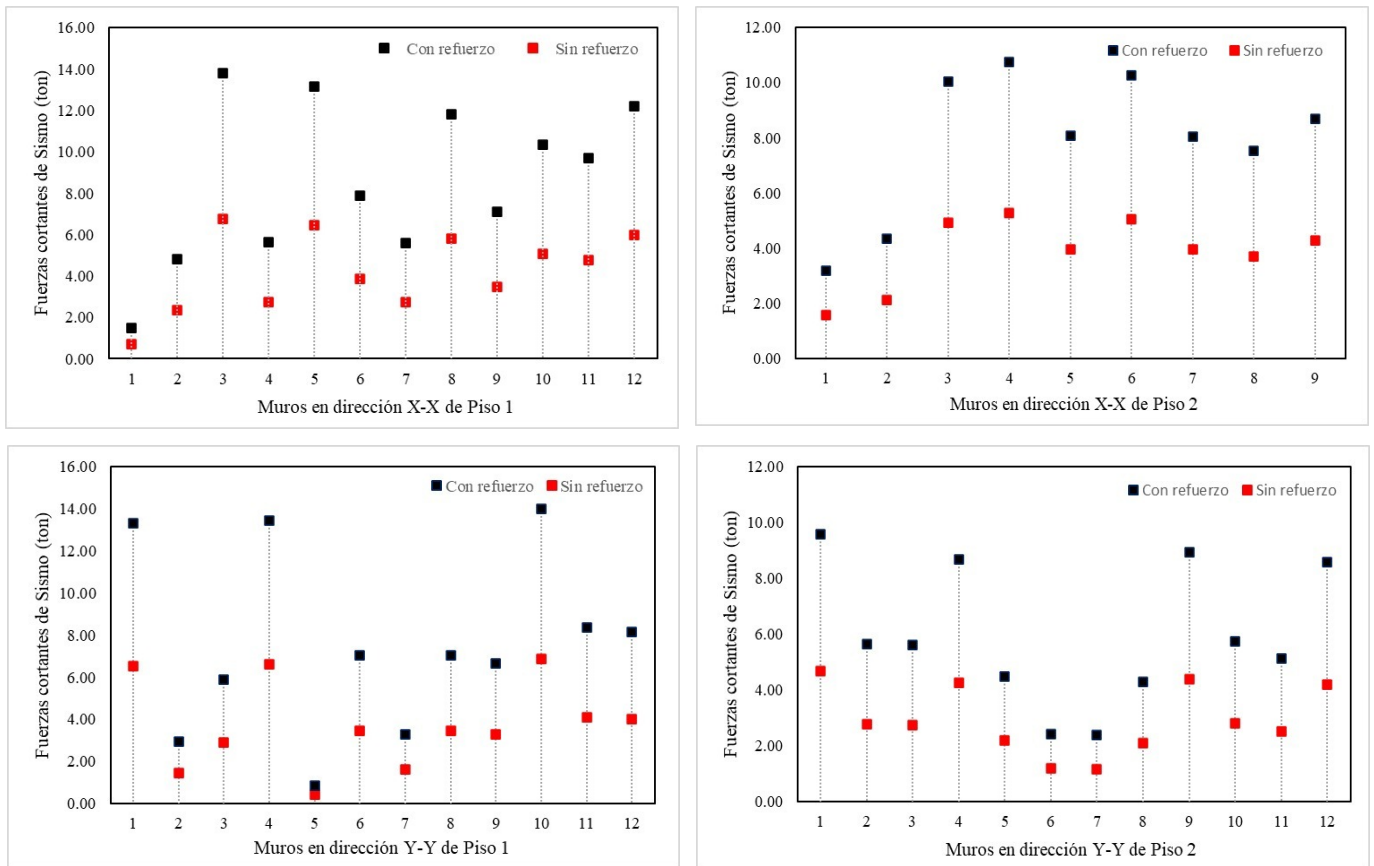


Figura 22: Fuerza cortante en edificación sin refuerzo y con refuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23 se observa los momentos de cada muro sin refuerzo y con respecto a muros reforzados con malla de acero en ambos lados.

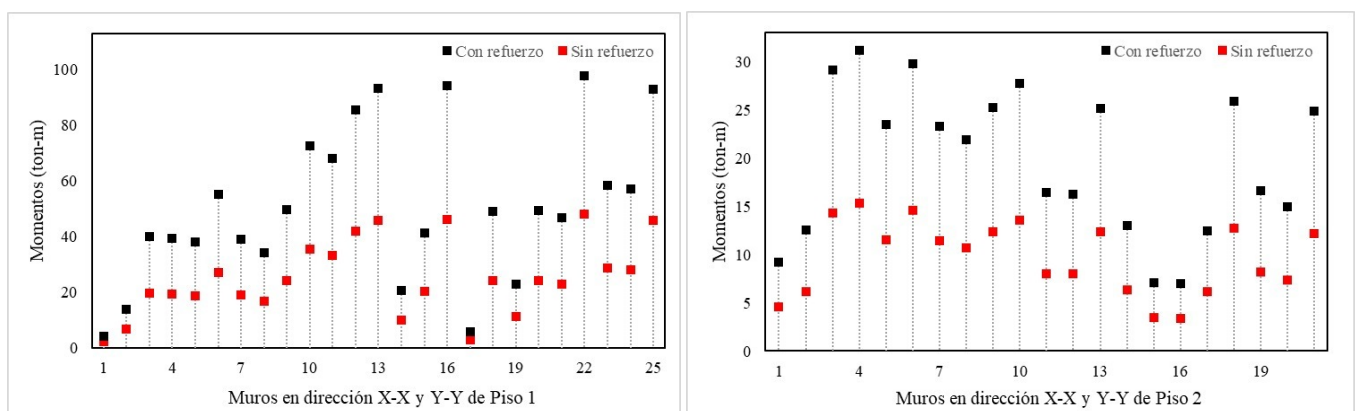


Figura 23: Momentos de cada muro sin refuerzo y con refuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.9. Verificación y control de fisuración de la edificación no reforzada: La norma técnica E 0.70 establece que para un sismo moderado se hace un control de fisuración, si la fuerza cortante admisible del muro (V_{ei}) es menor o igual que la mitad de la resistencia al corte (V_{mi}), el muro no se fisura, de lo contrario se fisura, para realizar la verificación se calcula mediante las siguientes ecuaciones [19]:

$$V_{ei} = \frac{V_{mi}}{2} \quad ; \quad V_{mi} = 0.5 \cdot V'm \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23Pg$$

Dónde: $V'm$: Resistencia característica a la compresión diagonal de la mampostería; t : Espesor efectivo del muro; L : Longitud total del muro; Pg : Peso sísmico en cada muro; α : Factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez. Así se por mediante la ecuación:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_{ei} * L}{M_{ei}} \leq 1$$

Dónde: V_{ei} : Fuerza cortante en cada muro; M_{ei} : Momento flector en cada muro.

En la figura 24 se realiza el control de fisuración para ambas direcciones (X-X e Y-Y) y para ambos pisos (Piso 1 y 2).

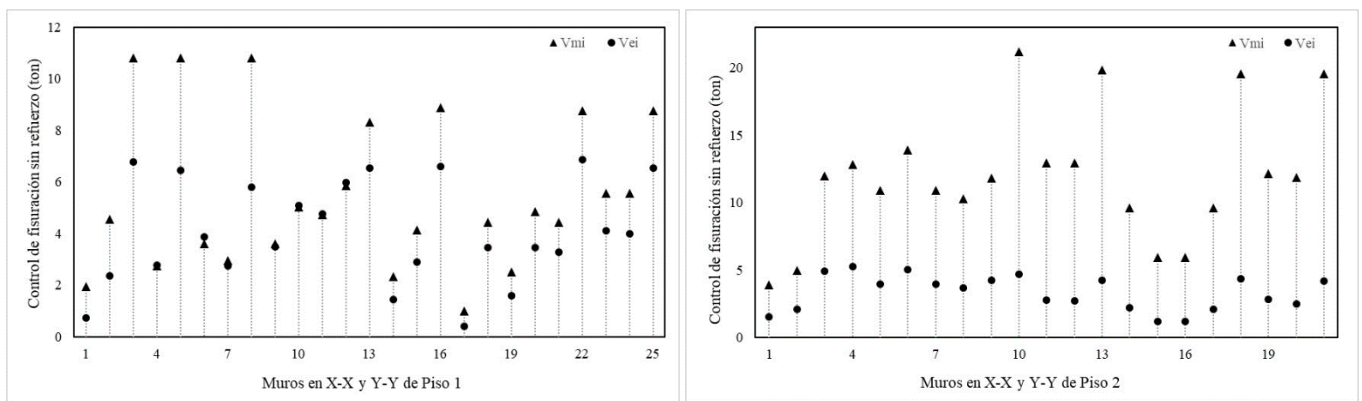


Figura 24: Verificación de control de fisuración en Piso 1 y 2, para una edificación sin refuerzo.
Fuente: Elaboración propia.

Al apreciar la figura notamos que luego de hacer el control de fisuración para ambos pisos, en el primer piso los muros X4, X6, X10, X11 y X12, se agrietan para un sismo moderado, ya que la fuerza cortante generada por el sismo en los muros es mayor que la fuerza cortante admisible del muro ($V_e \geq 0.55V_m$), por otro lado los muros en la dirección Y-Y no presentan fisuración, debido a que si se cumple la expresión $V_e \leq 0.55V_m$.

4.5.10. Verificación y control de fisuración de la edificación reforzada: Para la verificación y control de fisuración de la edificación reforzada se utilizó las mismas ecuaciones del control de fisuración en edificación no reforzada.

En la figura 25 realizamos el control de fisuración para ambas direcciones (X-X e Y-Y) y para ambos pisos (Piso 1 y 2).

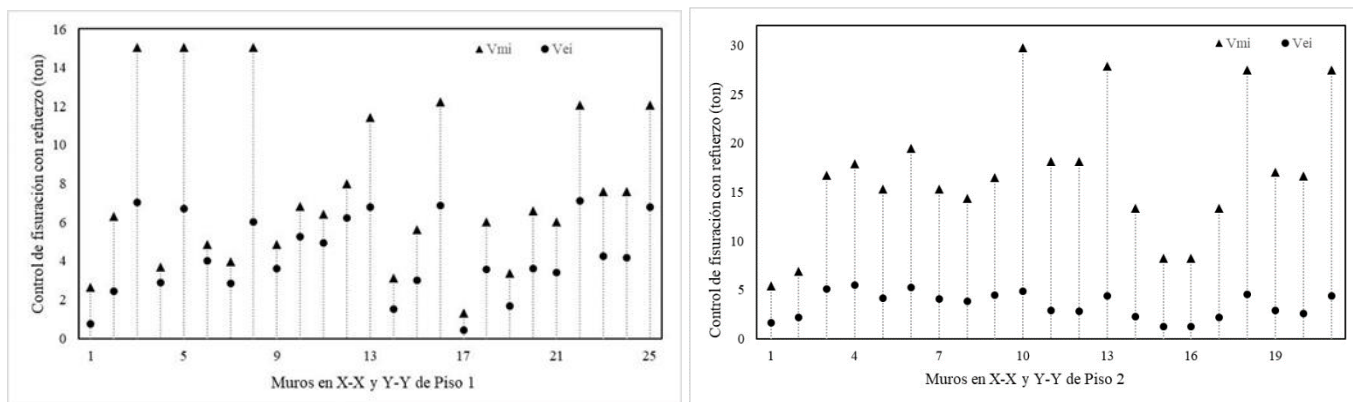


Figura 25: Verificación de control de fisuración en Piso 1 y 2, edificación con refuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

Al observar la figura 25 notamos que luego de realizar los cálculos sobre el control de fisuración, los muros en la dirección X-X ya no presentan fisuras, se debe a que si se cumple la expresión $V_e \leq 0.55V_m$, se evitó la fisuración porque el valor de la resistencia característica de la mampostería reforzada es mayor con respecto al sin refuerzo, de este modo se da una solución al problema que se presentó en el primer análisis.

Por otro lado, Comparando los resultados del análisis estructural sin refuerzo con respecto al reforzado (figura 24 y 25), se observa que al reforzar los muros pandereta en la dirección X-X ya no se fisuran para sismo un moderado, debido a que la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal (V_m) es mayor en los muros reforzados con malla de acero, de esta manera mejorando la vivienda y cumpliendo con lo establecido por la norma E 0.70.

4.6 Análisis en vivienda de mampostería con software (Robot Structural)

Se realizó el modelamiento estructural de la vivienda de mampostería, para determinar los desplazamientos lineales por niveles. Se tiene los siguientes valores de la Albañilería:

- Módulo de elasticidad $E_m = 500 f'm$
- Coeficiente de Kirchoff $G = 0.4 E_m$
- Coeficiente de Poisson $G_m = \frac{E_m}{2(1+\nu)}$
- Peso específico $PE = 2.47 \text{ kN/m}^2$
- Dilatación térmica $\alpha_c = 0.00005$

A.) Desplazamientos máximos

Tabla 11.

Desplazamientos máximos

Primer Caso (sin refuerzo)		
Piso	Dirección X	Dirección Y
1	0.2223 cm	0.2619 cm
2	0.3172 cm	0.3639 cm

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 12.

Desplazamientos máximos

Segundo Caso (con refuerzo)		
Piso	Dirección X	Dirección Y
1	0.0000 cm	0.0000 cm
2	0.0524 cm	0.0404 cm

Fuente: (Elaboración Propia)

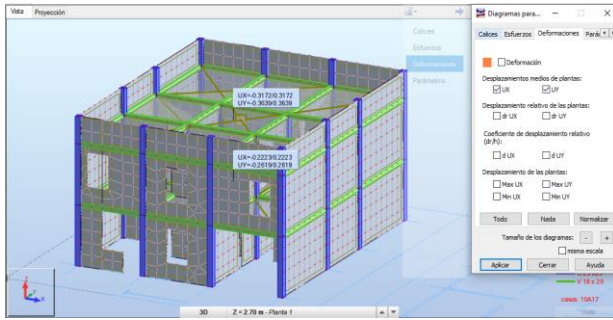


Figura 26: Desplazamientos máximos sin refuerzo
Fuente: Elaboración propia.

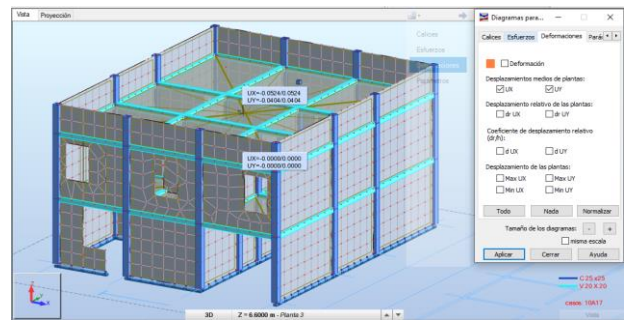


Figura 27: Desplazamientos máximos con refuerzo
Fuente: Elaboración propia.

B.) Derivas máximas

Tabla 13.
Derivas máximas

Primer Caso (sin refuerzo)					
Piso	Máxima Distorsión de entrepiso	0.75 * R	Distorsión Normativa E 0.30	Control	Estado
2	0.0003777	2.25	0.0008	0.005	Cumple
1	0.0009701	2.25	0.0022	0.005	Cumple

Fuente: (Elaboración Propia)

Tabla 14.
Derivas máximas

Segundo Caso (con refuerzo)					
Piso	Máxima Distorsión de entrepiso	0.75 * R	Distorsión Normativa E 0.30	Control	Estado
2	0.000194	2.25	0.0004	0.005	Cumple
1	0.000000	2.25	0.0000	0.005	Cumple

Fuente: (Elaboración Propia)

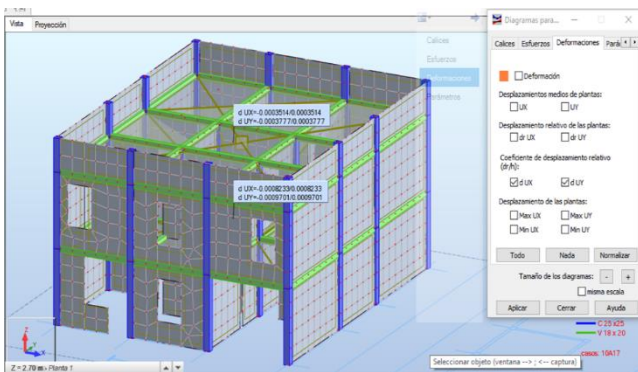


Figura 28: Derivas máximas - sin refuerzo
Fuente: Elaboración propia.

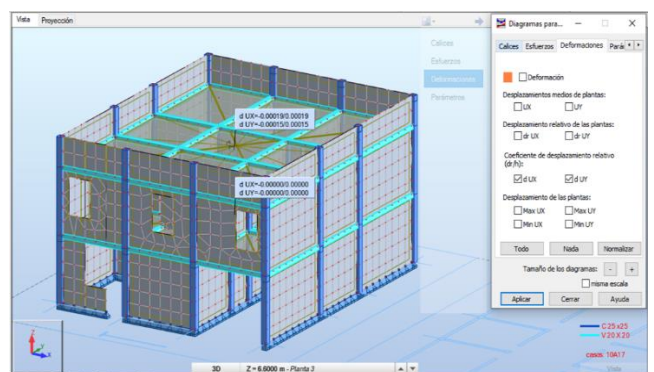


Figura 29: Derivas máximas - con refuerzo
Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio concluyen, al reforzar con malla de acero aumentó la resistencia al corte dando así una solución a las viviendas construidos con ladrillos pandereta en la ciudad de Juliaca (Puno – Perú).

Mediante los ensayos de laboratorio se determinaron las propiedades físicas y mecánicas tales como: variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a compresión de las unidades de albañilería. Para ladrillos pandereta mecanizado la variación dimensional promedio fue 0.43%, esto representa que a mayor variación dimensional tendrá mayor espesor de junta por lo que el asentado del muro será disparejo; al realizar el alabeo presenta una concavidad de 2mm, por lo tanto tendrá un mayor espesor de mortero, disminuyendo la adherencia con el ladrillo; su absorción es de 13.47% el cual está dentro del margen de la Norma E.070; la resistencia de la unidad de mampostería es de $F^b = 12.53 \text{ kg/cm}^2$, según la normativa no es apto para ser empleado en las construcciones de viviendas como muro portante. Para ladrillos pandereta semi mecanizado la variación dimensional promedio fue 0.25% esto representa que a mayor variación dimensional tendrá mayor espesor de junta; al realizar el alabeo presenta una concavidad de 1.17mm, por lo tanto tendrá un mayor espesor de mortero, disminuyendo la adherencia con el ladrillo; su absorción es de 32.11% el cual no está dentro del margen de la Norma E.070, podemos decir que presenta mayor porosidad; la resistencia de esta unidad de mampostería es de $F^b = 17.92 \text{ kg/cm}^2$, según la normativa tampoco podrá ser empleado en las construcciones de viviendas como muro portante.

Los resultados de la resistencia a compresión axial en ladrillo mecanizado tienen como patrón una pila sin tarrajeo, con respecto a este diseño se tuvo incrementos de 11.00% con tarrajeo unilateral reforzado, 55.07% con tarrajeo bilateral y 82.74% con tarrajeo bilateral reforzado. Con los resultados obtenidos ninguno llega a la resistencia mínima de la Norma E 0.70, sin embargo, el diseño que más se aproxima es con tarrajeo bilateral reforzado. Por otro lado, los resultados de la resistencia a compresión diagonal en ladrillo mecanizado tienen como patrón un muro sin tarrajeo, con respecto a este diseño se tuvo incrementos de 33.40% con tarrajeo unilateral reforzado, 42.10% con tarrajeo bilateral y 86.23% con tarrajeo bilateral reforzado. Con los resultados obtenidos los tres tipos de diseño cumplen con la resistencia mínima de la Norma E 0.70 superando una resistencia de 5.1 kg/cm^2 King Kong artesanal y aproximándose a la resistencia de 8.1 kg/cm^2 King Kong industrial, por otra parte, el patrón no cumple con lo establecido, teniendo los incrementos decimos que la malla de acero influye de manera significativa como refuerzo en muros de mampostería confinada.

Los resultados de la resistencia a compresión axial en ladrillo semi mecanizado tienen como patrón una pila sin tarrajeo, con respecto a este diseño se tuvo incrementos de 16.89% con tarrajeo unilateral reforzado, 30.49% con tarrajeo bilateral y 63.33% con tarrajeo bilateral reforzado. Con los resultados obtenidos ninguno llega a la resistencia mínima de la Norma E 0.70, sin embargo, el diseño que más se aproxima es con tarrajeo bilateral reforzado. Por otro lado, los resultados de la resistencia a compresión diagonal en ladrillo semi mecanizado tienen como patrón un muro sin tarrajeo, con respecto a este diseño se tuvo incrementos de 31.87% con tarrajeo unilateral reforzado, 75.47% con tarrajeo bilateral y 162.22% con tarrajeo bilateral reforzado. Con los resultados obtenidos los tres tipos de diseño cumplen con la resistencia mínima de la Norma E

0.70 superando una resistencia de 5.1 kg/cm² King Kong artesanal y aproximándose a la resistencia de 8.1 kg/cm² King Kong industrial, por otra parte, el patrón no cumple con lo establecido, teniendo los incrementos decimos que la malla de acero influye de manera significativa como refuerzo en muros de mampostería confinada.

Al analizar el tipo de falla en muros pandereta mecanizado según el tipo de diseño, los muros patrón sin tarrajeo presentaron falla por deslizamiento no teniendo adherencia el mortero con ladrillo; los muros con tarrajeo bilateral presentaron falla diagonal y explosiva; los muros con tarrajeo unilateral reforzado presentaron falla diagonal en el asentado de ladrillo, cabe mencionar que en dos pruebas el tarrajeo se desprendió del muro; los muros con tarrajeo bilateral reforzado presentaron falla diagonal y a la vez dúctil, generándose grieta vertical en el centro del muro asimismo con presencia de fisuras. Y al analizar el tipo de falla en muros pandereta semi mecanizado según el tipo de diseño, los muros patrón sin tarrajeo presentaron falla escalonada donde las juntas fallaron primero; los muros con tarrajeo bilateral presentaron falla diagonal y explosiva; los muros con tarrajeo unilateral reforzado presentaron falla diagonal en el asentado de ladrillo, cabe mencionar que en dos pruebas el tarrajeo se desprendió del muro. Finalmente, los muros con tarrajeo bilateral reforzado presentaron falla diagonal y a la vez dúctil generándose una grieta vertical en el centro del muro asimismo se tuvo presencia de fisuras.

Por último, en la evaluación de costos para muros de ladrillo pandereta mecanizado, al comparar un muro sin tarrajeo y con tarrajeo unilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 46.97 a S/. 92.72, de esta forma se tiene un incremento de 97.40%. Ahora al comparar muro con tarrajeo bilateral y con tarrajeo bilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 96.35 a S/. 138.47, de esta forma se tiene un incremento de 43.70%. Para muros de ladrillo pandereta semi mecanizado, al comparar un muro sin tarrajeo y con tarrajeo unilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 42.05 a S/. 87.80, de esta forma se tiene un incremento de 108.80%. y por último al comparar muro con tarrajeo bilateral y con tarrajeo bilateral reforzado hace que aumente el costo de S/. 91.43 a S/. 133.55, de esta forma se tiene un incremento de 46.07%, de esto podemos decir que el costo accesible, y los materiales para reforzar son comerciales en la ciudad de Juliaca.

6. RECOMENDACIONES

Mediante el estudio realizado, se recomienda a la población de la ciudad de Juliaca a reforzar sus viviendas implementando con malla de acero con el fin de reducir la vulnerabilidad sísmica de sus viviendas.

En la etapa del proceso de refuerzo con malla de acero se recomienda en el tarrajeo de los muros pandereta una dosificación de 1:4, así mismo al perforar el muro para el colocado de la malla se debe realizar con precaución ya que la unidad de mampostería tiende a ser muy frágil.

Se recomienda hacer estudio del mortero, para conocer su resistencia y ver su clasificación con la Normativa E.070.

En el estudio se construyó 3 muestras para cada tipo de diseño, sabiendo que la desviación estándar es mayor en ladrillos pandereta, se recomienda hacer más muestras y con mayor dimensión, también se podrían realizar construcciones de muros a escala real.

Se recomienda realizar un estudio empleando la malla de acero con menor diámetro, para conocer si el acero llega a su límite de fluencia, de tal forma que el muro y el tarrajeo reforzado tengan deformaciones similares.

Se sugiere a los futuros investigadores a realizar estudios de las ladrilleras artesanales de la Ciudad de Juliaca, con la finalidad de tener información de las características y los procesos de fabricación.

Los costos obtenidos para muros con tarrajeo unilateral reforzado y con tarrajeo bilateral reforzado en el estudio, son como referencia, puesto que los costos pueden variar dependiendo la calidad de los materiales.

DECLARACIÓN DE INTERÉS EN COMPETENCIA

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en competencia ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo informado en este documento.

7. REFERENCIAS

- [1] E. Cueva, L. Neyra, Reforzamiento de muros de albañilería artesanal con geomallas para la aplicación en viviendas del distrito de Juliaca, Universidad Peruana Unión, Thesis, Puno, Perú, 2019, <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3358>.
- [2] J. Yacila, J. Salsavilca, N. Tarque, G. Camata, Experimental assessment of confined masonry walls retrofitted with SRG under lateral cyclic loads, *Eng. Struct.* 199 (2019) 109555, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109555>.
- [3] M. Blondet, N. Tarque, J. Velasquez, Seismic risk assessment of informally built confined masonry dwellings in Peru, in: *Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology* 627, 2006.
- [4] K. Ccoarite, Influencia de la configuración estructural, en la vulnerabilidad sísmica de viviendas informales – Juliaca, Universidad Peruana Unión, Thesis, Puno, Perú, 2020, <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3373>.
- [5] M. Nervi, A., Análisis de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada según la norma E - 070 del RNE en la Ciudad de Juliaca Puno, Thesis, Puno, Perú, 2017, <http://hdl.handle.net/20.500.12840/940>.
- [6] M. Corradi, A. Borri, G. Castori, R. Sisti, Shear strengthening of wall panels through jacketing with cement mortar reinforced by GFRP grids, *Composites Part B: Engineering* 64 (2014) 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.03.022>.
- [7] C. Mazzotti & F. Ferretti, B. Ferracuti, A. Incerti, Diagonal compression tests on masonry panels strengthened by FRP and FRCM, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13 (2015) 1703–1726, <https://doi.org/10.1007/s10518-014-9684-z>.
- [8] L. Facconi, A. Conforti, F. Minelli, G. Plizzari, Improving shear strength of unreinforced masonry walls by nano-reinforced fibrous mortar coating, *Materials and Structures*, 48, (2015) 2557–2574, <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0337-0>.
- [9] A. Bustos, E. Moreno, R. Zavalis, J. Valivonis, Diagonal compression tests on masonry wallets coated with mortars reinforced with glass fibers, *Materials and Structures* 52, (2019) 60, <https://doi.org/10.1617/s11527-019-1360-y>.


- [10] M. Luján, Reforzamiento de los muros de albañilería confinado con mallas de acero, Pontificia Universidad católica de Perú, Thesis, Lima, Perú, 2018, <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12793>.
- [11] N. Gattesco, I. Boem, Comparison of In-Plane Mechanical Performances of Masonry Walls Strengthened with Different Mortar Coatings Reinforced with Glass or Carbon Fiber Composite Meshes, *Key Engineering Materials*, 747 (2017) 289-297, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.747.289>.
- [12] A. Raji, D. Mostofinejad, M. Reza, A novel parallel wire steel-reinforced mortar (PW-SRM) method versus textile reinforced mortar (TRM) for out-of-plane strengthening of masonry walls, *Journal of Building Engineering*, 57 (2022) 2352-7102 <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104806>.
- [13] F. Ferretti, C. Mazzotti, FRCM/SRG strengthened masonry in diagonal compression: experimental results and analytical approach proposal, *Construction and Building Materials*, 283 (2021) 234-241, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122766>.
- [14] M. Valluzzi, D. Tinazzi, C. Modena, Shear behavior of masonry panels strengthened by FRP laminates, *Construction and Building Materials*, 16, (7) (2002) 409-416, [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(02\)00043-0](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(02)00043-0).
- [15] L. Garcia, L. Pelá, P. Roca, G. Camata, In-plane shear behaviour by diagonal compression testing of brick masonry walls strengthened with basalt and steel textile reinforced mortars, *Construction and Building Materials*, 240 (2020) 345-362 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117905>.
- [16] A. Borri, G. Castori, M. Corradi, E. Speranzini, Shear behavior of unreinforced and reinforced masonry panels subjected to in situ diagonal compression tests, *Construction and Building Materials*, 25 (12) (2011) 4403-4414, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.01.009>.
- [17] L. Garcia, L. Pelà, P. Roca, G. Camata, Experimental cyclic behaviour of shear masonry walls reinforced with single and double layered Steel Reinforced Grout, *Construction and Building Materials*, 320 (2022) 244-262, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126053>.
- [18] O. Cevallos, V. Diaz, Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electro soldada, Universidad Pontificia Católica del Perú, tesis Lima, Perú, 2018, <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12907>.
- [19] P. Cueto, R. Vilca, Reforzamiento de la albañilería confinada más utilizada en Arequipa con Malla Electrosoldada, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, tesis Arequipa, Perú, 2018. <https://alicia.concytec.gob.pe>.
- [20] L. Ayala, M. Miguel, Reforzamiento de los muros de albañilería confinado con mallas de acero, Pontificia Universidad Católica de Perú, tesis Lima, Perú, 2018.
- [21] A. San Bartolomé, D. Quion, Diseño de mallas electrosoldadas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe típicas del Perú, *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 30 (1) (2015) 71-80, <https://bit.ly/3OnmcAh>.
- [22] R. Chozo, M. Huarac, Reforzamiento del muro de pirca aplicando mallas electrosoldadas en el AA. HH las Animas - Puente Piedra, Universidad Cesar Vallejo, tesis Lima, Perú, 20120, <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55149>.
- [23] D. Páez, S. Parra, Alternativa estructural de refuerzo horizontal en muros de mampostería, *revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8 (2008) 51-69,
- [24] C. Shermi, R. Dubey, Study on out-of-plane behaviour of unreinforced masonry strengthened with welded wire mesh and mortar, *Construction and Building Materials*, 143 (2017) 104-120, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.002>.

- [25] M. Ehteshami, S. Ali Razavi, M. Yekrangnia, P. Pourasgari, N. Abbasian, Cyclic performance assessment of damaged unreinforced masonry walls repaired with steel mesh reinforced shotcrete, *Engineering Structures*, 253(2022) 745-763, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113747>.
- [26] N.Tarque, E. Pancca-Calsin, Building constructions characteristics and mechanical properties of confined masonry walls in San Miguel (Puno-Peru), *Journal of Building Engineering*, 45 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.103540>.
- [27] D. Campbell, J. Stanley, Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (1973), <https://hdl.handle.net/20.500.12008/26495>.
- [28] E.070, Reglamento Nacional de Edificaciones: Albañilería, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-SENCICO, Lima, Perú, 2006.
- [29] M. Astroza, A. Schmidt, Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño, *Revista de Ingeniería Sísmica*, 70 (2004) 59-75, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61807003>.
- [30] E.070, Reglamento Nacional de Edificaciones: Albañilería, Ministerio de Vivienda, “Construcción y Saneamiento-SENCICO”, Lima, Perú, 2006.
- [31] NTP 399.613, Norma Técnica Peruana. “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”, 2005.
- [32] H. Gallegos, C. Casabonne, Albañilería Estructural, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú, 2005.
- [33] A. San Bartolom, Comentarios a la Norma E.070 ALBAÑILERÍA Perú, 2008.
- [34] S. Venu, K. Siva, A. Kale, V. Suryaprakash, Study on brick masonry columns with different slenderness ratios and small openings, *Materials Today: Proceedings*, 60 (3) (2022) 2064-2070, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.298>.
- [35] NTP 399.605, Norma Técnica Peruana. “Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería”, 2013.
- [36] J. Manchego, S. Pari, “Análisis experimental de muros de albañilería confinada en viviendas de baja altura en Lima, Perú”. M.S. thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2016.
- [37] J. Segura, L. Pelà, S. Saloustros, P. Roca, Experimental and numerical insights on the diagonal compression test for the shear characterisation of masonry, *Construction and Building Materials*, 287 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122964>.
- [38] NTP 399.621, Norma Técnica Peruana. “Unidades de albañilería Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería”, 2004.
- [39] RILEM TC, 76-LUM. Diagonal tensile strength tests of small wall specimens, in: RILEM, Recommendations for the Testing and Use of Construction Materials, E& FN SPON, London, 1994, pp. 488–489, 1991.
- [40] J. Campbell, M. Duran, Numerical model for nonlinear analysis of masonry walls, *Revista de la Construcción*, 16 (2) (2017). 189-201 <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.16.2.189>.
- [41] G. Gonzales, Estudio del comportamiento de la albañilería confinada en el análisis estático y dinámico para la ciudad de Potosí, Bolivia, *Ingeniería a sus alcances, Revista de Investigación*, 2 (3) (2018) 77-84, <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v2i3.17>.
- [42] D. Ñaca, Análisis comparativo de costos para los sistemas estructurales apertado dual y albañilería confinada de un edificio de departamentos en la ciudad de Puno, Universidad nacional del altiplano Puno, Tesis, Puno, Perú, 2017 <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8726>.

- [43] R. Ramirez, Vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada de la ciudad de Recuay-ancash-2017, Universidad nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Tesis, Ancash, Perú, 2017, <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2470>.
- [44] K. Farje, H. Yabuta, Propuesta de Reforzamiento en viviendas de albañilería confinada en el distrito de Villa Maria del Triunfo, Pontificia Universidad Católica de Perú, Tesis, Lima, Perú, 2020, <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15947>.

ANEXOS

Anexo A. Evidencia de sumisión a una revista indexada.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN


HOME

ABOUT SEARCH CURRENT ARCHIVES AHEAD OF PRINT

Home > User > Author > Submissions > #1560 > Summary

SUMMARY REVIEW EDITING

Submission

Authors	remin beltran, Elvis Denis Quispe
Title	Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca (Puno - Perú)
Original file	1560-8274-1-SM.PDF 2022-11-18
Supp. files	1560-8275-1-SP.PDF 2022-11-18 ADD A SUPPLEMENTARY FILE
Submitter	remin beltran 
Date submitted	November 18, 2022 - 03:51 PM
Section	Original Research
Editor	None assigned
Author comments	El objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento estructural de muros pandereta reforzados con malla de acero.



Status

Status	Awaiting assignment
Initiated	2022-11-18
Last modified	2022-11-18

Submission Metadata

EDIT METADATA

Authors

Name	remin beltran 
Affiliation	universidad peruana union
Country	Peru
Bio Statement	Puno juliaca
Principal contact for editorial correspondence.	
Name	Elvis Denis Quispe 
Affiliation	Universidad Peruana Union
Country	Peru
Bio Statement	Puno

Anexo B. Datos de laboratorio.

Tesis:	Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca
Ensayo:	Resistencia a compresión Diagonal
Estudiantes:	1. Elvis Denis Quispe Quispe 2. Remin Beltran Flores

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO SIN TARRAJEO											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	6/06/2022	28	60.00	61.00	85.56	14.55	79.99	8156.71	1244.94	6.55	0.64
M - 02	6/06/2022	28	59.50	61.00	85.21	15.05	36.60	3732.16	1282.46	2.91	0.29
M - 03	6/06/2022	28	60.00	59.80	84.71	14.65	70.98	7237.94	1241.02	5.83	0.57
PROMEDIO						X =	5.10	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.93	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	4.17	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=1.5CM)											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	13/06/2022	28	61.00	60.80	86.13	18.40	112.40	11461.61	1584.71	7.23	0.71
M - 02	13/06/2022	28	59.90	61.00	85.49	18.20	107.51	10962.97	1555.97	7.05	0.69
M - 03	13/06/2022	28	61.00	61.00	86.27	18.30	89.98	9175.40	1578.69	5.81	0.57
PROMEDIO						X =	6.70	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.77	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	5.92	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO CON TARRAJEO UN SOLO LADO (E=2.5CM) + REFUERZO UNILATERAL											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	13/06/2022	28	60.90	61.50	86.55	17.65	87.11	8882.75	1527.62	5.81	0.57
M - 02	13/06/2022	28	61.00	62.30	87.19	17.20	84.30	8596.21	1499.69	5.73	0.56
M - 03	13/06/2022	28	60.70	61.40	86.34	17.20	96.59	9849.44	1485.03	6.63	0.65
PROMEDIO						X =	6.06	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.50	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	5.56	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=2.5CM) + REFUERZO BILATERAL											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	16/06/2022	28	60.00	61.60	85.99	19.05	127.40	12991.18	1638.14	7.93	0.78
M - 02	20/06/2022	28	60.03	60.02	84.89	19.05	123.64	12607.77	1617.12	7.80	0.76
M - 03	20/06/2022	28	60.50	60.01	85.21	19.08	131.15	13373.58	1625.89	8.23	0.81
PROMEDIO						X =	7.98	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.22	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	7.76	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO SIN TARRAJEO											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	6/06/2022	28	60.20	60.30	85.21	12.15	32.89	3353.85	1035.26	3.24	0.32
M - 02	6/06/2022	28	60.30	60.50	85.42	12.05	33.65	3431.34	1029.29	3.33	0.33
M - 03	20/06/2022	28	60.09	60.10	84.99	12.10	44.39	4526.52	1028.34	4.40	0.43
PROMEDIO						X =	3.66	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.65	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	3.01	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=1.5CM)											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	13/06/2022	28	60.50	60.20	85.35	15.25	68.50	6985.05	1301.56	5.37	0.53
M - 02	13/06/2022	28	60.10	61.00	85.63	15.45	83.41	8505.45	1323.03	6.43	0.63
M - 03	13/06/2022	28	61.50	61.60	87.04	15.20	73.90	7535.70	1323.08	5.70	0.56
PROMEDIO						X =	5.83	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.54	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	5.29	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO CON TARRAJEO UN SOLO LADO (E=2.5CM) + REFUERZO UNILATERAL											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	13/06/2022	28	60.50	62.50	86.99	14.5	49.23	5020.06	1261.29	3.98	0.39
M - 02	13/06/2022	28	60.50	61.70	86.41	14.2	63.56	6481.31	1227.06	5.28	0.52
M - 03	13/06/2022	28	61.00	60.05	85.60	14.3	79.54	8110.82	1224.05	6.63	0.65
PROMEDIO						X =	5.30	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	1.32	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	3.97	Kg/cm ²			

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=2.5 CM) + REFUERZO BILATERAL											
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	LARGOS (cm)		DIAGONAL (CM)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA P (KN)	CARGA APLICADA P (Kg)	AREA A (cm ²)	RESISTENCIA V'm (kg/cm ²)	RESISTENCIA V'm (Mpa)
			L1	L2							
M - 01	16/06/2022	28	60.5	60.8	85.77	17.2	124.19	12663.85	1475.28	8.58	0.84
M - 02	20/06/2022	28	59.95	60.05	84.85	16.8	138.30	14102.67	1425.53	9.89	0.97
M - 03	20/06/2022	28	60.05	60.06	84.93	16.4	110.07	11224.01	1392.86	8.06	0.79
PROMEDIO						X =	8.85	Kg/cm ²			
DESVIACION ESTANDAR						S =	0.94	Kg/cm ²			
RESISTENCIA CARACTERISTICA						v'm =	7.90	Kg/cm ²			

Tesis: Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca
 Ensayo: Resistencia a compresión Axial
 Estudiantes: 1. Elvis Denis Quispe Quispe
 2. Remin Beltran Flores

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO SIN TARRAJEO									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	19.71	12.03	35.09	4141.40	237.11	17.47	1.71
M - 02	22/06/2022	28	19.98	12.01	35.13	4979.40	239.96	20.75	2.04
M - 03	22/06/2022	28	19.98	11.99	35.14	4566.78	239.56	19.06	1.87
PROMEDIO						X =	19.09	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	1.64	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	17.45	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=1.5CM)									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	19.97	15.45	35.06	6971.60	308.54	22.60	2.22
M - 02	22/06/2022	28	20.05	15.53	35.12	7946.30	311.38	25.52	2.50
M - 03	22/06/2022	28	19.98	15.53	35.07	8447.50	310.29	27.22	2.67
PROMEDIO						X =	25.11	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	2.34	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	22.77	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO CON TARRAJEO UN SOLO LADO (E=2.5CM) + REFUERZO UNILATERAL									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	19.83	14.55	35.17	7087.50	288.53	24.56	2.41
M - 02	22/06/2022	28	20.07	14.46	35.02	6491.70	290.21	22.37	2.19
M - 03	22/06/2022	28	20.33	14.51	35.08	6031.10	294.99	20.45	2.01
PROMEDIO						X =	22.46	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	2.06	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	20.40	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA SEMI MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=2.5 CM) + REFUERZO BILATERAL									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	20.02	17.02	35.05	9869.47	340.74	28.96	2.84
M - 02	22/06/2022	28	19.97	17.05	35.14	12592.10	340.49	36.98	3.63
M - 03	22/06/2022	28	19.88	17.1	35.01	10798.40	339.95	31.76	3.12
PROMEDIO						X =	32.57	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	4.07	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	28.50	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO SIN TARRAJEO									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	24.01	14.87	34.43	4943.30	357.03	13.85	1.36
M - 02	22/06/2022	28	23.95	14.88	34.63	4041.50	356.38	11.34	1.11
M - 03	22/06/2022	28	23.98	14.73	34.45	3952.00	353.23	11.19	1.10
PROMEDIO						X =	12.12	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	1.49	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	10.63	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=1.5CM)									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	24.2	17.7	34.51	7083.80	441.65	16.04	1.57
M - 02	22/06/2022	28	24.06	18.21	34.45	9349.40	438.13	21.34	2.09
M - 03	22/06/2022	28	24.01	18.13	34.41	9116.60	435.30	20.94	2.05
PROMEDIO						X =	19.44	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	2.95	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	16.49	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO CON TARRAJEO UN SOLO LADO (E=2.5CM) + REFUERZO UNILATERAL									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	24.07	17.7	34.17	5983.10	426.04	14.04	1.38
M - 02	22/06/2022	28	23.98	17.65	34.13	6991.00	423.25	16.52	1.62
M - 03	22/06/2022	28	23.97	17.83	34.21	5064.50	427.39	11.85	1.16
PROMEDIO						X =	14.14	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	2.34	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	11.80	Kg/cm2	

LADRILLO PANDERETA MECANIZADO CON TARRAJEO AMBOS LADOS (E=2.5CM) + REFUERZO BILATERAL									
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE DÍAS	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA f'm = kg/cm²	ESFUERZO DE ROTURA f'm = Mpa
			L	t	H				
M - 01	22/06/2022	28	24.05	20.21	34.53	9844.80	486.05	20.25	1.99
M - 02	22/06/2022	28	24.01	20.18	34.45	12871.60	484.52	26.57	2.61
M - 03	22/06/2022	28	24.02	20.06	34.52	10358.74	481.84	21.50	2.11
PROMEDIO						X =	22.77	Kg/cm2	
DESVIACION ESTANDAR						S =	3.34	Kg/cm2	
RESISTENCIA CARACTERISTICA						f'm =	19.43	Kg/cm2	

Tesis:	Análisis del comportamiento estructural en muros pandereta reforzados con malla de acero en la ciudad de Juliaca
Ensayo:	Resistencia de unidades de albañilería
Estudiantes:	1. Elvis Denis Quispe Quispe 2. Remin Beltran Flores

LADRILLO SEMI MECANIZADO (10 X 12 X 20cm; Con perforaciones tubulares)								
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA
		L	t	H				
M - 01	22/06/2022	19.7	12.05	10.10	5435.20	237.39	22.90	2.25
M - 02	22/06/2022	19.8	11.93	10.05	4702.20	236.21	19.91	1.95
M - 03	22/06/2022	19.95	11.82	10.05	4180.70	235.81	17.73	1.74
M - 04	22/06/2022	20.1	12	10.10	4696.00	241.20	19.47	1.91
M - 05	22/06/2022	20.27	12.28	9.90	4752.30	248.92	19.09	1.87

X = 19.82 Kg/cm²
S = 1.90 Kg/cm²
f'b = 17.92 Kg/cm²

LADRILLO MECANIZADO (9.5 X 15 X 24cm; Con perforaciones tubulares)								
MUESTRA Nº	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (CM)			CARGA P (Kg)	AREA (CM2)	ESFUERZO DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA
		L	t	H				
M - 01	22/06/2022	24.2	15.02	9.40	5895.90	363.48	16.22	1.59
M - 02	22/06/2022	23.82	14.8	9.53	5435.20	352.54	15.42	1.51
M - 03	22/06/2022	24	15.25	10.80	5558.10	366.00	15.19	1.49
M - 04	22/06/2022	24.05	15.33	10.08	4103.80	368.69	11.13	1.09
M - 05	22/06/2022	24.15	14.5	10.08	5105.24	350.18	14.58	1.43

X = 14.51 Kg/cm²
S = 1.98 Kg/cm²
f'b = 12.53 Kg/cm²