

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN
MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE
ARCILLA BLOCKER II – ESPÉCIMEN “MBATR-6””**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

Bach. En Ing. Civil CORMILLUNI AGUILAR, CÉSAR AUGUSTO
Bach. En Ing. Civil QUIÑONEZ GALLEGOS, EDGARD HERNAN

TACNA – PERÚ
2018

PÁGINA DE JURADO

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS DE INVESTIGACIÓN

**“PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MURO
DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA
BLOCKER II – ESPÉCIMEN “MBATR-6””**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de Setiembre del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

MTRO. CHAPARRO QUISPE, EDGAR HIPOLITO.**SECRETARIO:**

ING. CRUZ ESPINOZA, CÉSAR JULIO.**VOCAL :**

MTRO. AVENDAÑO JIHUALLANGA, CÉSAR JOSÉ.**ASESOR :**

MTRO. COTRADO FLORES, DINA MARLENE.**TACNA – PERÚ****2018**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo **Edgard Hernán Quiñonez Gallegos** en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **43152326**.

Yo **César Augusto Cormilluni Aguilar** en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **45791412**.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

“PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II – ESPÉCIMEN “MBATR-6””, el mismo que se presenta para optar: EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la investigación presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello

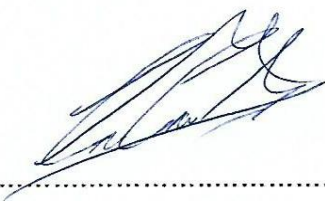
en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 28 de Setiembre 2018



.....
BACH. QUIÑONEZ GALLEGOS, EDGARD HERNÁN
DNI 43152326



.....
BACH. CORMILLUNI AGUILAR, CÉSAR AUGUSTO
DNI 45791412

DEDICATORIA

A Dios por darnos la vida y permitirnos lograr nuestros sueños.

A nuestra asesora de tesis, Ingeniera Dina Cotrado Flores por darnos la oportunidad de formar parte de este proyecto, brindándonos su incondicional apoyo.

A la Universidad Privada de Tacna y a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos adquiridos, y los valores que nos ayudan en la vida profesional.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera con su apoyo han hecho posible el desarrollo y culminación de nuestra tesis de investigación.

QUIÑONEZ GALLEGOS, Edgard Hernán

CORMILLUNI AGUILAR, César Augusto

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES, quienes en todo momento se esforzaron para verme cumplir mis metas, A MIS HERMANOS, A MI ESPOSA Y A NUESTRO HIJO Edrick G. Quiñonez Luna, por todo su constante apoyo.

QUIÑONEZ GALLEGOS, Edgard Hernán

A DIOS por permitirme llegar a este momento tan especial. A MIS PADRES, HERMANOS Y SOBRINOS, por enseñarme a valorar la vida, por su constante aliento y apoyo. A UNA PERSONA ESPECIAL, por acompañarme y sus palabras de aliento.

CORMILLUNI AGUILAR, César Augusto

PÁGINA DE CONTENIDO

INDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO	II
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	III
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
PÁGINA DE CONTENIDO	VII
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLA	XI
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	XI
INDICE DE ANEXOS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5 HIPÓTESIS	7
CAPÍTULO II	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	9
2.1.1 ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II	9

2.1.2	ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE MURO CON REFORZAMIENTO Y SU COMPARACIÓN CON MUROS SIN REFORZAMIENTO A ESCALA NATURAL - ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II.....	19
2.2	BASES TEÓRICAS.....	22
2.2.1	Tipos de Albañilería y Especificaciones Reglamentarias.	22
2.2.2	Falla en Muros de Albañilería Confinada	26
2.2.3	Especificaciones Reglamentarias.....	26
2.3	DEFINICIÓN DE TERMINOS.....	29
	CAPÍTULO III	32
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.2	POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO	32
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	33
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..	34
3.4.1	PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO DE ALBAÑILERÍA ESPÉCIMEN “MBTAR – 06” REFORZADO	34
3.5	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	42
3.5.1	ENSAYO DE CARGA CÍCLICA PARA EL MURO CON REFORZAMIENTO	43
	CAPÍTULO IV	49
4.	RESULTADOS	49
	CAPÍTULO V	58
5.	DISCUSIÓN.....	58
	CONCLUSIONES.....	67
	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	70
6.	ANEXO	74

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1-1. Vivienda con Unidad de Arcilla “Blocker II” en Tacna.	4
Fig. 1-2. Limitaciones en el Uso de la Unidad de Albañilería.	5
Fig. 2-1. Espécimen Básico. Unidades: m.	9
Fig. 2-2. Curva Histerética del Espécimen MBAT-4.	10
Fig. 2-3. Curva de Capacidad del Espécimen MBAT- 4.	11
Fig. 2-4. Curva Histerética del Espécimen MBAT- 5.	12
Fig. 2-5. Curva de Capacidad del Espécimen MBAT-5.	12
Fig. 2-6. Curva Histerética del Espécimen MBAT-6.	13
Fig. 2-7. Curva de Capacidad del Espécimen MBAT-6.	14
Fig. 2-8. Comparación de las Curvas Histeréticas de los Especímenes Ensayados.	15
Fig. 2-9. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.	16
Fig. 2-10. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación (repetición) de la Distorsión Objetivo.	17
Fig. 2-11. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.	18
Fig. 2-12. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación de la Distorsión Objetivo. ...	18
Fig. 2-13. Espécimen Básico. Unidades: m.	19
Fig. 2-14. Curva Histerética del Espécimen MBATR-3.	20
Fig. 2-15. Curva de Capacidad del Espécimen MBATR-3.	21
Fig. 2-16. Sección Transversal de un Muro Laminar.	24
Fig. 2-17. Posibles Modos de Falla en un Muro de Mampostería.	26
Fig. 2-18. Clase de Unidad de Albañilería	27
Fig. 2-19. Limitaciones en el Uso de Unidades de Albañilería.	27
Fig. 2-20. Zonas Sísmicas en el Perú.	28
Fig. 3-1. Ladrillos Maxx.	32
Fig. 3-2. Dimensiones del Muro.	35
Fig. 3-3. Distribución de los Bastones de Acero.	36
Fig. 3-4. Separación Horizontal de 15.00cm.	37
Fig. 3-5. Separación Vertical de 15.00cm.	37
Fig. 3-6. Atortolado de la Malla de Acero con Alambre N°16.	37
Fig. 3-7. Perforaciones en la Viga para los Bastones Guía.	38

Fig. 3-8. Preparación de la Mezcla Adhesivo Epóxico.	39
Fig. 3-9. Colocar la Mezclar en las Perforaciones.....	39
Fig. 3-10. Colocación de Bastones Guías.....	39
Fig. 3-11. Amarre de la Malla de Acero con Bastones Guías.....	40
Fig. 3-12. Colocación de ganchos de Sujeción.....	40
Fig. 3-13. Malla de Acero de 6mm Instalada en el Muro.....	40
Fig. 3-14. Colocación del Mortero para el Revestimiento del Muro.....	41
Fig. 3-15. Trabajo de Revestimiento y Tarrajeo.....	41
Fig. 3-16. Muro Reforzado Culminado.....	42
Fig. 3-17. Vista en Planta del Aparato de Carga.....	44
Fig. 3-18. Esquema de la Configuración del Ensayo Cíclico (vista elevación).	45
Fig. 3-19. Sistema de Adquisición de Datos.	46
Fig. 3-20. Protocolo de Desplazamiento Objetivo.	46
Fig. 3-21. Espécimen Reforzado. Unidades: m.....	47
Fig. 4-1. Curva Histerética del Espécimen MBATR-6.	49
Fig. 4-2. Curva de Capacidad del Espécimen MBATR-6.	50
Fig. 4-3. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.....	51
Fig. 4-4. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación (repetición) de la Distorsión Objetivo.	52
Fig. 4-5. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.	53
Fig. 4-6. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación de la Distorsión Objetivo. ...	53
Fig. 4-7. Comparación del Factor de Amortiguamiento de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.	54
Fig. 4-8. Comparación del Factor de Amortiguamiento de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación (repetición) de la Distorsión Objetivo.	54
Fig. 4-9. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Originales y el Espécimen Reparado.....	55
Fig. 4-10. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Originales y el Espécimen Reparado.....	56
Fig. 5-1. Reforzado de Muro: Técnica Cosido de Grietas.	58
Fig. 5-2. Reforzado de Muro: Técnica Rejuntados.....	59
Fig. 5-3. Cruceta con Fibra, Cruceta con Malla, Cubierta total con Malla.....	59
Fig. 5-4. Panel de Malla Instalada	60

Fig. 5-5. Mallas de Refuerzo (izq.) y Malla de Refuerzo Colocada en el Muro	61
Fig. 5-6. Límite entre el Sismo Moderado y el Severo	62
Fig. 5-7. Límite de Distorsión es Menor al Valor Permissible por la NTE E.030.....	63
Fig. 5-8. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Originales y el Especímen Reparado.....	63
Fig. 5-9. Límite Máxima de Distorsión en el Especímen MBATR-3 y MBATR-6.....	65

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Organización de Variable.....	33
Tabla 2. Distorsiones Objetivo para el Control de Desplazamiento por Ciclo.....	47

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto. 6-1. Ingreso al Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).....	87
Foto. 6-2. Especímen MBATR-6 Preparado para Empezar con el Ensayo.	87
Foto. 6-3 Personal de Laboratorio de CISMID Realizando el Ensayo del Especímen MBATR-6.....	87

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Mapa Sísmico del Perú	74
Anexo 2 Matriz de Consistencia I.....	75
Anexo 3 Matriz de Consistencia II.....	76
Anexo 4 Especímen MBAT-6	77
Anexo 5 Comportamiento Sísmico del Muro MBATR-6.....	78
Anexo 6 Panel Fotográfico.....	87
Anexo 7 Informe: “ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO REPARADO A ESCALA NATURAL” (CISMID).....	88

RESUMEN

PROBLEMA. –

La ciudad de Tacna se encuentra ubicada en una zona de alto riesgo sísmico y la mayor parte de las construcciones son informales lo que incrementa la vulnerabilidad sísmica. Las construcciones en edificaciones (viviendas y edificios) están construidas en su mayoría con unidad de arcilla hueca de albañilería denominado “Blocker II” (con más de 30% de espacio vacío en sus caras de asiento). La Norma E.070 prohíbe su uso en muros portantes, sin embargo, por razones económicas y de rendimiento, estos ladrillos son muy empleados en nuestra ciudad.

OBJETIVO. –

La presente tesis de investigación denominada “PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II – ESPÉCIMEN “MBATR-6””, tiene por objetivo general proponer una técnica de reforzamiento estructural mediante la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm, atortolada en cada punto de intersección y cubierto con mortero de 3cm de espesor, con la finalidad de mejorar el comportamiento sísmico de este tipo de muros y someterlo a ensayo de carga lateral cíclica en las mismas condiciones que un muro no reforzado. Asimismo, se comparará los resultados con un muro sin reforzamiento y otro muro reforzado con malla electrosoldada de 6mm y cubierto de mortero de 3cm de espesor.

METODOLOGÍA. –

Consiste en realizar un ensayo estático cíclico a escala natural de un muro de albañilería que se llevó hasta una distorsión de 1/550 (reparabilidad), que es reforzado con malla de acero corrugado de 6mm atortolada en cada punto de intersección. El ensayo estático cíclico se realizó en el laboratorio de Estructuras del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Para la realización del ensayo se empleó un pórtico de acero que rodea al espécimen a manera de pórtico de reacción. De unos de los extremos del muro se coloca las gatas hidráulicas, un sistema de aplicación de carga horizontal, un sistema de medición conformado por celdas de carga y transductores LVDTs,

CONCLUSIONES. –

Esta tesis de investigación propone la técnica de reforzamiento que consiste en la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm, atortolada en cada punto de intersección, en una sola cara del muro, ya que a nivel nacional la técnica más empleada en el reforzamiento de muros de albañilería es la incorporación de malla electrosoldada y mortero. Sin embargo, la mallas electrosoldada no es un material muy comercial en la ciudad de Tacna.

De los resultados se determinó que la carga máxima es de 263.5 kN (26.87 Tnf), que sucede a un nivel de distorsión de 0.003 (1/300). Y para un nivel de distorsión de 0.005 (límite de distorsión de acuerdo a la NTE) se obtiene una carga promedio de 261 kN (26.61 Tnf), que representa el 99% de la carga máxima, por lo que presenta un comportamiento no aceptable en concordancia con la NTE E.030.

Según la Norma NTE E.070, El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “Sismo Severo” se fija en un valor de 0.005 (1/200), con la finalidad de permitir que el muro sea reparable después del evento sísmico. De las curvas de capacidad del espécimen MBATR-6, se puede observar que la carga máxima alcanza un valor promedio de 263.5 kN, que sucede a un nivel de distorsión de 0.003, este valor es menor al límite permisible de la NTE E.070 y NTE E.030. En tal sentido, nuestra propuesta de reforzamiento solo está orientado a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos moderados o frecuentes.

PALABRA CLAVES: Blocker II, Construcción Informal, Reforzamiento Estructural, Vulnerabilidad.

ABSTRACT

PROBLEM. –

The present research thesis entitled "PROPOSAL FOR STRUCTURAL REINFORCEMENT OF A WALL OF BUILT-IN MASONRY WITH UNIT OF ARCILLA BLOCKER II - SPECIMEN" MBATR-6 "", has for general objective to propose a technique of structural reinforcement by means of the incorporation of a steel mesh 6mm corrugated, stuck at each point of intersection and covered with a 3cm thick mortar, in order to improve the seismic behavior of this type of walls and subject it to a cyclic lateral load test in the same conditions as a non-reinforced wall. Likewise, the results will be carried out with a wall without reinforcement and another wall reinforced with 6mm electrowelded mesh and covered with a 3cm thick mortar.

OBJECTIVE. –

The present research thesis entitled "PROPOSAL FOR STRUCTURAL REINFORCEMENT OF A WALL OF BUILT-IN MASONRY WITH UNIT OF ARCILLA BLOCKER II – SPECIMEN "MBATR-6"", has for general objective to propose a technique of structural reinforcement by means of the incorporation of a steel mesh corrugated of 6mm, moored in each point of intersection and covered with mortar of 3cm of thickness, with the purpose of improving the seismic behavior of this type of walls and to put it to test of cyclical lateral load in the same conditions as a non-reinforced wall . Likewise, the results will be carried out with a wall without reinforcement and another wall reinforced with 6mm electrowelded mesh and covered with a 3cm thick mortar.

METHODOLOGY. –

It consists of performing a natural scale cyclic static test of a masonry wall that was carried to a distortion of 1/550 (reparability), which is reinforced with 6mm corrugated steel mesh at each intersection point. The static cyclic test was carried out in the Structures laboratory of the CISMID of the National University of Engineering.

For the realization of the test a steel portico was used that surrounds the specimen as a reaction portico. From one end of the wall is placed the hydraulic

jacks, a horizontal load application system, a measurement system made up of load cells and LVDTs transducers,

CONCLUSIONS -

This research thesis proposes the technique of reinforcement consisting of the incorporation of a 6mm corrugated steel mesh, stuck at each intersection point, on one side of the wall, since at a national level the most used technique in the reinforcement of masonry walls is the incorporation of electrowelded mesh and mortar. However, the welded mesh is not a very commercial material in the city of Tacna.

From the results it was determined that the maximum load is 263.5 kN (26.87 Tnf), which happens at a distortion level of 0.003 (1/300). And for a distortion level of 0.005 (distortion limit according to the NTE) an average load of 261 kN (26.61 Tnf) is obtained, which represents 99% of the maximum load, so it presents an unacceptable behavior in concordance with NTE E.030.

According to Standard NTE E.070, the maximum limit of the angular distortion before the action of the "Severe Earthquake" is set at a value of 0.005 (1/200), in order to allow the wall to be repaired after the seismic event . From the capacity curves of the MBATR-6 specimen, it can be seen that the maximum load reaches an average value of 263.5 kN, which happens at a distortion level of 0.003, this value is lower than the permissible limit of the NTE E.070 and NTE E.030. In this regard, our proposal for reinforcement is only aimed at protecting the structure against damage to moderate or frequent seismic events.

KEY WORD: Blocker II, Informal Construction, Structural Reinforcement, Vulnerability.

INTRODUCCIÓN

Tacna es uno de los departamentos ubicados en una zona de alta y frecuente actividad sísmica. La mayor parte de las viviendas de la ciudad de Tacna, están construidas con la unidad de albañilería Blocker II, el cual es fabricado en la ciudad de Tacna. Esta unidad de albañilería, se viene empleando debido a que se ha convertido en una alternativa económica y sencilla de aplicar para las construcciones informales, sin embargo, en estudios anteriores se han demostrado experimentalmente que tienen un inadecuado comportamiento sísmico.

En el año 2016, los ingenieros José Acero y Dina Cotrado presentaron el proyecto de investigación “Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II”. Del estudio realizado se propuso como líneas futuras de investigación los ensayos a carga lateral cíclica en muros construidos con Blocker II y propuestas de reforzamiento estructural. Posteriormente a propuesta de la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, un grupo de docentes y bachilleres realizaron en el año 2016 y 2017 ensayos de Carga cíclica de 6 muros a escala natural.

En ese sentido, continuando con las líneas de investigación de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, hemos desarrollado el proyecto titulado “PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II – ESPÉCIMEN “MBATR-6””.

Nuestra propuesta de investigación, comprende el reforzamiento estructural del espécimen MBAT- 6, al cual se le ha incorporado una malla de acero corrugado de 6mm, atortolada en cada punto de intersección y cubierto con mortero de 3cm de espesor, denominado espécimen MBATR – 6. El ensayo se ha realizado en el laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Mediante la realización de este trabajo, y a través de nuestra propuesta de reforzamiento estructural, pretendemos contribuir con información que permita reducir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales construidas con Blocker II de la ciudad de Tacna.

La tesis de investigaciones está estructurada en 05 capítulos.

El capítulo I planteamiento del problema, está referido a la descripción del problema, formulación del problema, la justificación y los objetivos. Asimismo, se da a conocer las hipótesis del trabajo de investigación.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, antecedentes, bases teóricas y definiciones.

En el capítulo III, se menciona al marco metodológico, tipo y diseño de investigación, población y/o muestra de estudio, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, y terminamos con el procesamiento y análisis de datos.

El capítulo IV, referido a los resultados de la investigación a partir del trabajo de laboratorio.

El capítulo V, está referido a conocer la discusión del trabajo de investigación.

El trabajo de investigación termina con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Los Autores

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La gran mayoría los muros portantes de las edificaciones de la ciudad de Tacna, están contruidos con la unidad de arcilla Blocker II. Estas unidades presentan más del 30% de espacio vacío o huecos, por lo que se clasifican como unidades huecas. Al respecto, la Norma E.070 en la tabla 02 prohíbe su uso en muros portantes ubicados en zonas altamente sísmicas como es el caso de la ciudad de Tacna. Por otro lado, el fabricante indica que el uso de este tipo de unidades es para cercos perimétricos, recintos amurallados y muros livianos.

Debido a esto es necesario tener conocimiento de las características mecánicas de las unidades de albañilería Blocker II y su comportamiento sísmico estructural en la ciudad de Tacna, así como tener un control de calidad y ensayos para corroborar lo estipulado en la norma peruana.

Por tal motivo se presenta esta tesis de nombre: “PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II – ESPÉCIMEN “MBATR-6””. Para estudiar el comportamiento sísmico del muro de albañilería reforzado, con la finalidad de dar una alternativa de reforzamiento a los muros portantes contruidos con este tipo de unidad de arcilla “Blocker II” y a su vez incrementar la rigidez y resistencia.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En base a lo mencionado anteriormente se ha planteado como problema general y específico lo siguiente:

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Qué técnica de reforzamiento estructural se puede proponer para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II?

1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICOS

- ¿Cuál es el comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor?
- ¿Cuál es el incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga?
- ¿Cuál es la comparación del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los resultados obtenidos de la presente tesis servirán como información para mitigar posibles daños estructurales en muros construidos con unidades huecas Blocker II en la ciudad de Tacna, por lo tanto, este estudio se justifica por las siguientes razones:

Aspecto Informal: Estudios anteriores indican que el 80% de viviendas de albañilería de la ciudad de Tacna pueden colapsar, debido a que éstas fueron construidas con unidades de albañilería no aptas para el uso de muros portantes como son el caso del “Blocker II”, “Bloquer I” y Bloqueta Artesanal. Los usos de Estas unidades están limitados básicamente a la construcción de cercos perimétricos y muros de tabiquería respectivamente, sin embargo, la población Tacneña lo emplea para la construcción de muros portantes, es decir muros que transmiten cargas horizontales y verticales de un nivel a otro. (PACO PACCO & LEONEL LABRA, 2017)

Actualmente, se observa el uso masivo de la unidad de arcilla “Blocker II” en las construcciones de viviendas y otros tipos de edificaciones, en ese sentido es necesario realizar estudios y propuestas que ayuden a mejorar su rigidez y resistencia ante eventos sísmicos.



Fig. 1-1 Vivienda con Unidad de Arcilla “Blocker II” en Tacna.

La gran mayoría de edificaciones en la ciudad de Tacna están construidas con la unidad de arcilla “Blocker II”.

Aspecto Normativo: se justifica, porque según el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES en la NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA, capítulo 3: Componentes de la Albañilería, artículo: 5.3 Limitaciones en su Aplicación: El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2, es decir no hacer uso en muro portante en edificios de 4 pisos a más y el muro portante en edificios de 1 a 3 piso en las zonas sísmicas 2 y 3. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente. (RNE, 2006, pág. 14).

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fig. 1-2 Limitaciones en el Uso de la Unidad de Albañilería.

De la tabla 2, indica que los muros portantes en edificaciones de un (01) piso a mas, no debe usarse la unidad de arcilla tipo hueca “Blocker II”.

Fuente: NTE E070.

Conveniencia: La presente investigación es conveniente para la comunidad académica e investigativa, para incentivar a que se realicen futuros estudios en muros de albañilería reforzados con unidades de arcilla predominantes en la ciudad de Tacna, y de esta manera mejorar así su rigidez y resistencia.

Valor Teórico: El valor Teórico de la investigación da un aporte en los estudios de albañilería estructural, al contar con ensayos se ofrece mejorar el comportamiento sísmico y reducir la vulnerabilidad de las edificaciones construidas con muros portantes con unidad de arcilla hueca de albañilería denominado “Blocker II” (con más de 30% de espacio vacío en sus caras de asiento).

1.4 OBJETIVOS

El objetivo de la tesis de investigación es:

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.
- Determinar el incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga.
- Realizar una comparación del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor.

1.5 HIPÓTESIS

Formulación de la hipótesis

Como hipótesis General se ha planteado:

Se puede proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II, mediante la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.

Hipótesis específica 1

El comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor presenta un comportamiento aceptable en concordancia con la NTE E.030.

Hipótesis específica 2

El incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga mejora notablemente incrementando su capacidad en un 40%.

Hipótesis específica 3

De la comparación de los resultados del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor, la capacidad es similar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En el año 2016, los ingenieros Acero y Cotrado presentaron el proyecto de investigación “Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con blocker II”. Del estudio realizado se propuso como líneas futuras de investigación, propuestas de reforzamiento en muros de albañilería construidas con unidades huecas como son el blocker II, blocker I, etc. con la finalidad de mitigar los daños ante posibles eventos sísmico.

El presente estudio forma parte de este proyecto, por lo cual nos anteceden las siguientes investigaciones:

2.1.1 ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II. (D. Cotrado; J. Acero; G. Medina; S. Siña; Y. Atencio; Y. Medina; W. Paco; J. Leonel; A. Chambilla; - CISMID, 2017)

a) Espécimen

El espécimen consiste en un muro de albañilería con unidades tipo blocker II. El espécimen es un muro de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.13 m de espesor. La base del muro reducido es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.45 m de altura. Ver Fig. 2-1.

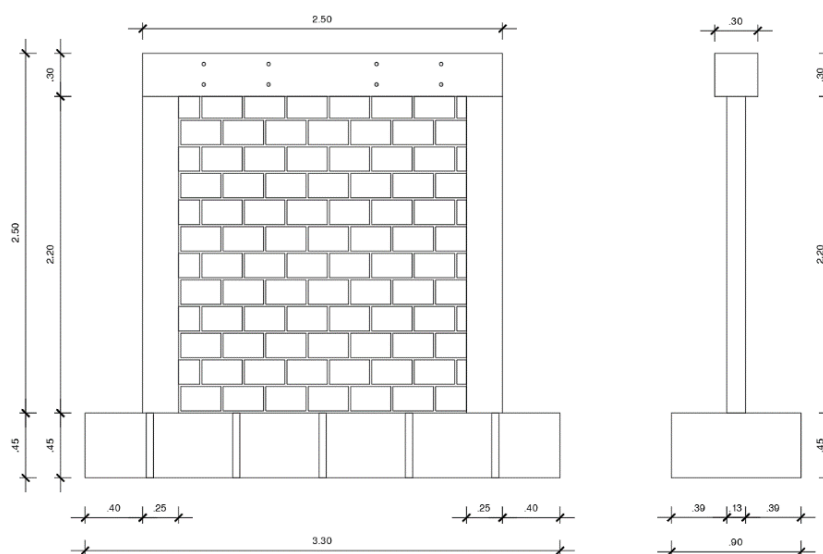


Fig. 2-1. Espécimen Básico. Unidades: m.

b) Resultados de los Ensayos

Conforme al protocolo de desplazamiento, se llevó a cabo el ensayo estático cíclico. La Figura 2-2, Figura 2-4 y Figura 2-6 muestran la relación entre el desplazamiento y la carga aplicada, mediante la curva de histéresis, de los especímenes MBAT-4, MBAT-5 y MBAT-6, respectivamente.

Los especímenes MBAT-4 y MBAT-5 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada). Mientras, que el espécimen MBAT-6, se llevó hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.

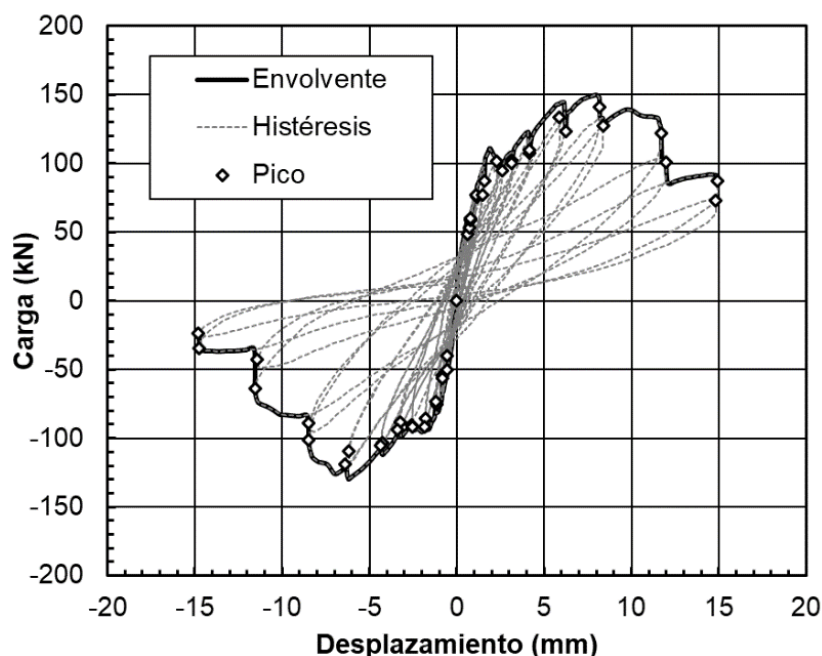


Fig. 2-2 Curva Histerética del Especimen MBAT-4.

La **Figura 2-3** muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-4, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

Fig. 2-3. Curva de Capacidad del Espécimen MBAT- 4.

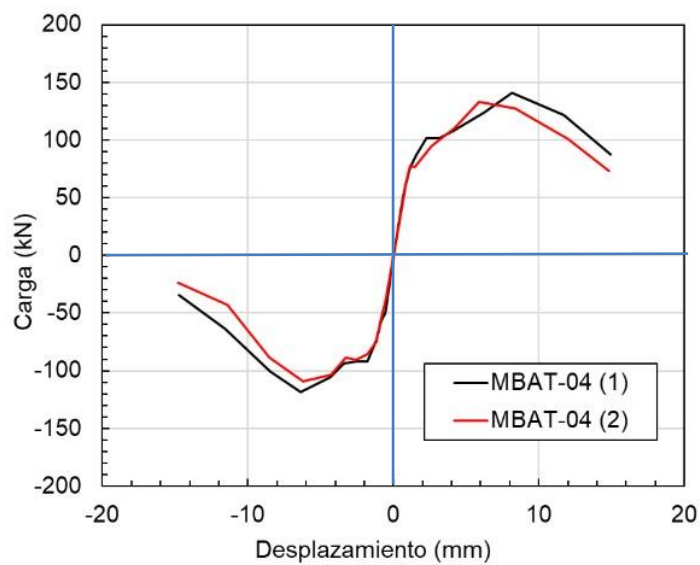


Fig. 2-3 (a) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

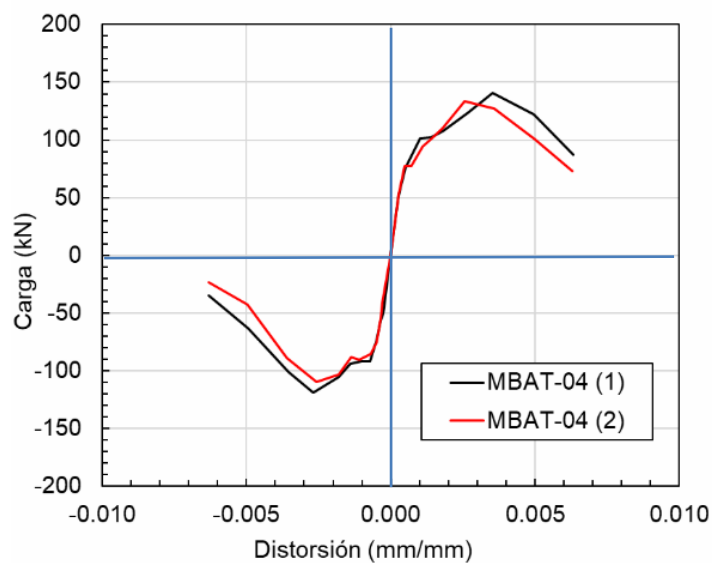


Fig. 2-3 (b) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

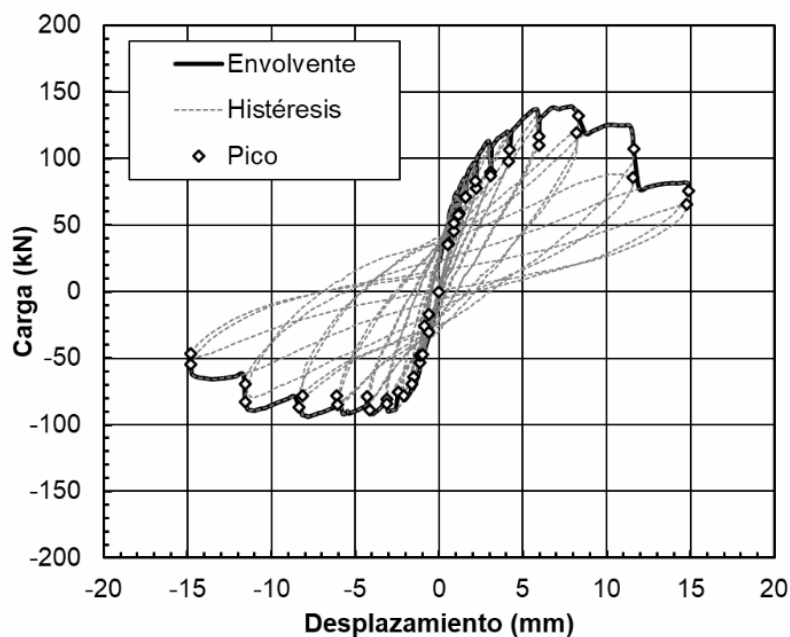


Fig. 2-4 Curva Histerética del Espécimen MBAT- 5.

La Figura 2-5 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-5, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

Fig. 2-5. Curva de Capacidad del Espécimen MBAT-5.

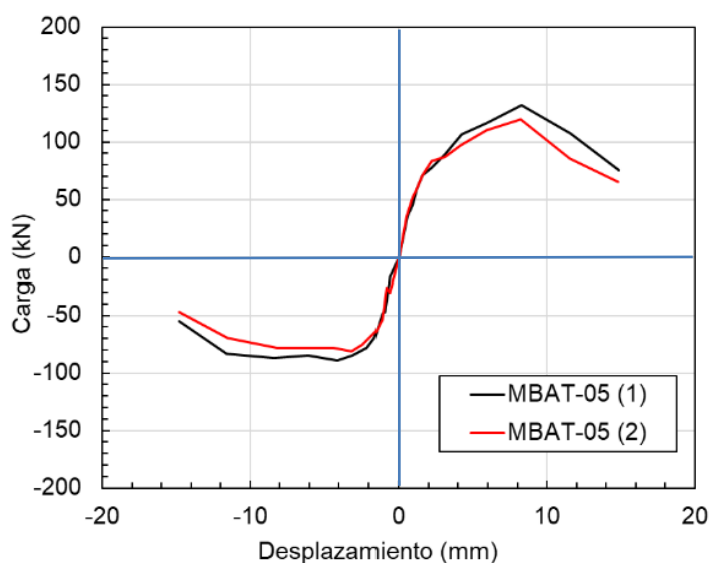


Fig. 2-5 (a) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

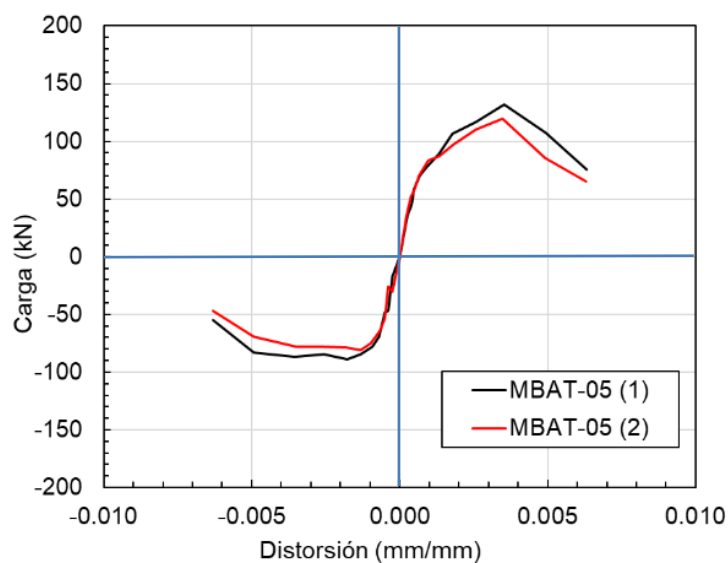


Fig. 2-5 (b) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

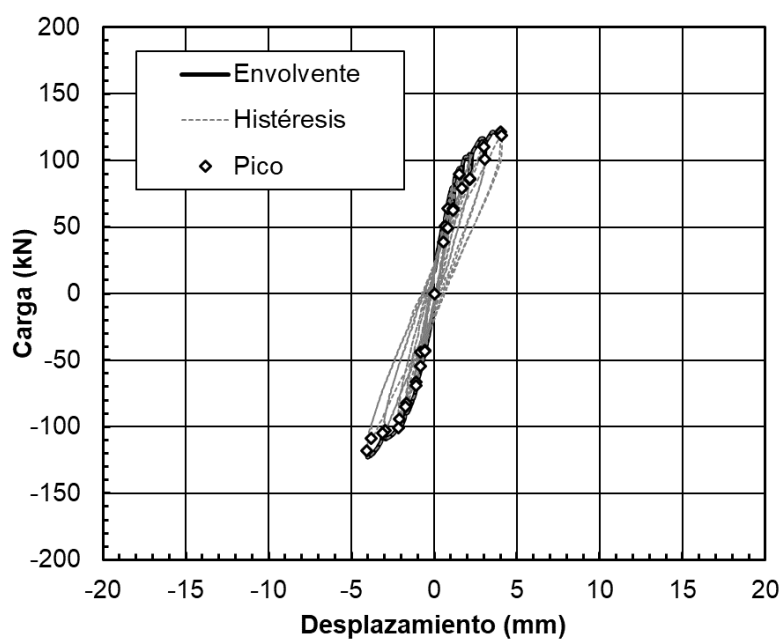


Fig. 2-6. Curva Histerética del Espécimen MBAT-6.

La Figura 2-7 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-6, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro hasta el nivel de reparabilidad. En esta figura, se

muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

Fig. 2-7. Curva de Capacidad del Espécimen MBAT-6.

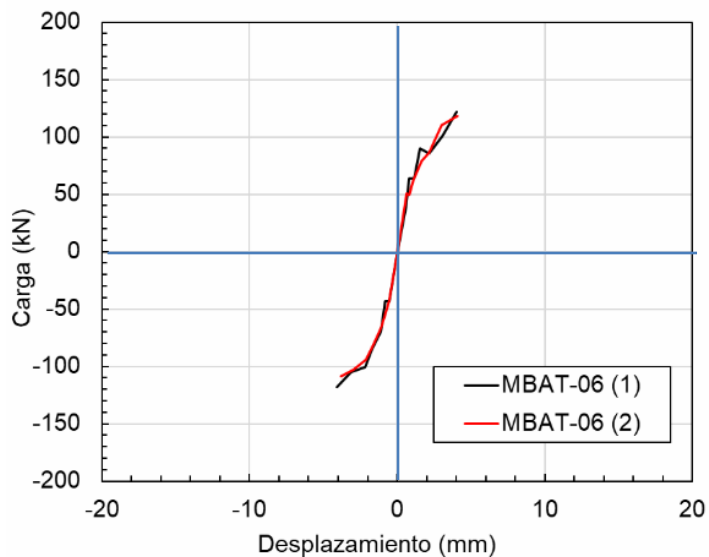


Fig. 2-7 (a) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

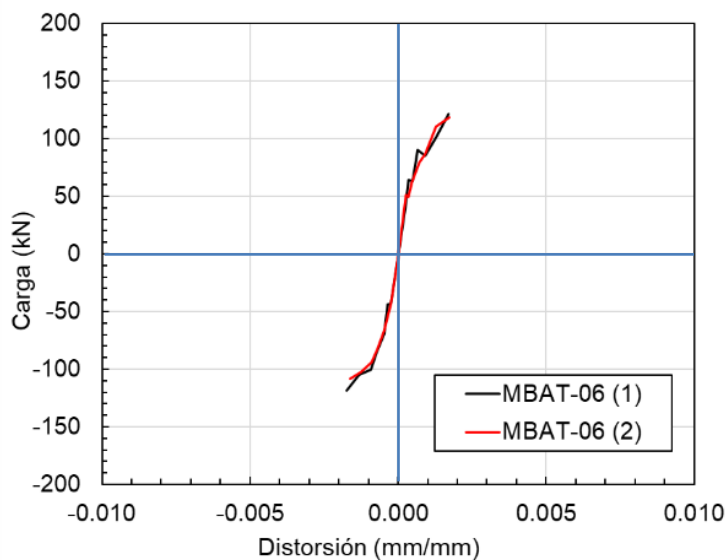


Fig. 2-7 (b) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

La Figura 2-8 muestra la comparación de las curvas histeréticas de los tres especímenes ensayados.

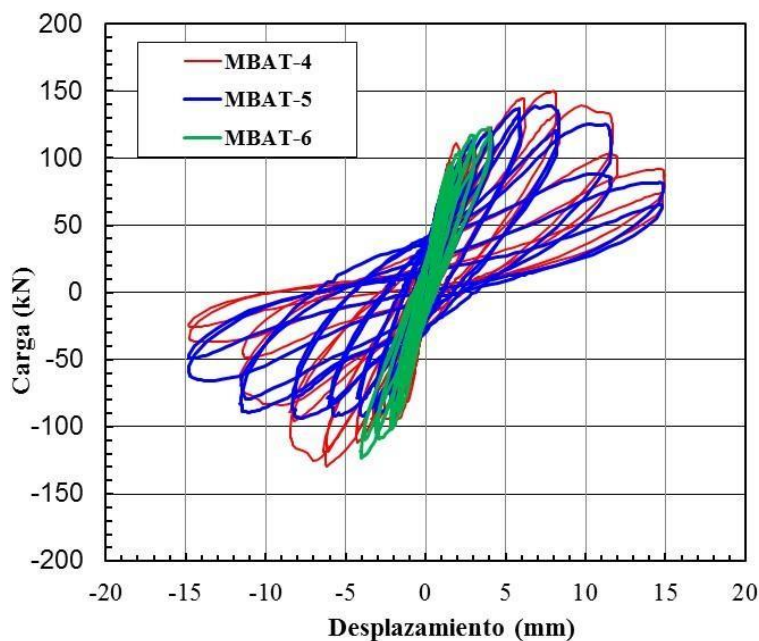


Fig. 2-8. Comparación de las Curvas Histeréticas de los Especímenes Ensayados.

La Figura 2-9 y Figura 2-10 muestran la comparación de la curva de capacidad se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento, respectivamente; en términos de desplazamiento y distorsión. En estas figuras se indican el límite de distorsión, 0.005, establecida en la N.T.E.-E.030-2016.

Se observa que la carga máxima se alcanza a una distorsión de 0.003, menor al límite señalado anteriormente.

Fig. 2-9. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.

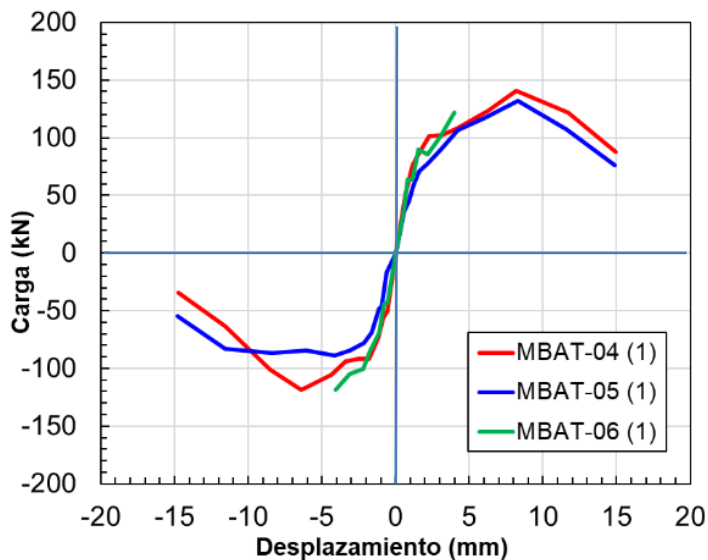


Fig. 2-9 (a) Comparación de la Cuerva Envlovente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

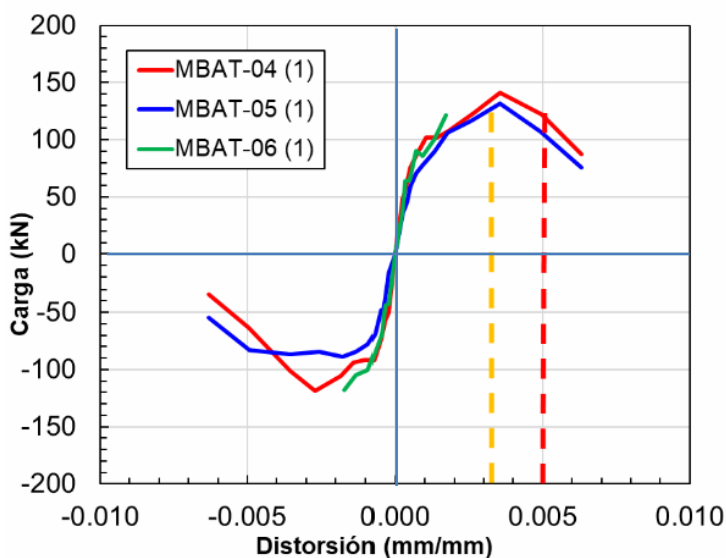


Fig. 2-9 (b) Comparación de la Cuerva Envlovente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

Fig. 2-10. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación (repetición) de la Distorsión Objetivo.

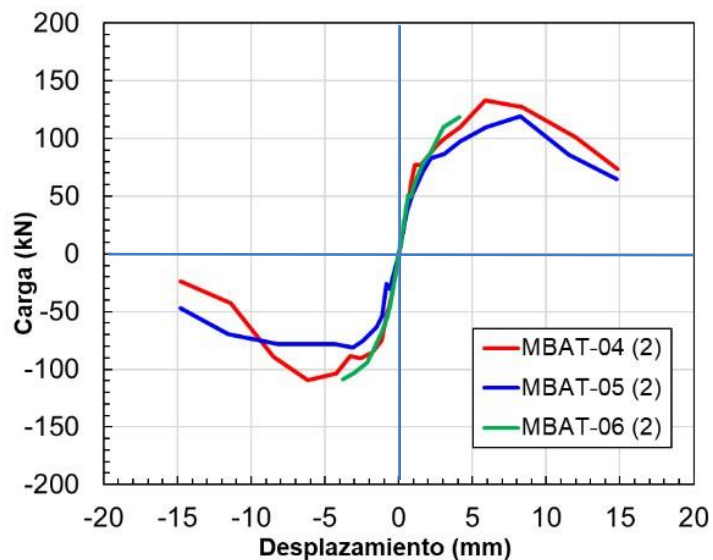


Fig. 2-10 (a) Comparación de la Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

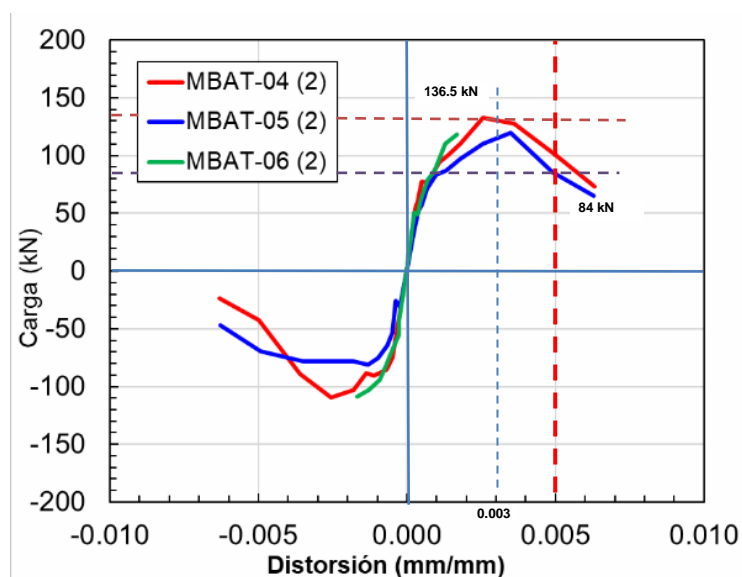


Fig. 2-10 (b) Comparación de la Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

La Figura 2-11 y Figura 2-12 muestran la relación de la rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

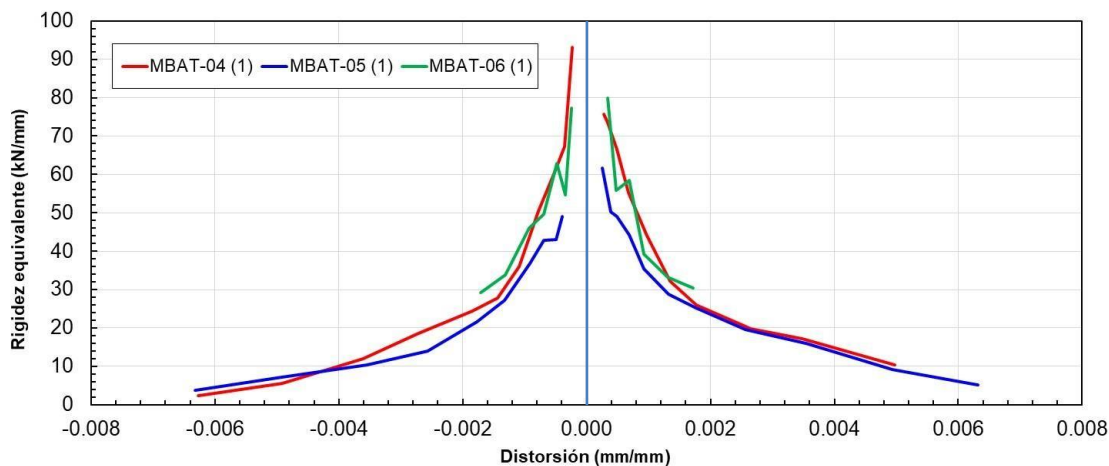


Fig. 2-11. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.

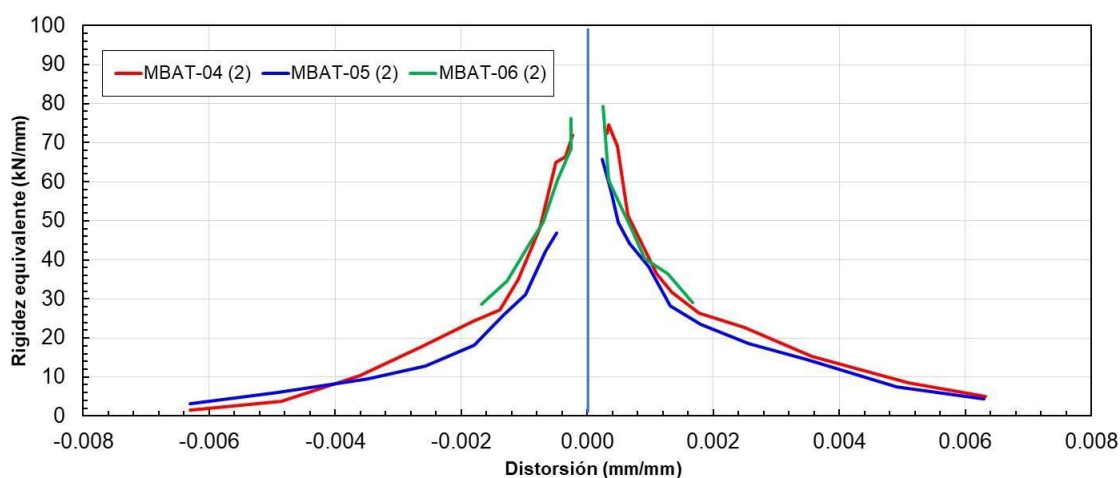


Fig. 2-12. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación de la Distorsión Objetivo.

c) Conclusiones

De los tres especímenes ensayados se concluye lo siguiente:

- Los especímenes MBAT-4 y MBAT-5 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).

- El espécimen MBAT-6, se llevó hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.
- La carga máxima promedio es de 136.5 kN (esfuerzo promedio de 0.42 MPa), que sucede a un nivel de distorsión de 0.0033 (1/300), aproximadamente.
- Para un nivel de distorsión de 0.005 (límite de distorsión de acuerdo a la NTE E030-2016) se obtiene una carga promedio de 84 kN (0.26 MPa), que representa el 62% de la carga máxima.

2.1.2 ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE MURO CON REFORZAMIENTO Y SU COMPARACIÓN CON MUROS SIN REFORZAMIENTO A ESCALA NATURAL - ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II. (D. Cotrado; J. Acero; D. Romero; C. Vasquez; CISMID., 2017)

a) Especímen

El espécimen consiste en un muro de albañilería con unidades tipo “Blocker II”.

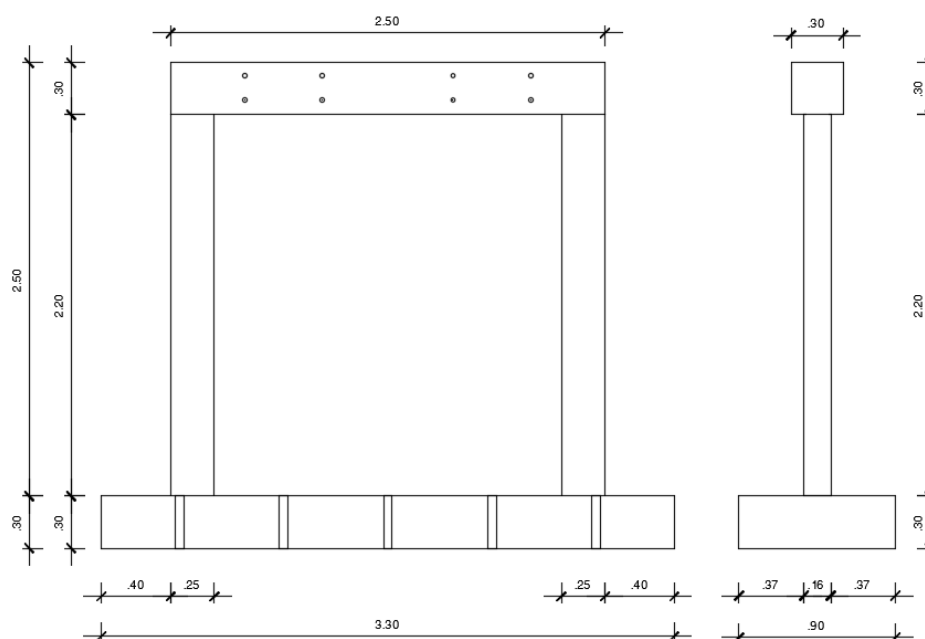


Fig. 2-13. Especímen Básico. Unidades: m.

El espécimen es un muro de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud, el espesor del muro sin reforzar es de 0.13 m. mientras el muro reforzado tiene un espesor de 0.16 m La base del muro reducido es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.30 m de altura. (Ver Fig. 2-13)

b) Resultados del Ensayo del Muro Reforzado

Conforme al protocolo de desplazamiento, se llevó a cabo el ensayo estático cíclico. La Figura 2-14, muestran la relación entre el desplazamiento y la carga aplicada, mediante la curva de histéresis, del espécimen MBATR-3.

El espécimen MBATR-3 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga se menor que el 80% de la carga máxima aplicada).

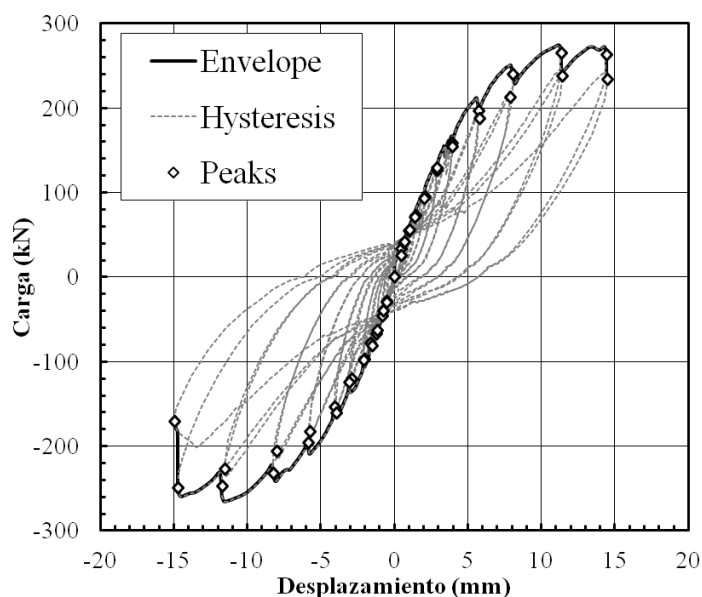


Fig. 2-14. Curva Histerética del Especimen MBATR-3.

La Figura 2-15 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBATR-3, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro.

Fig. 2-15. Curva de Capacidad del Espécimen MBATR-3.

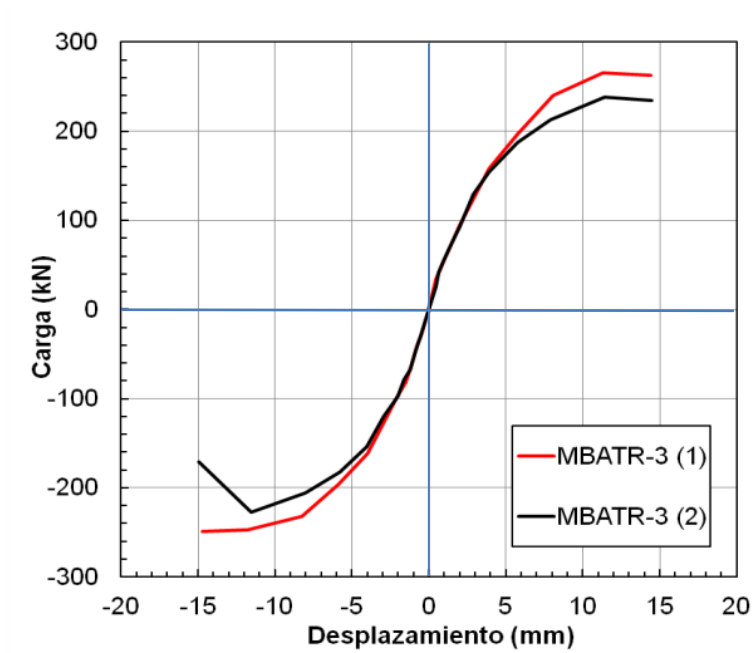


Fig. 2-15 (a) Cuerva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

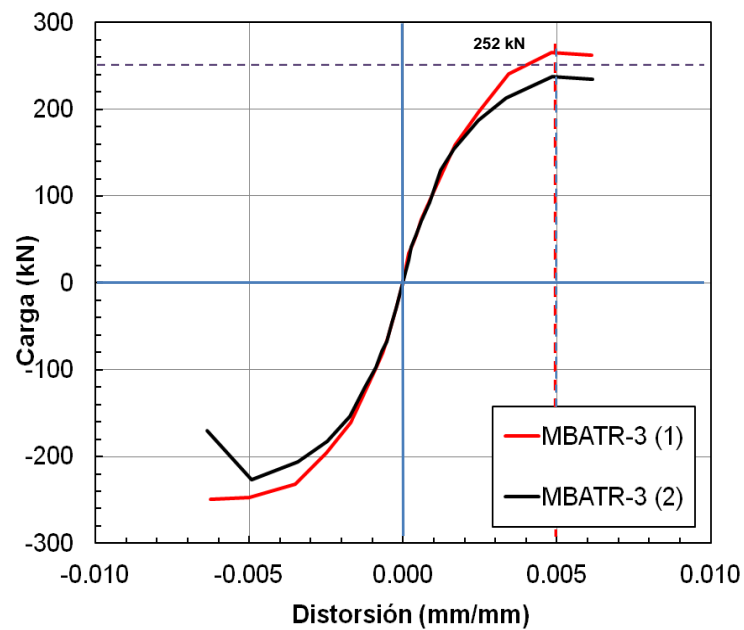


Fig. 2-15 (b) Cuerva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

c) Conclusiones

Del espécimen ensayado cíclicamente se concluye lo siguiente:

- El espécimen MBAT-3, se reparó y reforzó con malla electrosoldada y paso a ser el espécimen MBATR-3.
- El espécimen MBATR-3 se llevó hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).
- La carga máxima promedio para un muro reforzado la fuerza es de 252 kN (25.7 tn), que sucede a un nivel de distorsión de 0.005 (1/200) aproximadamente.
- Para un nivel de distorsión de 0.005 (límite de distorsión de acuerdo a la NTE E030-2016) se obtiene una carga promedio de 252 kN (25.7 tn).
- El factor de amortiguamiento equivalente es más estable durante los ciclos donde la distorsión objetivo es repetida (2). Es por ello, que se considera como niveles de resistencias las cargas máximas obtenidas en la repetición de la distorsión objetivo.

2.2 BASES TEÓRICAS

La Albañilería o Mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. (BARTOLOME, 1994).

2.2.1 Tipos de Albañilería y Especificaciones Reglamentarias.

A.- Clasificación por la Función Estructural.

Los Muros se clasifican en Portantes y No Portantes.

Los Muros No Portantes son los que no reciben carga vertical, como, por ejemplo: los cercos, los parapetos y los tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje. (BARTOLOME, 1994).

Los Muros Portantes son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto contenida en su plano como perpendicular a su plano. (BARTOLOME, 1994).

B.- Clasificación por la Distribución del Refuerzo.

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

a. Muros No Reforzados o de Albañilería Simple.

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que, teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado.

De acuerdo a la Norma E-070, su uso está limitado a construcciones de un piso; sin embargo, en Lima existen muchos edificios antiguos de albañilería no reforzada, incluso de 5 pisos, pero ubicados sobre suelos de buena calidad y con una alta densidad de muros en sus dos direcciones, razones por las cuales estos sistemas se Comportaron elásticamente ante los terremotos ocurridos en los años de 1966, 1970 Y 1974. (BARTOLOME, 1994).

b. Muros Reforzados.

De acuerdo con la disposición del refuerzo, los muros se clasifican en:

b.1.- Muros Armados.

b.2.- Muros Laminares ("Sandwich").

b.3.- Muros Confinados.

Según la Norma E-070, en todo muro reforzado puede emplearse un espesor efectivo igual a: $t = h / 26$ (para una altura libre $h = 2.4$ m, se obtendría $t = 9$ cm); sin embargo, se recomienda la adopción de un espesor efectivo mínimo igual a: $h / 20$, a fin de evitar problemas de excentricidades accidentales por la falta de verticalidad del muro y para facilitar la colocación del refuerzo vertical y horizontal. (BARTOLOME, 1994).

b.1.- Muros Armados.

Los Muros Armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical).

b.2.- Muro Laminar ("Sandwich").

Este muro está constituido por una placa delgada de concreto (dependiendo del espesor, 1 a 4 pulgadas, se usa grout o concreto normal) reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa. Debido a la adherencia que se genera entre el concreto y los muros de albañilería, así como por el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, se logra una integración de todo el sistema. Sin embargo, en la única investigación experimental realizada en el Perú por el Ing. H. Gallegos, utilizando ladrillos sílico-calcáreos, se observó un buen comportamiento elástico del muro laminar, con una elevada rigidez lateral y resistencia al corte; pero después de producirse el agrietamiento diagonal de la placa, ocurrió una fuerte degradación de resistencia y rigidez (falla frágil), debido principalmente a que los muros de albañilería se separaron de la placa, "soplándose". Ver Fig. 2-16 (BARTOLOME, 1994).

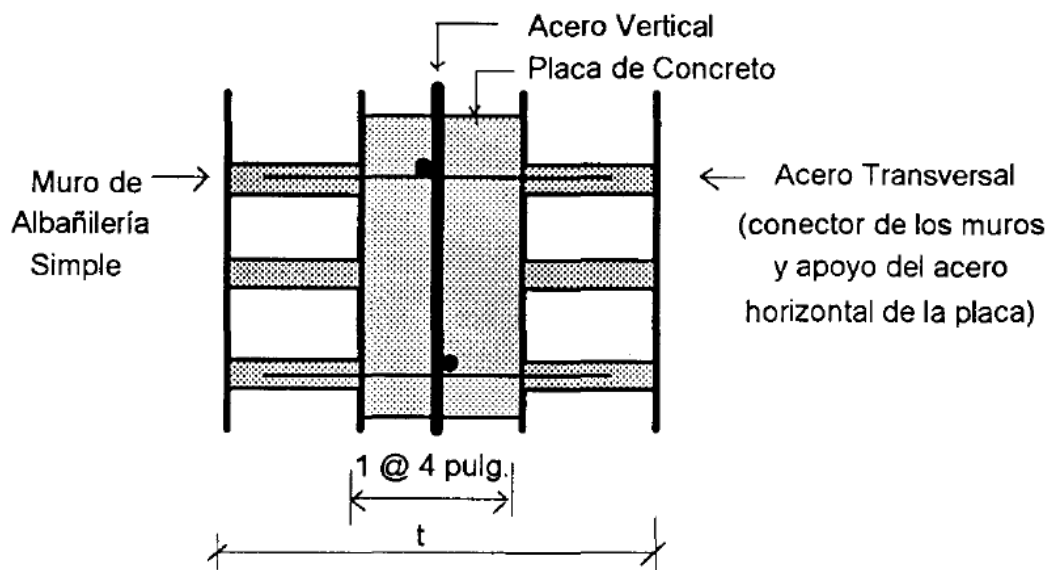


Fig. 2-16. Sección Transversal de un Muro Laminar.
Fuente: (BARTOLOME, 1994).

A la fecha, con este sistema no se ha construido ningún edificio en el Perú; es más, nuestro reglamento no contempla este tipo de estructura. Sin embargo, debe mencionarse que en zonas sísmicas de los Estados Unidos

(California) se ha empleado estos sistemas para construir edificios de hasta 20 pisos.

b.3.- Albañilería Confinada

Este es el sistema que tradicionalmente se emplea en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificios de hasta 5 pisos.

La Albañilería Confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es más bien una tradición peruana, puesto que en Chile se utiliza una conexión prácticamente a ras que tuvo un buen comportamiento en el terremoto de 1985. (BARTOLOME, 1994).

El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para ductilizar al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano. (BARTOLOME, 1994).

Los requisitos mínimos que señala la Norma E-070, para que un muro se considere confinado son: (BARTOLOME, 1994).

1. El muro debe estar enmarcado en sus 4 lados por elementos de concreto armado (o la cimentación) especialmente diseñados; esto se debe al carácter cíclico del efecto sísmico.

2. La distancia máxima entre los confinamientos verticales (columnas) debe ser 2 veces la distancia que existe entre los confinamientos horizontales (soleras); más allá, la acción de confinamiento se pierde, especialmente en la región central de la albañilería donde el tamaño de las grietas se vuelve incontrolable. Cabe hacer mención que en la Norma Mexicana se especifica que la distancia máxima entre los confinamientos verticales es 4 m, y entre los horizontales es 3 m.

2.2.2 Falla en Muros de Albañilería Confinada

“Cuando los muros de mampostería no cuentan con un adecuado confinamiento, una cantidad suficiente o detallado adecuado del refuerzo en los elementos confinantes, o no presentan ningún tipo de refuerzo, se han detectado cuatro tipos de patrones de agrietamiento, que dan origen a fallas en los muros” (Miranda, Gallegos, 2002).

Los modos de falla más comunes de la mampostería se muestran en la figura N° 2-17.

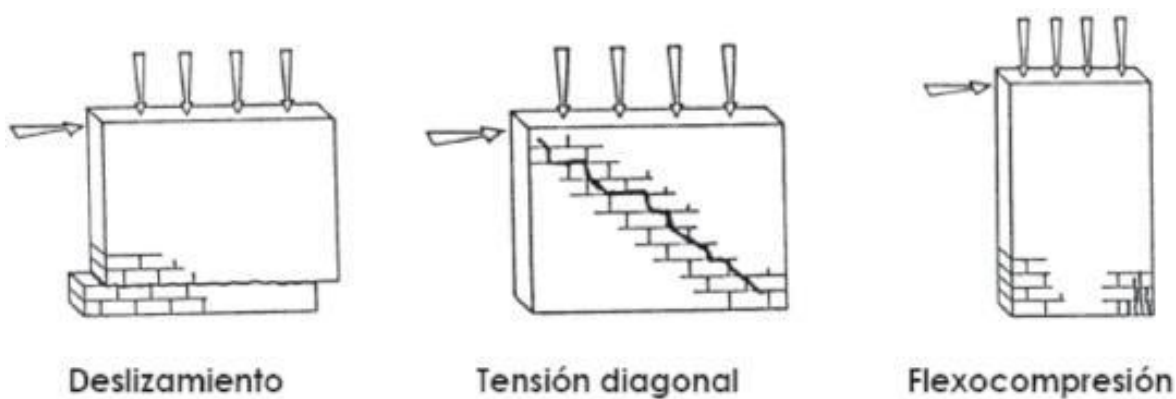


Fig. 2-17. Posibles Modos de Falla en un Muro de Mampostería.

Fuente: “Alternativa Estructural de Refuerzo Horizontal en Muro de Mampostería”

Fuente: (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutierrez, 2009).

2.2.3 Especificaciones Reglamentarias

La recopilación de la información que a continuación se muestra se encuentra especificada en la Norma Técnica de Edificaciones E.070, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

a. Clasificación de las unidades para fines estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1 (Fig. 2-18) de la NTE E.070.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fig. 2-18. Clase de Unidad de Albañilería

Fuente: NTE E.070 (2005).

b. Limitaciones en su uso

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2 (Fig. 2-19). Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fig. 2-19. Limitaciones en el Uso de Unidades de Albañilería.

Fuente: NTE E070 (2005).

ZONAS SÍSMICAS



Fig. 2-20. Zonas Sísmicas en el Perú.

Fuente: NTE E.030.

c. Pruebas en Unidades

- **Resistencia a la Compresión.** - Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- **Variación Dimensional.** - Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- **Alabeo.** - Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.
- **Absorción.** - Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS

Definiciones según NTE E.070 (2006)¹ son:

➤ **Albañilería o Mampostería**

Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

➤ **Albañilería Confinada**

Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

➤ **Muro Portante**

Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

➤ **Unidad de Albañilería Hueca**

Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

➤ **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza)**

Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

➤ **Espesor Efectivo.**

Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor

¹ Norma NTP E.070 - Albañilería

efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

➤ **Borde Libre.**

Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.

➤ **Confinamiento.**

Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

¹ Norma NTP E.070 – Albañilería

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo y diseño de la investigación comprenden:

3.1.1 Tipo de la Investigación. - El estudio de la tesis presenta un tipo de investigación descriptiva y explicativa, implica comprender e interpretar los resultados obtenidos del ensayo estático cíclico, de esta manera se pretende contribuir con los estudios de técnicas de reforzamiento estructural para muros de albañilería.

3.1.2 Diseño de la investigación. - El diseño de la investigación es de laboratorio, porque el ensayo estático cíclico se realizará en un ambiente creado, en el laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

Se indica como población y muestra lo siguiente:

3.2.1 POBLACIÓN. -

La población está conformada por la Unidad de Albañilería Blocker II, de la ladrillera Martorell. Ver Fig. 3-1.



Fig. 3-1. Ladrillos Maxx.

Fuente : (Ladrillos Maxx, 2018)

3.2.2 MUESTRA DE ESTUDIO. -

La muestra en estudio es 01 MURO DE ALBAÑILERÍA construido con UNIDAD DE ARCILLA DENOMINADO BLOCKER II (Ladrillera Martorell), reparado y reforzado con malla de acero corrugado de 6mm atortolada en cada punto de intersección y recubierto con mortero de 3cm, al que denominaremos espécimen "MBATR-6".

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

➤ **Variable Dependiente. -**

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.

➤ **Variable Independiente. -**

MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II

Tabla 1. Organización de Variable.

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores
Variable Dependiente: REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.	Se entiende como reforzamiento al incremento de la resistencia original de una estructura.	Propuesta de refuerzo	Límite de distorsión del muro original 0.0018. Límite de Distorsión máxima NTE E.030 0.005.
Variable Independiente: MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II.	Es un muro construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de una edificación informal de albañilería de la ciudad de Tacna.	Unidad de Albañilería	Sólida o maciza, hueca, alveolar, o tubular.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En este estudio se ha reforzado el espécimen MBAT-6, el cual fue un muro de albañilería sometido a un ensayo de carga cíclica con una carga axial de 100 kN (10.18 tnf), esta carga representa a una edificación típica de 02 niveles, que se llevó hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.

En este estudio al espécimen MBAT-6 reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y mortero de 3cm de espesor lo denominaremos ESPECIMEN MBATR-6, el cual fue sometido a las mismas condiciones de carga del espécimen original MBAT-4 y MBAT-5.

El ensayo de carga cíclica se realizó en el laboratorio de Estructuras del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

3.4.1 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO DE ALBAÑILERÍA ESPÉCIMEN “MBTAR – 06” REFORZADO

A continuación, se describe el proceso constructivo del reforzamiento de un (01) muro de albañilería con unidad de arcilla hueca “Blocker II” denominado “MBATR – 6”.

A) Características del Muro Reforzado

El muro reforzado denominado MBATR-06, es de albañilería confinada, con unidades de albañilería “Blocker II” a escala natural, ladrillo predominante en la ciudad de Tacna, que es reforzado sobre una cara del muro con malla de acero corrugado de 6mm atortolada en cada punto de intersección y recubierto por un mortero de 3cm espesor.

La dimensión de los elementos estructurales fue diseñada para uso netamente experimental y poder ejecutar el ensayo, teniendo así el espesor de las columnas iguales que el muro a ensayar. Ver Fig. 3-2-

Los materiales a utilizar son propios de la ciudad de Tacna, los cuales fueron trasladados hasta el laboratorio de Estructuras de CISMID (Lima), para su construcción y ensayo correspondiente.

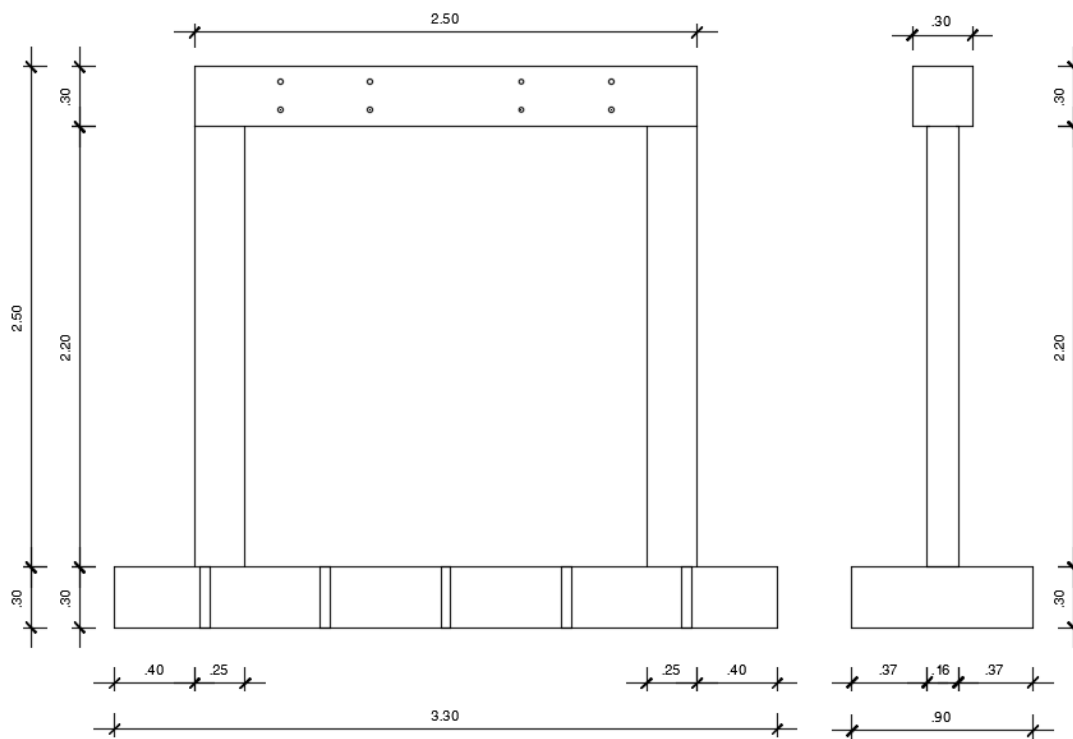


Fig. 3-2. Dimensiones del Muro.

El espécimen es un muro de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud, el espesor del muro es de 0.16 m. La base del muro reducido es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.30 m de altura.

Materiales para el Reforzamiento:

- Acero corrugado de 6mm ASTM A615-Grado 60.
- Alambre Negro N°16.
- Adhesivo epóxico para anclajes SIKADUR®-31.
- Cemento Yura Portland tipo IP.
- Arena Fina.
- Agua.

Herramientas:

- Plomada, Cordel, Nivel, Regla de aluminio, Badilejo.
- Taladro, Broca.
- Pala, Buguie.

B) Proceso Constructivo del Reforzamiento del Muro.

a) Armado de la malla de acero corrugado de 6mm.

- La construcción de la malla de acero corrugado de 6mm, fue elaborado con mano de obra calificado, su dimensión comprende de un ancho 2.5m y una altura de 2.5m, similar a las dimensiones del muro.



Fig. 3-3. Distribución de los Bastones de Acero.

- Para la elaboración de la malla de acero corrugado de 6mm, se usaron 15 bastones horizontales y 17 bastones verticales, como se muestra en la fotografía. Ver Fig. 3-3.

- La separación de los bastones para la elaboración de la malla, es de 15cm en ambos sentidos. Ver Fig. 3-4 y Fig. 3-5.

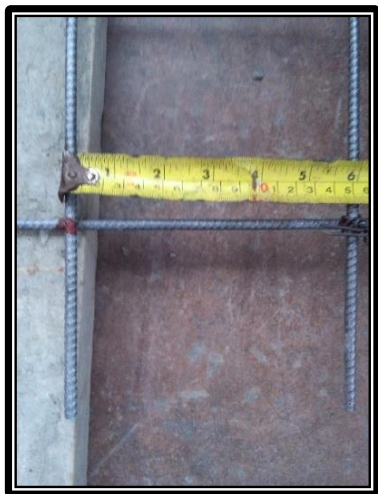


Fig. 3-4. Separación Horizontal de 15.00cm.



Fig. 3-5 Separación Vertical de 15.00cm.

- Para el amarre o atortolado en las intersecciones de los aceros (bastones horizontales y verticales). se usaron alambre negro N°16, como se observa en la Fig. 3.6.



Fig. 3-6. Atortolado de la Malla de Acero con Alambre negro N°16.

- b) Instalación de la malla de acero de 6mm.
- Previa instalación de la malla de acero, se realizó los trabajos de perforación en la cimentación y viga del muro, teniendo en cuenta las medidas de separación indicada anteriormente. Ver Fig. 3-7.



Fig. 3-7. Perforaciones en la Viga para los Bastones Guía.

- Se preparó la mezcla Adhesivo epóxico para anclajes (SIKADUR®-31), con materiales y aditivos sellantes para una mejor adhesión de los bastones de guía, evitar incorporación de aire mientras se mezcla, revolver por aproximadamente 1 minuto. Ver Fig. 3-8.



Fig. 3-8. Preparación de la Mezcla Adhesivo Epóxico.

- Las perforaciones deben estar limpias, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas. rellenar con la mezcla epóxica en todas las perforaciones donde se ubicara los bastones guías. Ver Fig. 3-9.



Fig. 3-9. Colocar la Mezclar en las Perforaciones.

- Instalación de los bastones guía en la viga y cimentación del muro. Estos bastones son colocados en cada uno de las perforaciones, suavemente para asegurar un relleno correcto. Ver Fig. 3-10.



Fig. 3-10 Colocación de Bastones Guías.

- Se ubicó la malla de acero de 6mm en el muro, para realizar los trabajos de fijación y ajuste de la malla de acero con los bastones guía.
- Se empalma y atortola con alambre negro N°16 la malla de acero con los bastones guía, como se muestra en la Fig. 3-11.



Fig. 3-11. Atortolado de la Malla de Acero con Bastones Guías.

- Para que la malla de acero tenga una mejor estabilidad y unión con el muro, se colocaron ganchos de sujeción en ciertos puntos del muro. Ver Fig. 3-12 y Fig. 3-13.



Fig. 3-12. Colocación de ganchos de Sujeción.



Fig. 3-13. Malla de Acero de 6mm Instalada en el Muro.

c) Revestimiento del muro reforzado.

- La preparación de la mezcla para el tarrajeo del muro reforzado tiene una relación, cemento – arena fina, 1:4. Ver Fig. 3-14.



Fig. 3-14. Colocación del Mortero para el Revestimiento del Muro.

- Luego de haber instalado la malla de acero en el muro, se realizó los trabajos de revestimiento y tarrajeo, con un espesor de 3cm de mortero. Ver Fig. 3-15.



Fig. 3-15. Trabajo de Revestimiento y Tarrajeo

- Acabado final del muro reforzado y el tiempo de curado fue de 28 días.
Ver Foto. 3-16.



Fig. 3-16. Muro Reforzado Culminado.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el proceso y cálculos de datos se obtendrán por el siguiente ensayo:

Técnicas de Ensayos Estáticos tenemos:

A) Ensayo de Carga Lateral Monotónicamente: En esta técnica permite estudiar el comportamiento de las estructuras afectadas a cargas equivalentes o desplazamiento (según sea la técnica de ensayo), crecientes en una dirección. Se trata de un ensayo estático, pero con una diferencia; que se plasma en la forma de aplicación de la carga. (Chunga Contreras, 2001)

Dentro de esta técnica de simulación sísmica existen dos formas de realizar los ensayos:

- Ensayo Estático por Desplazamiento
- Ensayo Estático por Fuerza

B) Ensayo de Carga Lateral Cíclica: Este tipo de técnica es muy similar a la técnica de carga lateral monotónica, la diferencia se encuentra en que este ensayo es realizado en dos direcciones (empujando y jalando). Cada vez que llegamos a un punto de control límite (sea desplazamiento o fuerza) se procede a descargar el espécimen, para cada punto límite se realizan por lo menos dos ciclos de carga y descarga tanto empujando como jalando. Además, nos permite estudiar los diversos componentes y modelos y es la más usada. (Chunga Contreras, 2001)

Dentro de esta técnica de simulación sísmica existen dos formas de realizar:

- Ensayo Estático por Desplazamiento Controlado.
- Ensayo Estático por Fuerza Controlada.

Esta tesis corresponde a un ensayo de carga lateral cíclica en un ensayo estático por desplazamiento controlado.

3.5.1 ENSAYO DE CARGA CÍCLICA PARA EL MURO CON REFORZAMIENTO

Para el desarrollo de la tesis se realizó un (01) ensayo de carga cíclica de un muro de albañilería reforzado con una malla de acero corrugado de 6mm, atortolado en cada punto de intersección y cubierto con un mortero de 3cm de espesor. El muro fue ensayado anteriormente hasta un nivel de reparación, hablamos que se realizó hasta obtener una distorsión 1/550.

a) Descripción del Ensayo

El ensayo estático cíclico a escala natural se realiza con el propósito de conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería con unidades de arcilla tipo Blocker II, reforzado con una malla de acero de 6mm, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.

Se realizó para obtener el comparativo entre:

- Un (01) muro sin reforzamiento denominado "MBAT-5" y con la nueva propuesta de reforzamiento denominado "MBATR-6", para determinar el incremento de rigidez y resistencia.

- Propuesta de la tesis, un (01) muro reforzado con malla de acero corrugado de 6mm (atortolado en cada punto de intersección) denominado “MBATR-6” y la propuesta de reforzamiento (malla electrosoldada) denominado “MBATR-3”, para comparar su comportamiento en eventos sísmicos.

b) Descripción del mecano de carga

Para la realización de este ensayo debe emplearse perfiles de acero que rodea al espécimen a manera de pórtico de reacción. En uno de los extremos del espécimen se ubica el sistema de aplicación de carga conformado por gatas hidráulicas, un sistema de medición conformado por celdas de carga y LVDTs, como se muestra en la Figura 3-17. Adicionalmente, se emplean gatas hidráulicas verticales, que mantendrán una carga constante, apoyando uno de sus extremos sobre la losa de reacción, mientras que las gatas hidráulicas horizontales, que aplicarán la carga cíclica lateral, apoyarán uno de los extremos sobre el muro de reacción.

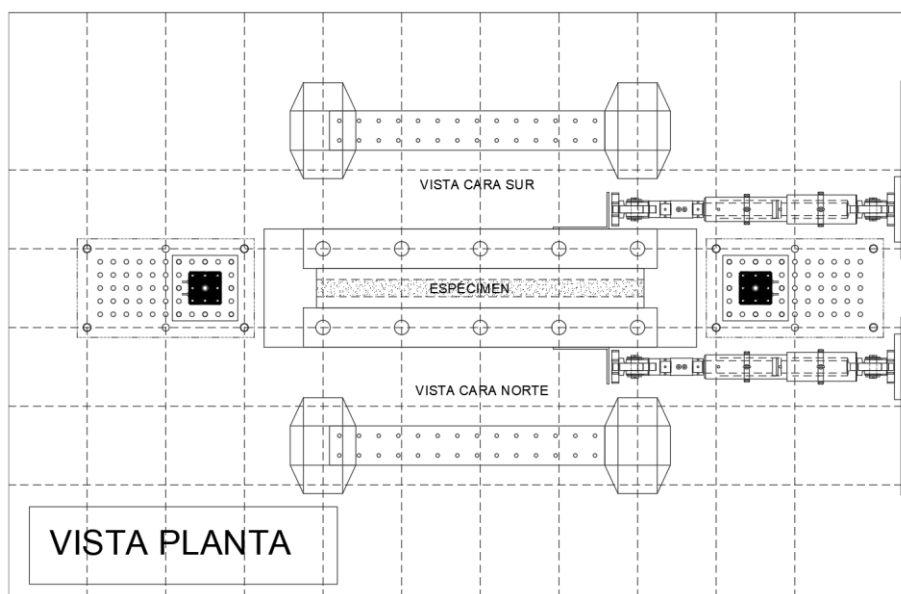


Fig. 3-17. Vista en Planta del Aparato de Carga.

c) Sistema de Aplicación de Carga

El sistema de aplicación de la carga consiste en cuatro gatas hidráulicas estáticas; cada una tiene una capacidad de aplicación de carga de 500 kN con una amplitud del émbolo (stroke) de +/- 250mm. Dos de estas

hidráulicas serán las responsables de la aplicación de la carga horizontal cíclica lateral, mientras las otras dos gatas hidráulicas serán las que mantengan una carga axial que simule la presencia de carga de pisos superiores sobre el muro de mampostería. Durante el desarrollo del ensayo, la carga axial es aplicada por las dos gatas hidráulicas verticales manteniéndole constante en 100 kN. La carga axial es aplicada con las dos gatas hidráulicas, bajo control de carga, que se distribuye uniformemente al muro mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen. Ver Figura 3-18.

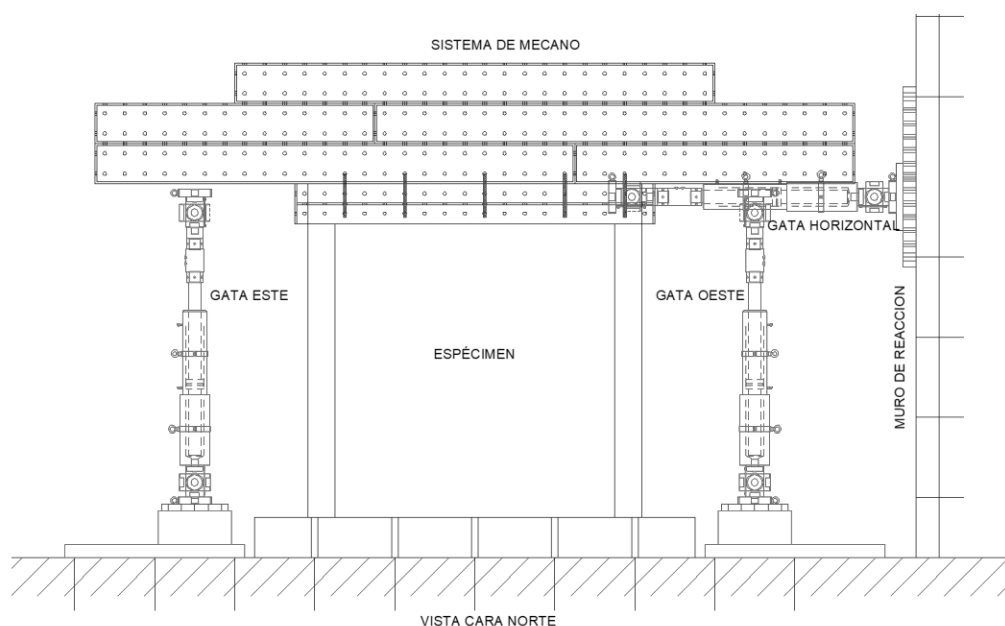


Fig. 3-18. Esquema de la Configuración del Ensayo Cíclico (vista elevación).

d) Sistema de Adquisición de Datos

La instrumentación consta de 22 canales para la adquisición de los datos. La Figura 3-19 muestra la instrumentación del espécimen. Los canales CH-00 y CH-01 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas horizontales, CH-02 y CH-03 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas verticales, y del CH-04 al CH-22 corresponden a los transductores de desplazamiento. Para el control del desplazamiento de las gatas hidráulicas se utilizará un transductor de desplazamiento monitor (CH-04) como se muestra en la Figura 3-19.

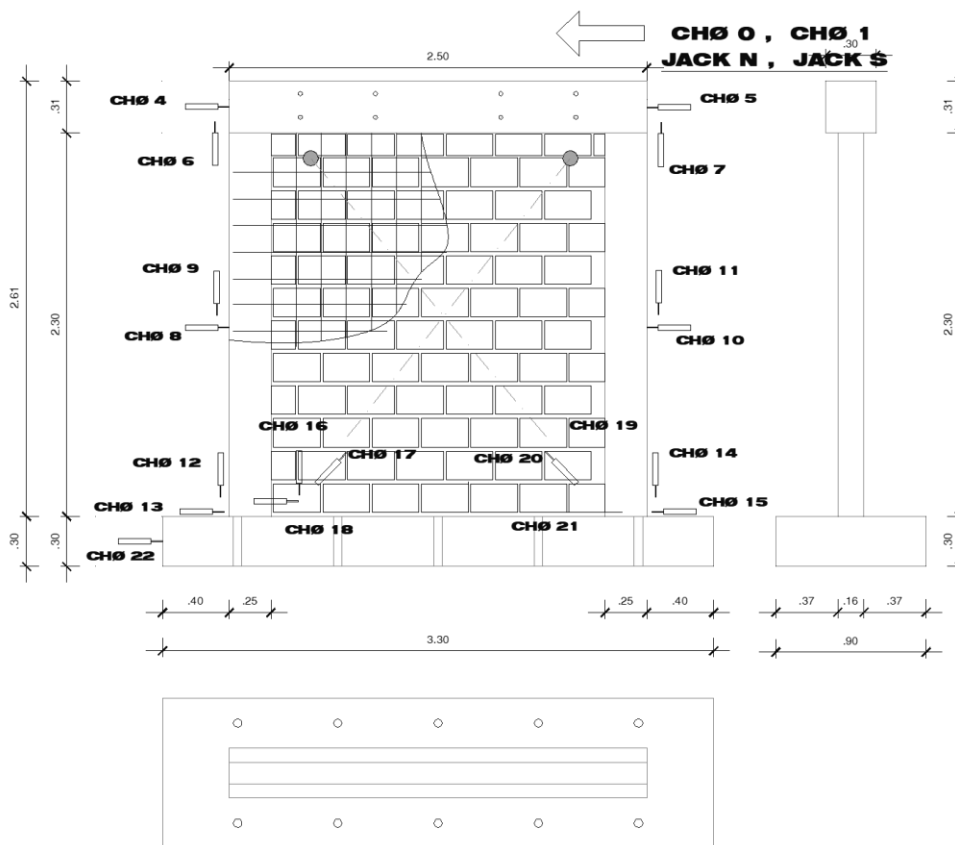


Fig. 3-19. Sistema de Adquisición de Datos.

e) Protocolo de Desplazamientos

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura 3-20, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

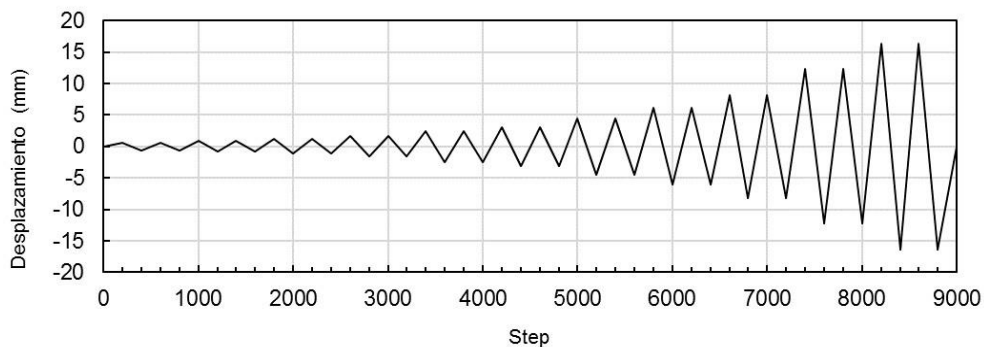


Fig. 3-20. Protocolo de Desplazamiento Objetivo.

La Tabla 2 muestra el desplazamiento objetivo para el control de desplazamiento por ciclo. Con la finalidad de tener una curva de histéresis

más estable, la amplitud objetivo es aplicada en dos ciclos consecutivos. En el presente documento, el ciclo donde se alcanza por primera vez el desplazamiento objetivo se denomina primer ciclo, mientras que a su repetición se denomina segundo ciclo.

Tabla 2. Distorsiones Objetivo para el Control de Desplazamiento por Ciclo.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distorsión Objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1500	1/1000	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200	1/150

f) Espécimen

El espécimen es un muro de albañilería con unidades tipo Blocker II reparado, el cual ha sido reforzado con malla de acero corrugada de 6mm atortolada en una cara.

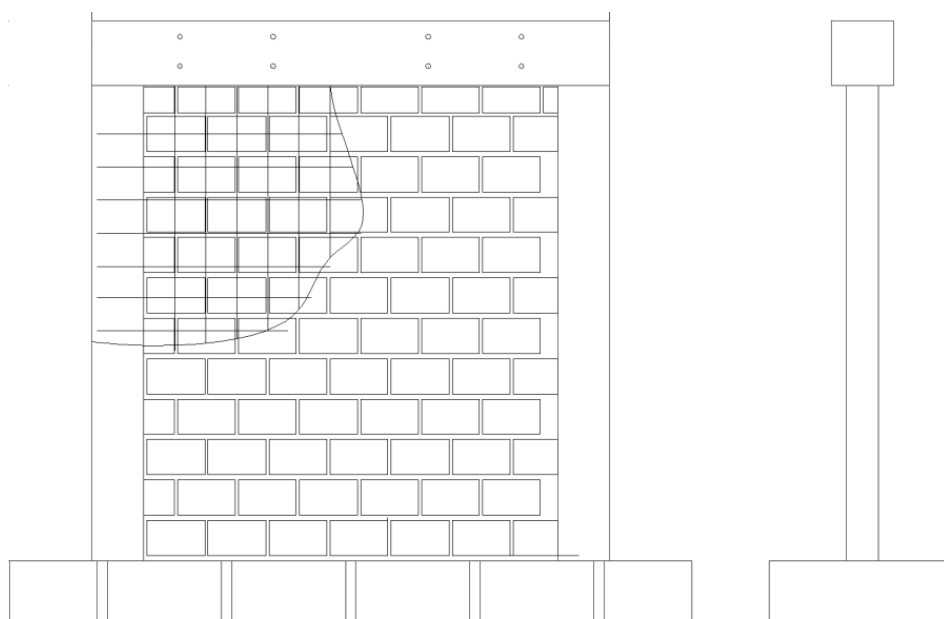


Fig. 3-21. Espécimen Reforzado. Unidades: m.

La geometría del espécimen es de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.16 m de espesor. La base del muro de cimentación es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.45 m de altura. Este espécimen se denomina MBATR-6 y se obtuvo como producto de la reparación del muro MBAT-6 que se llevó hasta una distorsión de 1/550. Ver Fig. 3-21.

CAPÍTULO IV

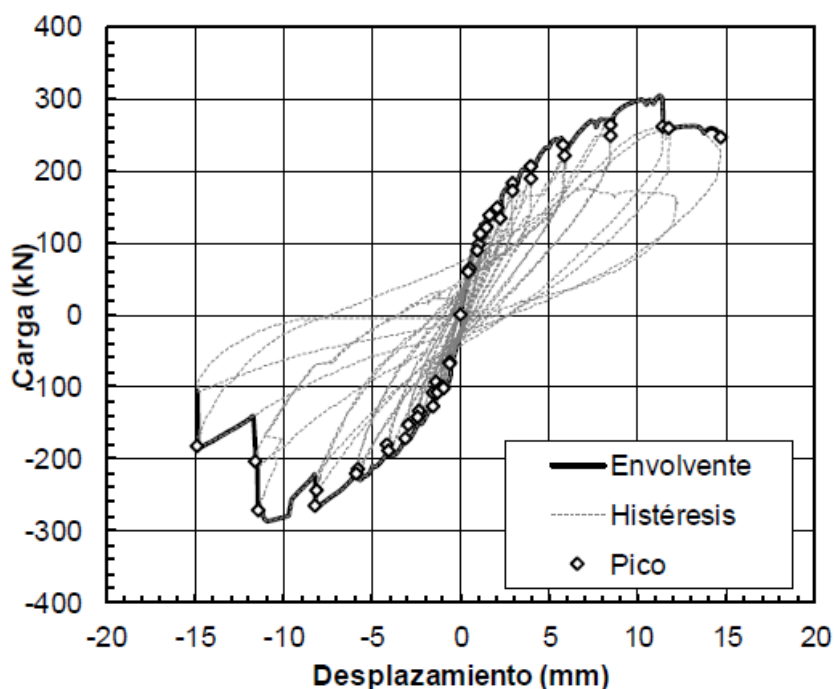
RESULTADOS

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Conforme al protocolo de desplazamiento, se llevó a cabo el ensayo estático cíclico. La Figura 4-1, muestran la relación entre el desplazamiento y la carga aplicada, mediante la curva de histéresis, del espécimen MBATR-6, respectivamente.

El espécimen MBATR-6 se llevó hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).



-Fig. 4-1. Curva Histerética del Especimen MBATR-6.

La Figura 4-2 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBATR-6, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

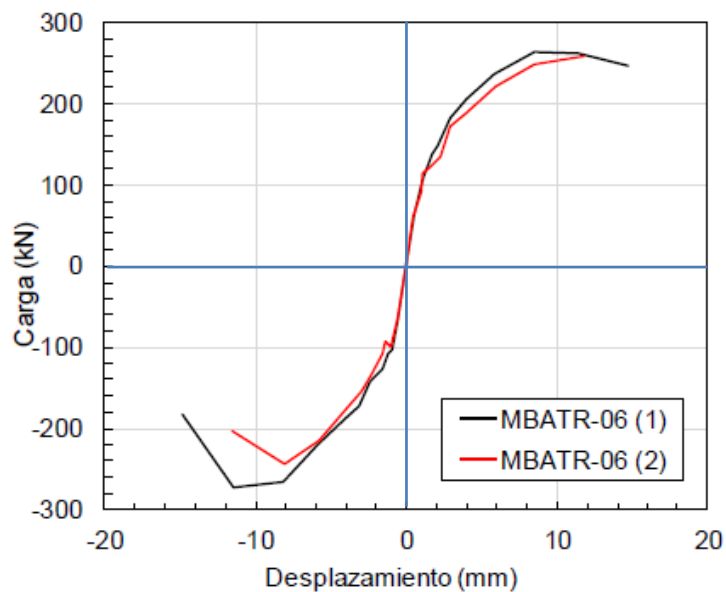
Fig. 4-2. Curva de Capacidad del Espécimen MBATR-6.

Fig. 4-2 (a) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

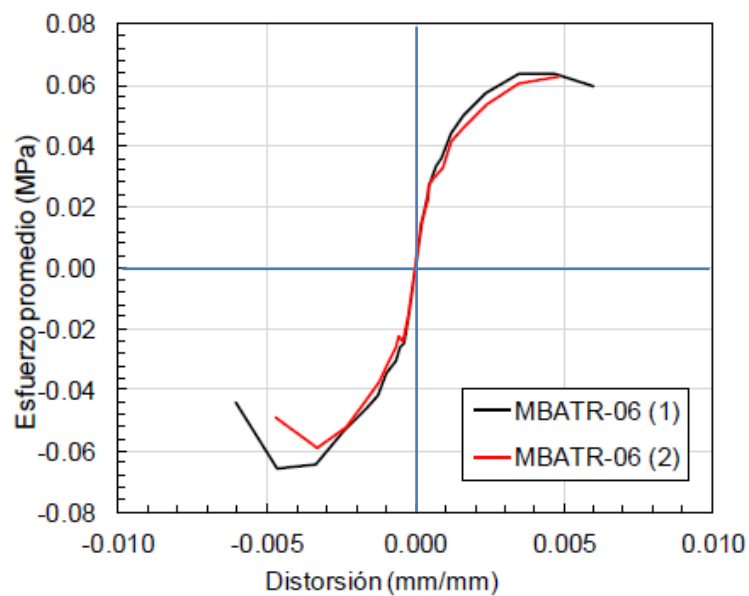


Fig. 4-2 (b) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

La **Figura 4-3 y Figura 4-4** muestran la comparación de la curva de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento, respectivamente; en términos de desplazamiento y distorsión. En estas figuras se indican el límite de distorsión, 0.005, establecida en la N.T.E.-E.030-2016. Se observa que la carga máxima se alcanza a una distorsión de 0.003, menor al límite señalado anteriormente.

Fig. 4-3. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.

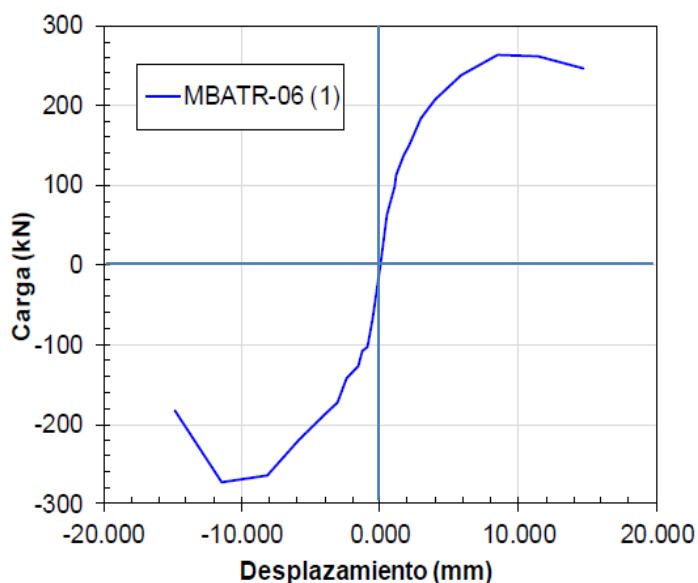


Fig. 4-3 (a) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

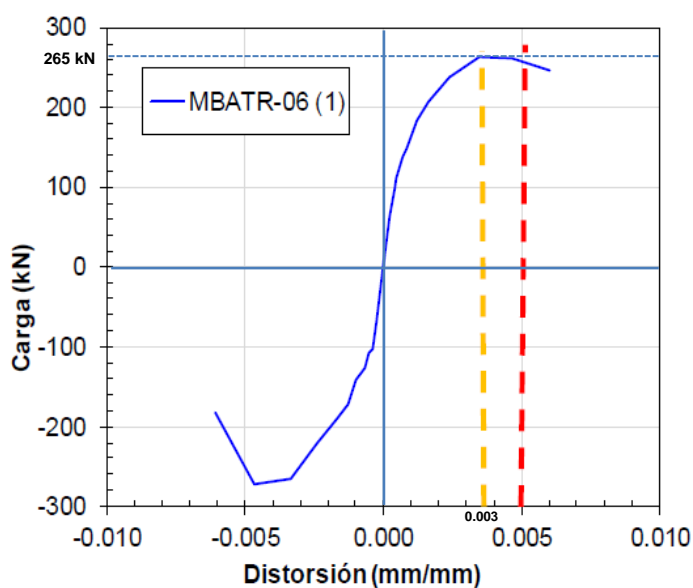


Fig. 4-3 (b) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

Fig. 4-4. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación (repetición) de la Distorsión Objetivo

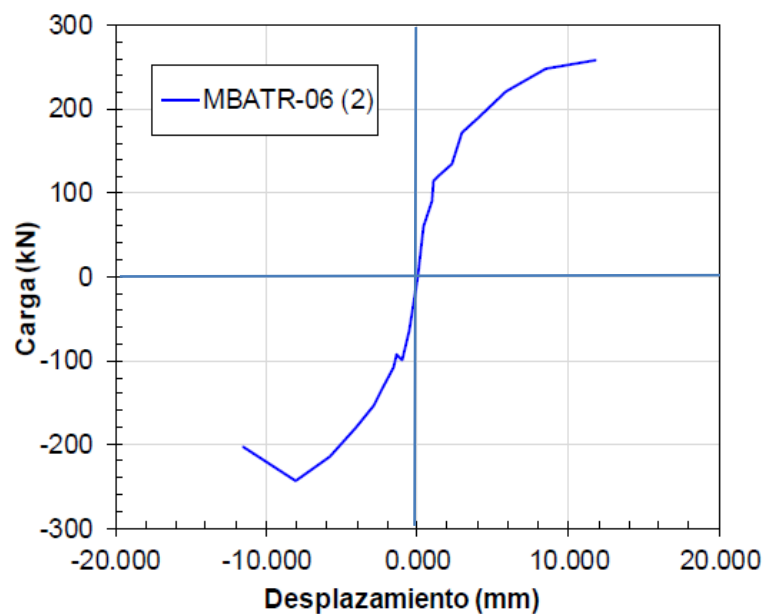


Fig. 4-4 (a) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Desplazamiento.

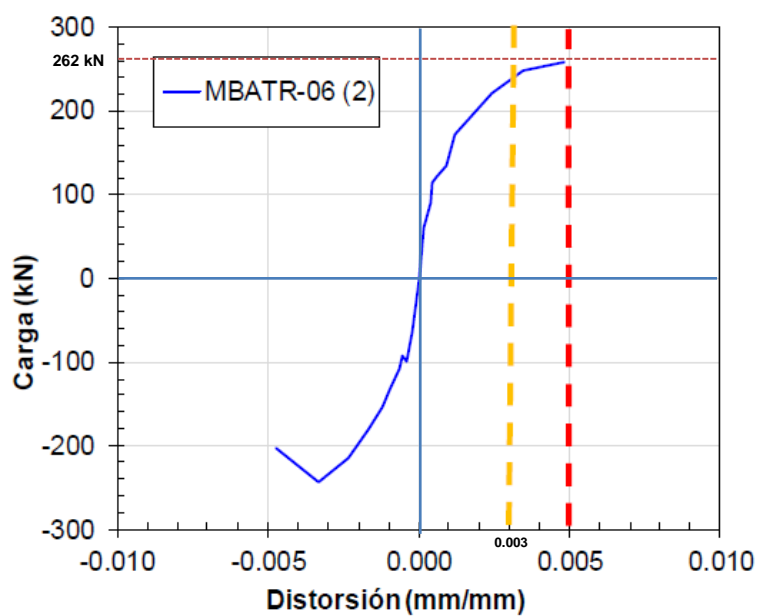


Fig. 4-4 (b) Curva Envolvente Fuerza Lateral vs. Distorsión.

La Figura 4-5 y Figura 4-6 muestran la relación de la rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

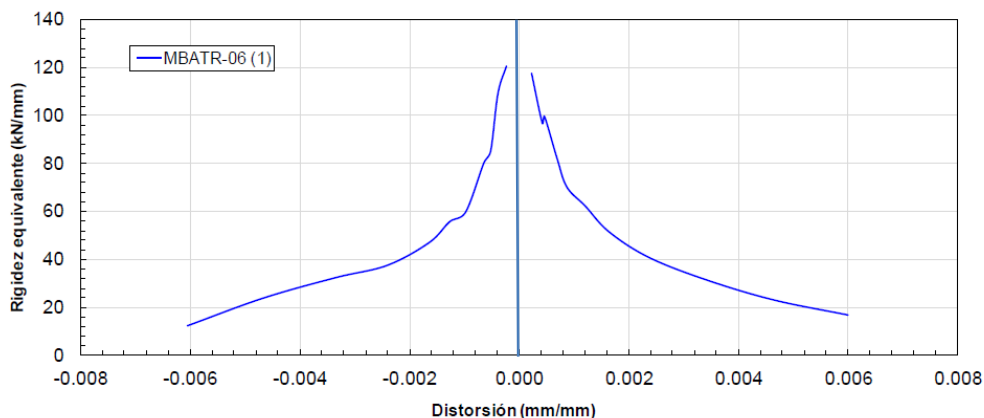


Fig. 4-5. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.

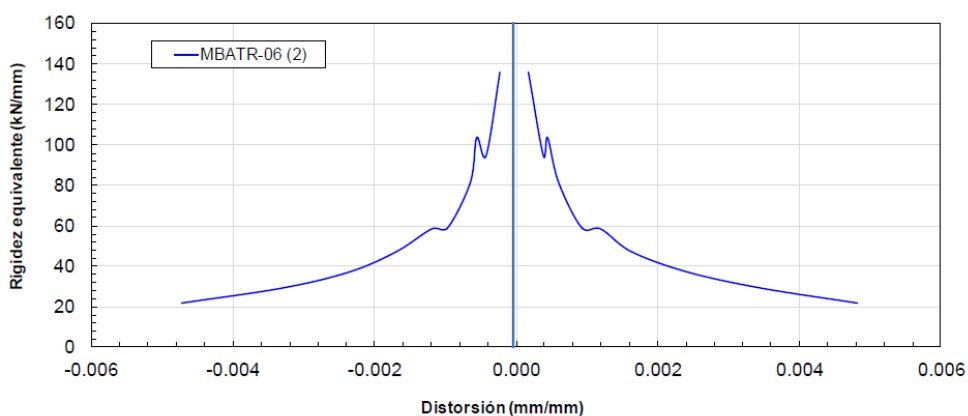


Fig. 4-6. Comparación de Degradación de la Rigidez Equivalente de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación de la Distorsión Objetivo.

La Figura 4-7 y Figura 4-8 muestran la relación del factor de amortiguamiento equivalente y distorsión alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

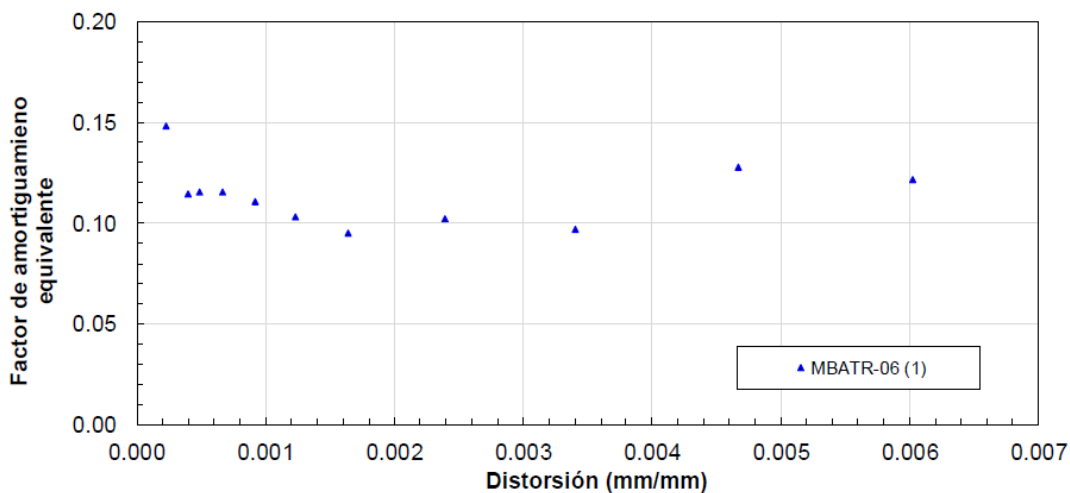


Fig. 4-7. Comparación del Factor de Amortiguamiento de los Especímenes Ensayados para la Primera Aplicación de la Distorsión Objetivo.

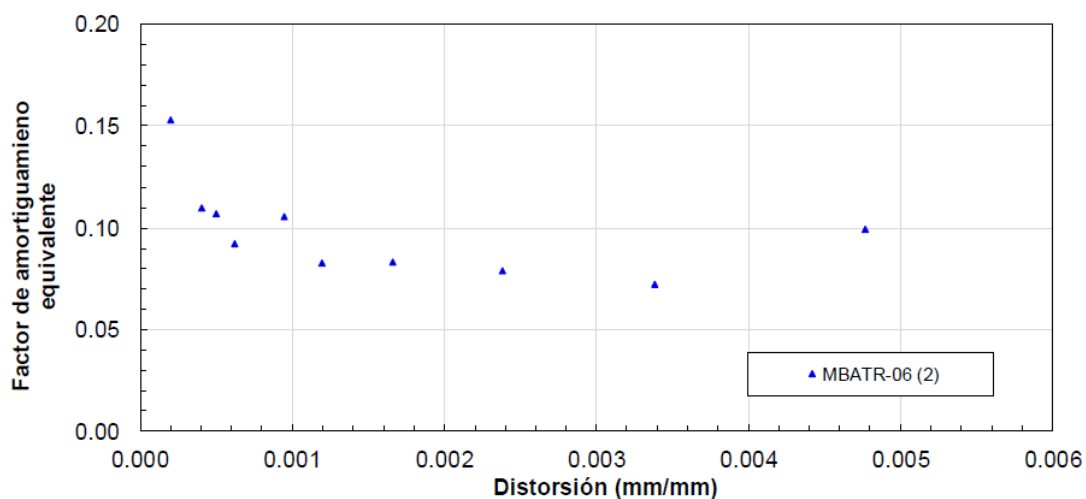


Fig. 4-8. Comparación del Factor de Amortiguamiento de los Especímenes Ensayados para la Segunda Aplicación (repetición) de la Distorsión Objetivo.

La Figura 4-9 muestra la comparación de las curvas de capacidad del muro original y el muro reparado. Se observa que la carga máxima se incrementa en un 93% cuando es reparado y que los estados de falla se producen a un mismo nivel de distorsión.

Fig. 4-9. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Originales y el Especímen Reparado.

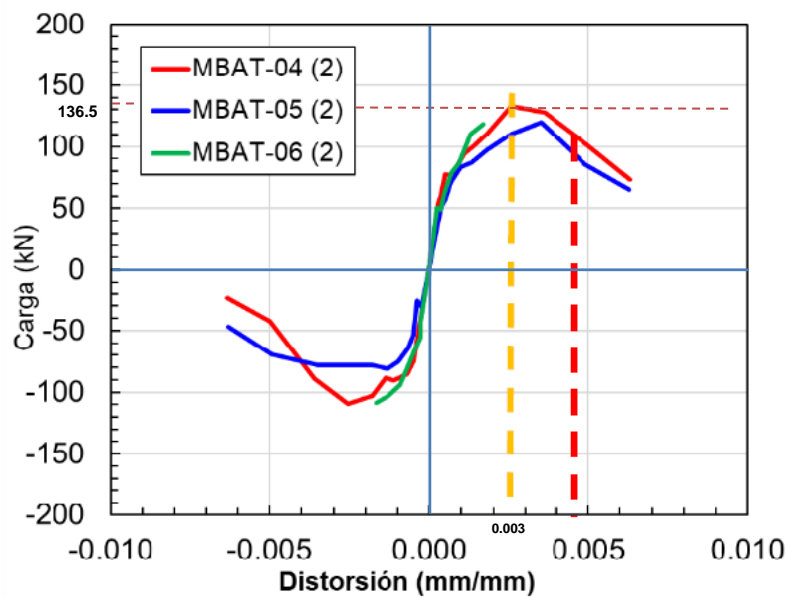


Fig. 4-9 (a) Curva de Capacidad del Especímen Original
Fuerza Lateral vs. Distorsión.

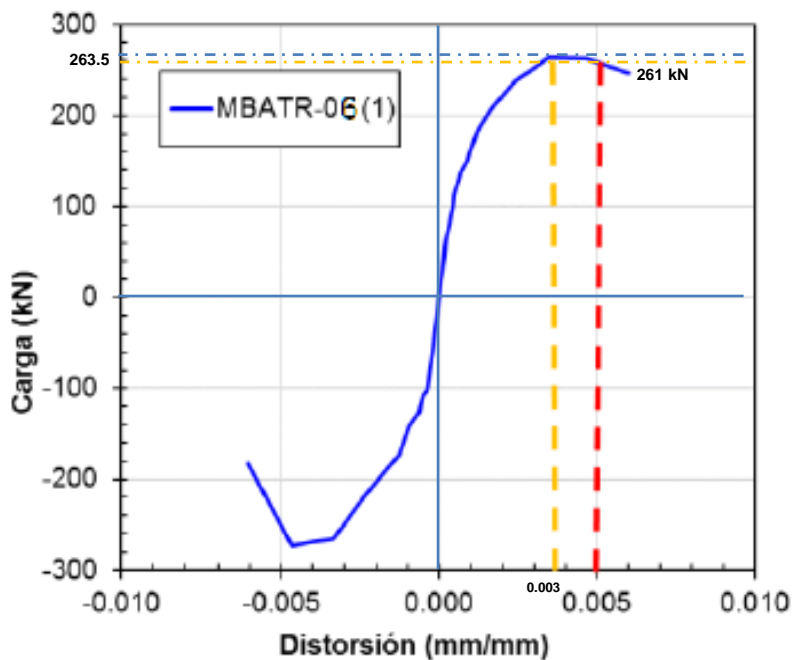


Fig. 4-9 (b) Curva de Capacidad del Especímen Reparado MBATR-6
Fuerza Lateral vs Distorsión.

La **Figura 4-10** muestra la comparación de las curvas de capacidad del muro reforzado con malla de acero atortolado y el muro reforzado con malla electrosoldada. Se observa que la carga máxima del muro MBATR-6 se incrementa en un 4.56% en comparación con el muro MBATR-3, sin embargo, su estado de falla se produce a un nivel de distorsión de 0.003.

Fig. 4-10. Comparación de la Curva de Capacidad del Espécimen reforzado con malla Electrosoldada y el Espécimen Reparado con malla de acero atortolado.

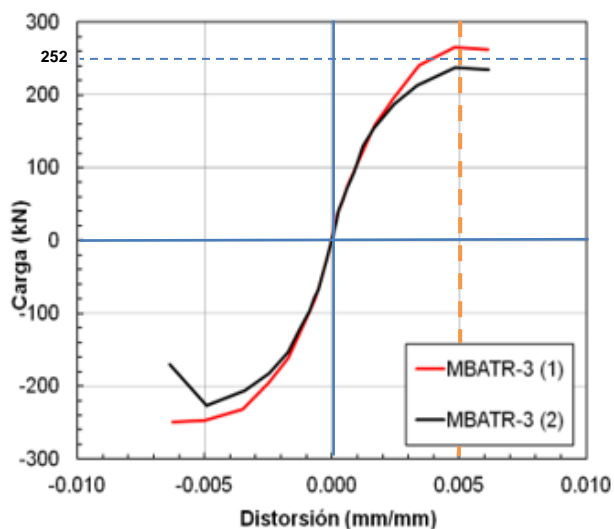


Fig. 4-10 (a) Curva de Capacidad del Espécimen con Malla Electrosoldada
Fuerza Lateral vs. Distorsión.

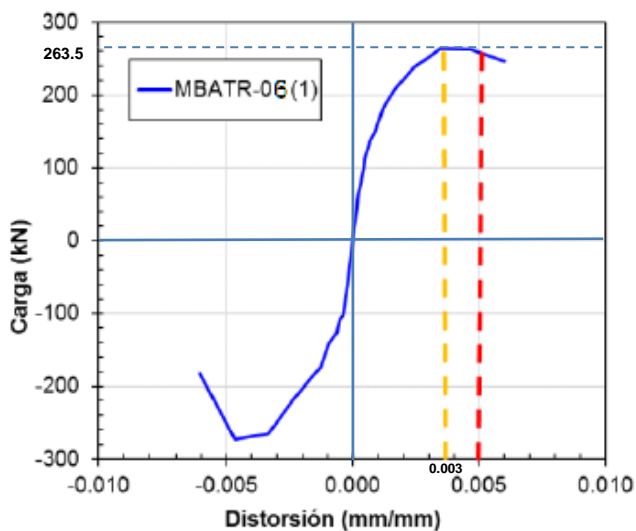


Fig. 4-10 (b) Curva de Capacidad del Espécimen Reparado MBATR-6
Fuerza Lateral vs Distorsión.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Formulación de la hipótesis

Como hipótesis General se ha planteado:

“Se puede proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II, mediante la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.”

Existen varias técnicas de reforzamiento estructural en muros de albañilería como son:

- **Cosido de Grietas**

El método consiste en interponer entre los labios de la grieta del muro elementos de mayor resistencia y rigidez a modo de suturas, tales como barras metálicas, trozos de fábrica de ladrillo, etc. Su objetivo es devolver la continuidad perdida al muro afectado, de forma que las tensiones puedan transmitirse y repartirse de nuevo homogéneamente a través de la zona agrietada. Para ser efectivo, se requiere que la grieta sea pasiva, o sea, como se ha apuntado anteriormente, que la causa que la generó no actúe sobre el daño a reparar. Ver Fig. 5-1. (Reparación de grietas y fisuras en muros de ladrillo visto, 2018)

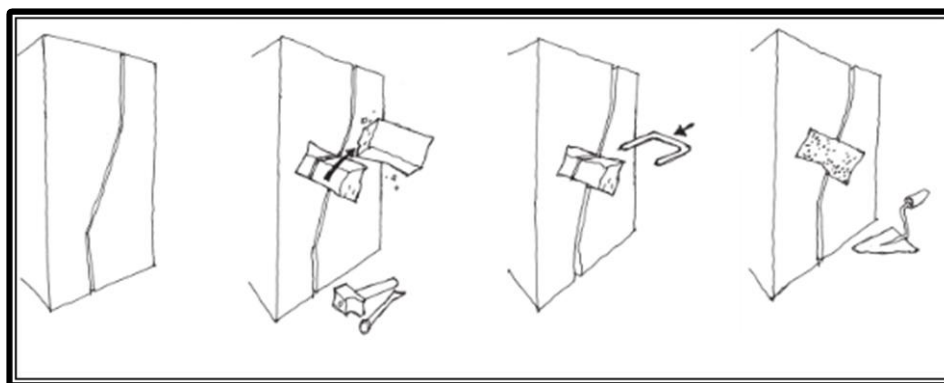


Fig. 5-1. Reforzado de Muro: Técnica Cosido de Grietas.
Fuente: (Reparación de grietas y fisuras en muros de ladrillo visto, 2018)

- Rejuntados

Es un procedimiento de restitución de la resistencia inicial aplicable a los muros de fábrica de piedra o ladrillo que consiste en la recolmatación de las juntas de mortero alteradas por la erosión o los efectos de las raíces de las plantas mediante la introducción por gravedad o infusión de productos de densidad o viscosidad variables, en función de la técnica de ejecución empleada. Ver Fig. 5-2. (Las Técnicas de Rehabilitación: Reforzar las Estructuras, 2018)

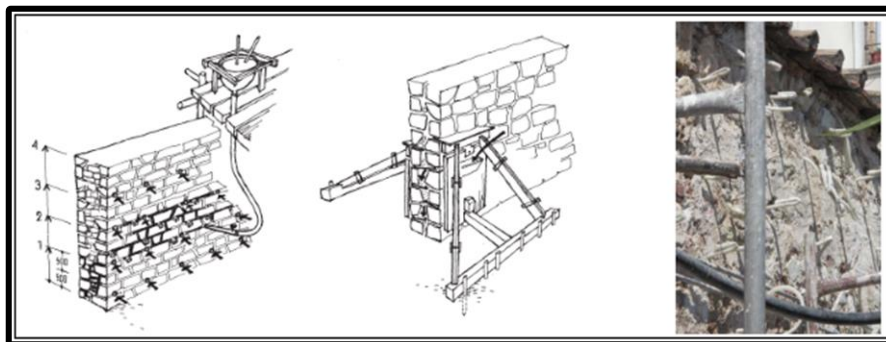


Fig. 5-2. Reforzado de Muro: Técnica Rejuntados.

Fuente: (Las Técnicas de Rehabilitación: Reforzar las Estructuras, 2018)

- Fibra de Carbono

El refuerzo de estructuras de hormigón mediante la adhesión de materiales compuestos de matriz inorgánica basados en filamentos de fibra de carbono, comenzó en la década de los 80 en EE.UU. y Japón, como sistema más viable para la adaptación de las estructuras existentes a los nuevos coeficientes de seguridad estructural establecidos en las recientes normativas de construcción sismorresistente. (Orion Perú, 2018)

Desde estas primeras aplicaciones del carbono en construcción hasta nuestros días, la fibra de carbono como sistema de refuerzo estructural se ha impuesto frente al resto de sistemas tradicionales gracias a su facilidad de instalación. Ver Fig. 5-3.

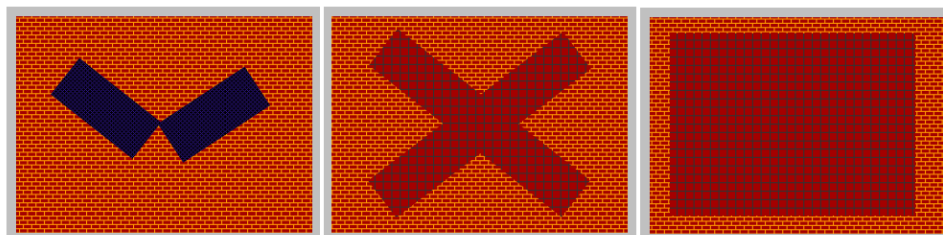


Fig. 5-3. Cruceta con Fibra, Cruceta con Malla, Cubierta total con Malla.

Fuente: (Dr. Ing. Zavala, 2007)

- **Técnica de encamisado.**

La técnica de reforzamiento consiste en cubrir con paneles de malla electrosoldada ambas caras del muro. Para llevar a cabo esta técnica se utilizó malla electrosoldada.

Para encamisar los muros, se cortaron 2 paneles de malla de 2.30mx2.18m (dimensión del muro), y para la instalación de las mallas, se perforó el muro con ayuda de un taladro eléctrico. Los huecos se ubicaron en las juntas de la albañilería. Las mallas se conectaron entre sí con ayuda de ganchos fabricados con alambre #8 que atravesaron al muro por las perforaciones. Las columnas fueron perforadas cada 10cm, teniendo cuidado que estas perforaciones coincidan con la ubicación de las barras horizontales de la malla. Ver Fig 5-4. (Ing. Alferez Martinez & Ing. Quinto Gastiaburú, 2005)



Fig. 5-4. Panel de Malla Instalada

Fuente: (Ing. Alferez Martinez & Ing. Quinto Gastiaburú, 2005)

- **Refuerzo de doble malla de Acero**

Esta técnica de refuerzo con malla de acero, se realizó a muros a escala natural muros se ensayados hasta un límite de reparabilidad (deriva 1/200) con la finalidad de repararlos y ensayarlos nuevamente. La técnica de reforzamiento comprende de la colocación de las mallas en ambas caras del muro. Estas fueron interconectas a través de las perforaciones con alambre #8 (longitud 0.30m) doblado a 90° en los dos extremos y se atortolarán contra

los nudos de las mallas a ambos lados con alambre #16. Los ensayos cíclicos se realizaron en el laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. (SENCICO, 2016)

El procedimiento de reforzamiento con malla presenta varillas de 4.7mm de diámetro espaciadas cada 0.15m (vertical y horizontalmente), además del resane de las columnas y vigas de confinamiento. Ver Fig. 5-5. (SENCICO, 2016)



Fig. 5-5. Mallas de Refuerzo (izq.) y Malla de Refuerzo Colocada en el Muro
Fuente: (SENCICO, 2016)

A nivel nacional la técnica más empleada en el reforzamiento de muros de albañilería es la incorporación de malla electrosoldada. en base a esto:

Se propone la técnica de reforzamiento en una sola cara del muro MBAT- 6, con una malla de acero corrugado de 6mm atortolado en cada uno de las intersecciones, con un mortero de 3cm de espesor denominado MBATR-6. Porque sus materiales a utilizar son comerciales y accesibles en la ciudad de Tacna, en comparación de la técnica de reforzamiento con malla electrosoldada.

Hipótesis específica 1

“El comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor, presenta un comportamiento aceptable en concordancia con la NTE E.030.”

Según la NTE E.070, El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “Sismo Severo” se fija en 0.005, para permitir que el muro sea reparable después del evento sísmico. Experimentalmente ha podido observarse que cuando se aplica a los muros distorsiones angulares mayores que 0.005 (1/200), se pierde la última línea resistente de los muros (armados o confinado), que por lo general son los talones. Una vez que se trituran los talones, el refuerzo vertical patea y la resistencia sísmica degrada notablemente. Ver Fig. 5-6. (Bartolomé, 2005)

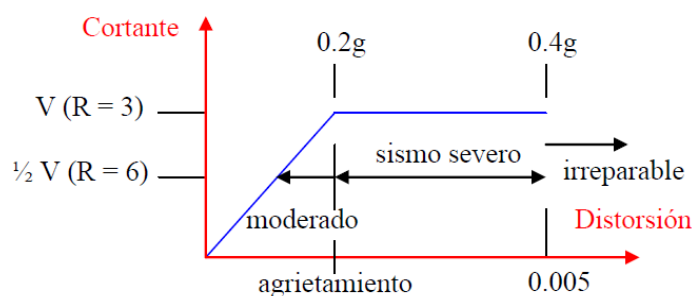


Fig. 5-6. Límite entre el Sismo Moderado y el Severo
Fuente: (Bartolomé, 2005)

En la Fig. 5.7. Se muestra los resultados de las curvas de capacidad del muro MBATR-6. La carga máxima ha mejorado notablemente en comparación con el muro original. A pesar de ello, la NTE E0.30 indica que la distorsión límite permisible es de 0.005 y como se observa en nuestro ensayo el límite de distorsión es menor al valor máximo permisible por la NTE E.030.

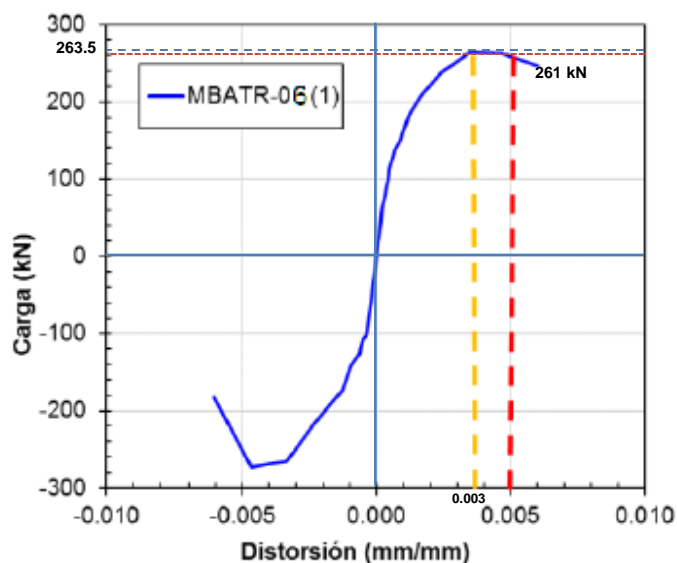


Fig. 5-7. Límite de Distorsión es Menor al Valor Permissible por la NTE E.030.

Sin embargo, la probabilidad de que ocurra un sismo severo durante el tiempo de vida útil de una edificación es baja en comparación con un sismo moderado, en tal sentido nuestra propuesta de reforzamiento está orientado a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado).

Hipótesis específica 2

“El incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga mejora notablemente incrementando su capacidad en un 40%”

La Fig. 5-8. muestran las curvas de capacidad para el muro original MBAT-4, MBAT-5 y MBAT-6 (Sin reforzamiento) y el muro MBATR-6 (Muro reforzado), las cargas máximas han mejorado notablemente en comparación con el muro original. Se observa que la carga máxima se incrementa en un 93% cuando es reparado y que los estados de falla se producen a un mismo nivel de distorsión.

Fig. 5-8. Comparación de la Curva de Capacidad de los Especímenes Originales y el Especímen Reparado.

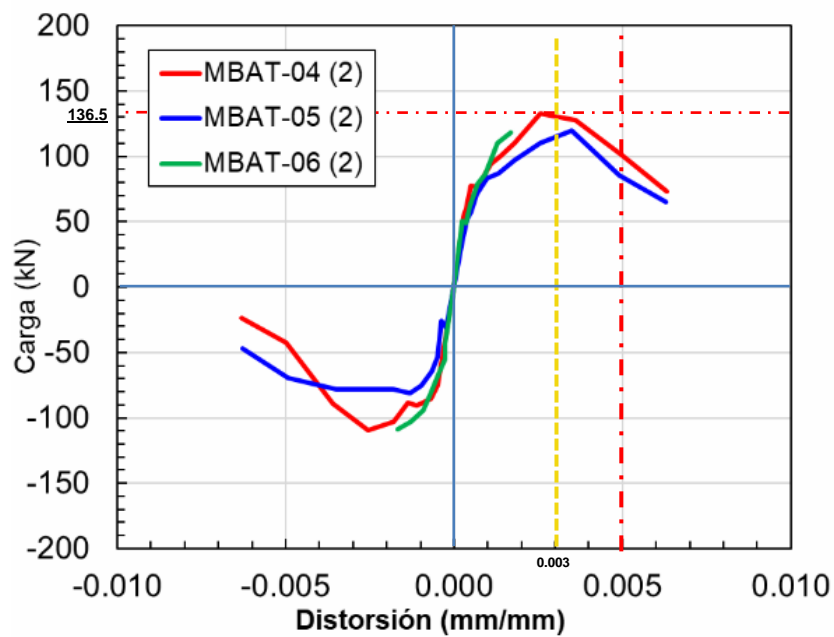


Fig. 5-8 (a) Curva de Capacidad del Especimen Original
Fuerza Lateral vs. Distorsión.

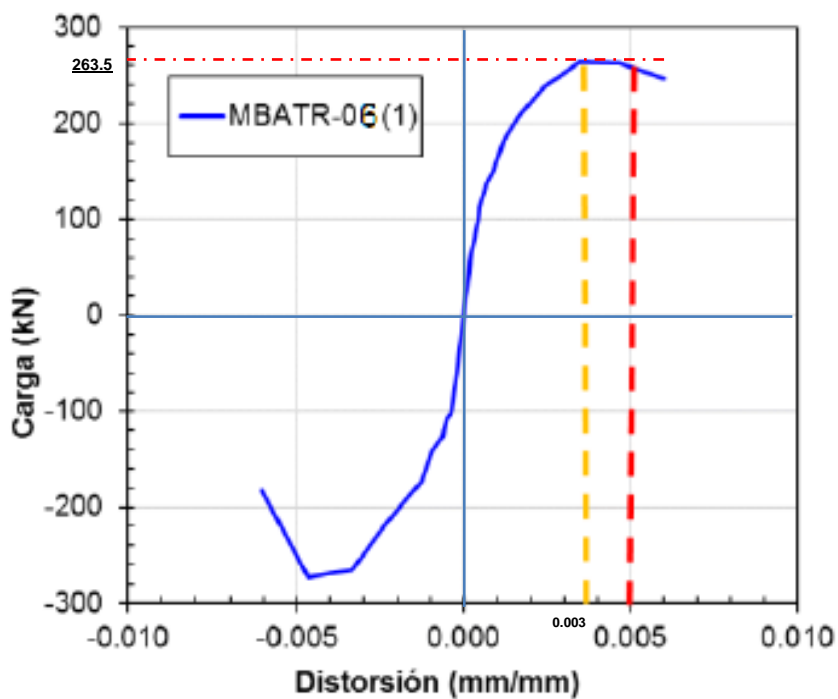


Fig. 5-8 (b) Curva de Capacidad del Especimen Reparado MBATR-6
Fuerza Lateral vs. Distorsión.

Hipótesis específica 3

“De la comparación de los resultados del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor, la capacidad es similar.”

La Figura 5.9. Muestra las curvas de capacidad del muro reforzado con malla electrosoldada MBATR-3 y el muro reforzado con malla de acero corrugado de 6mm tortoleado en cada uno de las intersecciones MBATR-6. De los resultados, podemos indicar que sus cargas máximas promedio MBATR-3 y MBATR-6 no son similares, teniendo como valores, 252 kN para el muro MBATR-3 y 263.5 kN para el muro MBATR-6, y con un límite de distorsión de 0.005 y 0.003 respectivamente

Fig. 5-9. Límite Máxima de Distorsión en el Espécimen MBATR-3 y MBATR-6.

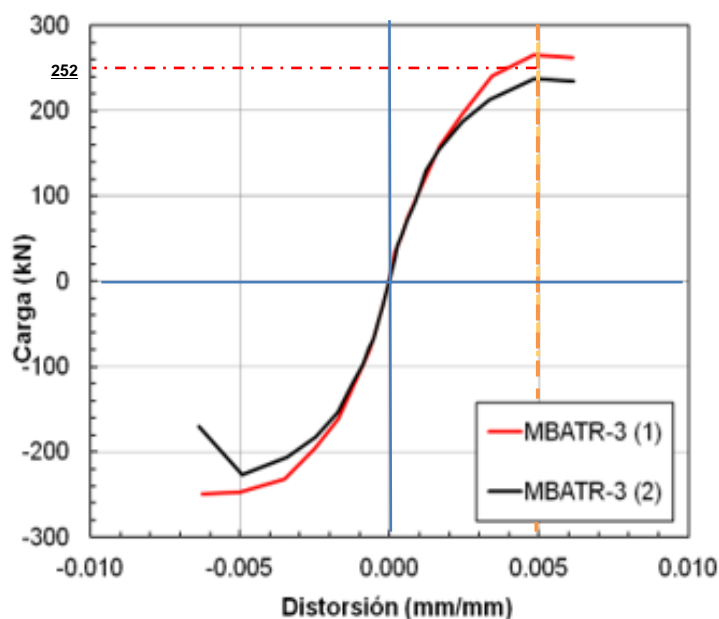


Fig. 5-9 (a) Curva de Capacidad del Espécimen MBATR-3 con Malla Electrosoldada. Fuerza Lateral vs Distorsión.

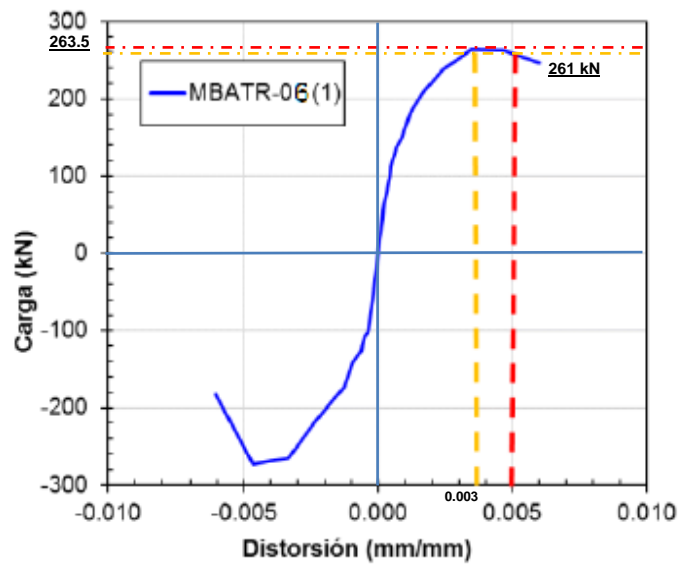


Fig. 5-9 (b) Curva de Capacidad del Espécimen Reparado MBATR-6
Fuerza Lateral vs Distorsión.

CONCLUSIONES

Las conclusiones estarán en base a los objetivos planteados, general y específico:

Conclusión General. –

Esta tesis de investigación propone una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidas con unidad de arcilla “Blocker II” denominado MBATR-6.

La técnica de reforzamiento consiste en la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm, atortolada en cada punto de intersección, en una sola cara del muro, ya que a nivel nacional la técnica más empleada en el reforzamiento de muros de albañilería es la incorporación de malla electrosoldada y mortero. Sin embargo, la mallas electrosoldada no es un material muy comercial en la ciudad de Tacna.

Conclusión 01. –

Según la Norma NTE E.070, El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “Sismo Severo” se fija en un valor de 0.005, esto con la finalidad de permitir que el muro sea reparable después del evento sísmico. De las curvas de capacidad del espécimen MBATR-6, se puede observar que la carga máxima alcanza un valor promedio de 263.5 kN, que sucede a un nivel de distorsión de 0.003, este valor es menor al límite permisible de la NTE E.070 y NTE E.030. En tal sentido, nuestra propuesta de reforzamiento solo está orientado a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos moderados o frecuentes.

Conclusión 02. –

De las curvas de capacidad, para el muro original MBAT-4, MBAT-5 y MBAT-6 (Sin reforzamiento) y el muro MBATR-6 (Muro reforzado), la carga máxima del muro reforzado ha mejorado notablemente, obteniéndose un valor de 263.5KN para el Muro MBATR-6 y un valor promedio de 136.5 para los especímenes originales,

por lo que se puede concluir que la carga máxima del muro reforzado se ha incrementado en un 93% en comparación con los muros originales.

Conclusión 03. –

De la comparación de los resultados del comportamiento sísmico del espécimen MBATR-6 versus el espécimen MBATR-3, podemos observar que el espécimen MBATR-6 presenta una carga máxima promedio de 263.5 kN, y el espécimen MBATR-3 presenta una carga máxima promedio de 252 kN, por lo tanto, podemos concluir que el espécimen MBATR-6 representa un incremento de 4.56% en la capacidad de carga máxima con respecto al espécimen MBATR-3, sin embargo el límite de distorsión del muro MBTR-3 es de 0.005, mientras que en el Muro MBTR-6 solo se llega a un valor de 0.003.

RECOMENDACIONES

En concordancia con las conclusiones hemos planteado las siguientes recomendaciones.

Recomendación General:

Recomendamos a los futuros tesisistas proponer diferentes técnicas de reforzamiento que mejoren el comportamiento sísmico de los muros de albañilería construidos con unidades huecas ya que nos encontramos en una zona de silencio sísmico y la probabilidad de que ocurra un evento sísmico de gran magnitud es bastante alta.

Recomendación 01. –

Se recomienda a futuros tesisistas o investigadores mejorar la técnica propuesta en este estudio, Ya sea reforzando ambas caras del muro, utilizando geomallas o incrementando la resistencia del mortero, ya que en nuestro estudio solo se llegó a un límite de distorsión de 0.003.

Recomendación 02. –

Se recomienda a la población Tacneña utilizar esta propuesta de reforzamiento solo para el caso de eventos sísmicos moderados o frecuentes, ya que durante el tiempo de vida útil de una edificación la probabilidad de que ocurra un evento sísmico severo es baja en comparación con un evento sísmico moderado.

Recomendación 03. –

Recomendamos a la Universidad Privada de Tacna difundir los resultados de la técnica de reforzamiento de muros utilizando mallas electrosoldadas, ya que ha presentado un comportamiento aceptable en comparación con nuestra propuesta.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Acero & Cotrado. (2016). Propuesta de Fórmula Para Determinar la Densidad Mínima de Muros Construidos con Blocker II.
- Acero, Cotrado. (2016). *Albañilería Estructural* (Tercera ed.). Lima, Peru: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Peru.
- Alferez Martinez, K. d., & Quinto Gastiaburú, D. E. (2006). *Reforzamiento Estructural de Muros de Albañilería de Bloques Artesanales de Concreto, Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil*. Pontificia Universidad Católica del Peru, Lima.
- BARTOLOME, A. S. (1994). *CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA - Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-*. PERÚ: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bartolomé, I. Á. (2005). *COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA (Capítulos 1 a 10)*. Perú.
- Bonilla Mancilla, D. E. (2006). *Factores de Correccion de la Resistencia en Compresion de Prismas de Albañilería por Efectos de Esbeltez* . Tesis para optar el titulo de Ingeniero Civil, Pontifica Universidad Católica del Peru, Lima, Lima.
- Chunga Contreras, C. (Agosto de 2001). "Desarrollo de Software para el Control de Actuadores en Linea en Ensayos de Estructuras a Escala Natural". *Para Obtar el Título Profesional*. Perú.
- D. Cotrado; J. Acero; D. Romero; C. Vasquez; CISMID. (ENERO de 2017). ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE MURO CON REFORZAMIENTO Y SU COMPARACIÓN CON MUROS SIN REFORZAMIENTO A ESCALA NATURAL - ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II. LIMA, PERÚ.
- D. Cotrado; J. Acero; G. Medina; S. Siña; Y. Atencio; Y. Medina; W. Paco; J. Leonel; A. Chambilla; - CISMID. (AGOSTO de 2017). ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II. *CISMID*. LIMA, PERÚ.
- Dr. Ing. Zavala, C. (2007). Técnica de Reforzamiento en Muros de Mampostería - CISMID. Lima, Perú.
- Ing. Alferez Martinez, k. d., & Ing. Quinto Gastiaburú, D. E. (2005). REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE MUROS DE ALBAÑILERÍA DE BLOQUES ARTESANALES DE CONCRETO. Lima, Perú.

INSTITUTO GEOFISICO DEL PERÚ - IGP. (29 de MAYO de 2018). Obtenido de <http://scts.igp.gob.pe/unidad-sismologia/mapa-sismico>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2008). *Perfil Socio Demografico del Peru* (Segunda edición ed.). Lima.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). *Sistema de Consulta de Principales Indicadores Demográficos, Sociales y Económicos*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2009, de <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/IndDem/>

Ladrillos Maxx. (29 de MAYO de 2018). Obtenido de <http://www.ladrillosmaxx.com/>

Las Técnicas de Rehabilitación: Reforzar las Estructuras. (31 de MAYO de 2018). Obtenido de http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici/ES/2a%20Parte.%20Herramienta%208.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (05 de Mayo de 2006). Aprueban 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones. *Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA*. Lima.

Miranda, Gallegos. (2002). FALLA EN MURO DE ALBAÑILERIA CONFINADA. *TESIS*. TACNA, PERU.

Orion Perú. (31 de MAYO de 2018). Obtenido de Fibra de Carbono: http://oriongrupo.pe/?productos=refuerzos-con-composites&gclid=EAIaIQobChMI_Ob10_yw2wIVwsPhCh0lwAz8EAEYASA AEgKmc_D_BwE

PACO PACCO, W. F., & LEONEL LABRA, J. M. (Diciembre de 2017). "ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA NATURAL CON LADRILLO BLOCKER II – ESPÉCIMEN MBAT-04". *Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil*. TACNA, TACNA, PERÚ.

Páez Moreno, D. F., Parra Rojas, S. X., & Montaña Gutierrez, C. A. (2009). "ALTERNATIVA ESTRUCTURAL DE REFUERZO HORIZONTAL EN MURO DE MAMPOSTERIA". *Ingenierias Universidad de Medellín*, 53-54.

Reparación de grietas y fisuras en muros de ladrillo visto. (31 de MAYO de 2018). Obtenido de <https://reformacoruna.com/rehabilitar-fachada-ladrillo-visto/>

RNE, R. N. (2006). NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERIA. *RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA*. PERÚ.

SENCICO. (2016). *Servicio de Ensayos Estructurales para Determinar el Comportamiento Sísmico de Muros de Albañilería Confinada*. Lima.

Tarqui Mamani, H. V., & Copaja Quispe, N. W. (2007). *Modulo de Elasticidad en las Unidades Típicas de Albañilería del distrito de Ciudad Nueva del*

departamento de Tacna, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

Torres, D. (2009). *slideshare.net*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2009, de <http://www.slideshare.net/dtorres/propiedades-elsticas-de-slidos-presentation>

Zavala, D. I. (31 de MAYO de 2018). *TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO EN MUROS DE MAMPOSTERÍA - CISMID*. Obtenido de <http://www.cismid-uni.org/publicaciones/download/2-publicaciones/68-tecnicas-de-reforzamiento-en-muros-de-mamposteria>

ANEXO

ANEXO

Mapa Sísmico del Perú

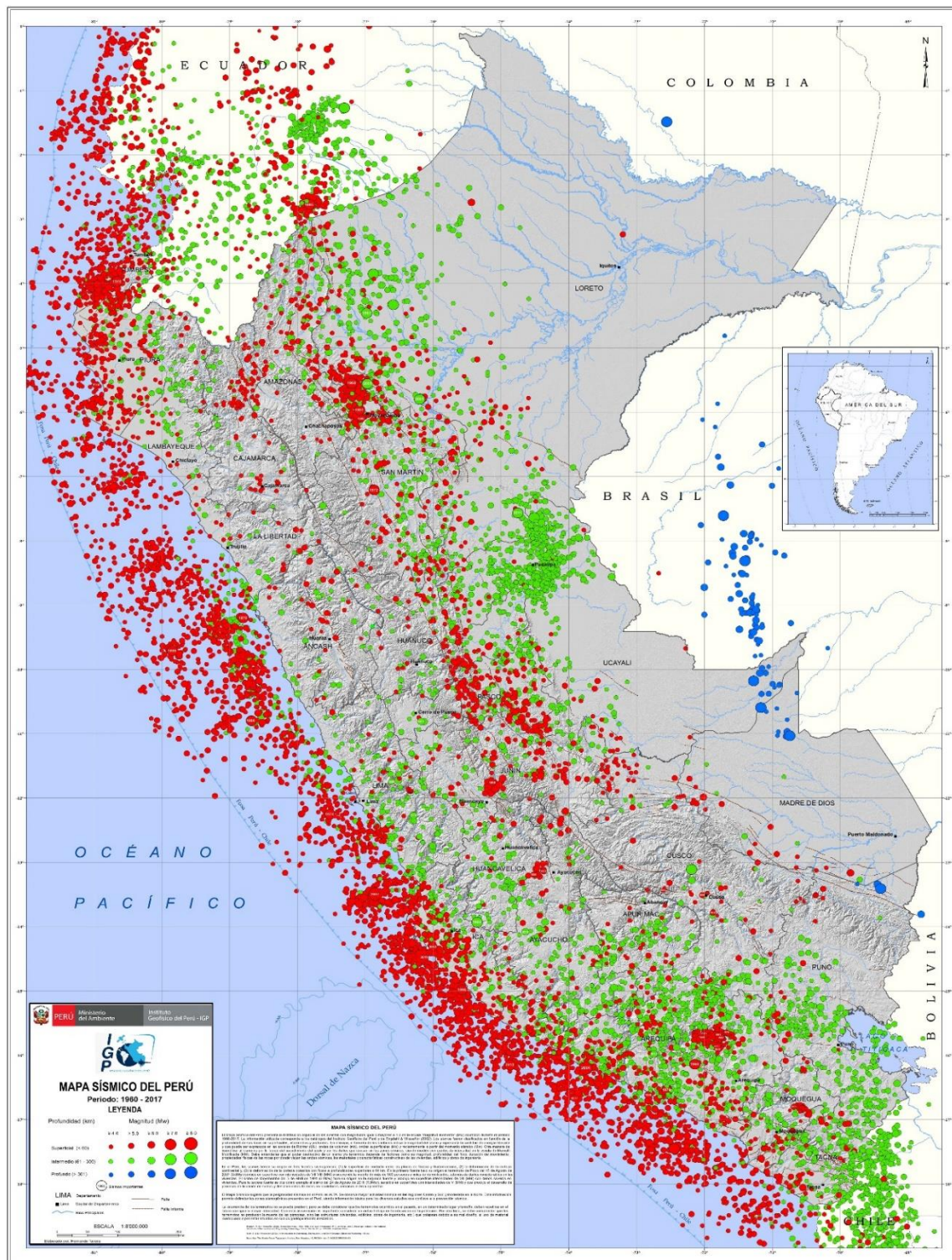


Fig. 1. Periodo: 1960 – 2017 – Instituto Geofísico del Perú (IGP).
(INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ - IGP, 2018)

Matriz de Consistencia I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOS
<p>Problema General</p> <p>• ¿Qué técnica de reforzamiento estructural se puede proponer para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II?</p> <p>Problema Específicos</p> <p>• ¿Cuál es el comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor?</p> <p>• ¿Cuál es el incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga?</p> <p>• ¿Cuál es la comparación del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor?</p>	<p>hipótesis General</p> <p>Se puede proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II, mediante la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.</p> <p>Hipótesis específica 1</p> <p>El comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor presenta un comportamiento aceptable en concordancia con la NTE E.030.</p> <p>Hipótesis específica 2</p> <p>El incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga mejora notablemente incrementando su capacidad en un 40%.</p> <p>Hipótesis específica 3</p> <p>De la comparación de los resultados del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor, la capacidad es similar.</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II.</p> <p>Objetivo Específicos</p> <p>Determinar el comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.</p> <p>Determinar el incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga.</p> <p>Realizar una comparación del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL</p> <p>Variable independiente</p> <p>MURO DE ALBAÑILERÍA CONSTRUIDO CON UNIDAD DE ARCILLA BLOCKER II</p>	<p>Límite de distorsión del muro original 0.0018.</p> <p>Límite de Distorsión máxima NTE E.030 0.005</p> <p>Solida o Maciza, Hueca, Alveolar, o Tubular.</p>	<p>Procedimiento de ensayo de carga cíclica según FEMA 461 “Interim Testing Protocols for Determining the Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components”</p> <p>Este procedimiento de ensayo a carga lateral cíclica, abarca el comportamiento elástico e inelástico del espécimen, con un número de ciclos que permite que la curva de carga y descarga versus desplazamiento lateral superior muestre un lazo histerético estable. A partir de la envolvente de los lazos histeréticos, se grafica la curva de carga versus desplazamiento, en la cual se puede identificar el punto correspondiente a uno de los siguientes estados:</p>

Matriz de Consistencia II

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	CONCLUSIÓN	RECOMENDACIÓN
<p>Problema General.</p> <p>• ¿Qué técnica de reforzamiento estructural se puede proponer para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II?</p> <p>Problema Específicos</p> <p>• ¿Cuál es el comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor?</p> <p>• ¿Cuál es el incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga?</p> <p>• ¿Cuál es la comparación del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor?</p>	<p>Objetivo General.</p> <p>Proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II.</p> <p>Objetivo Específicos</p> <p>Determinar el comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.</p> <p>Determinar el incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga.</p> <p>Realizar una comparación del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor.</p>	<p>hipótesis General.</p> <p>Se puede proponer una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con la unidad de arcilla Blocker II, mediante la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor.</p> <p>Hipótesis específica 1</p> <p>El comportamiento sísmico del muro de albañilería construido con la unidad de arcilla blocker II reforzado con malla de acero corrugado de 6mm y cubierto con mortero de 3cm de espesor presenta un comportamiento aceptable en concordancia con la NTE E.030.</p> <p>Hipótesis específica 2</p> <p>El incremento de rigidez y resistencia del muro reforzado en comparación con un muro sin reforzamiento sometido a una misma condición de carga mejora notablemente incrementando su capacidad en un 40%.</p> <p>Hipótesis específica 3</p> <p>De la comparación de los resultados del comportamiento sísmico de un muro reforzado con malla electrosoldada versus nuestra propuesta de reforzamiento con malla atortolada de acero corrugado de 6mm y cubierto ambos con mortero de 3cm de espesor, la capacidad es similar.</p>	<p>Conclusión.</p> <p>Esta tesis de investigación propone una técnica de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidas con unidad de arcilla “Blocker II” denominado MBATR-6.</p> <p>La técnica de reforzamiento consiste en la incorporación de una malla de acero corrugado de 6mm, atortolada en cada punto de intersección, en una sola cara del muro, ya que a nivel nacional la técnica más empleada en el reforzamiento de muros de albañilería es la incorporación de malla electrosoldada y mortero. Sin embargo, la mallas electrosoldada no es un material muy comercial en la ciudad de Tacna.</p> <p>Conclusión 01. -</p> <p>Según la Norma NTE E.070, El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “Sismo Severo” se fija en un valor de 0.005, esto con la finalidad de permitir que el muro sea reparable después del evento sísmico. De las curvas de capacidad del espécimen MBATR-6, se puede observar que la carga máxima alcanza un valor promedio de 263.5 kN, que sucede a un nivel de distorsión de 0.003, este valor es menor al límite permisible de la NTE E.070 y NTE E.030. En tal sentido, nuestra propuesta de reforzamiento solo está orientado a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos moderados o frecuentes.</p> <p>Conclusión 02. -</p> <p>De las curvas de capacidad, para el muro original MBAT-4, MBAT-5 y MBAT-6 (Sin reforzamiento) y el muro MBATR-6 (Muro reforzado), la carga máxima del muro reforzado ha mejorado notablemente, obteniéndose un valor de 263.5KN para el Muro MBATR-6 y un valor promedio de 136.5 para los especímenes originales, por lo que se puede concluir que la carga máxima del muro reforzado se ha incrementado en un 93% en comparación con los muros originales.</p> <p>Conclusión 03. -</p> <p>De la comparación de los resultados del comportamiento sísmico del espécimen MBATR-6 versus el espécimen MBATR-3, podemos observar que el espécimen MBATR-6 presenta una carga máxima promedio de 263.5 kN, y el espécimen MBATR-3 presenta una carga máxima promedio de 252 kN, por lo tanto, podemos concluir que el espécimen MBATR-6 representa un incremento de 4.56% en la capacidad de carga máxima con respecto al espécimen MBATR-3, sin embargo el límite de distorsión del muro MBTR-3 es de 0.005, mientras que en el Muro MBTR-6 solo se llega a un valor de 0.003.</p>	<p>Recomendación.</p> <p>Recomendamos a los futuros tesisas proponer diferentes técnicas de reforzamiento que mejoren el comportamiento sísmico de los muros de albañilería construidos con unidades huecas ya que nos encontramos en una zona de silencio sísmico y la probabilidad de que ocurra un evento sísmico de gran magnitud es bastante alta.</p> <p>Recomendación 01. -</p> <p>Se recomienda a futuros tesisas o investigadores mejorar la técnica propuesta en este estudio, Ya sea reforzando ambas caras del muro, utilizando geomallas o incrementando la resistencia del mortero, ya que en nuestro estudio solo se llegó a un límite de distorsión de 0.003.</p> <p>Recomendación 02. -</p> <p>Se recomienda a la población Tacneña utilizar esta propuesta de reforzamiento solo para el caso de eventos sísmicos moderados o frecuentes, ya que durante el tiempo de vida útil de una edificación la probabilidad de que ocurra un evento sísmico severo es baja en comparación con un evento sísmico moderado.</p> <p>Recomendación 03. -</p> <p>Recomendamos a la Universidad Privada de Tacna difundir los resultados de la técnica de reforzamiento de muros utilizando mallas electrosoldadas, ya que ha presentado un comportamiento aceptable en comparación con nuestra propuesta.</p>

ESPECIMEN MBAT-6

Fotografía – Mapeo de Grietas

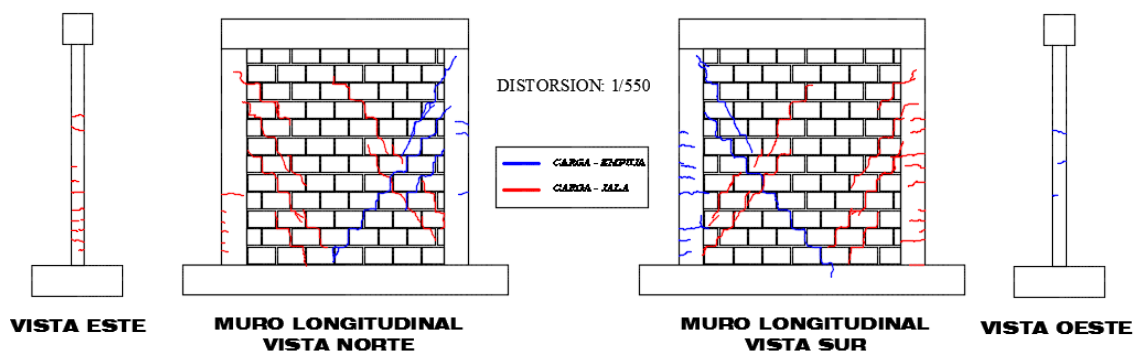
DISTORSIÓN 1/550 – MBAT-6



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



Vista cara Norte:

Grietas en el mortero y el ladrillo para una distorsión de 1/550.

Vista cara Sur:

Aparición de grieta en la base y en el mortero y el ladrillo para una distorsión de 1/550.

COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL MURO MBATR-6

Fotografía – Mapeo de Grietas

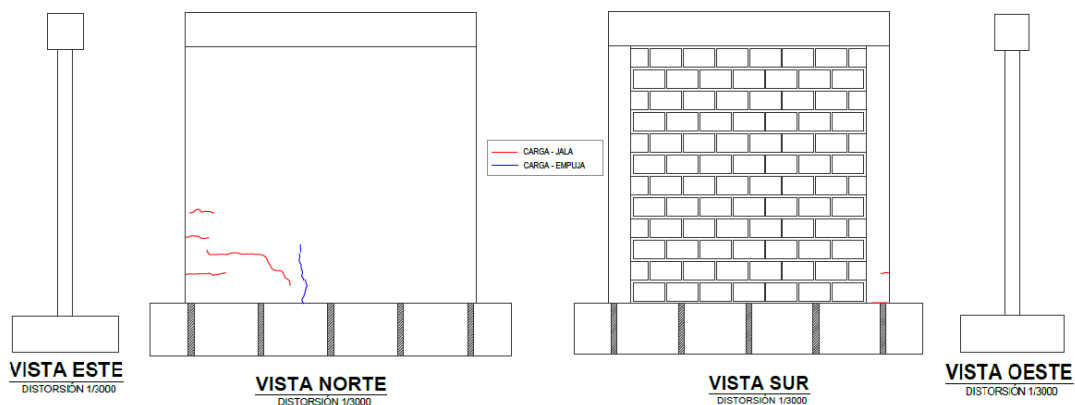
DISTORSIÓN 1/3000



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



Vista cara Norte:

Primeras grietas horizontales en la parte inferior de la columna para una distorsión 1/3000.

Vista cara Sur:

Primeras grietas horizontales en la parte inferior de la columna para una distorsión 1/3000.

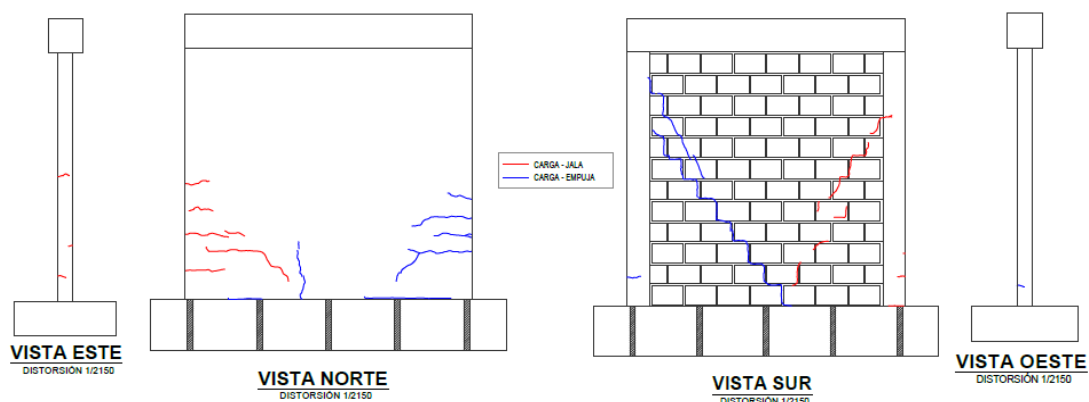
DISTORSIÓN 1/2150



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



Vista cara Norte:

Nuevas grietas horizontales a la altura de las columnas para una distorsión 1/2150.

Vista cara Sur:

Primeras grietas diagonales en la parte extrema del muro para una distorsión 1/2150.

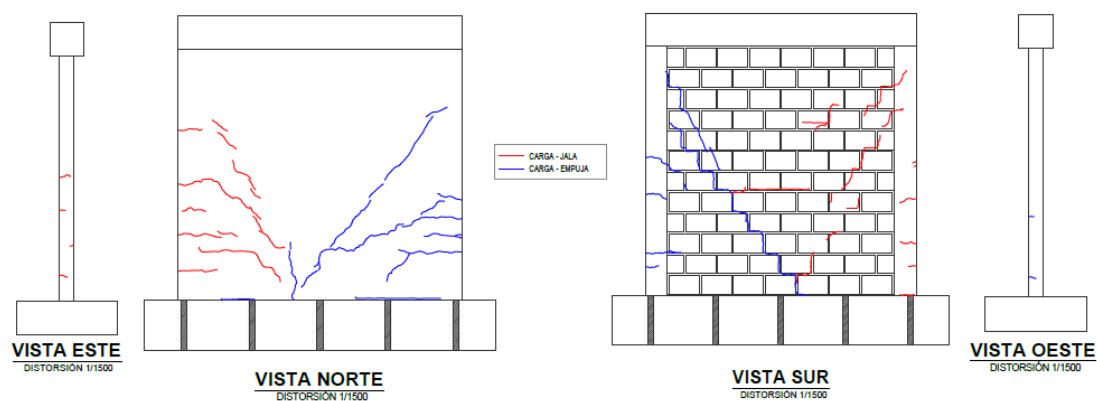
DISTORSIÓN 1/1500



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



Vista cara Sur:

Continuación de grietas diagonales en el muro para una distorsión 1/1500.

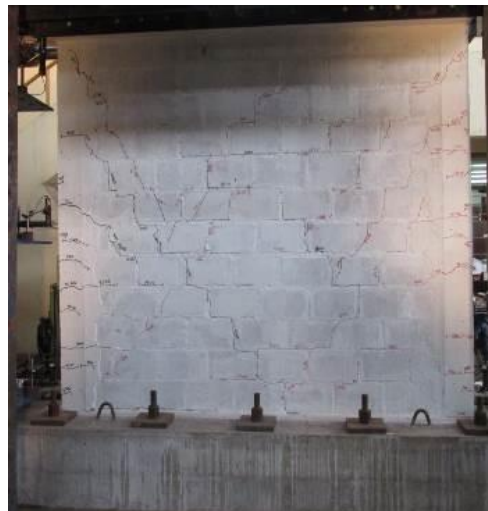
Vista cara Norte:

Primeras grietas diagonales en la cara norte para una distorsión 1/1500.

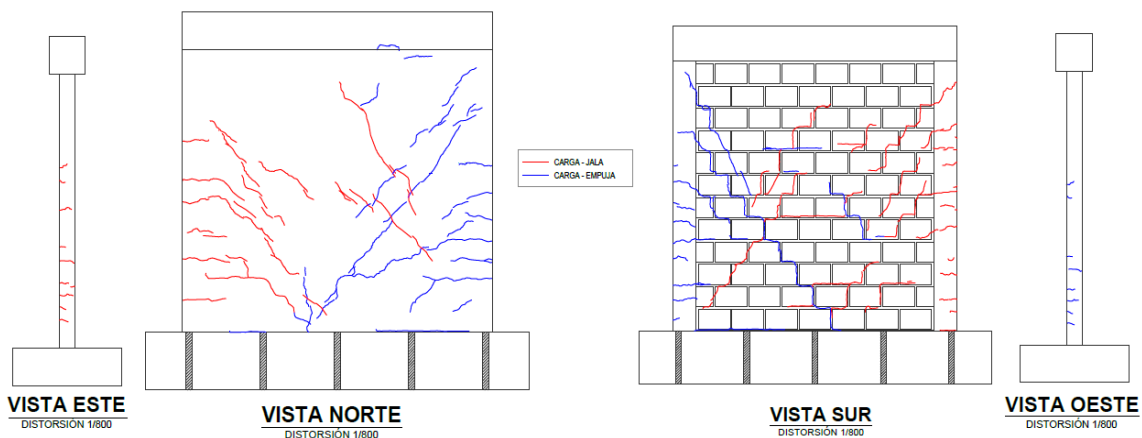
DISTORSIÓN 1/800



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



Vista cara Norte:

Nuevas grietas diagonales paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/800.

Vista cara Sur:

Continuación de grietas diagonales en la parte inferior del muro para una distorsión 1/800.

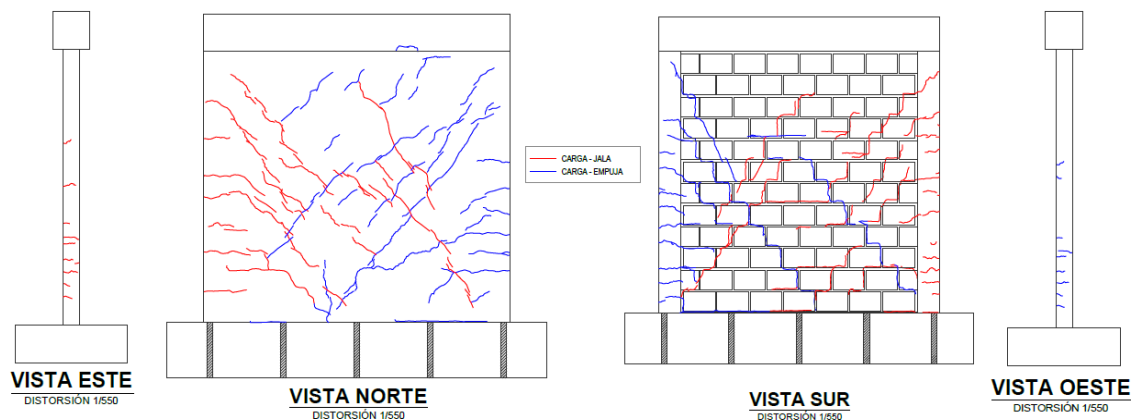
DISTORSIÓN 1/550



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



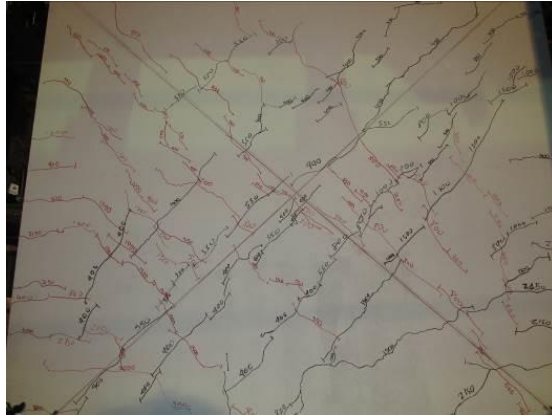
Vista cara Norte:

Continuación y nuevas grietas diagonales paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/550.

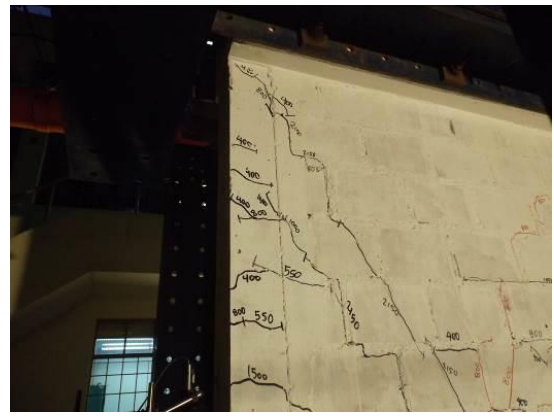
Vista cara Sur:

Nuevas grietas horizontales en la base del muro y en columnas para una distorsión 1/550.

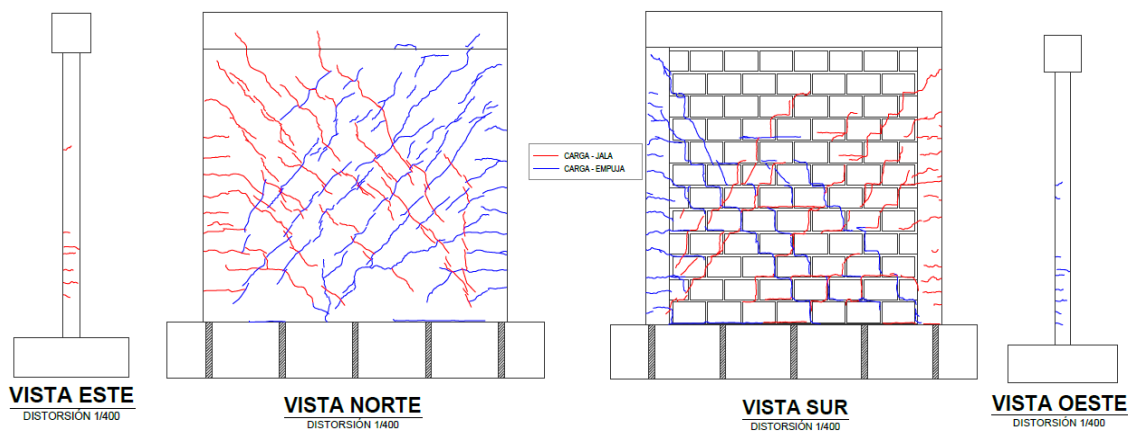
DISTORSIÓN 1/400



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



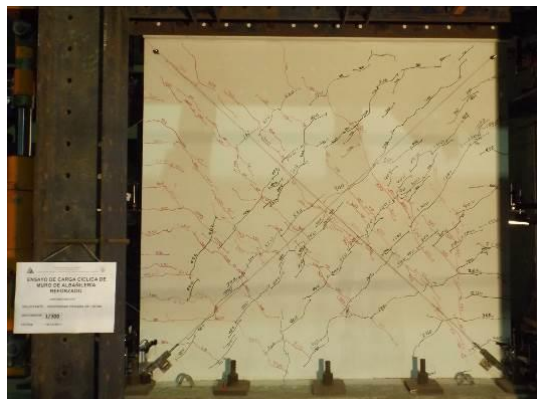
Vista cara Norte:

Continuación y nuevas grietas diagonales paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/400.

Vista cara Sur:

Nuevas grietas horizontales en la columna para una distorsión 1/400.

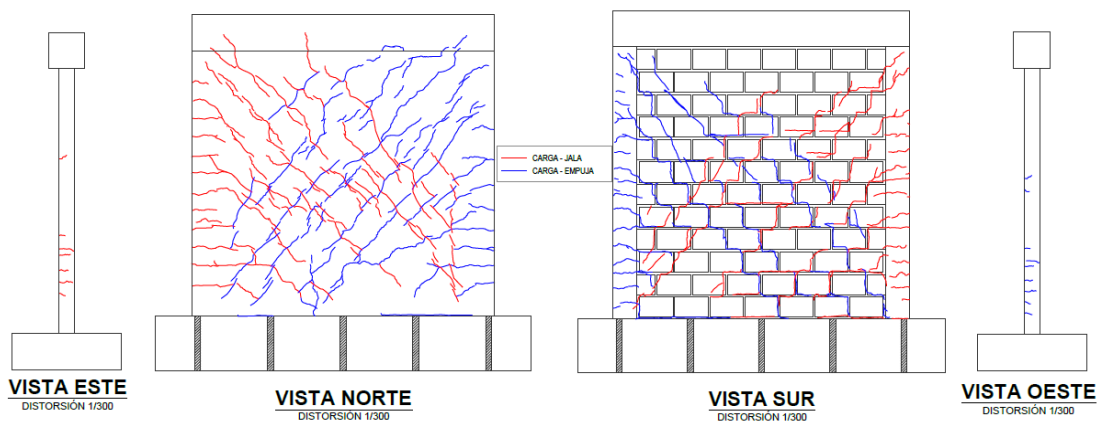
DISTORSIÓN 1/300



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



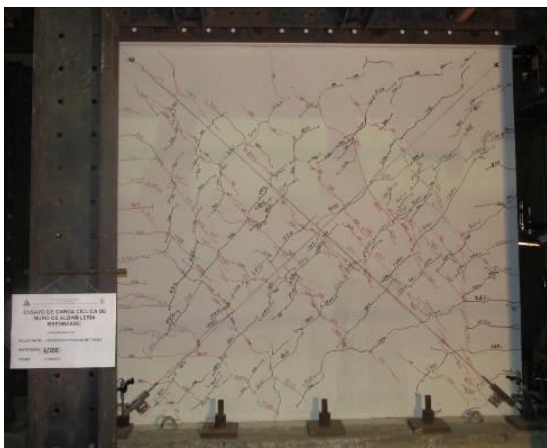
Vista cara Norte:

Continuación de grietas diagonales hacia la esquina superior del muro y paralelo a las grietas diagonales para una distorsión 1/300.

Vista cara Sur:

Continuación de grietas diagonales hacia la esquina superior del muro para la distorsión 1/300.

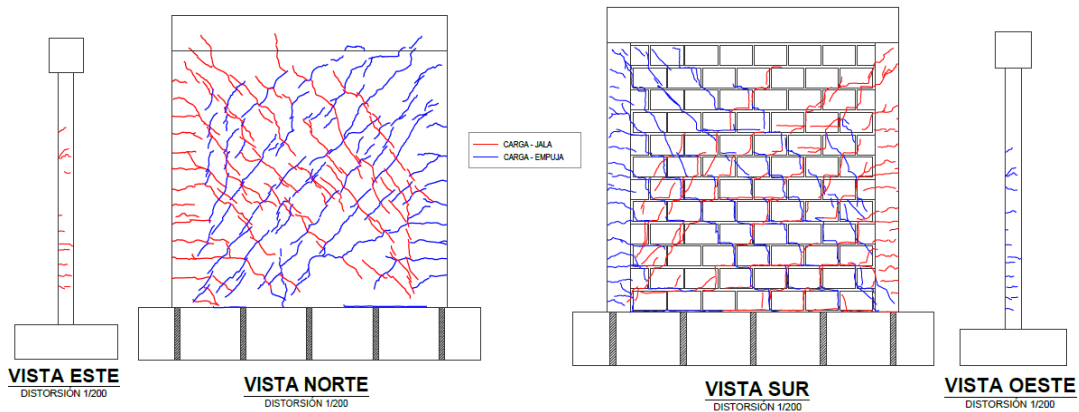
DISTORSIÓN 1/200



Vista cara Norte.



Vista cara Sur.



Vista cara Norte:

Grietas semi verticales por la zona de confinamiento entre la columna y el muro de albañilería y continuación de grietas diagonales en el muro para una distorsión 1/200.

Vista cara Sur:

Continuación de grietas paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/200.

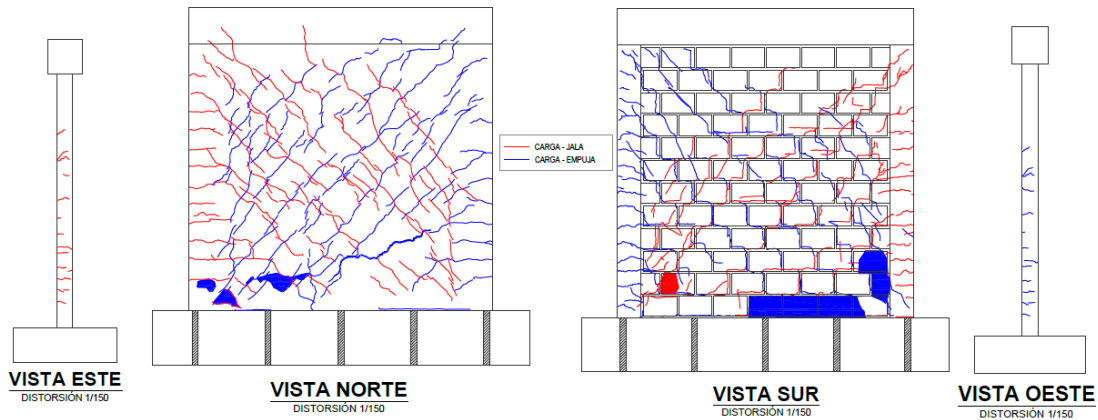
DISTORSIÓN 1/150



Vista cara Norte.



Vista cara Sur



Vista cara Norte:

Grieta horizontal en la base del muro y desprendimiento de mortero para la distorsión 1/150.

Vista cara Sur:

Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior del muro para la distorsión 1/150.

PANEL FOTOGRÁFICO

Visita al Laboratorio



Foto. 6-1. Ingreso al Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).



Foto. 6-2. Espécimen MBATR-6 Preparado para Empezar con el Ensayo.



Foto. 6-3 Personal de Laboratorio de CISMID Realizando el Ensayo del Espécimen MBATR-6.

**INFORME: “ENSAYO DE CARGA
CÍCLICA DE UN MURO REPARADO A
ESCALA NATURAL” (CISMID)**



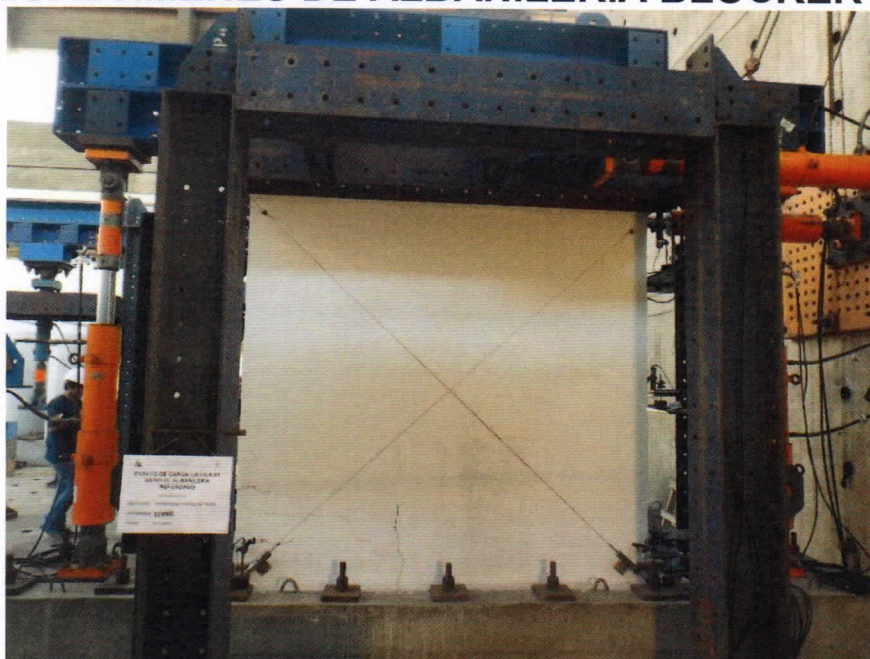
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas
y Mitigación de Desastres
Laboratorio de Estructuras



ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO REPARADO A ESCALA NATURAL

ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II



Elaborado por:
Laboratorio de Estructuras

Responsables:
Dr. Ing. Carlos Zavala Toledo
Dr. Ing. Miguel Díaz Figueroa
Msc. Ing. Erika Nora Flores Terreros

Lima – Perú – Mayo de 2018





CONTENIDO

CONTENIDO	1
LISTA DE FIGURAS	2
1. ANTECEDENTES	3
2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	3
2.1. Descripción del mecano de carga	3
2.2. Sistema de aplicación de carga.....	4
2.3. Sistema de adquisición de datos	5
2.4. Protocolo de desplazamientos	6
3. ESPÉCIMEN	8
4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	9
5. CONCLUSIONES.....	15
Panel fotográfico	16
MBATR-06.....	16
Mapeo de grietas	19
MBATR-06.....	19





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista en planta del aparato de carga.....	4
Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico (Vista Elevación).....	5
Figura 3. Sistema de adquisición.....	6
Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo.....	7
Figura 5. Espécimen Reforzado. Unidades: m.....	8
Figura 6. Curva histerética del espécimen MBATR-6.....	9
Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBATR-6.....	10
Figura 8. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	11
Figura 9. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo.....	11
Figura 10. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	12
Figura 11. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo	12
Figura 12. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	13
Figura 13. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo	13
Figura 14. Comparación de la curva de capacidad del los especímenes originales y el espécimen reparado	14





ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MUROS REPARADO A ESCALA NATURAL

ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II

1. ANTECEDENTES

A solicitud de la Ingeniera Dina Cotrado, docente de la Universidad Privada de Tacna, efectuada vía correo electrónico, se elaboró una propuesta técnico económica para la realización de un ensayo cíclico de un muro de albañilería con unidades blocker II reparado, que inicialmente fue llevado hasta un estado de reparabilidad (MBAT-6), que fue enviada por el Laboratorio de Estructuras de CISMID.

El presente informe muestra los resultados experimentales correspondientes al ensayo cíclico de un muro de albañilería con unidades blocker II reforzado con una malla atortolada en una sola cara.

2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El ensayo estático cíclico a escala natural se realiza con el propósito de conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería con unidades tipo blocker II reparado, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.

2.1. Descripción del mecano de carga

Para la realización de este ensayo debe emplearse perfiles de acero que rodea al espécimen a manera de pórtico de reacción. En uno de los extremos del espécimen se ubica el sistema de aplicación de carga conformado por gatas hidráulicas, un sistema de medición conformado por celdas de carga y LVDTs, como se muestra en la Figura 1. Adicionalmente, se emplean gatas hidráulicas verticales, que mantendrán una carga constante, apoyando uno de sus extremos sobre la losa de reacción, mientras que las gatas hidráulicas horizontales, que aplicarán la carga cíclica lateral, apoyarán uno de los extremos sobre el muro de reacción.



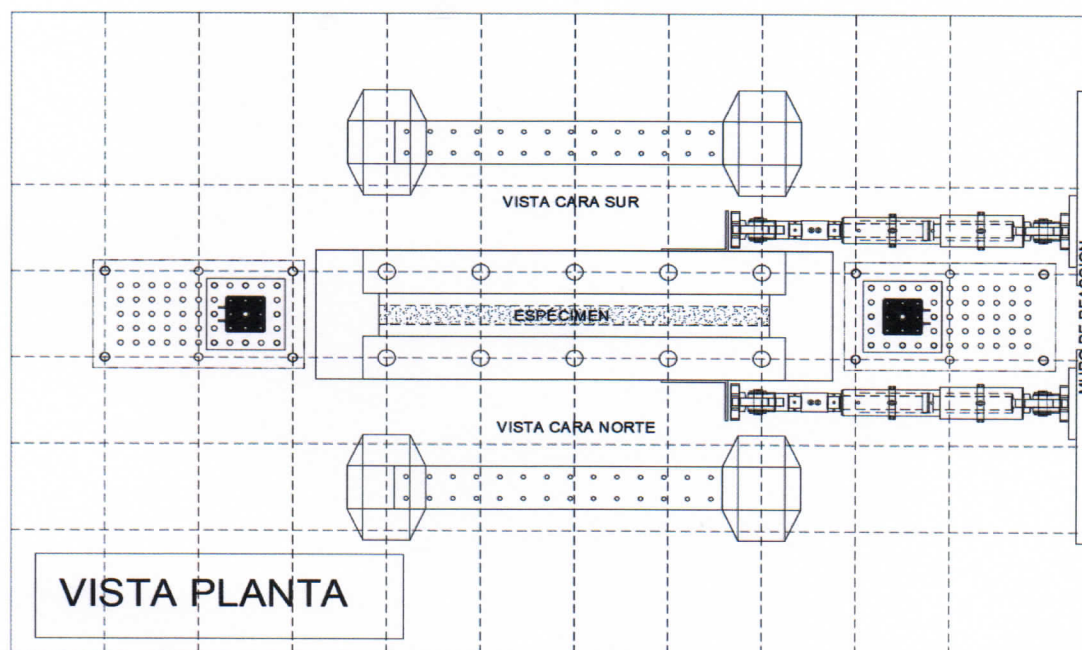


Figura 1. Vista en planta del aparato de carga

2.2. Sistema de aplicación de carga

El sistema de aplicación de la carga consiste en cuatro gatas hidráulicas estáticas; cada una tiene una capacidad de aplicación de carga de 500 kN con una amplitud del émbolo (stroke) de +/- 250mm. Dos de estas gatas hidráulicas serán las responsables de la aplicación de la carga horizontal cíclica lateral, mientras las otras dos gatas hidráulicas serán las que mantengan una carga axial que simule la presencia de carga de pisos superiores sobre el muro de mampostería. Durante el desarrollo del ensayo, la carga axial es aplicada por las dos gatas hidráulicas verticales manteniéndole constante en 100 kN. La carga axial es aplicada con las dos gatas hidráulicas, bajo control de carga, que se distribuye uniformemente al muro mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen. Ver Figura 2.

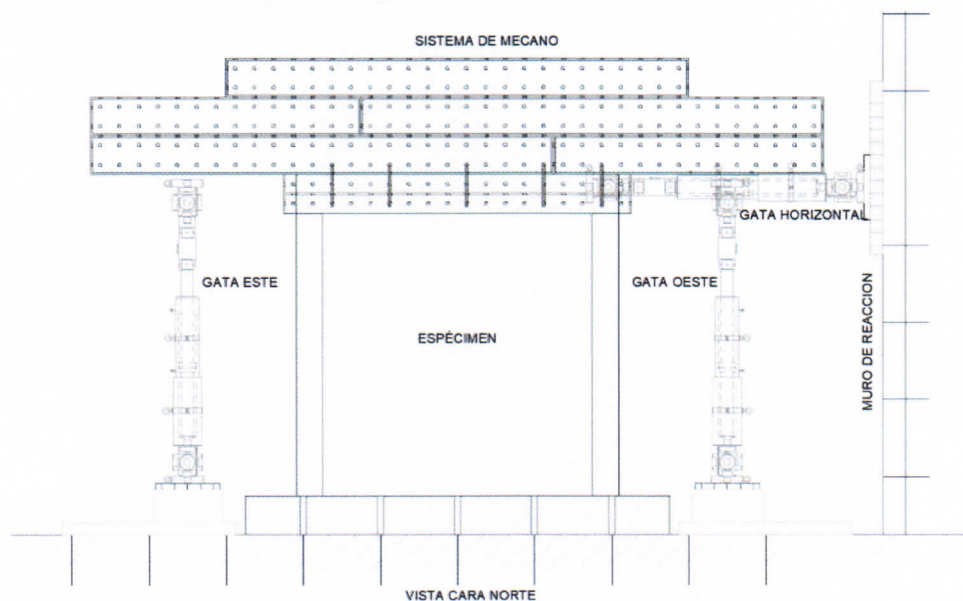


Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico (Vista Elevación)

2.3. Sistema de adquisición de datos

La instrumentación consta de 22 canales para la adquisición de los datos. La Figura 3 muestra la instrumentación del espécimen. Los canales CH-00 y CH-01 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas horizontales, CH-02 y CH-03 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas verticales, y del CH-04 al CH-22 corresponden a los transductores de desplazamiento. Para el control del desplazamiento de las gatas hidráulicas se utilizará un transductor de desplazamiento monitor (CH-04) como se muestra en la Figura 3.

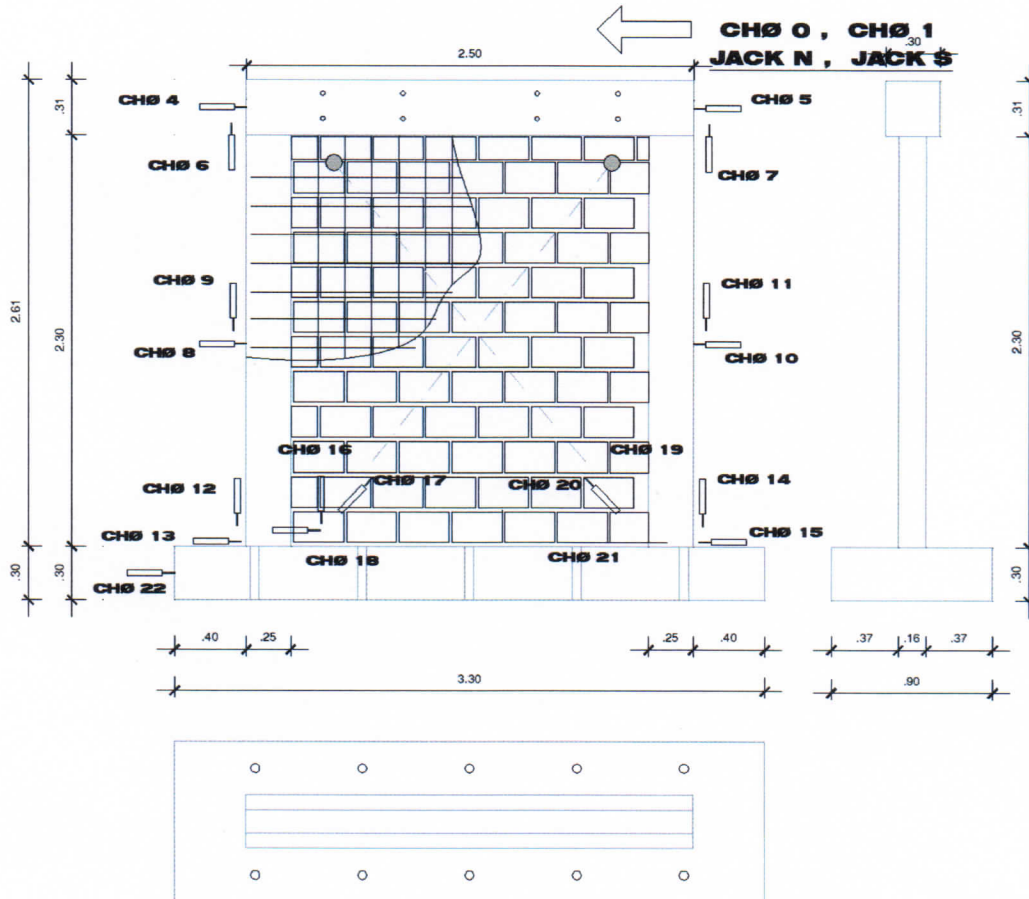


Figura 3. Sistema de adquisición

2.4. Protocolo de desplazamientos

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura 4, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

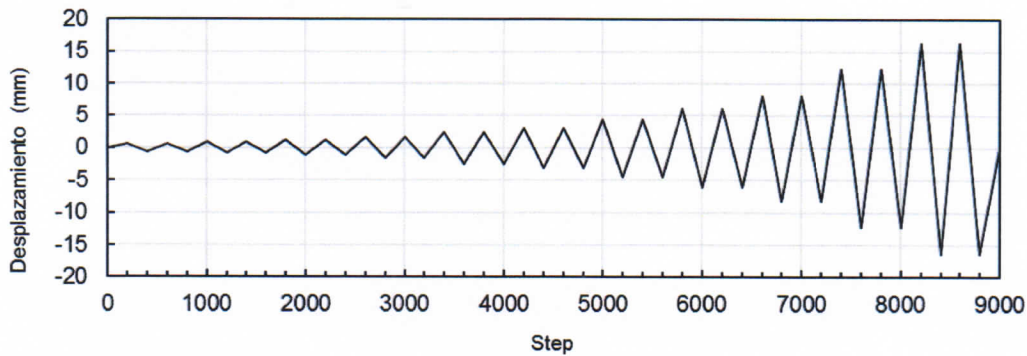


Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo

La Tabla 1 muestra el desplazamiento objetivo para el control de desplazamiento por ciclo. Con la finalidad de tener una curva de histéresis más estable, la amplitud objetivo es aplicada en dos ciclos consecutivos. En el presente documento, el ciclo donde se alcanza por primera vez el desplazamiento objetivo se denomina primer ciclo, mientras que a su repetición se denomina segundo ciclo.

Tabla 1. Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distorsión objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1500	1/1000	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200	1/150

3. ESPÉCIMEN

El espécimen es un muro de albañilería con unidades tipo blocker II reparado, el cual ha sido reforzado con malla atortolada en una cara. La geometría del espécimen es de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.16 m de espesor. La base del muro de cimentación es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.45 m de altura. Este espécimen se denomina MBATR-6 y se obtuvo como producto de la reparación del muro MBAT-6 que se llevó hasta una distorsión de 1/550.

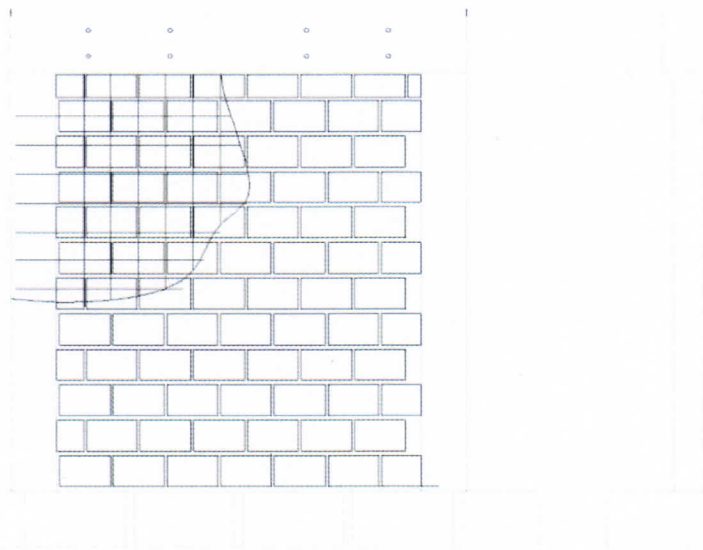


Figura 5. Especimen Reforzado. Unidades: m

4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Conforme al protocolo de desplazamiento, indicado anteriormente, se llevó a cabo el ensayo estático cíclico. La Figura 6, muestran la relación entre el desplazamiento y la carga aplicada, mediante la curva de histéresis, del espécimen MBATR-6, respectivamente.

El espécimen MBATR-6 se llevo hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).

El espécimen MBATR-6 fue ensayado anteriormente con el nombre de MBAT-6 hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.

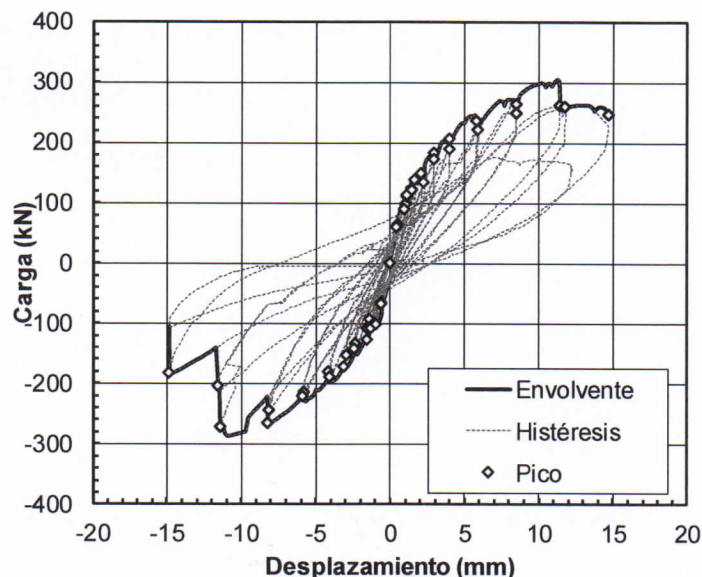


Figura 6. Curva histerética del espécimen MBATR-6

La Figura 7 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBATR-6, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

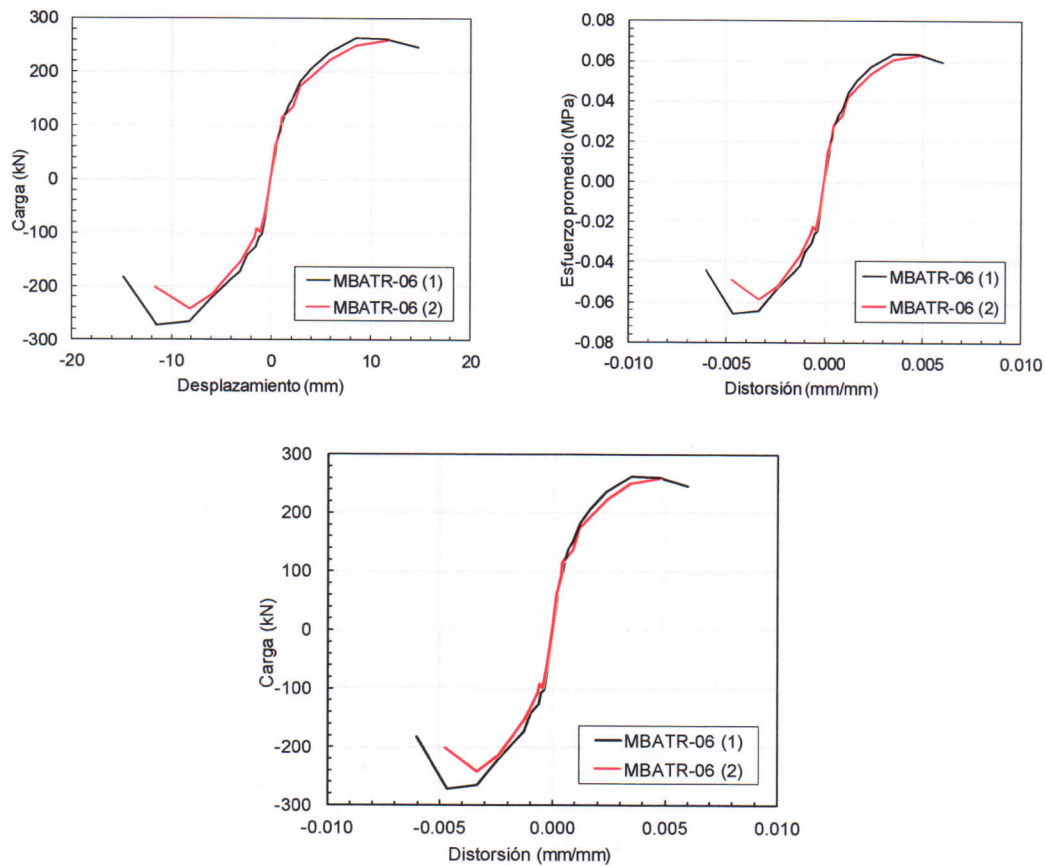


Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBATR-6

La Figura 8 y Figura 9 muestran la comparación de la curva de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento, respectivamente; en términos de desplazamiento y distorsión. En estas figuras se indican el límite de distorsión, 0.005, establecida en la N.T.E.-E.030-2016. Se observa que la carga máxima se alcanza a una distorsión de 0.003, menor al límite señalado anteriormente.

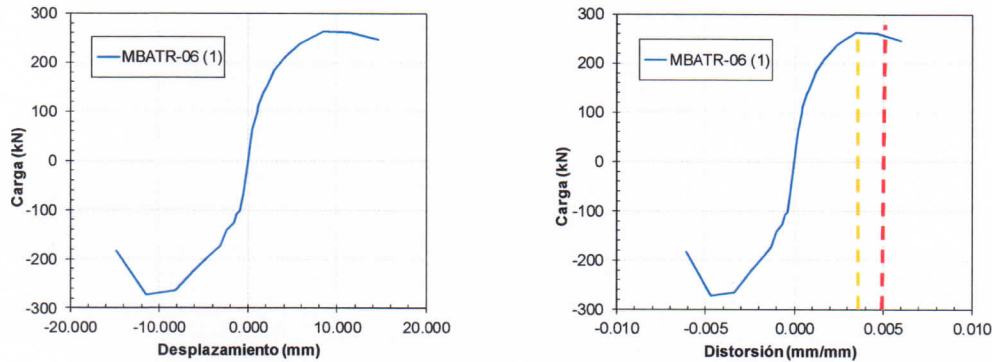


Figura 8. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

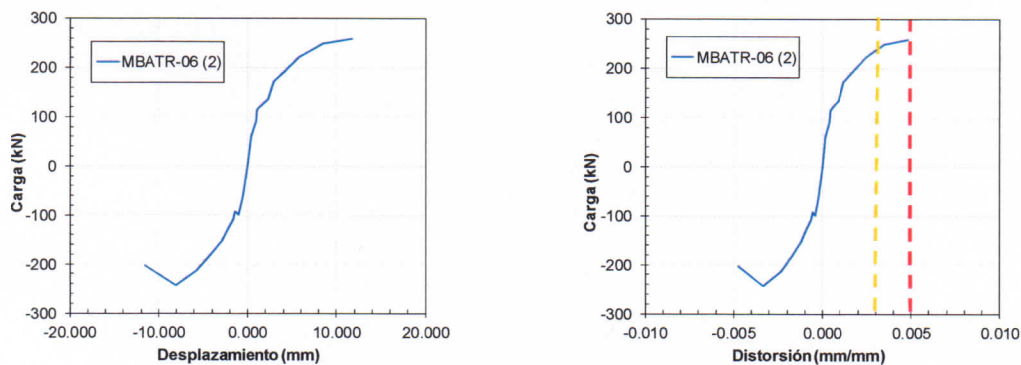


Figura 9. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

La Figura 10 y Figura 11 muestran la relación de la rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

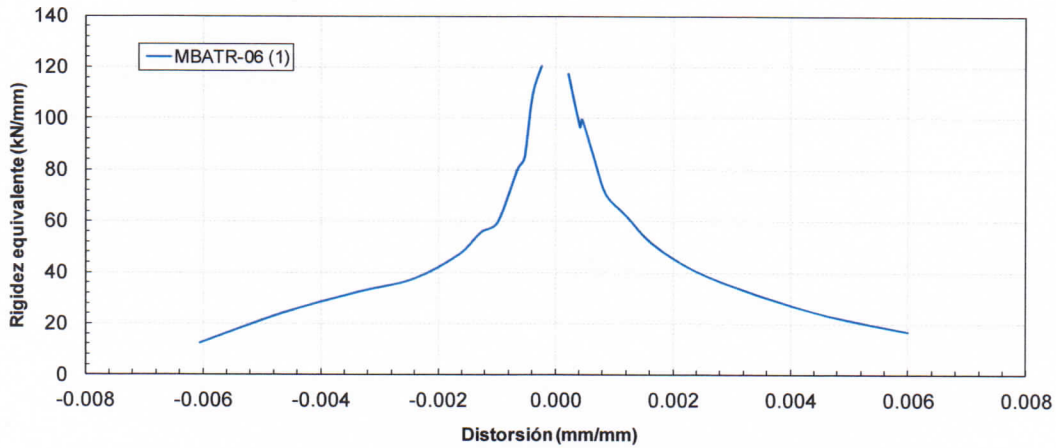


Figura 10. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

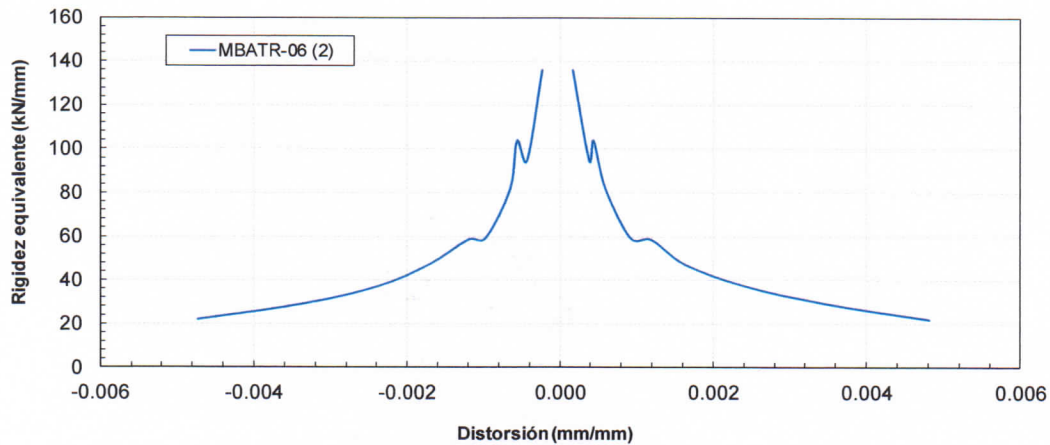


Figura 11. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo

La Figura 12 y Figura 13 muestran la relación del factor de amortiguamiento equivalente y distorsión alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

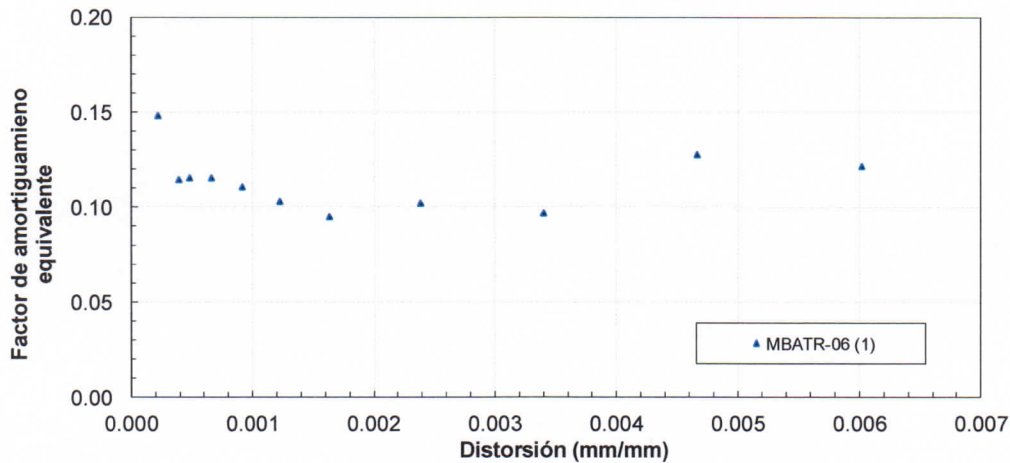


Figura 12. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

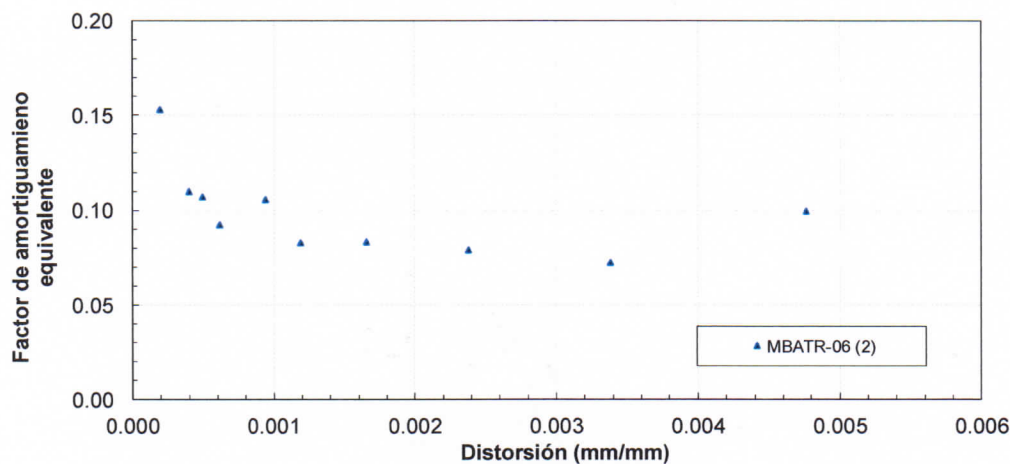


Figura 13. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

La Figura 14 muestra la comparación de las curvas de capacidad del muro original y el muro reparado. Se observa que la carga máxima se incrementa en un 93% cuando es reparado y que los estados de falla se producen a un mismo nivel de distorsión.

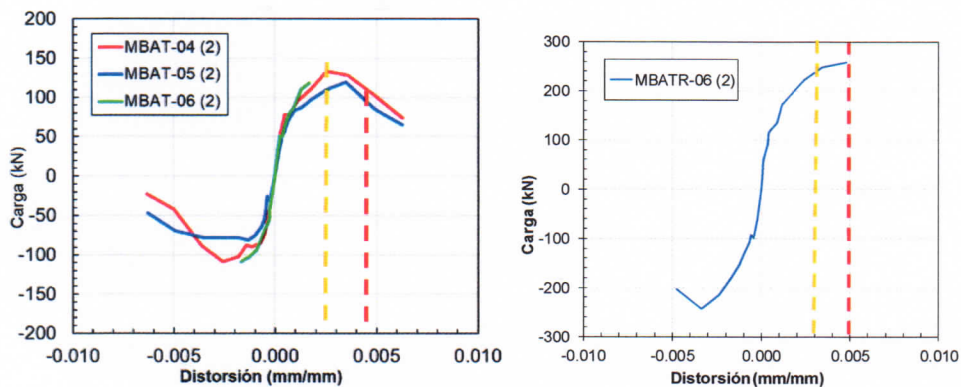


Figura 14. Comparación de la curva de capacidad del los especímenes originales y el espécimen reparado



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



5. CONCLUSIONES

- El espécimen MBATR-6 se llevó hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).
- El factor de amortiguamiento equivalente es más estable durante los ciclos donde la distorsión objetivo es repetida (2). Es por ello, que se considera como niveles de resistencias las cargas máximas obtenidas en la repetición de la distorsión objetivo.
- La carga máxima es de 263.5 kN (esfuerzo promedio de 0.66 MPa), que sucede a un nivel de distorsión de 0.0031 (1/300), aproximadamente.
- Para un nivel de distorsión de 0.005 (límite de distorsión de acuerdo a la NTE E030-2016) se obtiene una carga promedio de 261 kN (0.65 MPa), que representa el 99% de la carga máxima.



**Panel fotográfico
MBATR-06**



Foto 1. Primeras grietas horizontales en la parte inferior de la columna para una distorsión 1/3000 Vista cara Sur.



Foto 2. Primeras grietas horizontales en la parte inferior de la columna para una distorsión 1/3000 Vista cara Norte.

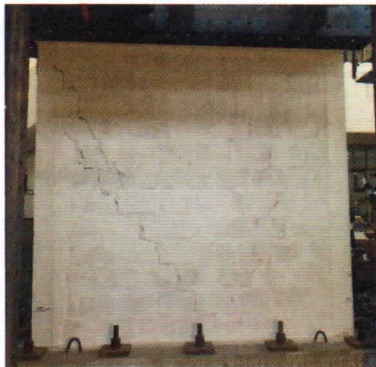


Foto 3. Primeras grietas diagonales en la parte extrema del muro para una distorsión 1/2150 Vista cara Sur.

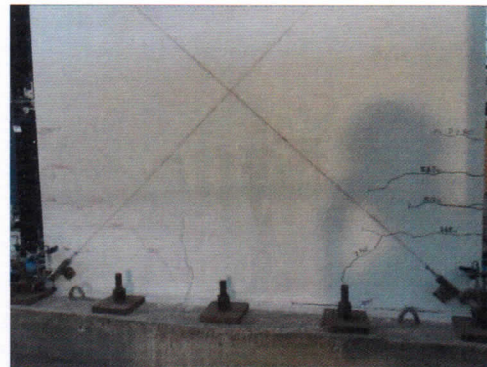


Foto 4. Nuevas grietas horizontales a la altura de las columnas para una distorsión 1/2150 Vista cara Norte.

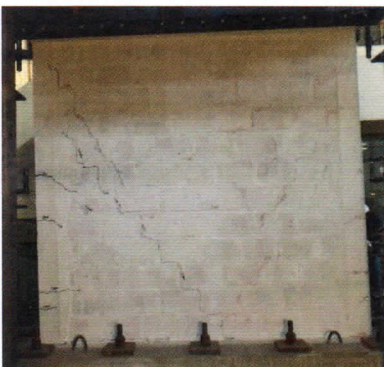


Foto 5. Continuación de grietas diagonales en el muro para una distorsión 1/1500 Vista cara Sur.

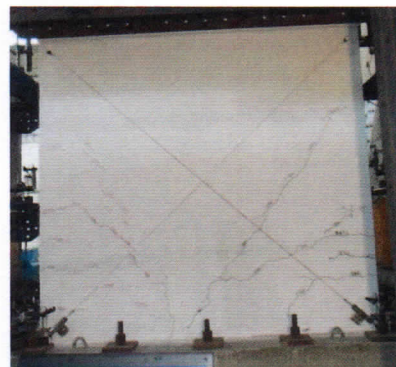


Foto 6. Primeras grietas diagonales en la cara norte para una distorsión 1/1500 Vista cara Norte.

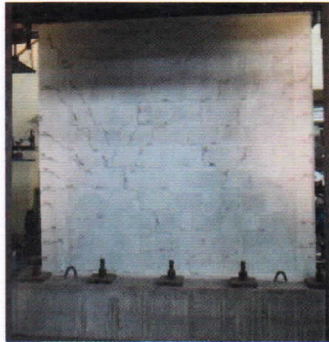


Foto 7. Continuación de grietas diagonales en la parte inferior del muro para una distorsión 1/800 Vista cara Sur.

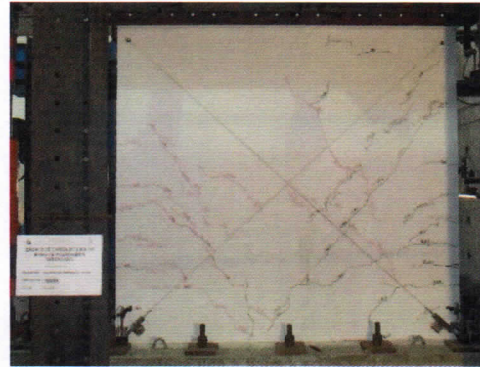


Foto 8. Nuevas grietas diagonales paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/800 Vista cara Norte.

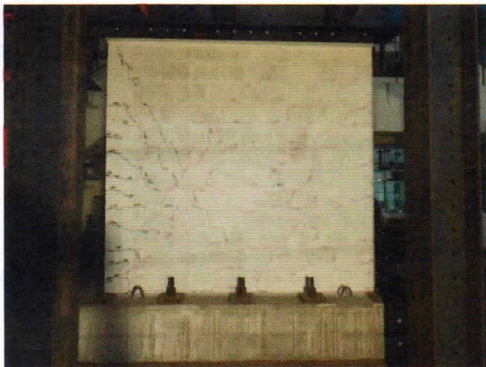


Foto 9. Nuevas grietas horizontales en la base del muro y en columnas para una distorsión 1/550 Vista cara Sur.

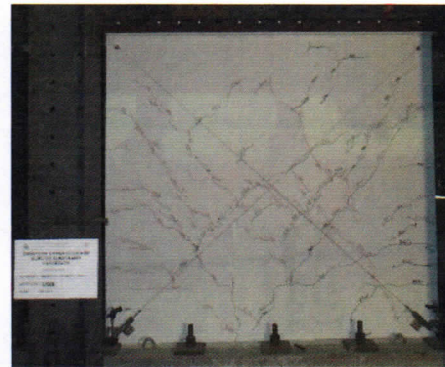


Foto 10. Continuación y nuevas grietas diagonales paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/550 Vista cara Norte.

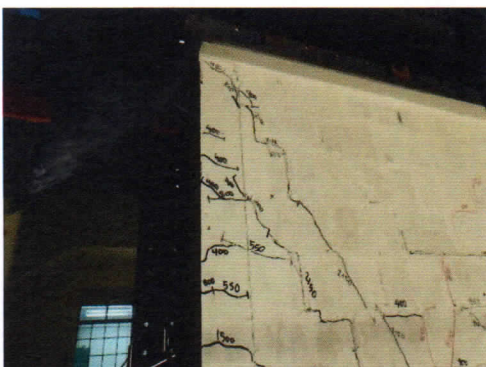


Foto 11. Nuevas grietas horizontales en la columna para una distorsión 1/400 Vista cara Sur.

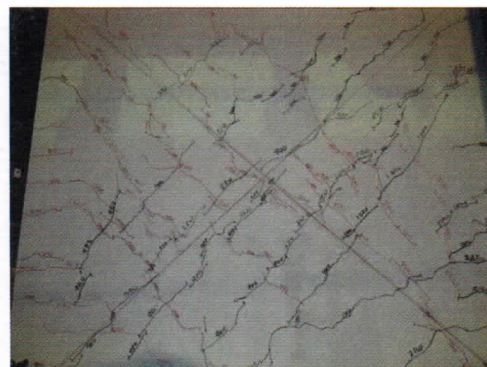


Foto 12. Continuación y nuevas grietas diagonales paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/400 Vista cara Norte.

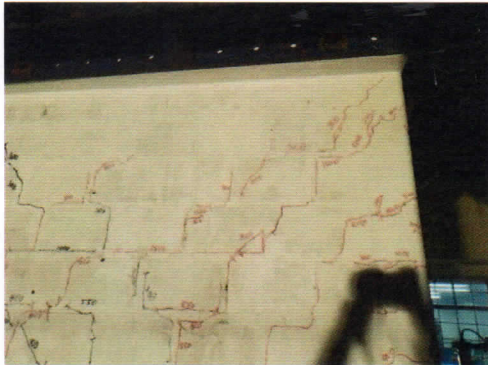


Foto 13. Continuación de grietas diagonales hacia la esquina superior del muro para la distorsión 1/300 Vista cara Sur.

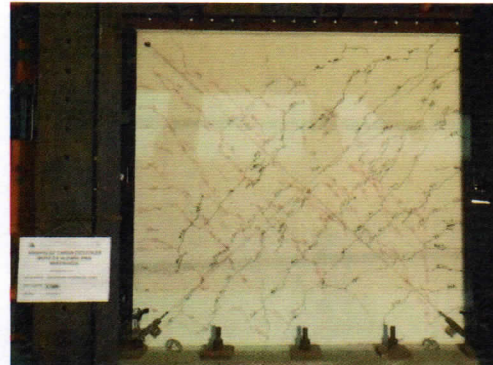


Foto 14. Continuación de grietas diagonales hacia la esquina superior del muro y paralelo a las grietas diagonales para una distorsión 1/300 Vista cara Norte.

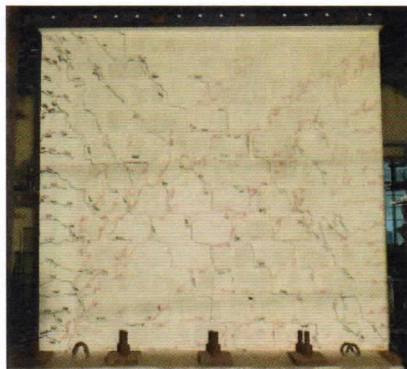


Foto 15. Continuación de grietas paralelo a la diagonal principal para una distorsión 1/200 Vista cara Sur.

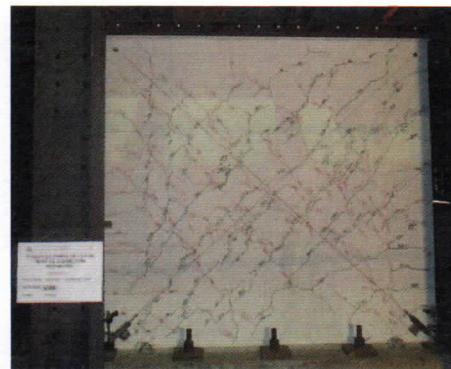


Foto 16. Grietas semi verticales por la zona de confinamiento entre la columna y el muro de albañilería y continuación de grietas diagonales en el muro para una distorsión 1/200 Vista cara Norte.



Foto 17. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior del muro para la distorsión 1/150 Vista cara Sur.

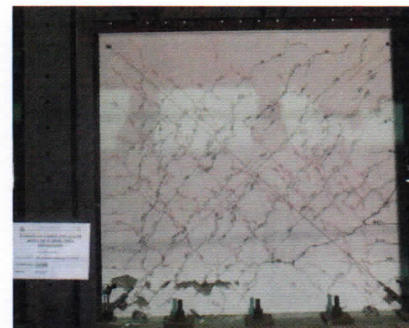
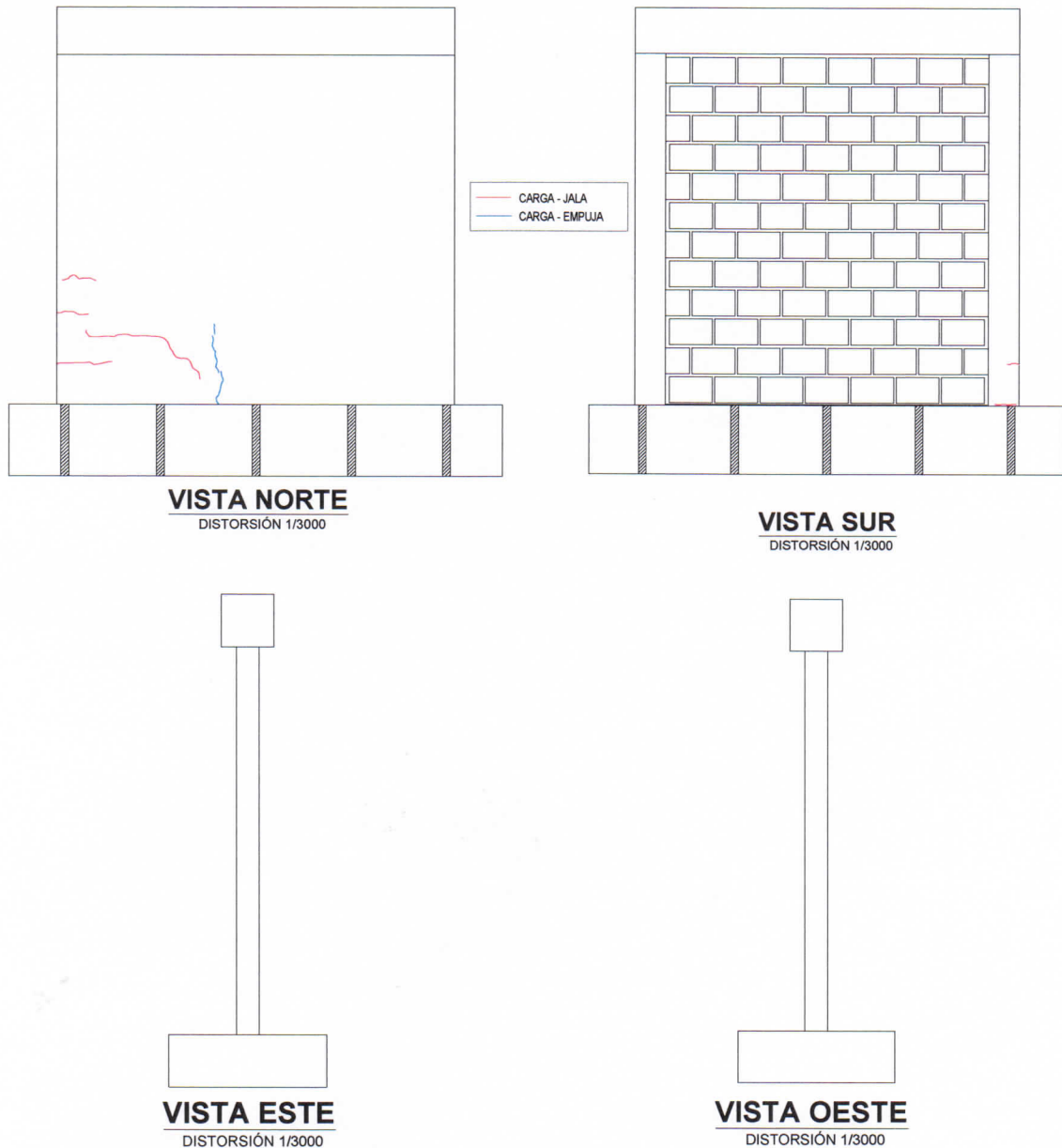


Foto 18. Grieta horizontal en la base del muro y desprendimiento de mortero para la distorsión 1/150. Vista cara Norte.

Mapeo de grietas

MBATR-06

DISTORSIÓN 1/3000



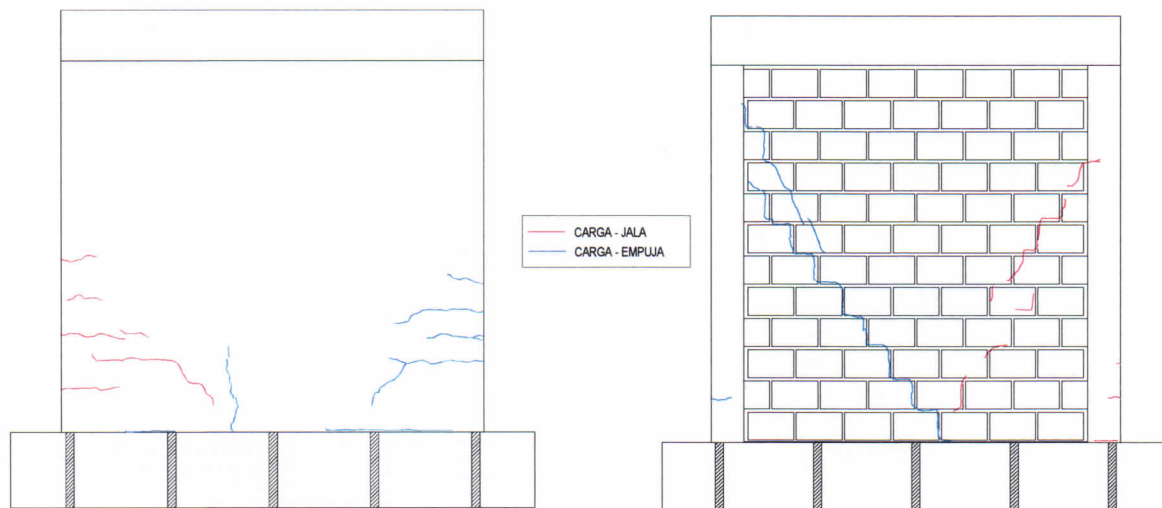


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID

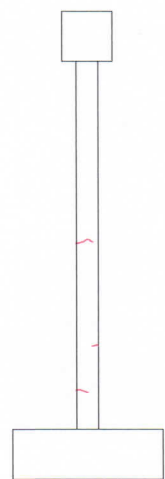


DISTORSIÓN 1/2150

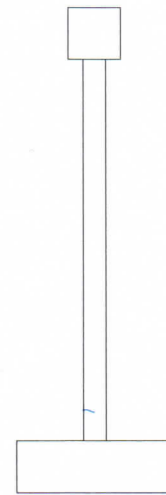


VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/2150

VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/2150



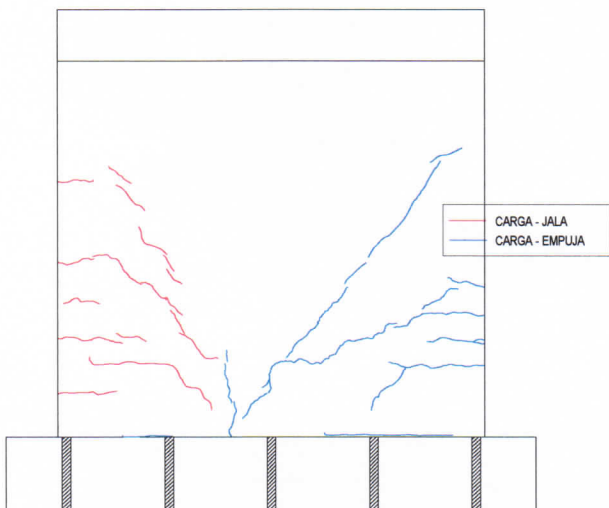
VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/2150



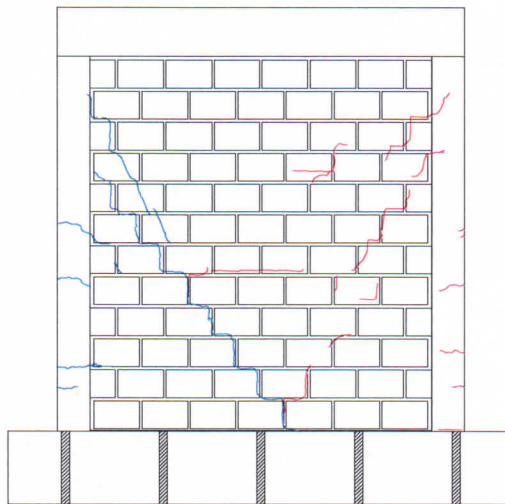
VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/2150



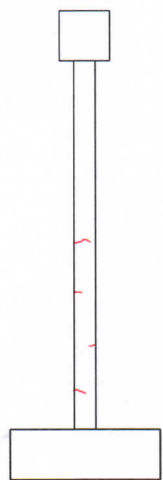
DISTORSIÓN 1/1500



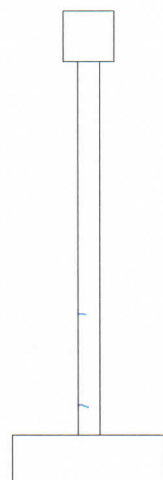
VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/1500



VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/1500

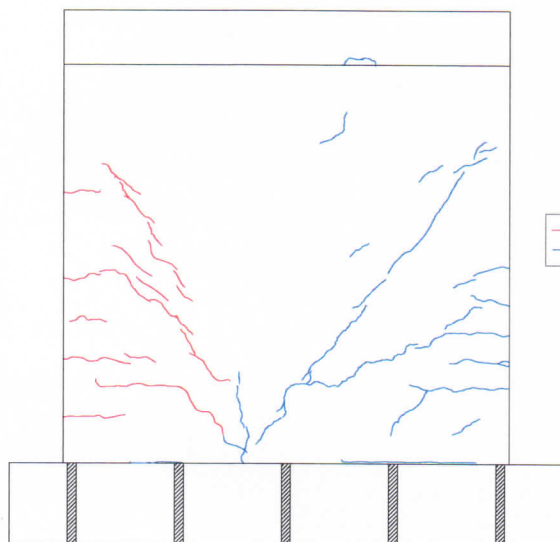


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/1500

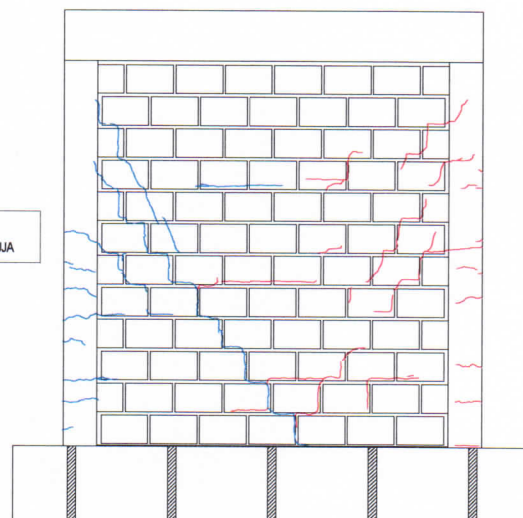


VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/1500

DISTORSIÓN 1/1000

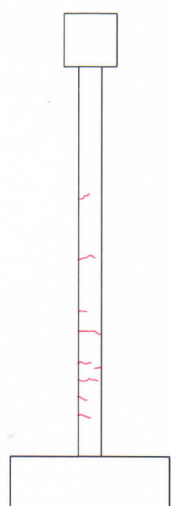


VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/1000

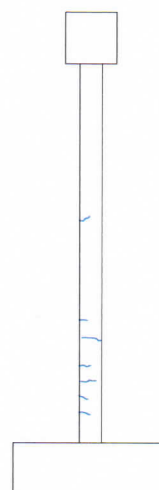


VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/1000

— CARGA - JALA
— CARGA - EMPUJA

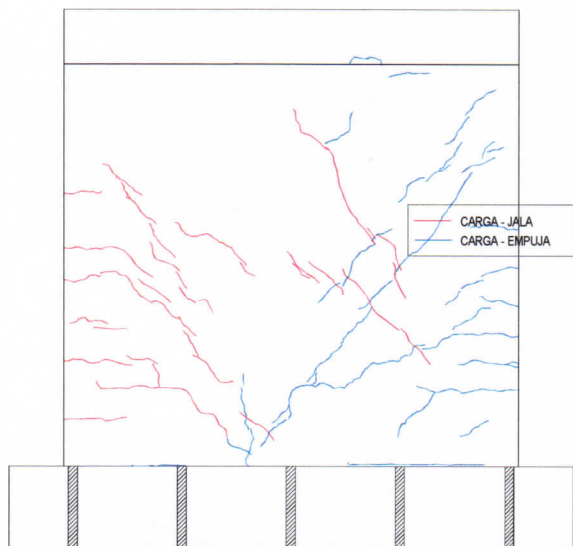


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/1000

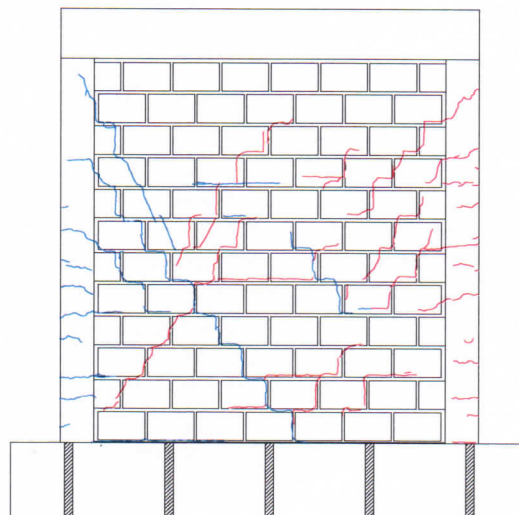


VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/1000

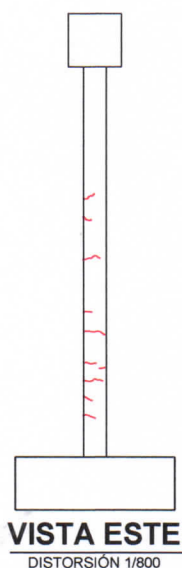
DISTORSIÓN 1/800



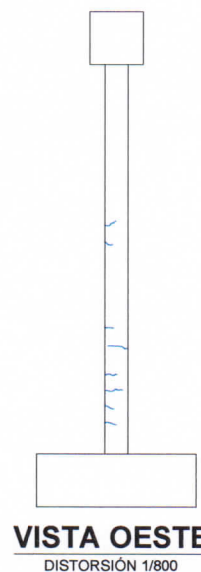
VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/800



VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/800

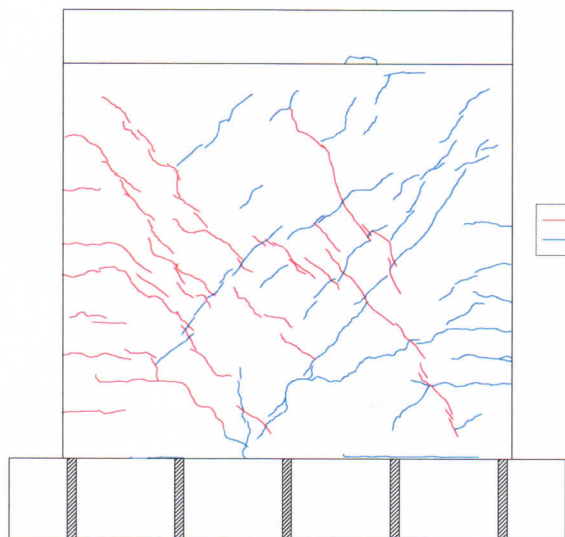


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/800

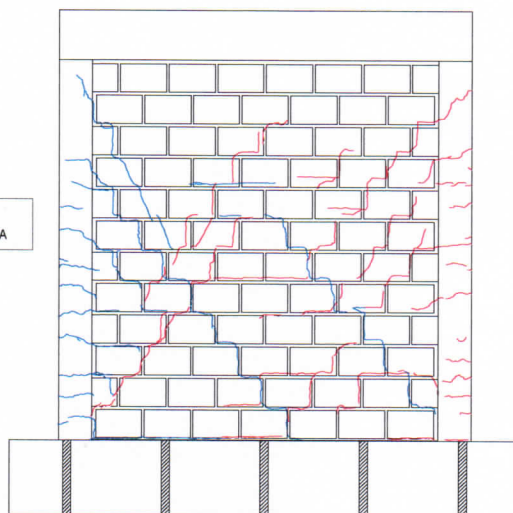


VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/800

DISTORSIÓN 1/550

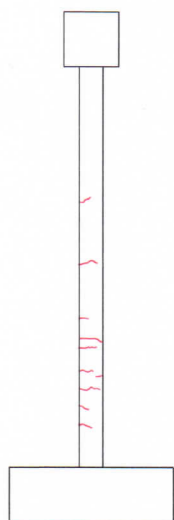


VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/550

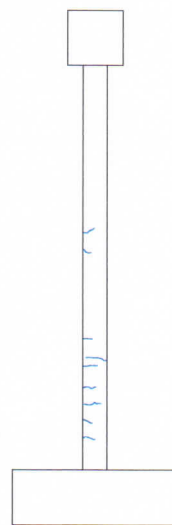


VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/550

— CARGA - JALA
— CARGA - EMPUJA

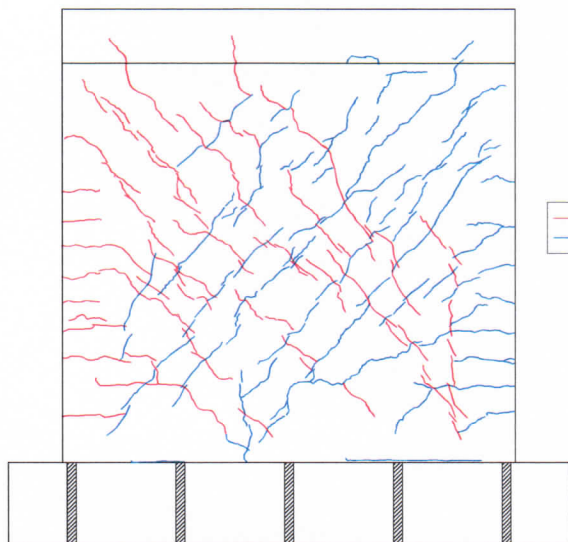


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/550

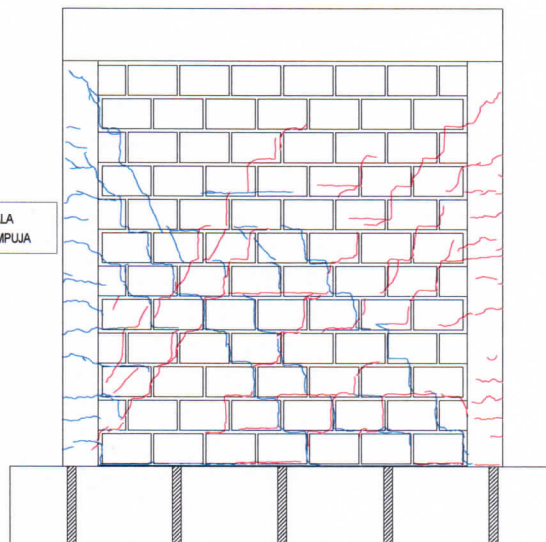


VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/550

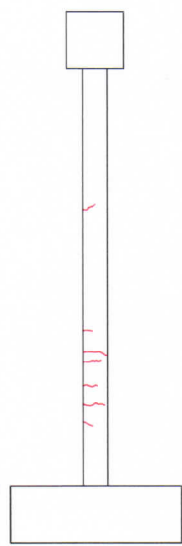
DISTORSIÓN 1/400



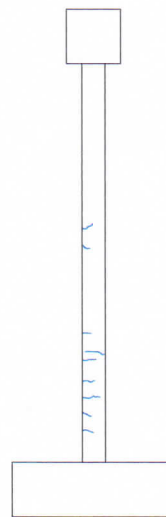
VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/400



VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/400

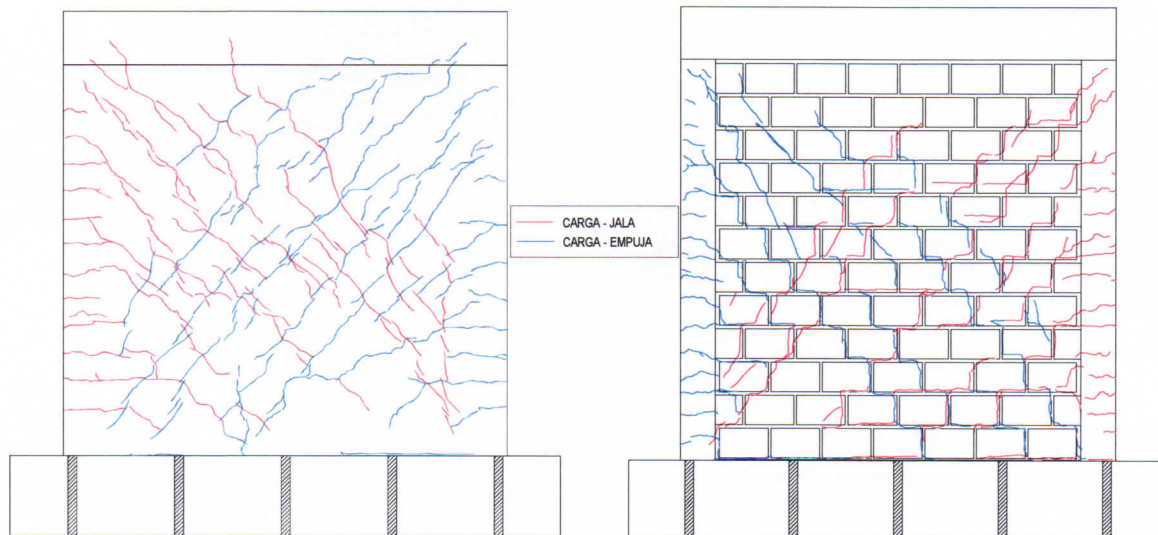


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/400



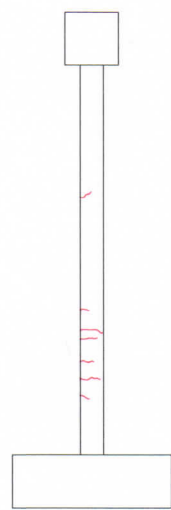
VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/400

DISTORSIÓN 1/300

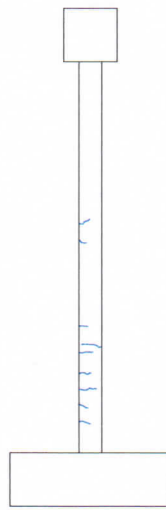


VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/300

VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/300

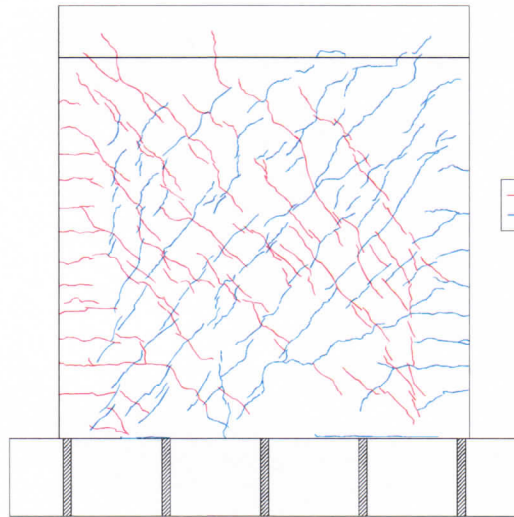


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/300

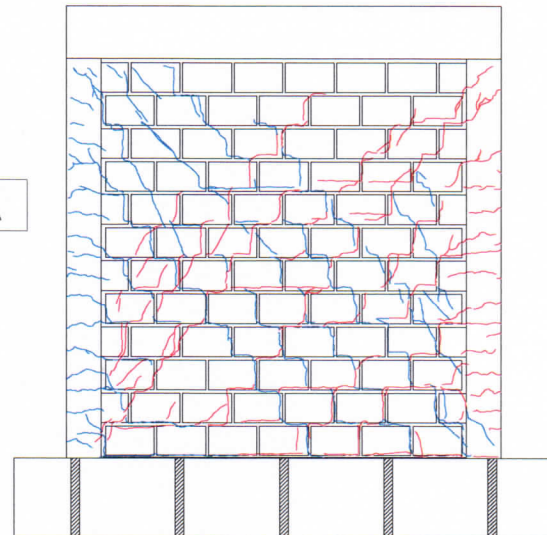


VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/300

DISTORSIÓN 1/200

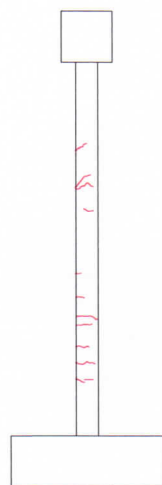


VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/200

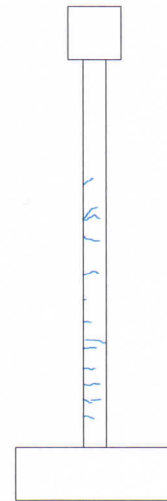


VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/200

— CARGA - JALA
— CARGA - EMPUJA

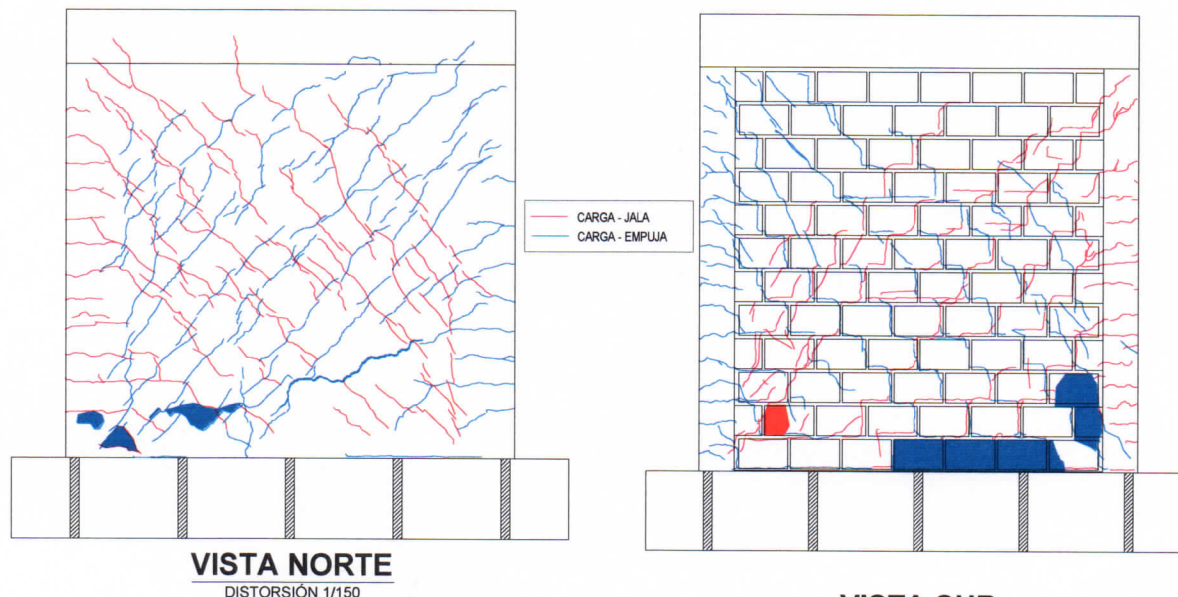


VISTA ESTE
DISTORSIÓN 1/200



VISTA OESTE
DISTORSIÓN 1/200

DISTORSIÓN 1/150



VISTA NORTE
DISTORSIÓN 1/150

VISTA SUR
DISTORSIÓN 1/150

