

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA NATURAL CON
LADRILLO BLOCKER II – ESPÉCIMEN MBAT-06”**

PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. Sarina Alexandra Siña García
Bach. Gabriel Simion Medina Mamani

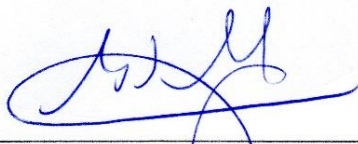
TACNA - PERÚ
2018

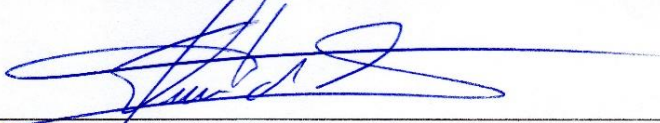
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


TESIS DE INVESTIGACIÓN

**“ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA NATURAL CON LADRILLO
BLOCKER II – ESPÉCIMEN MBAT-06”**

Tesis sustentada y aprobada el 07 de diciembre del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : 
Mtro. Ing. Wilber Percy Mendoza Ramírez

SECRETARIO : 
Mtro. Ing. Edgar Hipólito Chaparro Quispe

VOCAL : 
Mtro. Cesar José Avendaño Jihuallanga

ASESOR : 
Mtro. Ing Dina Marlene Cotrado Flores

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo **Sarina Alexandra Siña García**, 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 **48576523**.

Yo **Gabriel Simion Medina Mamani**, en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI **70259116**.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: **“ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA NATURAL CON LADRILLO BLOCKER II – ESPÉCIMEN MBAT-06”**, 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 obra y/o invención presentada. En consecuencia, no 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

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, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven,

Sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

TACNA, 07 de diciembre 2018



BACH. SIÑA GARCIA SARINA ALEXANDRA

DNI 48576523



BACH. MEDINA MAMANI GABRIEL SIMION

DNI 70259116

DEDICATORIA

A DIOS: Por ser la luz en mi camino, protegerme,
darme una hermosa familia y no dejarme caer ante las
dificultades de la vida.

A MI MADRE: María Elena Siña García por su gran
sacrificio y esfuerzo para alcanzar mis metas, y
apoyarme en mi camino a ser una profesional.

Por ser un ejemplo en mi vida.

A MI HERMANA: Itzel, por ser una gran consejera y
apoyo,
Aunque esté lejos, la tengo presente.

A MI ENAMORADO CARLOS: Te agradezco por
incentivar confianza en mí y brindarme tu paciencia y
amor.

A MI HIJITO CAMILITO: Gracias por ser mi mayor
motivación, te amo con todo mi corazón y todo lo
hago por ti.

Para ellos: Muchas gracias, los amo y que Dios los
cuide siempre.

Sarina Alexandra Siña García

La presente Tesis está dedicada a Dios, a mis
padres y mi familia entera.

A Dios, ya que gracias a él eh logrado concluir mi
carrera.

A mis queridos padres: Eleuterio Medina e Inés
Mamani, por brindarme su apoyo y amor
incondicional. Por los ejemplos de responsabilidad,
respeto, perseverancia y constancia que los
caracterizan y que me han infundado siempre. Gracias
por el esfuerzo de darme una carrera para mi futuro.
Todo esto se lo debo a ustedes.

A mis hermanos: Irma, diana y Edilberto por
apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mi esposa Lizbeth por estar conmigo y
apoyarme siempre, te amo mucho.

A mis queridas hijas: Luciana y Luana por ser mi
motor y motivo para seguir adelante, las amo mucho.

Gabriel Simion Medina Mamani

AGRADECIMIENTO

Nuestros primeros agradecimientos son para Dios por mostrarnos el camino para alcanzar este logro. A la Universidad Privada de Tacna por darnos la oportunidad de crecer como persona desde el primer día. A la facultad de ingeniería por forjar nuestro carácter y a la escuela de ingeniería civil por los conocimientos adquiridos para llegar a ser ingenieros civiles.

La presente tesis es el resultado de un esfuerzo arduo y continuo, por ello queremos agradecer primeramente a nuestra asesora de tesis, Ingeniera Dina Cotrado Flores por brindarnos su apoyo incondicional, a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a nuestros compañeros de clase, por su aliento y motivación y a todas aquellas personas que nos ayudaron al desarrollo y culminación de nuestra tesis de investigación.

Finalmente, un reconocimiento especial a nuestras familias que siempre nos apoyaron a lo largo de todo este camino y con su soporte logró hacer de nosotros lo que hoy somos, ingenieros. A todos ellos mil gracias.

SIÑA GARCÍA, Sarina Alexandra
MEDINA MAMANI, Gabriel Simion

RESUMEN

La presente tesis de investigación denominada: “Ensayo de carga cíclica de un muro a escala natural con ladrillo blocker II – espécimen MBAT-06”; tiene como objetivo obtener mediante ensayos experimentales, el valor de la deriva máxima de un muro de albañilería confinada sometándolo a una carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn, lo que significa hasta qué punto el muro ensayado debe quedar en estado reparable, así como también determinaremos la curva de capacidad del espécimen, la relación de rigidez equivalente y la distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histerético, comparando los resultados obtenidos de los ensayos experimentales con la Norma Técnica Peruana E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para dicho estudio se empleará una metodología mediante ensayos realizados en el Laboratorio de Estructuras del CISMID de la Universidad Nacional de Ingeniería. Para realizar este trabajo de tesis, se tuvo que construir un muro de albañilería confinada construido con la unidad hueca en escala natural; terminados los ensayos se concluye en los resultados del ensayo que un muro construido con blocker II con mortero 1:4 y carga vertical de 10tn, tiene un límite de reparabilidad de 0.0018.

ABSTRACT

This research thesis entitled: "Cyclic load test of a natural scale wall with brick blocker II - specimen MBAT-06"; Its objective is to obtain, through experimental tests, the maximum drift value of a confined masonry wall by subjecting it to a cyclical lateral load and vertical load of 10Tn, which means to what extent the tested wall must be in a repairable condition, as well as we will determine the specimen capacity curve, the equivalent rigidity ratio and the maximum distortion reached in each hysteretic cycle, comparing the results obtained from the experimental tests with the Peruvian Technical Standard E.030 of the National Building Regulations. For this study, a methodology will be used through tests carried out in the Structures Laboratory of the CISMID of the National University of Engineering. In order to carry out this thesis work, a confined masonry wall built with the hollow unit on a natural scale had to be built; Once the tests are completed, it is concluded in the results of the test that a wall built with blocker II with mortar 1: 4 and vertical load of 10tn, has a reparability limit of 0.0018.

INDICE DE CONTENIDO

PAGINA DE JURADO	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	II
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INDICE DE CONTENIDO	IX
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	XVI
INDICE DE ANEXOS	XVII
INTRODUCCION.....	XVIII
Capítulo I.....	1
Planteamiento del Problema	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos:	2
1.3. Justificación e Importancia	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis	4
1.5.1. Hipótesis General.....	4
1.5.2. Hipótesis Específica.....	4
1.5.1.1. Hipótesis específica 1.....	4
1.5.1.2. Hipótesis específica 2.....	4
Capítulo II.....	5
Marco Teórico	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. Propuesta de Fórmula para la Determinación de la Densidad de Muros Construidos con Blocker II”	5
2.1.2. Estados Límites de dos Muros de Albañilería Construidos con Blocker II	8

2.1.4.	Límite de Reparación de 3 Muros de Albañilería Confinada Construida con Blocker II	10
2.1.	Bases Teóricas	11
2.2.1.	Conceptos Básicos	11
2.2.2.	Albañilería Confinada.....	13
2.2.2.1.	Unidades de Albañilería Hueca y Maciza.....	14
2.2.2.2.	Comportamiento de las unidades de Albañilería	15
2.2.3.	Muro Portante	17
2.2.4.	Proceso Constructivo de Muros de Albañilería Confinada según la Norma E.070 vs. las Construcciones en Tacna.....	18
2.2.4.1.	Proceso Constructivo de Muros de Albañilería Según La Norma E.70 Albañilería	18
2.2.5.	Falla de Muros de Albañilería Confinada	23
2.2.6.	Técnicas de Ensayo	24
2.2.6.1.	Ensayo Estático: Ensayo de Carga Lateral	24
2.2.6.1.1.	Procedimiento de Ensayo de Carga Cíclica según FEMA 461.	26
2.2.7.	Derivada Máxima.....	29
A.-	Derivada Máxima según la NTP. E.030 Y E.070, 2016	29
	Capítulo III	32
	Marco Metodológico	32
3.1.	Tipo y Diseño de la Investigación.....	32
3.2.	Población y/o Muestra de Estudio	32
3.2.1.	Población.....	32
3.2.2.	Muestra	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	34
3.4.2.	Justificación de los Elementos Estructurales.....	39
3.4.3.	Ensayo Cíclico de Carga Lateral.....	40
3.5.	Procesamiento y Análisis de Datos.....	44
	Capitulo IV	45
	Resultados.....	45
4.1.	Comportamiento del Muro.....	45
4.2.	Diagrama Histerético, Fuerza Cortante vs. Desplazamiento Lateral	54
4.3.	Curva de Capacidad del Espécimen Mbat-6.....	54

Capítulo V.....	56
Discusión	56
Capítulo VI.....	62
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	64
Referencias Bibliográficas.....	65

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Resultados de ensayos	6
Tabla N°2: Resultados de los ensayos de compresión diagonal de los muretes	6
Tabla N°3: Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes	7
Tabla N°4: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	16
Tabla N°5: Límite de desplazamiento lateral de entrepiso	31
Tabla N°6: Operacionalización de Variables	33
Tabla N°7: Valor de desplazamiento para distorsiones objetivo	44

INDICE DE GRÁFICOS

Figura N°1.1. Mapa de las placas tectónicas. Se muestran las placas tectónicas sobre las que se encuentra el Perú, éstas son la Placa de Nazca (color celeste) y la Placa Sudamericana (Color lila).	3
Figura N°2.1. Curva histerética del espécimen MBAT-2	8
Figura N°2.2. Curva de capacidad del espécimen MBAT-2. (Carga vs Desplazamiento)	9
Figura N° 2.3. Curva de capacidad del espécimen MBAT-2 (Carga vs Distorsión).	9
Figura N°2.4. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo.	10
Figura N°2.5. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo.	11
Figura N°2.6. Unidad de albañilería sólida y hueca.	14
Figura N°2.7. Unidad de albañilería artesanal.	15
Figura N°2.8. Unidad de albañilería industrial.	15
Figura N°2.9. Antigua Casona de adobe en Cusco (Calle San bernardo)	17
Figura N°2.10. Zapata lineal o llamada zapata corrida.	18
Figura N°2.11. Trazo y replanteo para la construcción de un muro de albañilería.	19
Figura N°2.12. Emplantillado en sobrecimiento.	20
Figura N°2.13. Emplantillado en losa.	20
Figura N°2.14. Colocación de ladrillos maestros.	21
Figura N°2.15. Colocación del ladrillo.	21
Figura N°2.16. Espesor del mortero entre ladrillos.	22
Figura N°2.17. Control de verticalidad del muro.	22
Figura N°2.18. Posibles modos de falla en un muro de mampostería.	24
Figura N°2.19. Diferencia entre un ensayo monotónico y dinámico.	24
Figura N°2.20. Ensayo de carga lateral cíclica en el laboratorio de Estructuras de la PUCP.	25
Figura N°2.21. Desplazamiento lateral controlado en varias fases.	26
Figura N°2.22. Punto “F”.	27
Figura N°2.23. Punto “R” o “m” en la Norma E.070.	27

Figura N°2.24. Límite de reparación.	28
Figura N°2.25. Falla final.	29
Figura N°2.26. Sismo severo para el caso de suelo duro.	30
Figura N°2.27. Base molido de un muro confinado (izquierda) y de un muro armado (derecha).	31
Figura N°3.1: Dimensiones del muro y detalles de elementos de confinamiento.	34
Figura N°3.2: Colocado de columnas y 4 anclajes para el posterior traslado del muro a la zona de ensayo.	37
Figura N°3.3: Dentado del Muro.	38
Figura N°3.4: Encofrado de columna.	39
Figura N°3.5: Vista en planta del aparato de carga.	41
Figura N°3.6: Esquema de la configuración del ensayo cíclico.	42
Figura N°3.7: Sistema de adquisición.	43
Figura N°3.8: Protocolo de desplazamiento objetivo.	43
Figura N°3.9: Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo.	44
Figura N°4.1: Formación de grietas para una distorsión 1/1500.	45
Figura N°4.2. Aparición de las primeras grietas en la parte central de la columna para una distorsión de 1/1500.	46
Figura N°4.3: Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado este de las caras norte y sur a una distorsión 1/1100.	46
Figura N°4.4: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/1500.	47
Figura N°4.5: Mapeo de fisuras de elementos de confinamiento para una distorsión de 1/1500.	47
Figura N°4.6: Medición de las grietas para una distorsión de 1/1100	48
Figura N°4.7: Mapeo de fisuras para una distorsión 1/550	48
Figura N°4.8: Mapeo de fisuras en elementos de confinamiento. Para una distorsión de 1/550.	49
Figura N°4.9: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/800.	50
Figura N°4.10: Mapeo de fisuras en muros para una distorsión de 1/800. Se puede observar que el muro empieza a agrietarse.	50
Figura N°4.11: Mapeo de fisuras en elementos de confinamiento para una distorsión de 1/800. Se puede observar que el muro empieza a agrietarse.	51
Figura N°4.12: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/550.	52

Figura N° 4.13: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/550.	52
Figura N° 4.14: Mapeo de fisuras en muros para una distorsión de 1/550.	53
Figura N° 4.15: Mapeo de fisuras en elementos de confinamiento para una distorsión de 1/550.	53
Figura N° 4.16: Curva histerética del espécimen MBAT-6.	54
Figura N° 4.17: Curva de capacidad del espécimen MBAT-6.	55
Figura N° 5.1. Curva histerética del espécimen MBAT-6.	56
Figura N°5.2. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo.	57
Figura N°5.3. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.	59
Figura N°5.4: fase de distorsión 1/1100.	59
Figura N°5.5: Fase de distorsión 1/800.	60
Figura N°5.6: Fase de distorsión 1/550.	60
Figura N°5.7. Especímen MBAT 06 en su límite de reparación.	61
Figura N°6.1. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6.	62
Figura N°6.2. Degradación de la rigidez equivalente del espécimen ensayado para de la distorsión objetivo.	63

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Espécimen MBAT-06 Preparado para Empezar con el Ensayo.	70
Fotografía N° 2. Espécimen MBAT-06 en proceso del Ensayo.	70
Fotografía N° 3. Espécimen MBAT-06 culminación del Ensayo.	71

INDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia I	68
Anexo 02. Matriz de consistencia II	69
Anexo 03. Panel fotográfico	70
Anexo 04. Informe de Ensayos – CISMID	72

INTRODUCCION

En las últimas décadas los sismos se han convertido en el principal fenómeno natural que ha afectado el territorio nacional desde hace mucho tiempo. Se sabe que el Perú está relativamente desprotegido frente a la posible ocurrencia de un sismo de grandes magnitudes y que, en el caso de las ciudades costeras como Tacna, el riesgo también incluye la ocurrencia de un tsunami.

Debido a que desde el año 1868, no ocurre un sismo de gran magnitud, se advierte que este silencio sísmico en el sur del Perú podría provocar un terremoto de hasta más de 9.5 grados de magnitud.

La albañilería de ladrillos de arcilla es considerada un sistema de construcción muy económica, pero de bajo nivel técnico en la construcción, ejecutada con una mano de obra poco calificada y materiales de muy baja calidad.

Tacna sería una de las ciudades con mayores daños ante este posible gran sismo, debido a que, tras el terremoto del 23 de junio del 2001, quedó demostrado que el sistema de construcción que más predomina en la ciudad, son las edificaciones de albañilería confinada, cuyos materiales empleados para la construcción de éstas viviendas informales, no están estandarizados en la Norma Técnica de Edificaciones E-070, como es el caso de la unidad hueca “Blocker II”.

El objetivo de esta investigación es contribuir con la vulnerabilidad de las construcciones de albañilería confinada y conocer el comportamiento de este sistema de construcción utilizando huecos de fabricación industrial mediante ensayos experimentales (comportamiento de un muro de albañilería confinada sometido a una carga lateral cíclica, el cual será construido con la unidad hueca denominada “Blocker II”). Que determinaran las curvas de capacidad y el estado límite de reparación. Así mismo se compara los resultados experimentales con lo que establece la Norma E.030, obteniéndose el Límite de Reparación, según las distorsiones presentadas.

Esta tesis se encuentra estructurado en 05 capítulos.

El capítulo I denominado 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.

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, está referido a los resultados de la investigación a partir de descripción del trabajo de laboratorio y gabinete.

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

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

Los Autores

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del Problema

El desarrollo de este proyecto parte de la necesidad de conocer de manera más precisa el comportamiento de la unidad de albañilería “Blocker II” como material de construcción en viviendas de Tacna y el sur del Perú, debido a que cada vez es más frecuente su uso, ya sea por motivos económicos o de desconocimiento en muchos casos, representando así un posible acto negligente en un futuro no muy lejano, que puede repercutir en el colapso de la vivienda y en pérdida de vidas humanas.

Dicho caso es una problemática que merece ser sometida a evaluación, ya que este tipo de ladrillo está destinado específicamente para cercos perimétricos, recintos amurallados y muros livianos, y no para ser utilizado como muro estructural, ya que no posee las características necesarias, representando un riesgo a sismos de mediana a alta intensidad.

Todo comienza en el año 2016, con un proyecto de investigación en el cual los ingenieros, José Acero Martínez y Dina Cotrado Flores presentaron la propuesta para la determinación de la densidad de muros construidos con blocker II. Este estudio sería precedente para una serie de ensayos de carga cíclica con el fin de conocer el comportamiento de dicho material.

En esta oportunidad realizaremos los mismos ensayos, pero en un muro sometido a carga vertical de 10Tn (lo que simula a un edificio de 2 pisos) en el laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones sísmica y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería para conocer el comportamiento sísmico que contribuya a la reducción de la vulnerabilidad de este tipo de edificaciones.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es el valor de la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn?

1.2.2. Problemas Específicos:

- ¿Cómo se puede determinar la relación de la amplitud en cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-06?
- ¿Cuál es la relación de rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histérico? ¿La distorsión máxima cumple con las normas de diseño?

1.3. Justificación e Importancia

La edificación de viviendas de manera informal ha originado problemas constructivos que terminan haciendo vulnerables a una estructura, además de poner en riesgo la vida de sus ocupantes, debido al poco control en el proceso de edificación.

Es conocido que diversos expertos afirman que hay energía acumulada entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, la ubicación de estas zonas abarcan el sur del Perú y el extremo norte de Chile, siendo así que estas zonas no soportarían un terremoto de 9 o 9.5 grados por la acumulación de energía debajo de la tierra.

En la actualidad el uso cada vez más frecuente de unidades de albañilería del tipo Blocker II, nos lleva a la necesidad de evaluar este tipo de ladrillo que cuenta con más de 30% de huecos en sus caras de asiento), siendo así el que la Norma E.070 prohíbe su uso, para construcciones del tipo vivienda que se expongan a condiciones de servicio mayores a las que dicta la norma.

En la figura N°1.1. se muestran las placas tectónicas sobre las que se encuentra el Perú, éstas son la Placa de Nazca (color celeste) y la Placa Sudamericana (color lila).

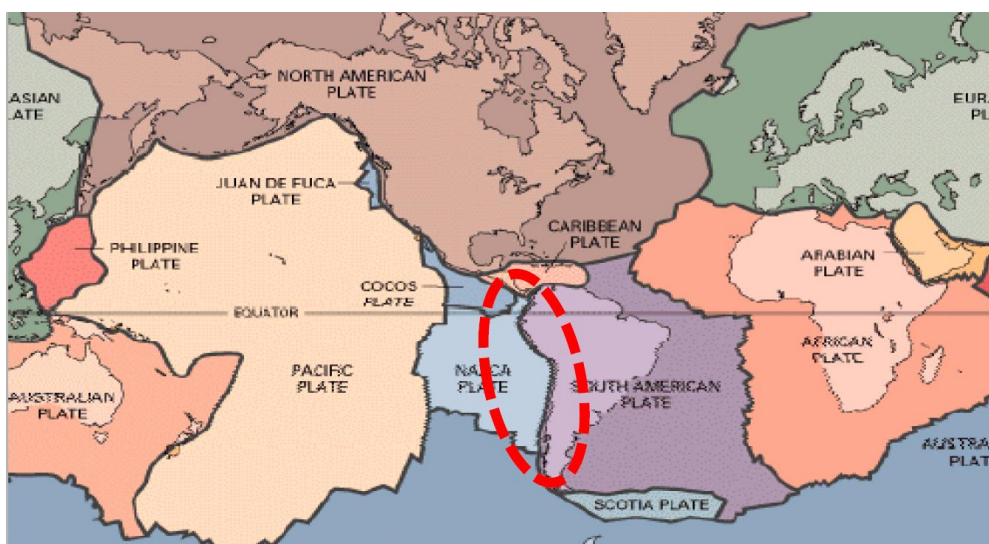


Figura 1.1: Mapa de las placas tectónicas.

Fuente: Salvado de: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/05/31/mapa-de-las-placas-tectonicas>

El sur del Perú cuenta con registros históricos de sismos de magnitud mayor a 8 grados, como los ocurridos en los años 1604, 1833, 1868, y 1877 (Según el Instituto Geofísico del Perú). Cada uno de estos sismos, ocasionaron innumerables pérdidas humanas y materiales principalmente en las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna. Debido a esto, es necesario un estudio para analizar su comportamiento sísmico, y luego de los ensayos evaluar a cuanto peligro se está expuesto con el uso de este tipo de ladrillo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- ✓ Obtener mediante ensayos experimentales, el valor de la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la curva de capacidad de un muro MBAT-06 construido con blocker II, y sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn.

- ✓ Determinar la relación de rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histerético y comparar con las normas de diseño.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La realización del “Ensayo de Carga Cíclica de un Muro a Escala Natural con ladrillo de Blocker II – ESPÉCIMEN MBAT-06” nos dará a conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.

1.5.2. Hipótesis Específica

1.5.1.1. Hipótesis específica 1

El muro MBAT-06 construido con bloquer II, presentan lazos histeréticos muy delgados, con fallas frágiles que reducen drásticamente la resistencia y rigidez del muro.

1.5.1.2. Hipótesis específica 2

El muro MBAT-06 no cumple con los límites dispuestos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes

En el año 2016, se inicia con el proyecto de investigación en el cual los ingenieros, José Acero Martínez y Dina Cotrado Flores presentan la propuesta para la determinación de la densidad de muros construidos con blocker II. Este estudio sería precedente para una serie de ensayos de carga cíclica realizado por los bachilleres de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna con el fin de conocer el comportamiento de dicho material.

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

2.1.1. Propuesta de Fórmula para la Determinación de la Densidad de Muros Construidos con Blocker II”

Proyecto de Investigación desarrollado por el Mag. José Acero Martínez y la Ing. Dina Cotrado Flores en colaboración con estudiantes de Ingeniería Civil (Aste Pinto, Daniella Alejandra; Ayca Tejada, Claudia Leonor; Chávez Quiñonez, Jhonathan Luis) en setiembre del 2016.

Resumen:

Este proyecto de investigación fue realizado ensayando muretes y pilas de albañilería construidos enteramente con Blocker II provenientes de la ladrillera Martorell (Ladrillos Maxx). Previo al proyecto se comenzó con la recopilación de ensayos para determinación de las propiedades mecánicas del Blocker II. El resultado del proyecto ha servido para elaborar una propuesta de fórmula que permita determinar la longitud mínima de muros

Resultados:

Tabla N°1*Resultados de ensayos*

ENSAYO	MP	DE	V %
Ensayos de dimensionamiento – Largo	280.90	290.00	3.14
Ensayos de dimensionamiento – Ancho	124.60	120.00	-3.83%
Ensayos de dimensionamiento – Alto	172.00	170.00	-1.18%
Ensayos de Alabeo	1.80		
Porcentaje de vacíos	53.96		

Nota:

MP, es la medida promedio en cada dimensión, en milímetros

DE, es la dimensión especificada en milímetros y

V, es la variación dimensional, en porcentaje

Fuente: Proyecto de Investigación: Propuesta de Fórmula para la determinación de la densidad de muros
construidos con Blocker II, Mag. José Acero e Ing. Dina Cotrado. Tacna, Setiembre del 2016.

Tabla N°2*Resultados de los ensayos de compresión diagonal de los muretes*

Identificación	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Ton)	v'm (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)
BLQII-MO1	72	73.5	12.5	909.38	5.61	4.36	10000
BLQII-MO2	72	73.4	12.4	901.48	7.2	5.64	13333
BLQII-MO3	72.2	73.4	12.6	917.28	7.5	5.78	10437
BLQII-MO4	72.1	73.3	12.4	901.48	6.87	5.39	10464
BLQII-MO5	72	73.4	12.5	908.75	5.04	3.92	8589
					Promedio	5.02	10564.75
					D.E	0.83	1725.84
					Corregido	4.19	8838.91

Fuente: Proyecto de Investigación: Propuesta de Fórmula para la determinación de la densidad de muros
construidos con Blocker II, Mag. José Acero e Ing. Dina Cotrado. Tacna, Setiembre del 2016.

Tabla N°3*Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes*

.Laboratorio	Identificación	f'm (kg/cm2)	Em (kg/cm2)	Identificación	v'm (kg/cm2)	G (kg/cm2)
CISMIS UNI (UPT, 2016)	BLQII-P01	51.84	39927	BLQII-M01	4.36	1000
	BLQII-P02	46.59	47222	BLQII-M02	5.64	13333
	BLQII-P03	45.13	43380	BLQII-M03	5.78	10437
	BLQII-P04	51.05	42299	BLQII-M04	5.39	10464
	BLQII-P05	47.25	43073	BLQII-M05	3.92	8589
PUCP (Aliaga & Vicente, 2008)	P: 1	72.72	33462.2	M: 1	3.2	7956.94
	P: 2	71.27	49416.7	M: 2	3.28	10599.7
	P: 3	82.6	57790.5	M: 3	3.06	7449.3
	P: 4	68.418	54158.1	M: 4	2.28	8505.01
CISMID UNI (Tarqui & Copaja 2007)	M-1	72.09	91299	-	-	-
	M-2	78.03	100193	-	-	-
	M-3	81.39	103771	-	-	-
	Promedio	64.035	58832.6		4.101	9703.78
	D.E	14.5	24848.9		1.266	1802.47
	Corregido	49.53	33983.7		2.834	7901.31

Nota:

D.E desviación estándar

Fuente: Proyecto de Investigación: Propuesta de Fórmula para la determinación de la densidad de muros construídos con Blocker II, Mag. José Acero e Ing. Dina Cotrado. Tacna, Setiembre del 2016.

Conclusión: En el proyecto de investigación del Mag. José Acero e Ing. Dina Cotrado se halla la fórmula para la determinación de la densidad de muros, realizando ensayos previos se determinaron las propiedades mecánicas del Blocker II como son f'm y v'm, datos que nos servirán como un aporte más en nuestra investigación.

2.1.2. Estados Límites de dos Muros de Albañilería Construidos con Blocker II

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil desarrollado por el Bach. Ing. Nohelia Bernedo Vicente y el Bach. Ing. Elmer Choquepata Mamani.

Resumen

La presente tesis de investigación tiene como objetivo determinar los estados límites de dos muros de albañilería. Como sabemos, la unidad de albañilería es uno de los componentes básicos en la construcción. Por lo que motiva nuestra preocupación y participación en la problemática del empleo de este tipo de unidades de albañilería, usadas en la construcción de la mampostería de las viviendas. Por ello, para el desarrollo de la presente tesis se construye dos muros de albañilería confinada usando la unidad hueca Blocker II, los cuales son sometidos a carga lateral cíclica. Los resultados son analizados y mediante las curvas histeréticas se logra determinar los estados límites de los muros.

Resultados

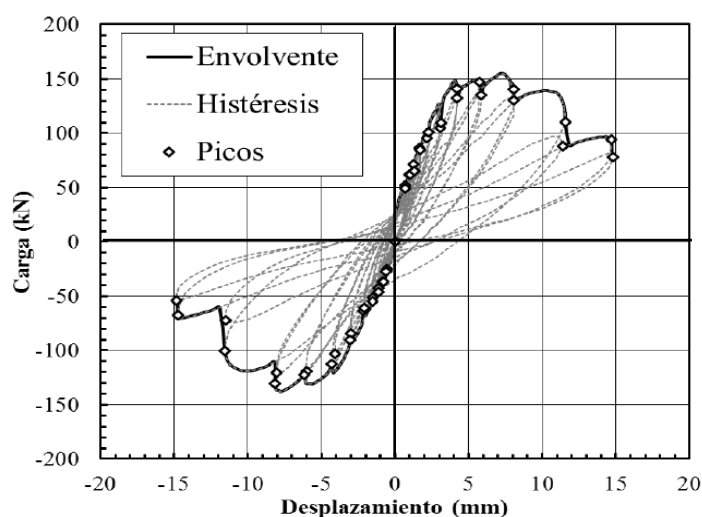


Figura N°2.1. Curva histerética del espécimen MBAT-2.

Fuente: Nohelia Vernedo V. y Elmer Choquepata M. 2017.

La Figura N°2.1 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-2, que se encuentra expresada en términos de

desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro.

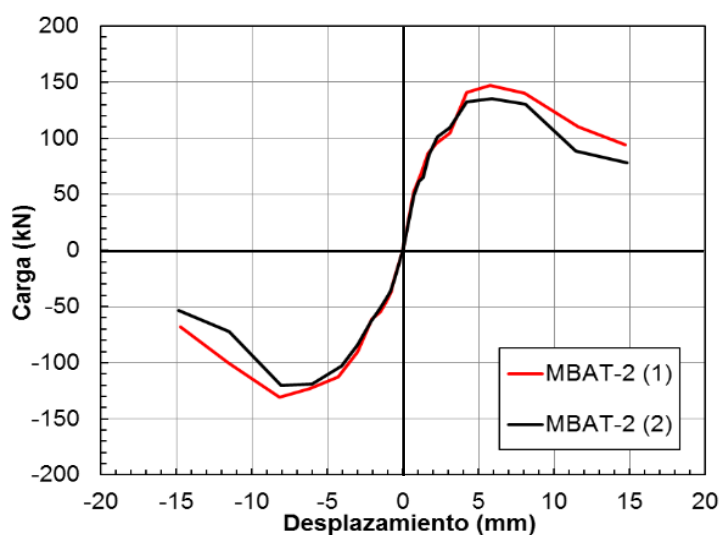


Figura N°2.2. Curva de capacidad del espécimen MBAT-2. (Carga vs Desplazamiento)

Fuente: Nohelia Bernedo V. y Elmer Choquepata M. 2017.

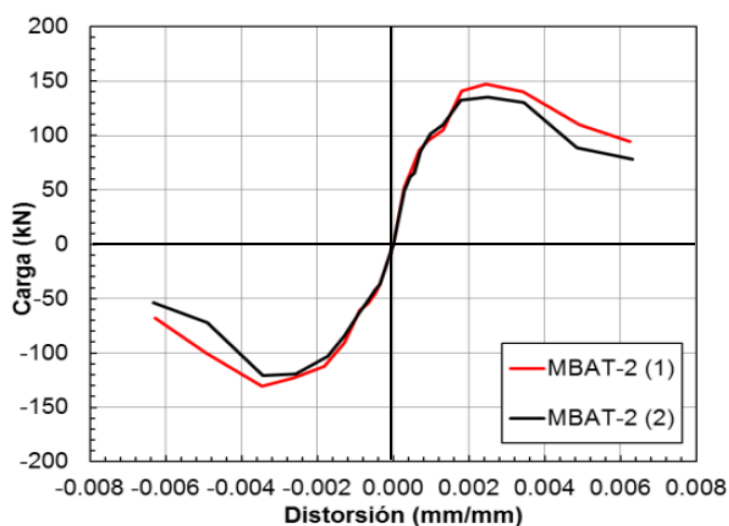


Figura N° 2.3. Curva de capacidad del espécimen MBAT-2 (Carga vs Distorsión).

Fuente: Nohelia Vernedo V. y Elmer Choquepata M. 2017

Conclusión: El espécimen MBAT-2 se llevó hasta su condición última (desplazamientos donde la carga es menor que el 80% de la carga máxima aplicada). Esta investigación nos proporciona información para tener parámetros sobre la capacidad del muro.

2.1.4. Límite de Reparación de 3 Muros de Albañilería Confinada Construida con Blocker II

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil desarrollado por el Bach. Ing. Liss Miriam Calderón Gonzalo y el Bach. Ing. Melissa Jhenifer Maque Gutierrez.

Resumen

La presente tesis de investigación tiene como objetivo obtener mediante ensayos experimentales, el valor de la deriva máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica, de tal manera que este cumpla con la filosofía de Diseño Sismoresistente; es decir que quede reparable pero no colapsado.

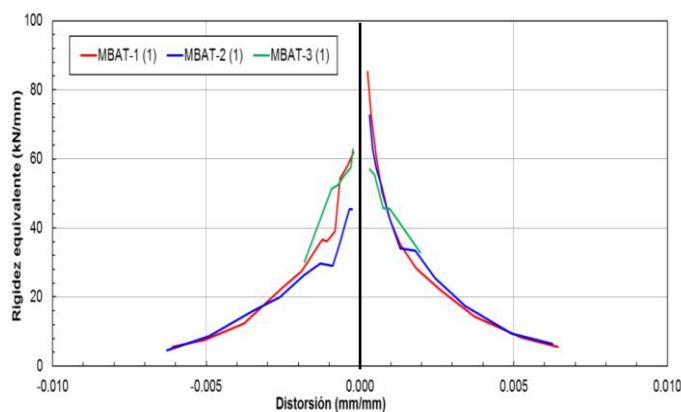


Figura N°2.4. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo.

Fuente: Liss Calderón G. y Melissa Maque G. 2017

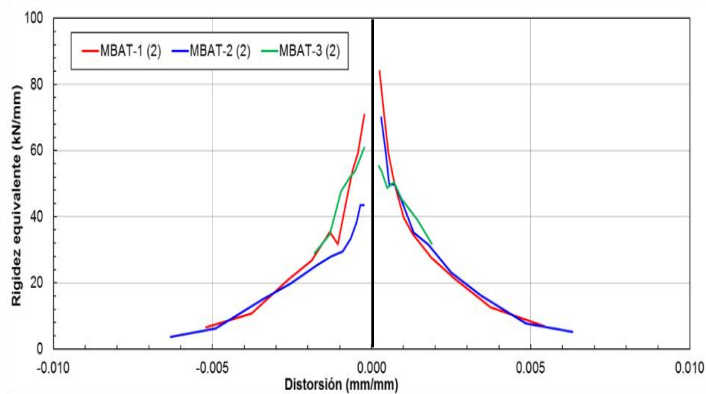


Figura N°2.5. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo.

Fuente: Liss Calderón G. y Melissa Maque G. 2017

Conclusión: En esta investigación se ensayó tres muros los cuales se llevó hasta su condición de reparabilidad a un nivel de distorsión de 1/550, la cual servirá como apoyo y datos comparativos en nuestra investigación.

2.1. Bases Teóricas

2.2.1. Conceptos Básicos

A continuación, se hace una breve descripción de los conceptos básicos y requisitos mínimos normativos. Toda esta información fue extraída de la norma técnica de edificaciones E.070 (NTE E.070) del año 2006.

- **Albañilería o Mampostería**

Material estructural compuesto íntegramente por unidades de albañilería asentadas o apiladas con algún material como el mortero.

- **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**

Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular

- **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.

- **Columna**

Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

- **Confinamiento**

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

- **Construcciones de Albañilería**

Edificaciones cuya estructura está constituida predominante por muros portantes de albañilería.

- **Mortero**

Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

- **Viga solera**

Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

2.2.2. Albañilería Confinada

En el Perú la albañilería confinada fue introducida después del terremoto de 1940 por su facilidad constructiva y buen comportamiento sísmico. (San Bartolomé, 1991).

La albañilería confinada es aquella que se encuentra enmarcada en sus cuatro bordes por elementos de confinamiento de concreto armado (vigas y columnas de confinamiento). El objetivo de los elementos de confinamiento es incrementar la capacidad de deformación después que los muros se agrieten. Esto significa que proporcionan ductilidad y no necesariamente mayor resistencia. Adicionalmente, estos se usan como arriostres ante acciones sísmicas perpendiculares al plano del muro.

Así mismo las unidades de albañilería empleadas en las construcciones son diversas, por lo que se clasifican de acuerdo a sus propiedades. Estas son:

Clasificación por sus dimensiones:

Ladrillos y Bloques.

- **Clasificación por su materia prima y fabricación:**

Por su materia prima: Unidades hechas de arcilla, unidades de sílice-cal y unidades de concreto.

Por su fabricación: Unidades artesanales y unidades industriales.

- **Clasificación por sus huecos:**

Unidades sólidas, unidades huecas y unidades tubulares.

2.2.2.1. Unidades de Albañilería Hueca y Maciza

Sin embargo, para materia de estudio nos enfocaremos en la clasificación por sus huecos o llamados también alvéolos, así tenemos: unidades sólidas y unidades huecas.

- **Unidades Sólidas:** Son las unidades que no presentan alveolos o huecos, en todo caso presentan ranuras o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento, y que ocupan un área no mayor al 30% del área bruta (Norma E.070, SENSICO 2006).
- **Unidades Huecas:** Cuando el área excede el 30% del área bruta, la unidad se clasifica como hueca.

En la figura 2.11 podemos observar la diferencia entre una unidad de albañilería sólida con otra unidad de albañilería hueca. La unidad sólida presenta menor espacio de vacíos, mientras que la unidad hueca tiene un alto porcentaje de vacíos.

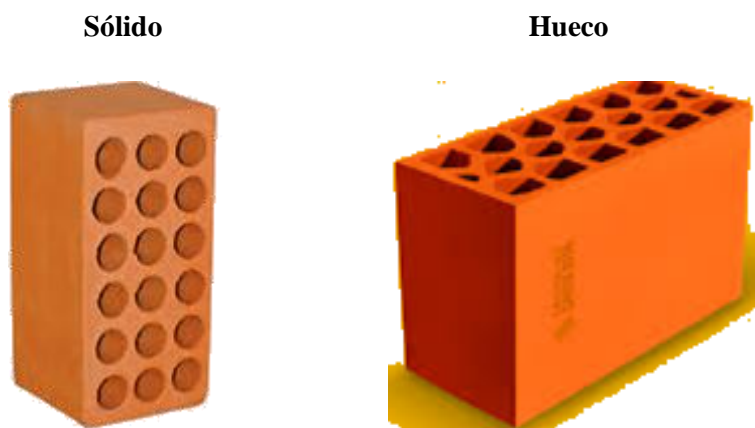


Figura N°2.6. Unidad de albañilería sólida y hueca.

Fuente: Comentarios de la Norma E.070, 2005.

La Norma E.070 se indica que las unidades sólidas o macizas son las apropiadas para emplearse en la construcción de muros portantes confinados.

Así mismo, los ladrillos artesanales (Ver Figura N°2.12) usualmente carecen de huecos, mientras que los ladrillos industriales (Ver Figura N°2.13) presentan entre 18 y 24 perforaciones pequeñas.



Figura N° 2.7. Unidad de albañilería artesanal

Fuente: Comentarios de la Norma E.070, 2005.



Figura N° 2.8. Unidad de albañilería industrial

Fuente: Comentarios de la Norma E.070, 2005.

2.2.2.2. Comportamiento de las unidades de Albañilería

Al margen del valor de la resistencia a la compresión, la diferencia del comportamiento de los diversos tipos de unidades de albañilería, radica en la fragilidad de la falla. (San Bartolomé, 2001)

Las unidades sólidas son las que han demostrado tener el mejor comportamiento dúctil, ya que carecen de fallas explosivas, mientras que otras al ser rotas en compresión fallan de forma explosiva frágilmente.

Las unidades huecas pueden ser utilizadas como muros portantes si se llenan de concreto líquido de modo que se ductilizan cambiando su comportamiento en fallas.

Se debe tener en cuenta que para la aplicación de diversas unidades de albañilería hay restricciones indicadas para cada zona sísmica, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N°4

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.

Fuente: N.T.E.070 Albañilería

2.2.3. Muro Portante

Los muros portantes o de carga son la pieza fundamental de una edificación, ya que poseen una función estructural, la cual está encargada de sostener el peso de otros elementos estructurales tales como, vigas, viguetas, arcos y bóvedas.

Desde la antigüedad se construían varios tipos de muro de carga, conservándose algunos hasta la actualidad; estos muros eran de adobe o piedra (Ver figura N°2.9),



Figura N°2.9. Antigua Casona de adobe en Cusco. (Calle San Bernardo)

Fuente: Revista de arquitectura “Antiguas Edificaciones”

El ladrillo empleado en muros de carga suele ser macizo, aunque no es difícil encontrar muros de carga hechos de ladrillo perforado o incluso hueco en viviendas de uno o dos pisos.

Los muros portantes deben estar dotados de una adecuada cimentación ya que ellos transmiten la carga del terreno, puesto que la función de los muros de carga es transmitir las cargas al terreno. La cimentación de los muros de carga adopta la forma de zapata lineal o zapata corrida. (Ver figura N°2.10)



Figura N°2.10. Zapata lineal o llamada zapata corrida.

Fuente: Preparación Formaleta para Fundición de Zapatas y Vigas de Cimentación

No se debe de olvidar que los muros son superficies continuas, por lo que se requiere de aberturas o ventanas que permitan una adecuada iluminación y ventilación.

2.2.4. Proceso Constructivo de Muros de Albañilería Confinada según la Norma E.070 vs. las Construcciones en Tacna

2.2.4.1. Proceso Constructivo de Muros de Albañilería según La Norma E.70 Albañilería

Una edificación de albañilería utilizada en Perú generalmente está estructurada en la siguiente secuencia constructiva por:

- 1) Cimentación corrida de concreto ciclópeo
- 2) Sobrecimiento hecho también de concreto ciclópeo
- 3) Muro de albañilería
- 4) Columnas de confinamiento
- 5) Losas de techo y vigas soleras que van por encima de los muros y vigas dinteles que cubren los vanos de puertas y ventanas.

Proceso Constructivo empleado en la Ciudad de Tacna

El proceso constructivo empleado en la ciudad de Tacna es muy diverso, en la mayoría de casos se omiten las reglas básicas para construcciones en albañilería. A continuación, describimos las técnicas más usadas actualmente:

A. Verificación y Rectificación del trazo

El trazo y replanteo consiste en plasmar las medidas del plano en el terreno, el cual debe tener la superficie limpia y nivelada (Ver Figura N°2.11)



Figura N°2.11. Trazo y replanteo para la construcción de un muro de albañilería.

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010.

Para construir los muros a partir de una losa de techo, se deben marcar los ejes con un tiralíneas.

B. Emplantillado

El emplantillado es la primera hilada de ladrillos colocados sobre la superficie. En el primer piso se hace sobre el sobrecimiento (Ver Figura 2.12); y en los pisos superiores sobre la losa (Ver Figura 2.13).

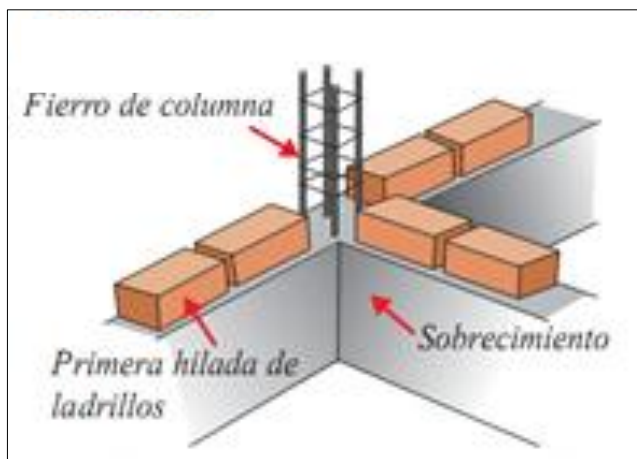


Figura N° 2.12. Emplantillado en sobrecimiento.

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010.

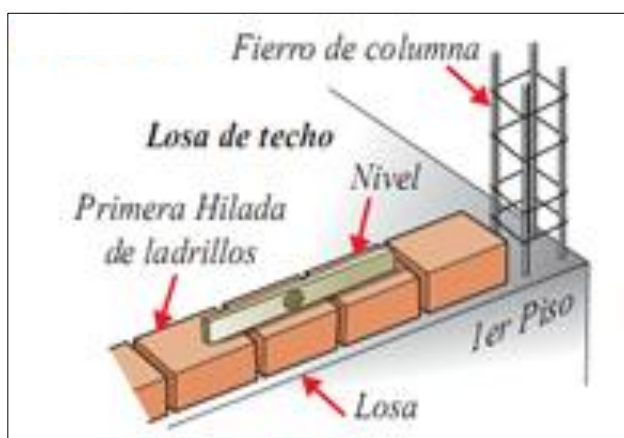


Figura N° 2.13. Emplantillado en losa

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010.

C. Colocación de ladrillos maestros

Los ladrillos maestros se colocaran en extremos del muro a levantar, deberán estar aplomados, nivelados y con el espesor de junta correspondiente. (Ver Figura 2.14).

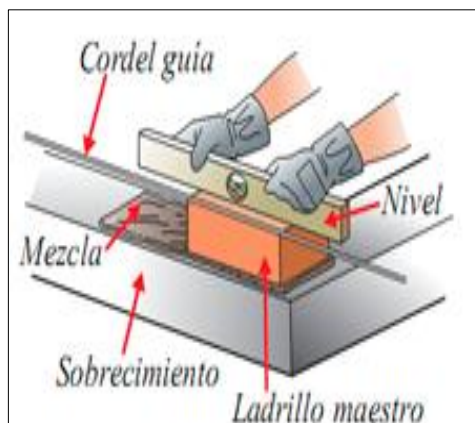


Figura N° 2.14. Colocación de ladrillos maestros

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010.

D. Colocación del mortero y el ladrillo

Se empleara el badilejo para adherir el mortero al ladrillo tomando una pequeña porción que deberá tener el espesor de 1.5 cm, la cual se pondrá como capa en la superficie del sobrecimiento, de tal manera que queden asentados ambos elementos. (Ver figura N°2.15).

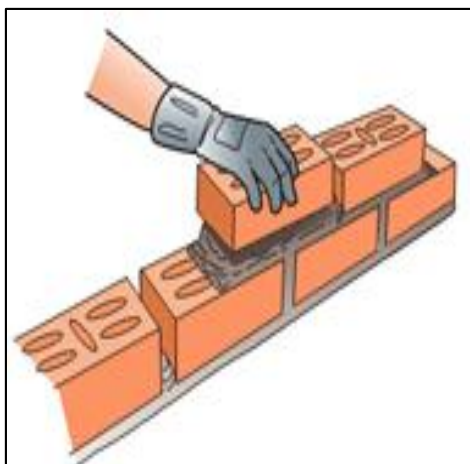


Figura N° 2.15. Colocación del ladrillo.

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010

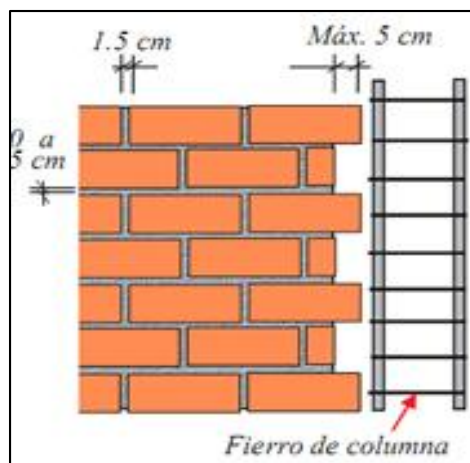


Figura N°2.16. Espesor del mortero entre ladrillos.

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010.

E. Control y verificación

Una correcta verificación ayudara a controlar la verticalidad del muro, esto mediante un nivel o plomadas No se permitirá un desplome* mayor de 4 mm en toda la altura del muro. Se recomienda ir controlando la verticalidad cada 4 hiladas (Ver figura N°2.17).

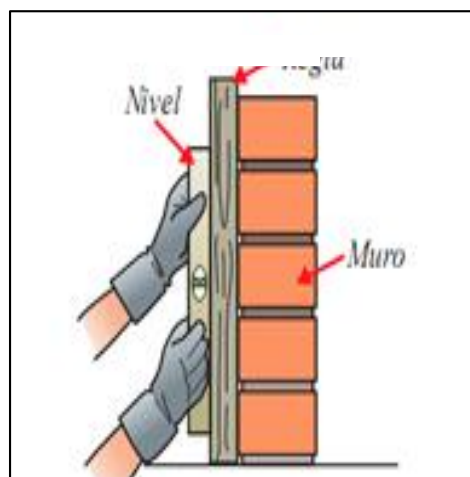


Figura N°2.17. Control de verticalidad del muro.

Fuente: Manual de construcciones para maestros de obras “aceros Arequipa”, año 2010.

2.2.5. Falla de Muros de Albañilería Confinada

Existen diversos factores por los que se pueden producir fallas en los muros de mampostería, ya sea por un mal confinamiento, por no cumplir adecuadamente con las normas de albañilería o por no presentar ningún tipo de refuerzo, es por ello que se han encontrado cuatro tipos de patrones de agrietamiento, los cuales dan origen a fallas en los muros. (Miranda, 2002, Héctor Gallegos, 2002):

- **Falla de corte por deslizamiento**

Agrietamiento por deslizamiento a lo largo de la junta horizontal de mortero, resultado de la falta de adherencia, ocasionada por la poca adhesión entre el mortero y las unidades de albañilería.

- **Falla de corte**

Caracterizado por la forma diagonal que presenta en forma de escalera como resultado de las tensiones de tracción diagonal o esfuerzos de corte que producen en el mismo.

- **Falla de flexión:**

El agrietamiento se presenta en forma vertical en las esquinas y el centro del muro, suele presentarse en muros esbeltos, y produce una falla de compresión por flexión en el talón comprimido del muro.

- **Falla de aplastamiento por compresión diagonal:**

Esta falla es producto del efecto de puntal que se produce cuando se separa el cuerpo del muro de los elementos de confinamiento, situación que genera grandes tensiones de compresión en las esquinas del muro, las que pueden provocar la falla por aplastamiento de la zona cuando la mampostería es de baja calidad o cuando se usan unidades del tipo rejilla de paredes delgadas.

En el caso de muros de mampostería reforzada, además de los modos de falla que aquí se presentan, se puede presentar una falla de compresión cuando la cuantía del acero es elevada. Los modos de falla más comunes de la mampostería se muestran en la Figura N°2.18.

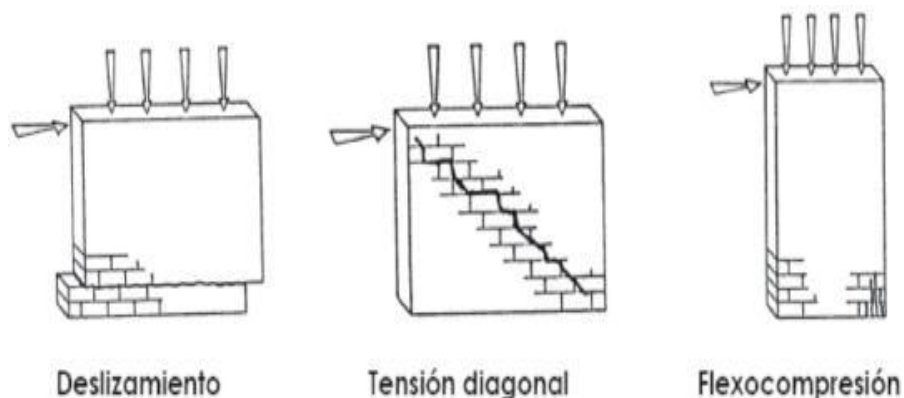


Figura N°2.18. Posibles modos de falla en un muro de mampostería.

Fuente: Alternativa Estructural de Refuerzo Horizontal en Muros de Mampostería. “Muros de Contención”, Año 2005.

2.2.6. Técnicas de Ensayo

2.2.6.1. Ensayo Estático: Ensayo de Carga Lateral

Para dar inicio con el ensayo se empleara una carga vertical de manera que se va incrementando a una cierta velocidad, luego se procederá a controlar los desplazamientos laterales también en forma incremental, hasta llegar a nuestro objetivo. Esta técnica posee desventajas respecto a la contemplación del deterioro que producen los desplazamientos laterales cíclicos en la albañilería se ha alcanzado ductilidades por encima de las proporcionadas en los ensayos sísmicos. Esta técnica está básicamente recomendada para determinar las resistencias.

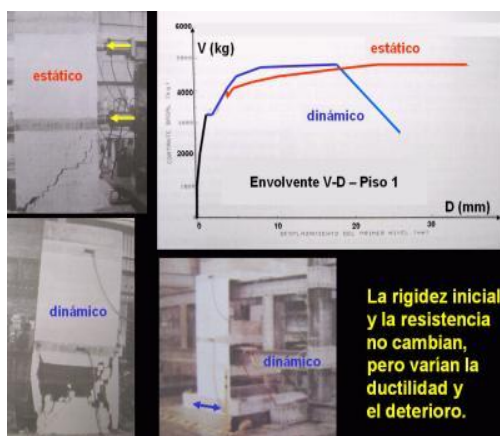


Figura N°2.19. Diferencia entre un ensayo monotónico y dinámico.

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011”

Ensayo Cuasi-Estático: Ensayo de Carga Lateral Cíclica

En los ensayos cíclicos o también conocidos como cuasi estáticos, el espécimen debe ser sometido a una historial predefinida de desplazamientos o fuerzas. Se realiza a una velocidad lenta si se compara con las velocidades de deformación que se producen en un sismo.

En materiales convencionales como, por ejemplo: concreto, acero o albañilería, el hecho de realizar la prueba a baja velocidad no cambia considerablemente los resultados y, a cambio, permite obtener mejor calidad en el control de la historia impuesta, así como en las mediciones.

Estos ensayos son utilizados para definir el comportamiento del espécimen frente a determinadas historias de deformación o esfuerzo.



Figura N°2.20. Ensayo de carga lateral cíclica en el laboratorio de Estructuras de la PUCP.

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011”

2.2.6.1.1. Procedimiento de Ensayo de Carga Cíclica según FEMA 461.

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: Fisura por tracción, rotura diagonal, límite de reparación y falla final.

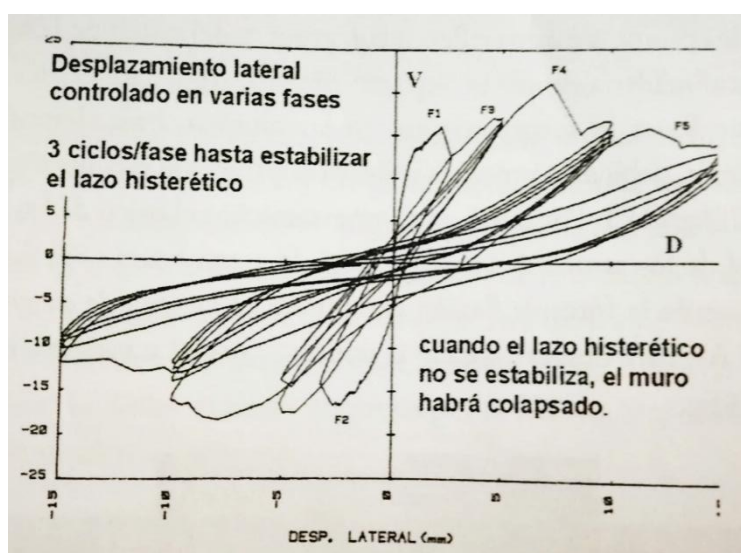


Figura N°2.21. Desplazamiento lateral controlado en varias fases.

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011.”

A. Fisura de Tracción por Flexión

La primera fisura se forma en la base de los muros (Ver Figura N°2.32), y se debe a las tracciones que origina el momento flector. Ha podido notarse que la resistencia a tracción por flexión de los muros armados rellenos con grout es del orden de 10 kg/cm², mientras que para la albañilería simple es 5kg/cm². Sin embargo, para el caso de los muros confinados, esta fisura se forma primero en la columna, para después propagarse hacia la albañilería, debiendo vencer la resistencia a tracción por flexión del concreto (del orden de 20kg/cm²).

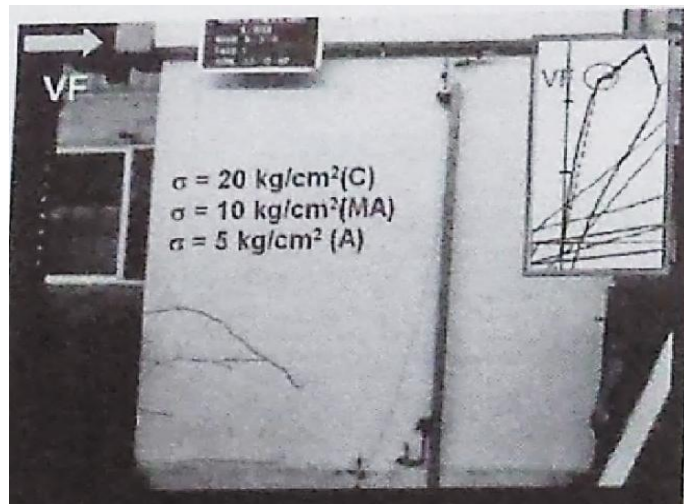


Figura N°2.22. Punto “F.”

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011”.

B. Rotura Diagonal

Al incrementar la carga lateral, el muro se agrieta diagonalmente (punto «R» en la Figura N°2.33 o punto «m» en la Norma E.070), produciéndose una caída ligera en la resistencia. Esta falla inmediatamente después es contenida por los confinamientos, o por el refuerzo horizontal para el caso de los muros armados. Esta falla se produce para una deriva del orden de 1/800, y si el muro se encuentra reforzado, se le puede aplicar mayores desplazamientos inelásticos.

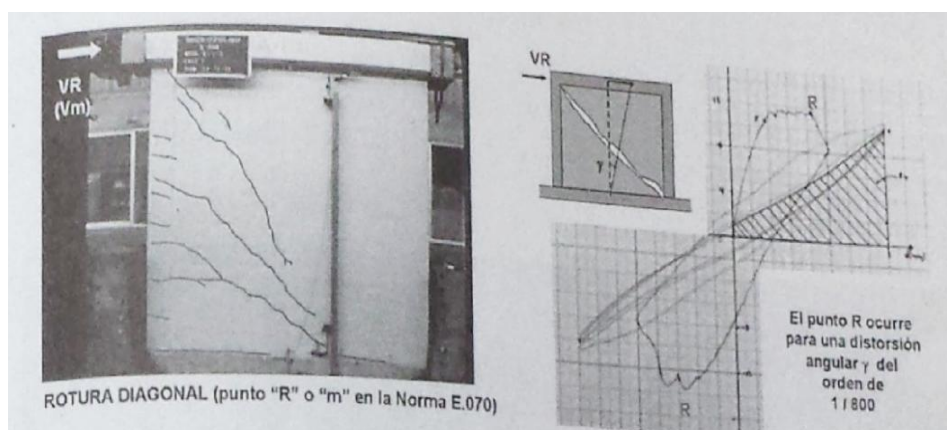


Figura N°2.23. Punto “R” o “m” en la Norma E.070.

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011”.

C. Límite de Reparación de un muro de albañilería confinada

Al aplicarse mayores desplazamientos al muro (armado o confinado) después de su rotura diagonal, aparecen otras fisuras y la rigidez lateral continúa degradándose. Llega un punto en donde también disminuye la resistencia, por la formación de fallas no deseadas. Hasta este punto, asociado a una deriva de $1/200 = 0.005$, se puede considerar que el sistema es económicamente reparable (Ver Figura N°2.24). Este límite es el especificado como la deriva máxima inelástica por la Norma Sísmica E.030 para las edificaciones de albañilería reforzada.

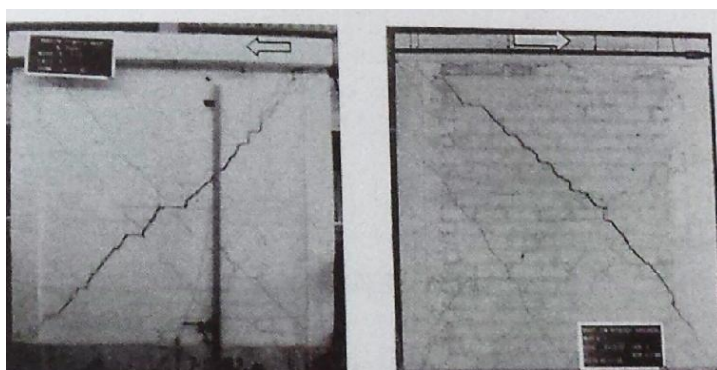


Figura N°2.24. Límite de reparación.

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011”

Por otro lado, ante desplazamientos laterales por encima del límite de reparación (Figura N°2.25) se presenta la trituración de la base del muro (sea la falla por flexión o por corte) con el consiguiente pandeo del refuerzo vertical, o la trituración de las unidades de albañilería. Allí se pierde la última línea de defensa, lo que da lugar a una drástica reducción de la resistencia.



Figura N°2.25. Falla final.

Fuente: Reparación y Reforzamiento de las Construcciones de Albañilería. “Ángel San Bartolomé, Año 2011”.

2.2.7. Derivada Máxima

A.- Derivada Máxima según la NTP. E.030 Y E.070, 2016

Para efectos de esta Norma E.070, para una edificación de albañilería confinada ubicada sobre suelo duro en la zona sísmica 3, por ejemplo, se ha considerado que el límite entre el sismo moderado y el severo corresponde a un sismo con aceleración máxima igual a 0.2g, luego la severidad de este u otro sismo puede incrementarse hasta alcanzar una aceleración máxima de 0.4g (Norma E.030), en esta etapa (Ver Figura N°2.26) la estructura incurre en el rango inelástico alcanzando derivadas de hasta 0.005 en los entresijos, que corresponde al límite de reparación de la albañilería.

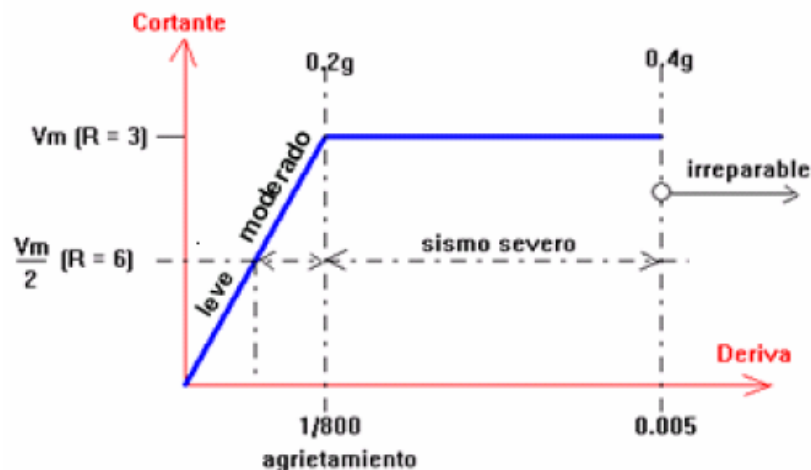


Figura N°2.26. Sismo severo para el caso de suelo duro.

Fuente: “Ángel San Bartolomé”, Año 2005.

La Norma NTP E.070, establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez.

1. Que ante la actividad de sismos moderados la estructura se comporte en el rango elástico.
2. Que ante la actividad de sismos severos la estructura quede en estado económicamente reparable. Estos objetivos se obtienen bajo dos condiciones: los elementos de refuerzo deben ser diseñados, los edificios de poseer suficiente resistencia y rigidez, para así lograr que la estructura se comporte elásticamente ante los sismos moderados y sin sobrepasar su límite de reparación.

La deriva máxima de 0.005 (desplazamiento inelástico dividido entre la altura del piso), se determinó de múltiples experimentos hechos con ladrillos y bloques nacionales y está normado por la NTE E.030 del 2016, en el cual establece los límites de la deriva de entrepiso. Como se puede apreciar estos límites dependen del material que predomina en la estructura, de su importancia o uso y de su periodo fundamental o altura.

Tabla N°5

Límite de desplazamiento lateral de entrepiso

LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO	
Estos límites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	(D_1 / h_{e1})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

Fuente: N.T.P. E.030 Diseño Sismoresistente (2016)

Dentro de los propósitos considerandos de la Norma E.70, se establece que el límite máximo de la distorsión angular ante la acción del “sismo severo” se fija en 1/200, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.

En el cual experimentalmente se ha podido observar 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 (Ver Figura N°2.27), el refuerzo vertical patea y la resistencia sísmica degrada notablemente.



Figura N°2.27. Base molido de un muro confinado (izquierda) y de un muro armado (derecha).

Fuente: “Ángel San Bartolomé”, Año 2005.

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

- Por el tipo de investigación es explicativo ya que se describirá y presentará resultados del comportamiento sísmico del muro MBAT-06.
- Por el diseño de la investigación, es diseño de campo y de laboratorio. ya que realizaremos nuestro ensayo experimental en el laboratorio de estructuras del CISMID, de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.2. Población y/o Muestra de Estudio

3.2.1. Población

Las construcciones informales que se realizan en la ciudad de Tacna.

3.2.2. Muestra

En nuestra investigación es el espécimen MBAT-06, muro de albañilería confinada construido con ladrillo Blocker II (procedentes de la ladrillera Martorell-Tacna).

3.3. Operacionalización de Variables

Tabla N°6

Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores
INDEPENDIENTE ESPECÍMEN MBAT-06 - MURO A ESCALA NATURAL CONSTRUIDOS CON LADRILLO BLOCKER II.	Muro construido con unidades de poca resistencia y durabilidad baja, apta para construcciones de Albañilería en condiciones de servicio moderados.	-Número de especímenes.	- Especímenes - Propiedades físicas - Propiedades mecánicas
DEPENDIENTE ENSAYO DE 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.	-Para la carga máxima, se utilizará una medida cuantitativa en Tn. -El desplazamiento se medirá en mm.	- Desplazamientos - Carga máxima - Fuerza

Fuente: Elaboración Propia-2018.

3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

La técnica que se utilizó fue mediante un ensayo estático lateral de carga cíclica con desplazamiento incremental controlado.

3.4.1. Proceso Constructivo del Muro

Descripción del Muro

La construcción del muro de albañilería confinada se realizó en el laboratorio del CISMID – UNI. El muro MBAT6 fue construido con elementos estructurales (vigas y columnas) con sus respectivas cuantías de acero de refuerzo. Los elementos estructurales del muro no tuvieron un diseño previo, ya que el proyecto buscaba aproximarse lo más posible a la realidad de las construcciones informales de la zona.

Los muros construidos con unidades de ladrillo de arcilla tipo Blocker II tuvieron las siguientes dimensiones y detalles.

En la figura 3.1. Se muestra las dimensiones del muro y detalles de la viga de cimentación, columna y viga.

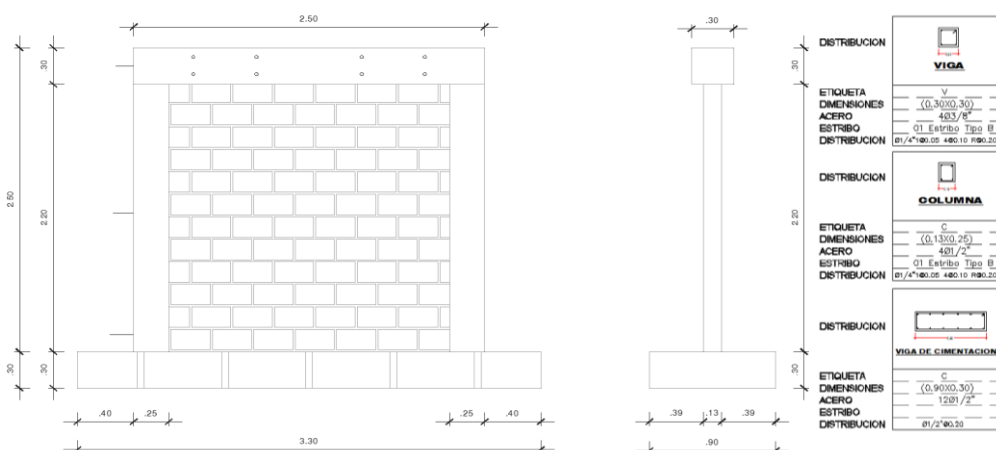


Figura N°3.1. Dimensiones del muro y detalles de elementos de confinamiento.

Fuente: Elaboración propia-20018

a.- Características del Muro:

- Muro portante de albañilería confinada con las siguientes medidas:
Altura =2.50 m, longitud =2.50 m y con un espesor de 0.13 m.
- Viga de Cimentación con las siguientes medidas: largo 3.30 m, ancho: 0.90 m y una altura de 0.30 m.
- La distribución de acero:
Viga de cimentación: Acero longitudinal 12 \emptyset ½”, acero transversal de ½”, cada 0.20.
Columna: 4 \emptyset ½”, Estribos de ¼”, 1@0.05, 4@0.10, R@0.20
Viga Solera: 4 \emptyset 3/8”, Estribos de ¼”, 1@0.05, 4@0.10, R@0.20
- $F'c= 175$ kg/cm² en columnas, viga solera y viga de cimentación.
- La proporción volumétrica cemento: arena del mortero de asentado fue 1: 4.
- La conexión columna - albañilería fue dentada.
- El aparejo de las unidades de albañilería fue del tipo sogá.
- Juntas horizontales de 1.5 cm de grosor y juntas verticales de 1.5 cm de grosor, solaqueadas.
- Los ladrillos se pusieron en agua durante 30 minutos, para que así los ladrillos alcancen el valor de absorción recomendado.

b.- Materiales que se utilizaron

- Unidades de albañilería: Ladrillo Blocker II (ladrillera martorell-Tacna)
- Conglomerante: Cemento Yura Tipo IP
- Agregados: Arena gruesa, Piedra chancada, Confitillo de 1/4”
- Acero de \emptyset ½”, 3/8”, ¼” y alambre N°8
- Madera para encofrado
- Clavos
- Tubo de PVC 2”
- Agua

c.- Herramientas que se utilizaron:

- Herramientas manuales: regla, plomada, cordel, nivel de mano, badilejo
- lampa, carretilla.
- Mezcladora tipo trompo de 7 pie³
- Vibradora de concreto de 2''

Proceso Constructivo de la Viga de Cimentación (VC)

Los trabajos de construcción del muro MBAT-06, se comensaron con la construcción de la viga de cimentación la cual se inició con el corte, habilitación y armado de las mallas del acero estructural. El acero de refuerzo longitudinal y transversal utilizado fue de diámetro de ½'' y para amarres se utilizó el alambre # 16.

El encofrado de la viga de cimentación se realizó con tablonos y barrotes de madera tornillo, no se utilizó desmoldante en el encofrado. También se colocó 4 sujetadores de acero para su transporte y 10 pases de pvc de 2'' para el anclado de muros en equipos para su respectivo ensayo.

Para el vaciado de concreto en la viga de cimentación se tuvo que habilitar y colocar la armadura de acero de refuerzo de las columnas CA. El concreto utilizado en la viga de cimentación tuvo una resistencia de $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Para la preparación del concreto se utilizó agregado grueso de ½'', arena gruesa, agua potable, cemento portland tipo IP, mezcladora tipo trompo, vibradora eléctrica y personal obrero con sus respectivas herramientas (01 operario, 01 oficial y 01 peón), ver figura N°3.2.

La cubicación de agregados se realizó con palas, el curado se realizó con agua potable y dos veces al día.



Figura N°3.2. Colocación de columnas y 4 anclajes para realizar el traslado y ubicación del muro a la máquina para realizar el ensayo

Fuente: Propia -2018.

Construcción del Muro de Albañilería

Se utilizaron los ladrillos que estén en perfectas condiciones, que estén libre de fallas, como rajaduras, quemaduras, sales, etc. Una vez preparado los ladrillos para el asentado, se procedió a asentar la primera hilada debidamente alineada y nivelada.

El asentado de ladrillos en el muro se realizó en 2 jornadas de trabajo, para así evitar las fallas por aplastamiento del mortero y según recomendación de la Norma E. 070 no se debe asentar ladrillos más de 1.30m de altura por jornada de trabajo.

Cabe indicar que también se tuvo en consideración en el asentado de ladrillos, que la junta vertical de la última hilada de la primera jornada, se rellenaba a mediana altura para así evitar la falla por cizallamiento.

Una vez culminada el asentado de los ladrillos en el muro MBAT-06 se procedió al emplantillado en la viga de confinamiento, las secciones de las

columnas de confinamiento CA, con su recubrimiento de 2.5 cm del acero de refuerzo. Ver figura 3.3.



Figura N°3.3. Dentado del Muro.

Fuente: Propia-2018.

Construcción de la Columna

Se verificó la verticalidad de los refuerzos longitudinales de las columnas y el espaciamiento de estribos. Para que luego sea encofrado con tablonés y barros de madera, no se utilizó desmoldante en el encofrado.

El concreto utilizado en la columna de confinamiento CA tuvo una resistencia de $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Para la preparación del concreto se utilizó agregado grueso de $\frac{1}{2}$ ", arena gruesa, agua potable, cemento portland tipo IP, mezcladora tipo trompo, vibradora eléctrica y personal obrero con sus respectivas herramientas (01 operario, 01 oficial y 01 peón).

Cabe indicar que en el vaciado de concreto en las columnas CA se extrajeron muestras de concreto en 2 probetas metálicas. Para ser posteriormente ensayadas y obtener la resistencia a la compresión.

Una vez culminado con el sentado de los ladrillos se procedió a encofrar las columnas. (Ver figura N°3.4).



Figura N°3.4. Encofrado de columna.

Fuente: Propia-2018.

Construcción del Viga Solera

La viga solera se construyó una vez terminado de desencofrar las columnas.

Primeramente se colocó el refuerzo de acero sobre los ladrillos, dejando una separación de 2.5cm como recubrimiento para el acero estructural, luego se procedió a la ejecución de este elemento estructural con las mismas características y recomendaciones que se tuvo en la construcción de las columnas.

Luego se solaqueo los elementos de concreto para un mejor acabado.

3.4.2. Justificación de los Elementos Estructurales

- ✓ Las dimensiones de los elementos de confinamiento son dimensiones estándares para ensayos de carga cíclica en muros de albañilería confinada.

- ✓ Las dimensiones son de acuerdo a la maquinaria que se tiene en el laboratorio CISMID.
- ✓ La viga de cimentación y las columnas se construyeron con acero longitudinal de diámetro 1/2" y acero transversal de diámetro 1/4" debido a que el espécimen MBAT-06 (muro confinado) debe de soportar su propio peso al momento de ser trasladado y montado en la máquina para posteriormente realizar el ensayo de carga cíclica.
- ✓ Los elementos estructurales del muro no tuvieron un diseño previo, ya que el proyecto buscaba aproximarse lo más posible a la realidad de las construcciones informales de la zona.

3.4.3. Ensayo Cíclico de Carga Lateral

Descripción del Ensayo

El ensayo cíclico a escala natural se realizó con finalidad de obtener información más precisa sobre el comportamiento estructural del muro de albañilería, el cual simulara la fuerza de un movimiento sísmico a la que se le aplicara un incremento de carga en fases hasta llegar al límite de reparación, controlando los desplazamientos laterales, sin aplicación de carga vertical.

Descripción del Mecano de Carga

Para la realización de este ensayo debe emplearse un pórtico de acero que rodea al espécimen a manera de pórtico de reacción de uno de los extremos de las gatas hidráulicas, un 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 N°3.5. Adicionalmente, las gatas hidráulicas verticales, que mantendrán una carga constante, apoyarán 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.

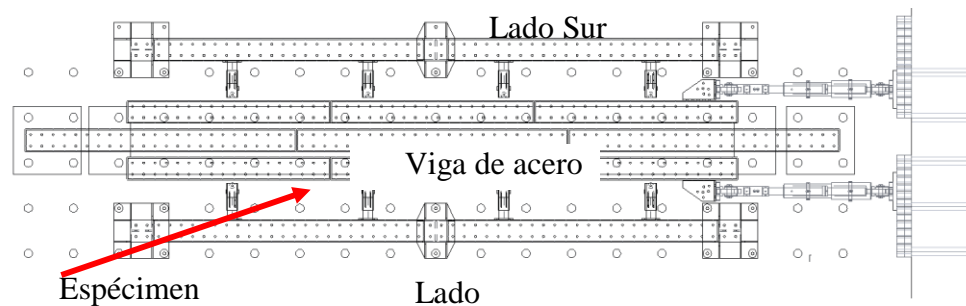


Figura N°3.5. Vista en planta del aparato de carga.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

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 sobre el pórtico de concreto armado representativo del módulo 780-PRE. Durante el desarrollo del ensayo, la carga axial aplicada por las dos gatas hidráulicas verticales se mantendrá constante en 550 kN. La carga axial es aplicada con las dos gatas hidráulicas, bajo control de carga, usando la carga vertical requerida, que se distribuye horizontalmente mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen.

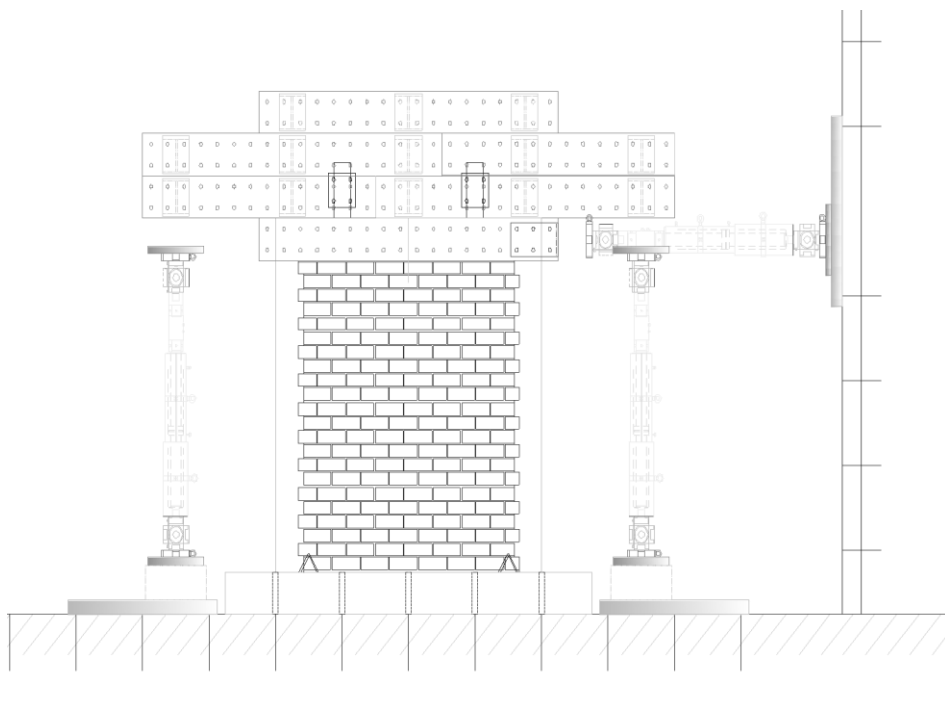


Figura N°3.6. Esquema de la configuración del ensayo cíclico.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

Instrumentación

La instrumentación consta de 22 canales para la adquisición de los datos. La Figura N° 3.7 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

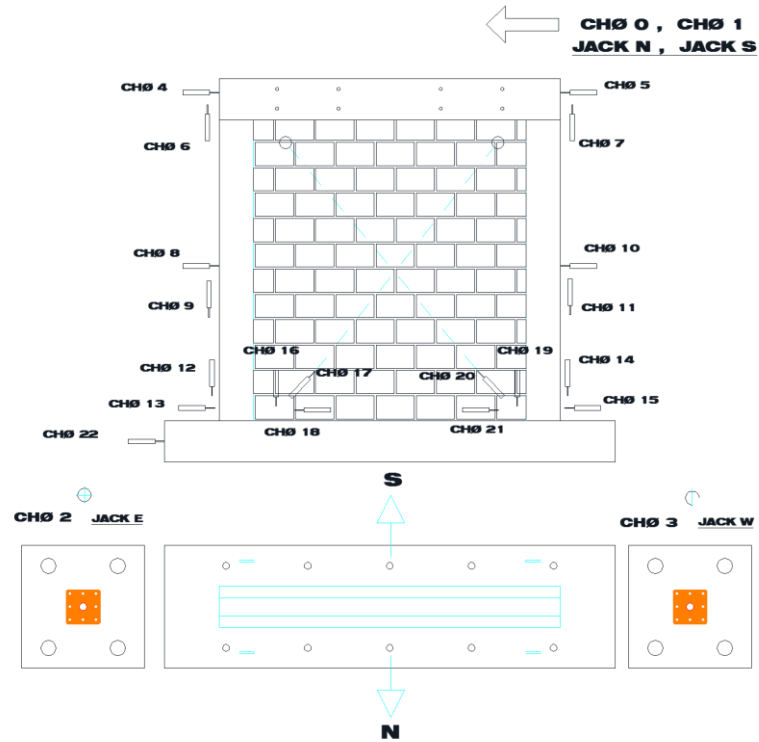


Figura N°3.7. Sistema de adquisición.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

Protocolo de Desplazamientos

En la siguiente figura N° 3.8, se puede observar cómo se representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el proceso del ensayo. La aplicación de la carga horizontal es mediante un control de desplazamiento del monitor de acuerdo al protocolo de desplazamiento.

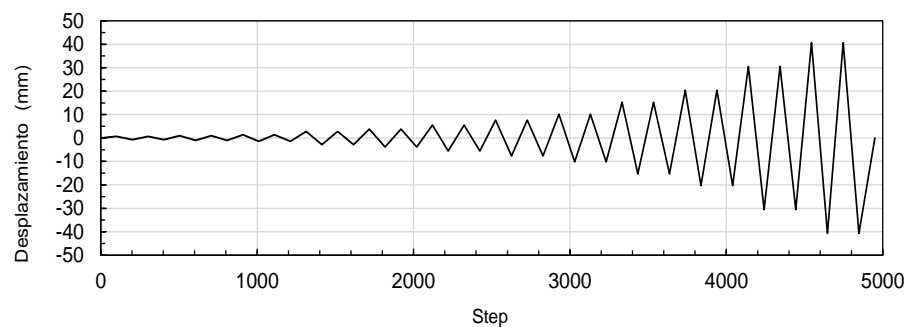


Figura N°3.8. Protocolo de desplazamiento objetivo.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

La siguiente figura N° 3.9. Tabla se muestra el desplazamiento objetivo para el control de desplazamiento por ciclo. Este proceso se realiza con la finalidad de obtener una curva de histéresis más fija, la amplitud objetivo es aplicada en dos ciclos consecutivos.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Distorsión objetivo	$\frac{1}{4200}$	$\frac{1}{3000}$	$\frac{1}{2150}$	$\frac{1}{1100}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{550}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{75}$

Figura N°3.9. Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos para el análisis fueron obtenidos durante el ensayo experimental del muro a escala natural, utilizando los lineamientos del FEMA 461.

Para cada aplicación de carga en cada uno de los ciclos, se tiene la distorsión objetivo, teniendo la altura del elemento (muro) que es de 2.20m, podemos hallar los desplazamientos aplicando la siguiente formula.

$$\text{Distorsión} = \frac{\text{Desplazamiento (mm)}}{\text{Altura de entrepiso(mm)}}$$

Tabla N°7.

Valor de desplazamiento para distorsiones objetivo

Ciclo	Distorsión	Desplazamiento (mm)
4	1/1500	1.49
5	1/1100	2.09
6	1/800	2.93
7	1/550	4.00

Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo IV

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos luego de ensayar el muro denominado MBAT-6 hasta su límite de reparación, en el laboratorio de estructuras del centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima.

4.1. Comportamiento del Muro

Distorsión 1/1500



Figura N°4.1. Formación de primeras grietas para una distorsión 1/1500.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Continuando con el ensayo respectivo se puede observar que se van formando grietas en la parte central de la columna de confinamiento, así mismo se observa que en la cara del talón las grietas aumentan de dimensión, este para una distorsión 1/1500. Ver figura N° 4.2.



Figura N°4.2. Grietas en la parte central de la columna Este para una distorsión 1/1500.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En la figura N° 4.3. Se continúa con el proceso de aplicación de cargas y se puede verificar que aparecen grietas en el mortero en las diagonales de la cara de norte a sur



Figura N°4.3. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Una vez culminado de aplicar las cargas para una distorsión de 1/1500 podemos graficar el mapeo de grietas, en la figura 4.4. Y 4.5 se observa las grietas en el mortero y en las columnas de confinamiento.

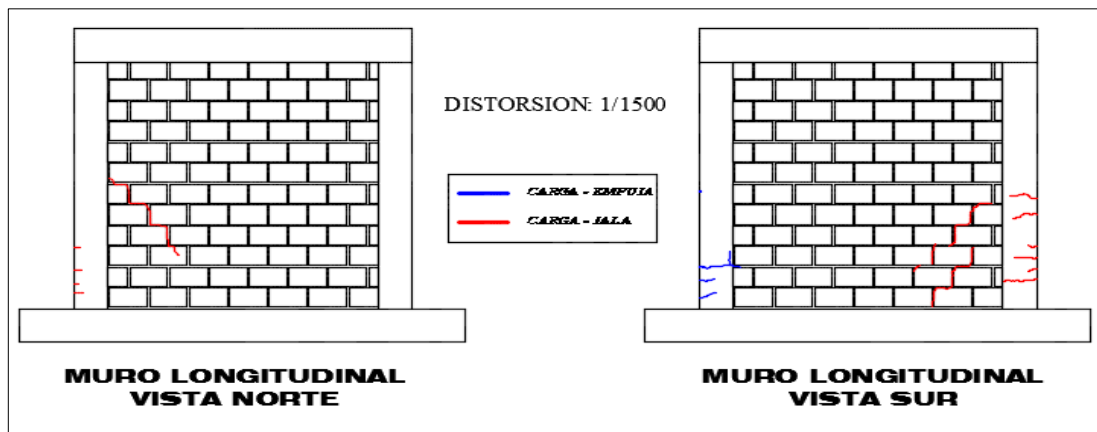


Figura N°4.4. Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/1500.

Fuente: Elaboración Propia-2018

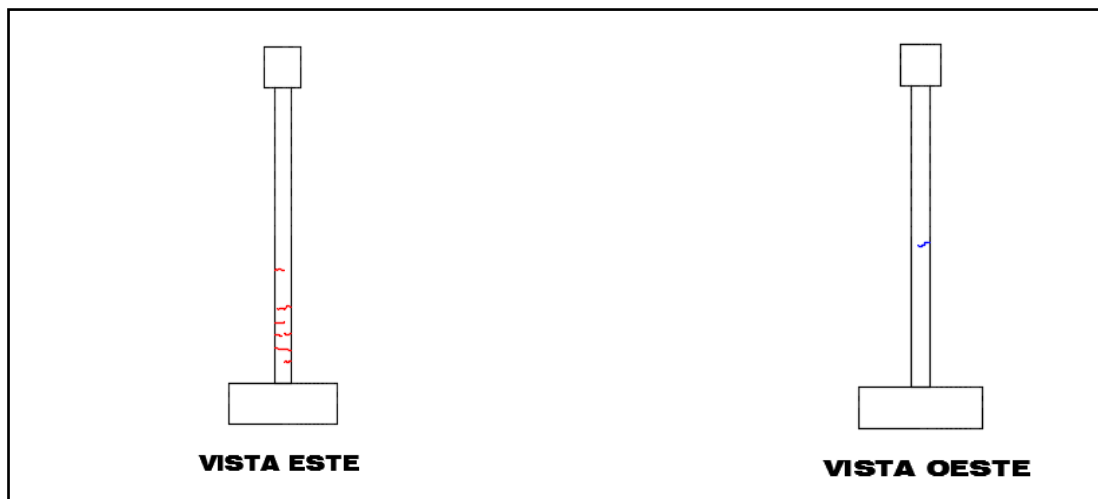


Figura N°4.5. Mapeo de fisuras de elementos de confinamiento para una distorsión de 1/1500.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Distorsión 1/1100

En la figura N° 4.6 se observa cómo se procedió a tomar las medidas de las grietas, en el cual se verificaron que las grietas poseen un Espesor de 0.2mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.



Figura N°4.6. Medición de las grietas para una distorsión de 1/1100.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En las figuras N° 4.7, 4.8, podemos observar el mapeo de las grietas que se obtuvieron cuando se sometió al muro a una distorsión de 1/1100

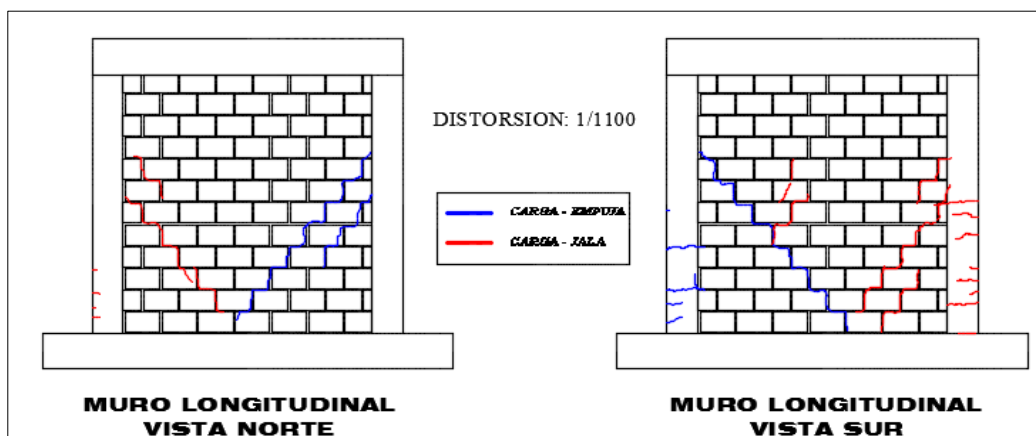


Figura 4.7. Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/1100.

Fuente: Elaboración Propia-2018

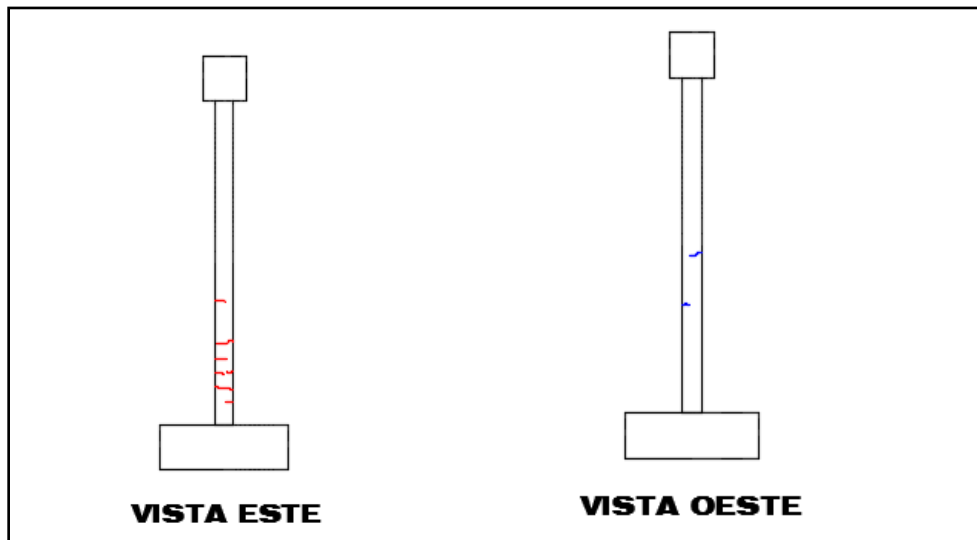


Figura N°4.8: Mapeo de fisuras elementos de confinamiento para una distorsión de 1/1100.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Distorsión 1/800

En la figura 4.9. Podemos verificar la formación de las primeras grietas en la parte superior -Este de la cara Sur del muro para una distorsión 1/800.

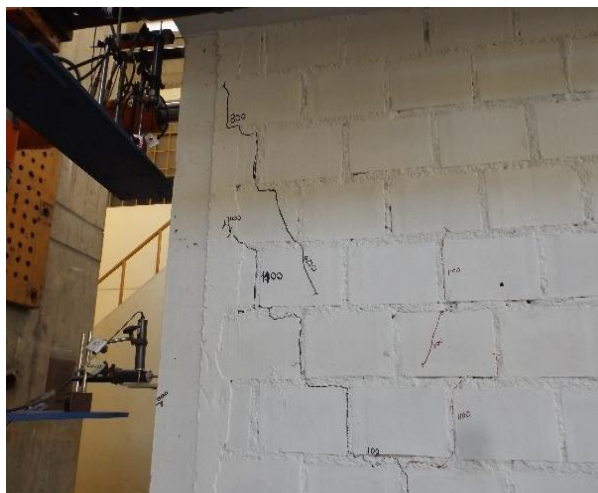


Figura N°4.9: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/800.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En las figuras N° 4.10 y 4.11, podemos observar el mapeo de las grietas que se obtuvieron cuando se sometió al muro a una distorsión de 1/800

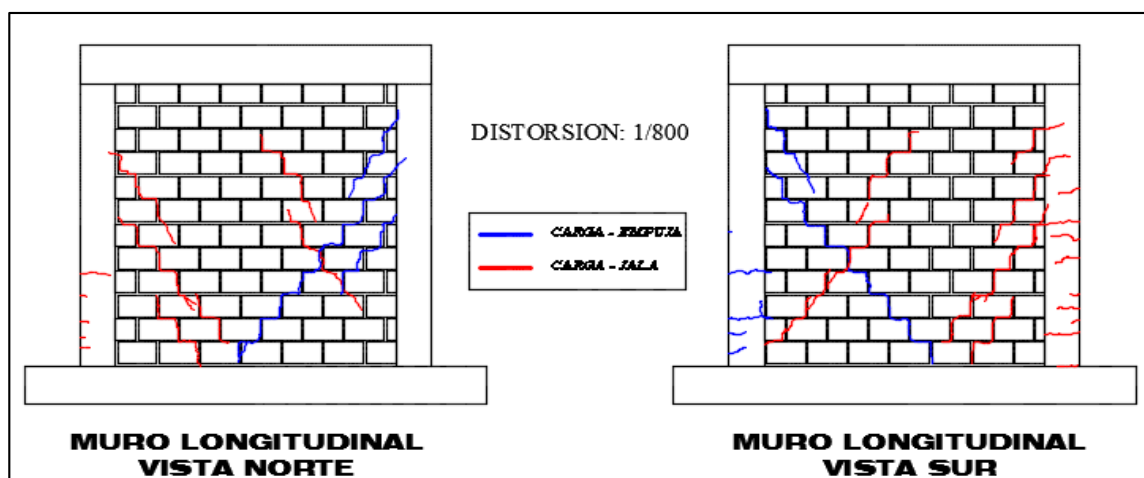


Figura N°4.10. Mapeo de fisuras en muros para una distorsión de 1/800. Se puede observar que el muro empieza a agrietarse.

Fuente: Elaboración Propia-2018

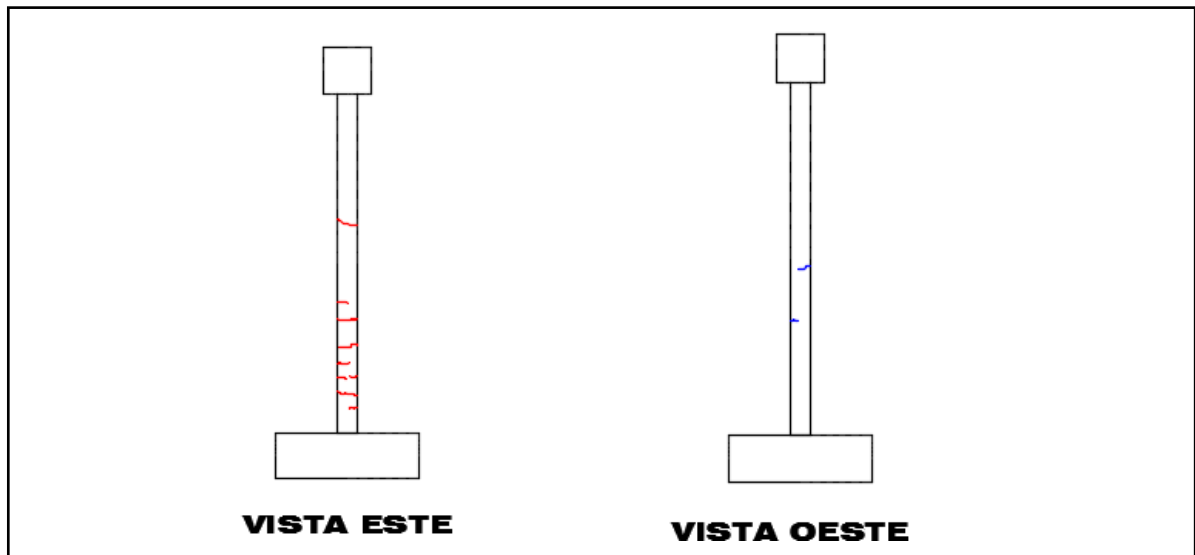


Figura N°4.11: Mapeo de fisuras en elementos de confinamiento para una distorsión de $1/800$. Se puede observar que el muro empieza a agrietarse.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Distorsión 1/550

En la figura N°4.12. Se observa que las grietas aumentan en dimensiones para una distorsión de 1/550.



Figura N°4.12: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/550.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En la figura N°4.13. Se verifica que el espesor de grieta aumenta a 0.5mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/550.



Figura N°4.13: Mapeo de fisuras para una distorsión de 1/550.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En las figuras N° 4.14 y 4.15, podemos observar el mapeo de las grietas que se obtuvieron cuando se sometió al muro a una distorsión de 1/550. En esta fase verificamos que el muro alcanza su límite de reparación.

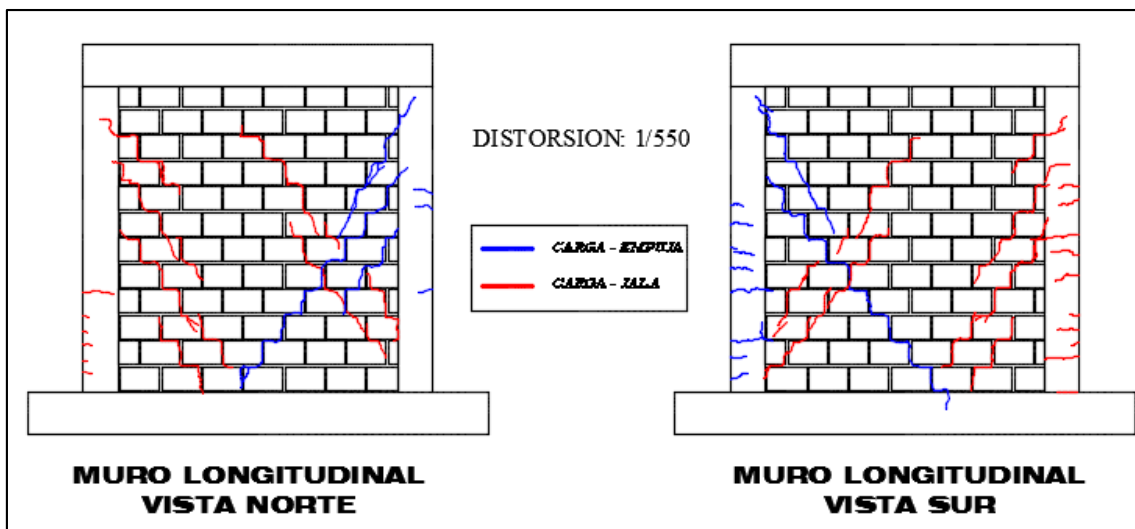


Figura N° 4.14. Mapeo de fisuras en muros para una distorsión de 1/550.

Fuente: Elaboración Propia-2018

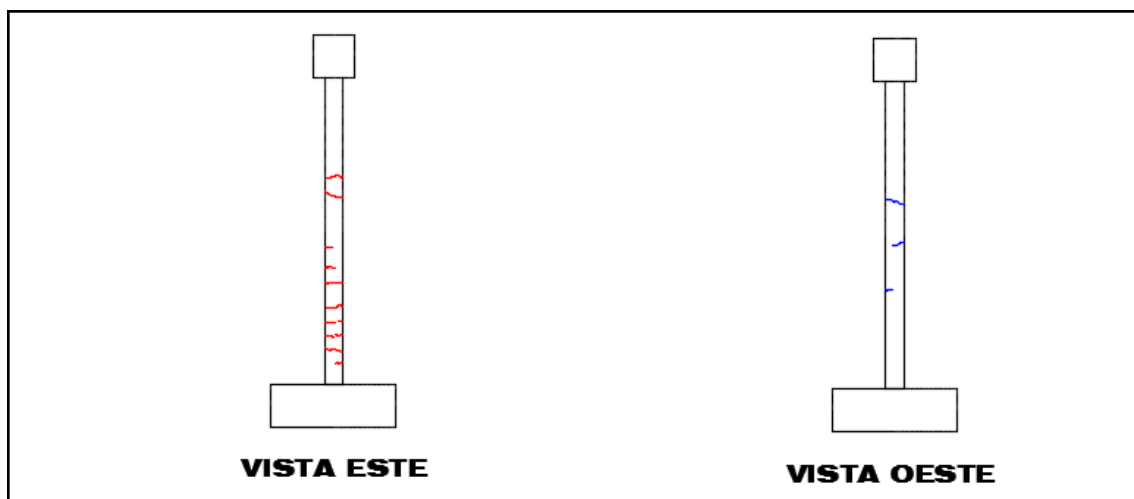


Figura N° 4.15: Mapeo de fisuras en elementos de confinamiento para una distorsión de 1/550.

Fuente: Elaboración Propia-2018

4.2. Diagrama Histerético, Fuerza Cortante vs. Desplazamiento Lateral

Del diagrama fuerza-desplazamiento se puede observar que los lazos histeréticos son finos y pasan por el origen del sistema de referencia. Esto es usual en sistemas que disipan poca energía y degradan rigidez lateral.

En la figura N°4.16. Se observa que para la carga máxima de 120 kN, aproximadamente, se tiene un desplazamiento de 4 mm, en el rango positivo, y en el rango negativo se tiene que para la carga máxima de 120 kN hay un desplazamiento de 4 mm.

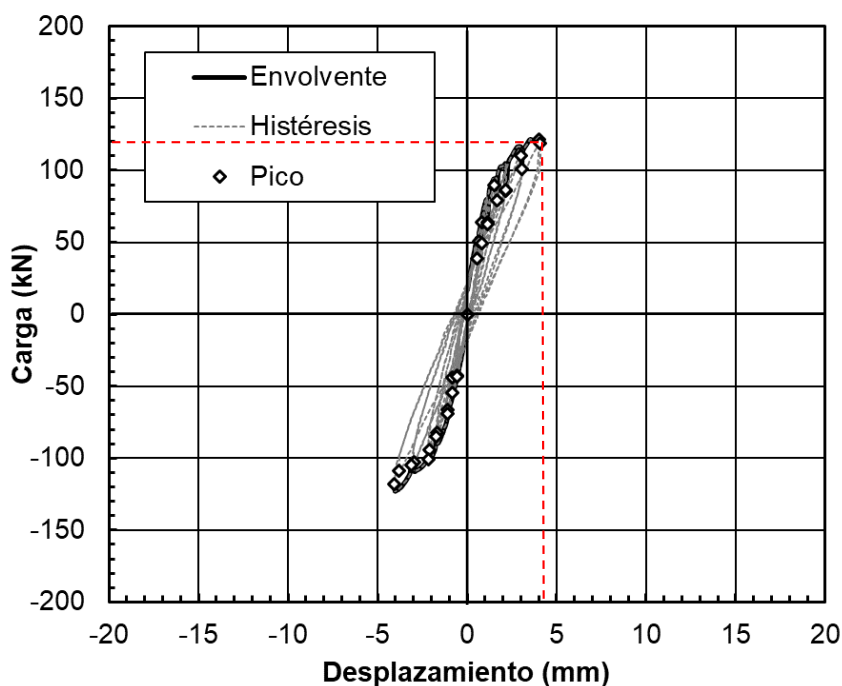


Figura N°4.16. Curva histerética del espécimen MBAT-6.

Fuente: Elaboración Propia-2018

4.3. Curva de Capacidad del Espécimen Mbat-6

La Figura 4.17 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.

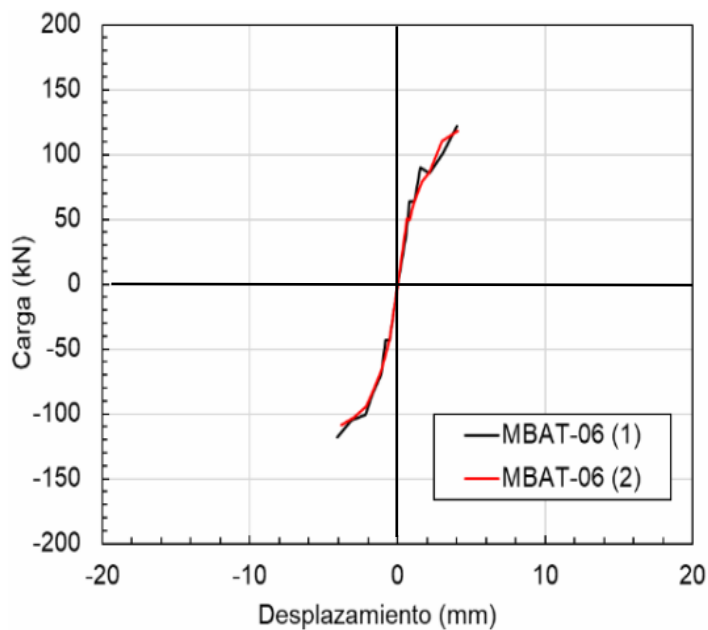


Figura N° 4.17. (a) Curva de capacidad, fuerza lateral vs desplazamiento

Fuente: Elaboración Propia-2018

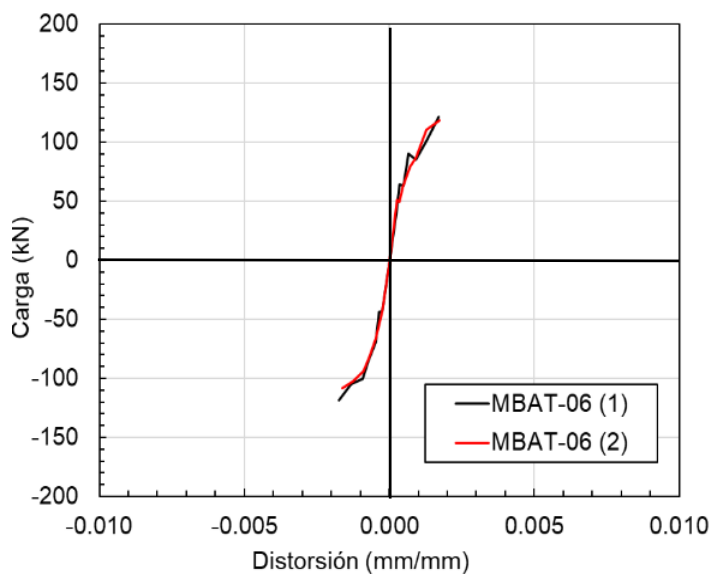


Figura N° 4.17. (b) Curva de capacidad, fuerza lateral vs distorsión

Fuente: Elaboración Propia-2018

Capítulo V

Discusión

En cuanto a las hipótesis específicas:

Como **hipótesis específica 1**, se había planteado:

“La curva de capacidad al límite de reparabilidad de un muro MBAT-06 construido con blocker II, sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn, presentan lazos histeréticos muy delgados, con fallas frágiles que reducen drásticamente la resistencia”.

Para la determinación de la capacidad del espécimen MBAT 06, fue necesario obtener el espectro de capacidad, del cual se observó que, en el ciclo histerético, se presentan lazos muy delgados que pasan por el origen del sistema de referencia, representándose así la baja resistencia y fragilidad del muro, ante una carga lateral y cíclica de 10 tn, esto es usual en sistemas que disipan poca energía y degradan la rigidez lateral.

La Figura 5.1 correspondiente al espécimen MBAT-06, se puede observar que para un desplazamiento de 4mm la fuerza máxima alcanzada solo llega a 120 kN.

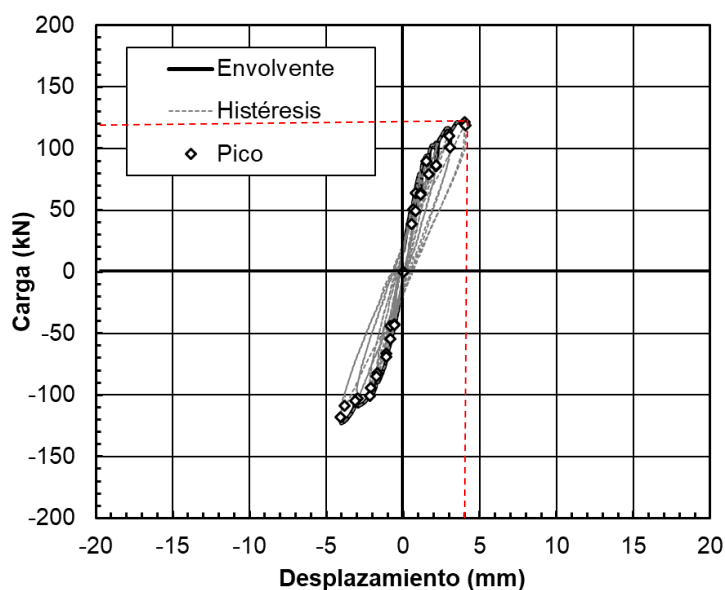


Figura N° 5.1. Curva histerética del espécimen MBAT-6

Fuente: Elaboración Propia-2018

Como **hipótesis específica 2**, se ha considerado la siguiente:

“El muro MBAT-06 no cumple con los límites dispuestos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.”.

Según el ensayo realizado se pudo observar el tipo de falla del muro, el cual nos dio como resultado un agrietamiento inclinado, entre bloque y bloque y las juntas del mortero, por lo tanto, se comprobó la falla por corte y flexión, lo cual refleja que no tiene un buen comportamiento sísmico, según los requerimientos de la norma peruana de diseño sismo resistente E.030-2016. Cabe indicar que el muro se ensayó hasta el límite de reparación.

La figura N° 5.2 muestra Respectivamente, en términos de desplazamiento y distorsión el espécimen MBAT-06 ensayado no alcanza a la distorsión máxima de 0.005, establecida en la N.T.E.-E.030-2016. Asimismo, se observa que para el espécimen MBAT-06 la carga máxima alcanza una distorsión de 0.0018, mientras que al comparar con especímenes de proyectos anteriores se tiene una distorsión aproximada de 0.003.

Aun así, los tres resultados son menores al límite señalado anteriormente.

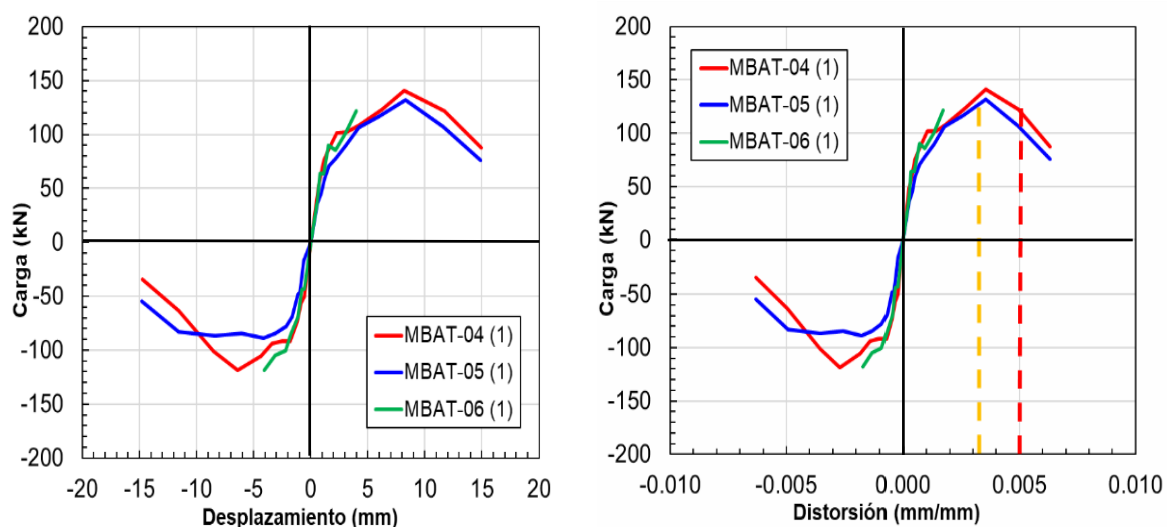


Figura N° 5.2. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

Fuente: Elaboración Propia-2018

Finalmente, como hipótesis general se había planteado:

“La realización del “Ensayo de Carga Cíclica de un Muro a Escala Natural con Ladrillo de Blocker II – ESPÉCIMEN MBAT-06” nos dará a conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.”.

Al respecto debemos mencionar lo siguiente:

Uno de los ensayos que se realiza con el propósito de conocer el comportamiento de un muro frente a cargas cíclicas que simulen la acción de un sismo, es el ensayo estático cíclico. Mediante este ensayo experimental se refleja el comportamiento estructural del muro, con lo cual se obtuvo la curva de capacidad y su estado límite de reparación, dándose a conocer los resultados desfavorables tras la utilización de este tipo de unidades, en la construcción de muros portantes, asimismo hasta que punto es económicamente reparable.

En la figura N° 5.3 se muestra el espécimen MBAT- 06 sometido a una distorsión de 1/1500 en donde se obtuvieron unas grietas diagonales en forma de escalera, las cuales reflejaron una falla por corte, asimismo unas fisuras en el talón de las columnas lo cual refleja una falla por flexión.

A continuación, se muestra un resumen de las cuatro fases del ensayo llegando a su límite de reparabilidad.



Figura N°5.3. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Continuación de grietas en el mortero y en las columnas de la cara Norte y Sur con un espesor de grieta de 0.2mm en ladrillo de la cara Sur, para una distorsión de 1/1100, ver figura N°5.4



Figura N°5.4: fase de distorsión 1/1100.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En la figura 5.5 se puede observar la Formación de las primeras grietas en la parte superior Este de la cara Sur del muro para una distorsión de 1/800, con un Espesor de grieta de 0.3mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/800.

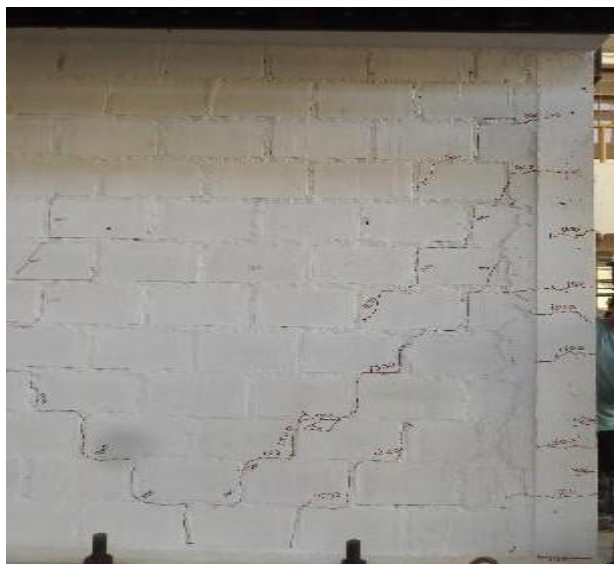


Figura N°5.5: Fase de distorsión 1/800.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En la figura N° 5.6 se verifica la aparición de grietas en la cara sur, así mismo se verifica aparición de una grieta en la base del muro, para una distorsión de 1/550.



Figura N° 5.6. Fase de distorsion 1/550.

Fuente: Elaboración Propia-2018

En la figura 5.7. Se muestra el Espécimen MBAT 06 finalizado el ensayo, donde se verifica las marcaciones en las cuatro fases de carga, llegando a una distorsión de 1/550 dejando el espécimen en el límite de su reparabilidad.

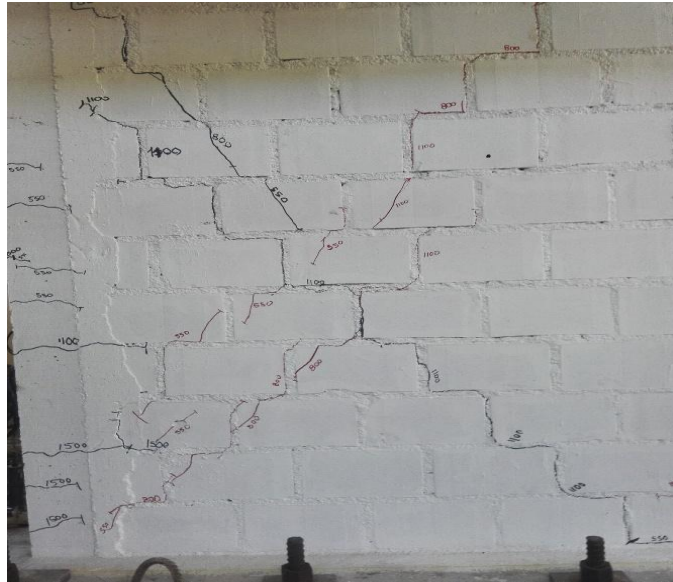


Figura N° 5.7. MBAT-06 en su límite de reparación.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Capítulo VI

Conclusiones

Las conclusiones en base a nuestros objetivos específicos y general son las siguientes:

Primera Conclusión

De los resultados de esta investigación se determinó que la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con Blocker II, sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10 Tn, se da en una distorsión de 1/550 o 0.0018. Este estudio servirá como referencia para realizar propuestas de reforzamiento en las viviendas existentes construidas con Blocker II en la ciudad de Tacna.

Segunda Conclusión

Se determinó las curvas de capacidad las cuales se obtienen mediante la envolvente del diagrama histérico a partir del ensayo de carga lateral cíclica, siendo muy útiles para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de albañilería confinada. En la figura 6.1 se muestra la curva del muro MBAT-06. Se aprecia que la carga máxima resistente fue de 120 kN.

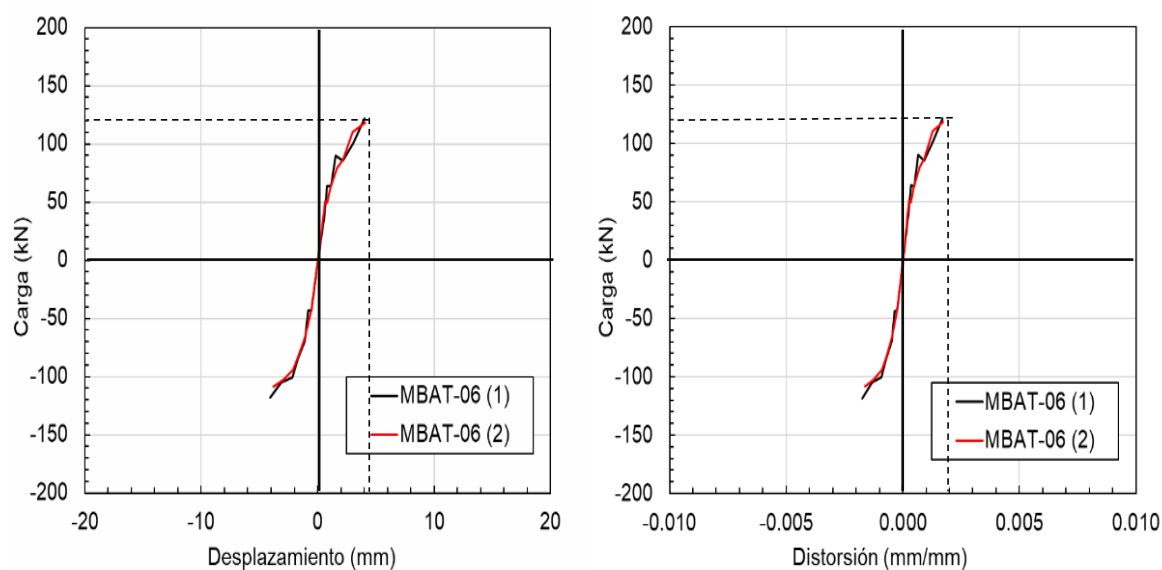


Figura N°6.1. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6

Fuente: Elaboración Propia-2018

Tercera Conclusión

Se muestra la Rigidez equivalente a partir de la siguiente figura:

De la Figura N°6.2. Muestra la degradación de la Rigidez Equivalente del espécimen ensayado para la aplicación de la distorsión objetivo.

Se puede observar que para una distorsión de 0.0018 la rigidez equivalente es de 30 kN/mm.

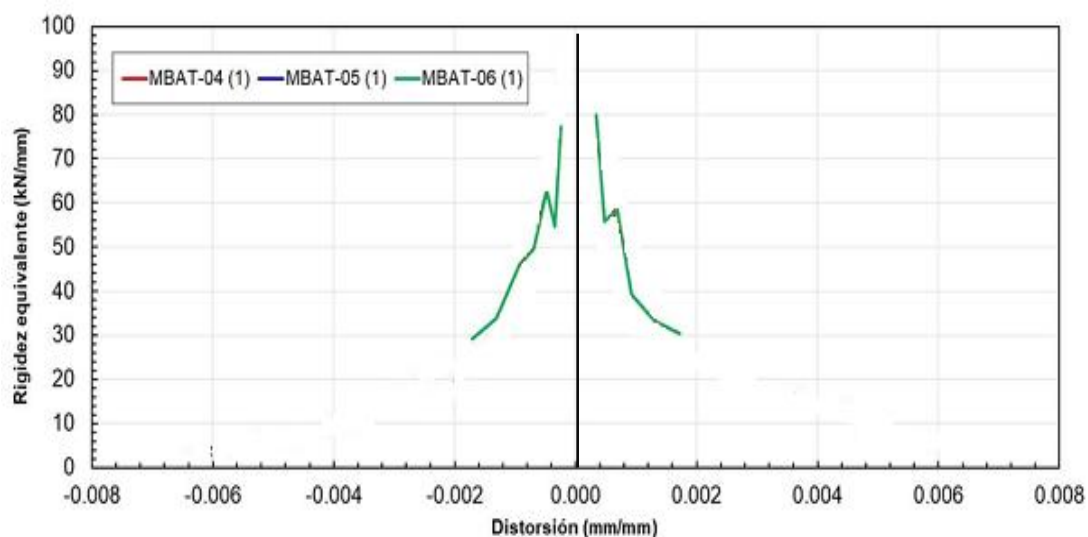


Figura N°6.2. Degradación de la rigidez equivalente del espécimen ensayado para de la distorsión objetivo.

Fuente: Elaboración Propia-2018

Las distorsiones máximas se presentan en las primeras grietas, en la cara sur y norte del talón de la columna, asimismo en la parte central de la columna y muro para una distorsión de 1/1500. Posteriormente, para una distorsión de 1/1100 aparecen grietas diagonales de 0.2mm en la parte central del muro. La primera grieta en la parte superior del muro se presenta para una distorsión de 1/800 con un espesor de 0.3mm finalmente para una distorsión de 1/550 el espesor de la grieta diagonal se incrementa a 0.5mm y aparece la falla en la base. Es decir que el muro falla para un desplazamiento de 0.4cm, mientras que la norma técnica de edificaciones E.030 estipula que debe fallar para una distorsión de 1/200 o 0.005.

Recomendaciones

Primera recomendación:

Se recomienda a las autoridades locales a supervisar el uso y construcción de las edificaciones construídas con ladrillos blocker II, ya que estas no deben ser usadas como muros portantes de albañilería, por lo que se recomienda a la población hacer uso de unidades sólidas.

Segunda recomendación:

Recomendamos a los futuros tesisistas realizar ensayos en muros construidos con unidades sólidas y hacer un comparativo con los resultados obtenidos en otras tesis.

Tercera recomendación:

Se recomienda a los tesisistas a proponer técnicas de reforzamiento y reparación para fallas de flexión y corte para muros construidos con ladrillos blocker II, de tal manera que se pueda mitigar futuros desastres sísmicos en la ciudad de Tacna.

Referencias Bibliográficas

- Acero & Cotrado (2016): “Propuesta de Fórmula para la determinación de la Densidad de Muros Construidos con Bloque IP”. Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Acero & Cotrado. (2016). *Albañilería Estructural* (Tercera ed.). Lima, Peru: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Andrade L. (2004): “Control de la deriva en las normas de diseño sismoresistente”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Angles P. (2008): “Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Astroza I. y Schmidt A. (2004): “Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño”. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C. México.
- Aceros Arequipa, obtenido de: <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/muros/construccion-del-muro.html>
- Bartolomé A. S. (2005): “Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería Informe Final”. Sencico, Lima.
- Bartolomé, Quiun y Silva (2001): “Diseño y Construcción de Estructuras Sismoresistente De Albañilería”.
- Bartolome,A. (1992). “Ensayos de Carga Lateral Cíclica en muros de albañilería confinada – Correlación de resultados entre especímenes a escala natural y probetas pequeñas”.
- Echevarria y bartolome (1986). “Ensayos Carga Lateral en Muros de Albañilería Confinada - Efectos de Carga Vertical”. Pontificia Universidad Católica del Perú, lima.
- Bernedo vicente N. y Choquepata Mamani E. (2017): “Estados Límites de Dos Muros de Albañilería Construidos con Blocker II”. Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Conde y Chambí (2017): “Ensayo a Carga Lateral Cíclica lateral de un muro de albañilería confinada construida con Blocker II”. Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Calderón y Maque (2017): “Límite De Reparación De 3 Muros De Albañilería Confinada Construida Con Blocker II” Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- 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”.
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres-CISMID, Base de Datos de Ensayos de Muros a Carga Cíclica, disponible en, <http://www.cismid-uni.org>

Gallegos y Casabonne (2005): “Albañilería Estructural”. Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2016): Norma Técnica E.030 “Diseño Sismoresistente”

RNE, R. N. (2006). norma técnica e.070 albañilería. resolución ministerial n° 011-2006-vivienda. Perú.

Molina, Verseletti, Georges. Magonetti, Bono y Renda (1999): “Ensayo Sísmico de Estructuras”.

Pari y manchego (2017): “análisis experimental de muros de albañilería confinada en viviendas de baja altura en lima, Perú” Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima.

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

ANEXOS

Anexo N° 01 - Matriz de Consistencia I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOS
<p>Problema General ¿Cuál es el valor de la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn?</p> <p>Problema Específicos 1.-¿Cómo se puede Determinar la relación de la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-06? 2.-¿Cuál es la relación de rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histérico, La distorsión máxima cumple con las normas de diseño?</p>	<p>Hipótesis General La realización del “Ensayo de Carga Cíclica de un Muro a Escala Natural con Ladrillo de Blocker II – ESPÉCIMEN MBAT-06” nos dará a conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.</p> <p>Hipótesis específica 1 El muro MBAT-06 construido con bloquer II, presentan lazos histéricos muy delgados, con fallas frágiles que reducen drásticamente la resistencia y rigidez del muro.</p> <p>Hipótesis específica 2 El muro MBAT-06 no cumple con los límites dispuestos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</p>	<p>Objetivo General Obtener mediante ensayos experimentales, el valor de la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn.</p> <p>Objetivo Específicos Determinar la curva de capacidad de un muro MBAT-06 construido con bloquer II, y sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn.</p> <p>Determinar la relación de rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histérico y comparar con las normas de diseño.</p>	<p>Variable dependiente ENSAYO DE CARGA CICLICA.</p> <p>Variable independiente MURO A ESCALA NATURAL CON LADRILLO BLOCKER II – ESPÉCIMEN MBAT-06</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento • Carga máxima • Fuerza • Especímenes. • Propiedades físicas • Propiedades mecánicas 	<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 histérico estable. A partir de la envolvente de los lazos histéricos, se grafica la curva de carga versus desplazamiento, en la cual se puede identificar el punto correspondiente a uno de los siguientes estados:</p>

Anexo N° 02 - Matriz de Consistencia II

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<p>Problema General.</p> <p>¿Cuál es el valor de la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn?</p>	<p>Objetivo General.</p> <p>Obtener mediante ensayos experimentales, el valor de la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con “Blocker II” sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn.</p>	<p>Hipótesis General.</p> <p>La realización del “Ensayo de Carga Cíclica de un Muro a Escala Natural con Ladrillo de Blocker II – ESPÉCIMEN MBAT-06” nos dará a conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.</p>	<p>Conclusión 01. –</p> <p>De los Resultados de esta investigación se determinó que la derivada máxima de un muro de albañilería confinada construido con Blocker II, sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10 Tn, se da en una distorsión de 1/550 o 0.0018. Este estudio servirá como referencia para realizar propuestas de reforzamiento en las viviendas existentes construidas con Blocker II en la ciudad de Tacna.</p>	<p>Recomendación 01. -</p> <p>Se recomienda a las autoridades locales a supervisar el uso y construcción de las edificaciones construidas con ladrillos blocker II, ya que estas no deben ser usadas como muros portantes de albañilería, por lo que se recomienda a la población hacer uso de unidades sólidas.</p>
<p>Problema Específicos</p> <p>1.-¿Cómo se puede Determinar la relación de la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-06?</p> <p>2.-¿Cuál es la relación de rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histérico, La distorsión máxima cumple con las normas de diseño?</p>	<p>Objetivo Específicos</p> <p>1.-Determinar la curva de capacidad de un muro MBAT-06 construido con blocker II, y sometido a carga lateral cíclica y carga vertical de 10Tn.</p> <p>2.-Determinar la relación de rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histérico y comparar con las normas de diseño.</p>	<p>Hipótesis específica 1</p> <p>El muro MBAT-06 construido con bloquer II, presentan lazos histéricos muy delgados, con fallas frágiles que reducen drásticamente la resistencia y rigidez del muro.</p> <p>Hipótesis específica 2</p> <p>El muro MBAT-06 no cumple con los límites dispuestos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</p>	<p>Conclusión 02. –</p> <p>Se determinó las curvas de capacidad las cuales se obtienen mediante la envolvente del diagrama histérico a partir del ensayo de carga lateral cíclica, siendo muy útiles para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de albañilería confinada. En la figura 6.1 se muestra la curva del muro MBAT-06. Se aprecia que la carga máxima resistente fue de 120 kN.</p> <p>Conclusión 03. –</p> <p>Las distorsiones máximas se presentan en las primeras grietas, en la cara sur y norte del talón de la columna, asimismo en la parte central de la columna y muro para una distorsión de 1/1500. Posteriormente, para una distorsión de 1/1100 aparecen grietas diagonales de 0.2mm en la parte central del muro. La primera grieta en la parte superior del muro se presenta para una distorsión de 1/800 con un espesor de 0.3mm finalmente para una distorsión de 1/550 el espesor de la grieta diagonal se incrementa a 0.5mm y aparece la falla en la base. Es decir que el muro falla para un desplazamiento de 0.4cm, mientras que la norma técnica de edificaciones E.030 estipula que debe fallar para una distorsión de 1/200 o 0.005.</p>	<p>Recomendación 02. -</p> <p>Recomendamos a los futuros testistas realizar ensayos en muros construidos con unidades sólidas y hacer un comparativo con los resultados obtenidos en otras tesis.</p> <p>Recomendación 03. -</p> <p>Se recomienda a los testistas a proponer técnicas de reforzamiento y reparación para fallas de flexión y corte para muros construidos con ladrillos blocker II, de tal manera que se pueda mitigar futuros desastres sísmicos en la ciudad de Tacna.</p>

Anexo N° 03 - Panel Fotográfico
Visita al laboratorio del (CISMID)



Fotografía N°1. Espécimen MBAT-06
Preparado para Empezar con el Ensayo.



Fotografía N°2. Espécimen MBAT-06 en
proceso del Ensayo.



Fotografía N°3. Espécimen MBAT-06.
Culminación del Ensayo.

**INFORME: “ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA
NATURAL CON LADRILLO BLOCKER II – ESPÉCIMEN MBAT-06”
(CISMID)**



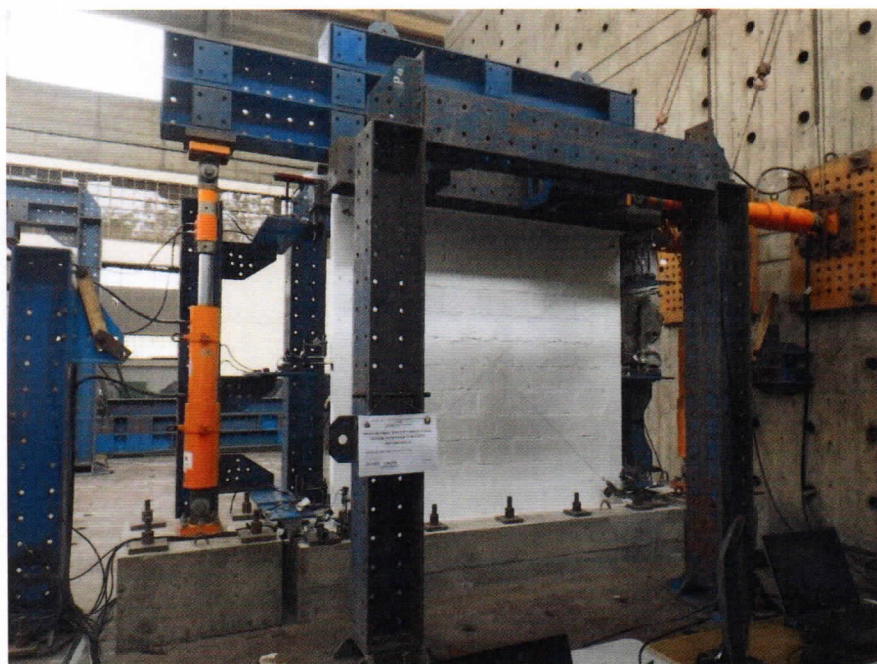
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

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



ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL

ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II



Elaborado por:
Laboratorio de Estructuras

Responsables:
Dr. Ing. Carlos Zavala Toledo
Dr. Ing. Miguel Díaz Figueroa
Mag. Ing. Erika Nora Flores Terreros
Bach. Ing. Daniel Felipe Escalante Mariño

Lima – Perú – Agosto de 2017





CONTENIDO

CONTENIDO	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE FOTOS	3
1. ANTECEDENTES	9
2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	9
2.1. Descripción del mecano de carga	9
2.2. Sistema de aplicación de carga	10
2.3. Sistema de adquisición de datos	11
2.4. Protocolo de desplazamientos	12
3. ESPÉCIMEN	14
4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	15
5. CONCLUSIONES	22
ANEXOS.....	23
Panel fotográfico	24
MBAT-04	24
MBAT-05	30
MBAT-06	41
Mapeo de grietas	44
MBAT-04	44
MBAT-05	51
MBAT-06	58





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista en planta del aparato de carga.....	10
Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico	11
Figura 3. Sistema de adquisición	12
Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo	12
Figura 5. Espécimen básico. Unidades: m	14
Figura 6. Curva histerética del espécimen MBAT-4	15
Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4	16
Figura 8. Curva histerética del espécimen MBAT-5	16
Figura 9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-5	17
Figura 10. Curva histerética del espécimen MBAT-6	17
Figura 11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6	18
Figura 12. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados... 18	
Figura 13. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	19
Figura 14. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo	19
Figura 15. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	20
Figura 16. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo	20
Figura 17. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	21
Figura 18. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo	21





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



LISTA DE FOTOS

- Foto 1. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100 Vista cara Sur. 24
- Foto 2. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100. Vista cara Norte. 24
- Foto 3. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior central en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Norte. 24
- Foto 4. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior oeste y superior este en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Sur. 24
- Foto 5. Aparición de grietas en la esquina del ladrillo cerca de la diagonal y desprendimiento de un pequeño pedazo para una distorsión de 1/550 vista cara Norte. 24
- Foto 6. Aparición de grietas por flexión en la parte media y superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/550. 24
- Foto 7. Continuación de grietas diagonales y aparición de una pequeña grieta nueva en la esquina inferior Oeste, vista cara Sur para una distorsión de 1/550. 25
- Foto 8. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/550. 25
- Foto 9. Aparición de grietas por flexión en la parte superior de la columna Este para una distorsión de 1/550. 25
- Foto 10. Continúa abriéndose la parte desprendida del ladrillo (1° ciclo) para una distorsión de 1/400 25
- Foto 11. Espesor de grieta de 1.7mm (Cara Norte) para una distorsión de 1/400. 25
- Foto 12. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/400. 25
- Foto 13. Aparición de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/400. 26
- Foto 14. Comienza a separarse un ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 1° ciclo para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 15. Aparición de pequeñas grietas (en su mayoría continuaciones de grietas diagonales anteriores) en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 16. Aparición de una grieta diagonal en la esquina superior Oeste de la cara Sur, además ocurre el desprendimiento de una esquina del ladrillo cercano a la grieta para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 17. Levantamiento de ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 2° ciclo empujando para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 18. Desprendimiento de la parte izquierda del ladrillo mencionado en la foto anterior para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 19. Aparición de pequeñas grietas verticales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo. 27





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Foto 20. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 21. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 22. Continúan apareciendo grietas en los ladrillos, en este caso en la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 23. Agrietamiento en el talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 24. Desprendimiento del ladrillo al Oeste del ladrillo de la Foto 20 en la cara Sur para una distorsión de 1/300 al realizar la descarga del 2° ciclo.	27
Foto 25. Levantamiento del ladrillo al lado Este del ladrillo de la foto anterior en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 26. Continúa el agrietamiento del talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 27. Agrietamiento pequeño correspondiente a la continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte y Levantamiento de dos ladrillos en la zona central para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 28. Aparición de una nueva grieta en el mortero en la parte superior central y desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 29. Desprendimiento de otra cara de un ladrillo en la zona central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.	28
Foto 30. Desprendimiento de caras de 3 ladrillos en la zona central Este adyacentes a los de la Foto 30 en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.	28
Foto 31. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.	29
Foto 32. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.	29
Foto 33. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Este central e inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo al descargar.	29
Foto 34. Desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.	29
Foto 35. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Oeste inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.	29
Foto 36. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.	30
Foto 37. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte superior e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión 1/1500.	30
Foto 38. Aparición de primera grieta en la parte central de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.	30
Foto 39. Formación de pequeñas grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión 1/1500.	30
Foto 40. Formación de pequeña grieta diagonal en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1500.*	30





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Foto 41. Formación de grietas diagonales en el mortero y primera grieta en ladrillo en la parte superior Este y Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.	30
Foto 42. Formación de grietas por flexión en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión 1/1500.	31
Foto 43. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1100.	31
Foto 44. Formación de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 45. Formación y continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 46. Continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 47. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 48. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.	32
Foto 49. Formación de grietas por flexión en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/1100.	32
Foto 50. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	32
Foto 51. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	32
Foto 52. Formación de grietas horizontales en la parte superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/800.	32
Foto 53. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/800.	32
Foto 54. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	33
Foto 55. Formación de grietas horizontales en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión de 1/800.	33
Foto 56. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/800.	33
Foto 57. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	33
Foto 58. Espesor de grieta de 0.55mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/550.	33
Foto 59. Espesor de grieta de 0.6mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/550.	33
Foto 60. Desprendimiento de tapa del ladrillo con el mortero al lado inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550	34
Foto 61. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550.	34
Foto 62. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/550.	34





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Foto 63. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/550.	34
Foto 64. Espesor de grieta de 1.60mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/400.	34
Foto 65. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400.	34
Foto 66. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 67. Espesor de grieta de 2.00mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 68. Formación de grietas diagonales en el talón Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 69. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 70. Desprendimiento de ladrillo en la zona central inferior de la cara Sur para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.	35
Foto 71. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.	35
Foto 72. Formación de grietas diagonales en la esquina superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.	36
Foto 73. Desprendimiento de ladrillo en la zona inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	36
Foto 74. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	36
Foto 75. Formación de grietas diagonales en la parte superior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	36
Foto 76. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/300.	36
Foto 77. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/300.	36
Foto 78. Formación de grietas en el talón Oeste de la cara Sur y en la parte inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/300.	37
Foto 79. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	37
Foto 80. Levantamiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	37
Foto 81. Levantamiento y desprendimiento de parte de un ladrillo en la parte inferior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	37
Foto 82. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	37
Foto 83. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	37
Foto 84. Desprendimiento de ladrillo de la Foto 82 (parte central Este de la cara Norte) para una distorsión de 1/200.	38





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Foto 85. Formación de grieta en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/200.	38
Foto 86. Formación de grietas diagonales en la parte Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	38
Foto 87. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	38
Foto 88. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	38
Foto 89. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	38
Foto 90. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	39
Foto 91. Desprendimiento de ladrillos en la parte superior Este e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	39
Foto 92. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 93. Separación de 10.00mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 94. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 95. Formación de un hueco en ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 96. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 97. Desprendimiento de dos ladrillos en la parte inferior central de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 98. Levantamiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 99. Desprendimiento de ladrillos en la parte inferior central y Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	40
Foto 100. Desprendimiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 101. Formación de las primeras grietas en la cara sur del talón de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.	41
Foto 102. Formación de las primeras grietas en la cara norte del talón de la columna Este para una distorsión 1/1500.	41
Foto 103. Aparición de primeras grietas en la parte central de la columna Este para una distorsión 1/1500.	41
Foto 104. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.	41
Foto 105. Aparición de grietas de gran extensión en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/1100.	41
Foto 106. Continuación de grietas en el mortero y en las columnas de la cara Norte y Sur para una distorsión 1/1100.	41





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

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



Foto 107. Espesor de grieta de 0.2mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.	42
Foto 108. Formación de las primeras grietas en la parte superior Este de la cara Sur del muro para una distorsión 1/800.	42
Foto 109. Espesor de grieta de 0.3mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/800.	42
Foto 110. Continuación de grietas en el ladrillo y en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/800.	42
Foto 111. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/550.	42
Foto 112. Continuación de grietas para una distorsión 1/550.	42
Foto 113. Aparición de nuevas grietas en el ladrillo en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/550.	43
Foto 114. Aparición de grieta en la base de la cara Sur para una distorsión 1/550.	43
Foto 115. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Norte para una distorsión de 1/550.	43
Foto 116. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Sur para una distorsión de 1/550.	43





ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS 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 segunda propuesta técnico económica para la realización de ensayos cíclicos en tres muros de albañilería con unidades blocker II, similares a los muros de la primera propuesta, que fue enviada por el Laboratorio de Estructuras de CISMID.

El presente informe muestra los resultados experimentales correspondientes a los ensayos cíclicos en tres muros de albañilería con unidades blocker II.

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, 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.



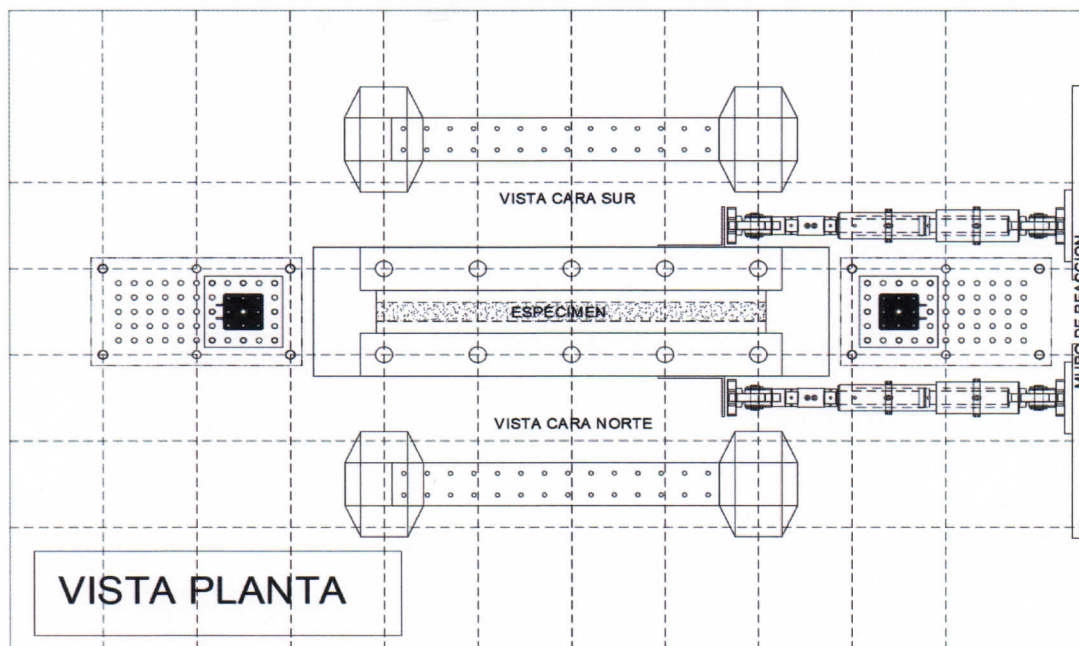


Figura 1. Vista en planta del aparato de carga

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.

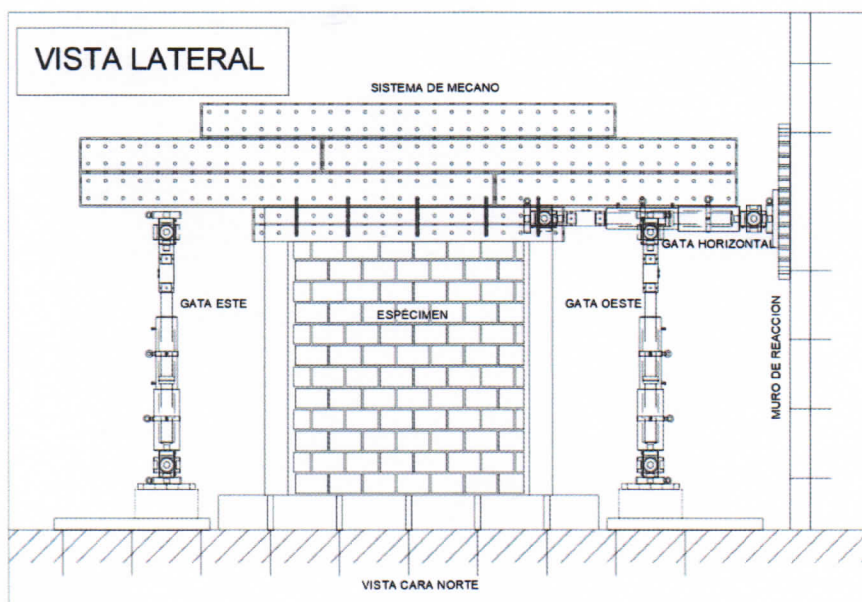


Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico

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.

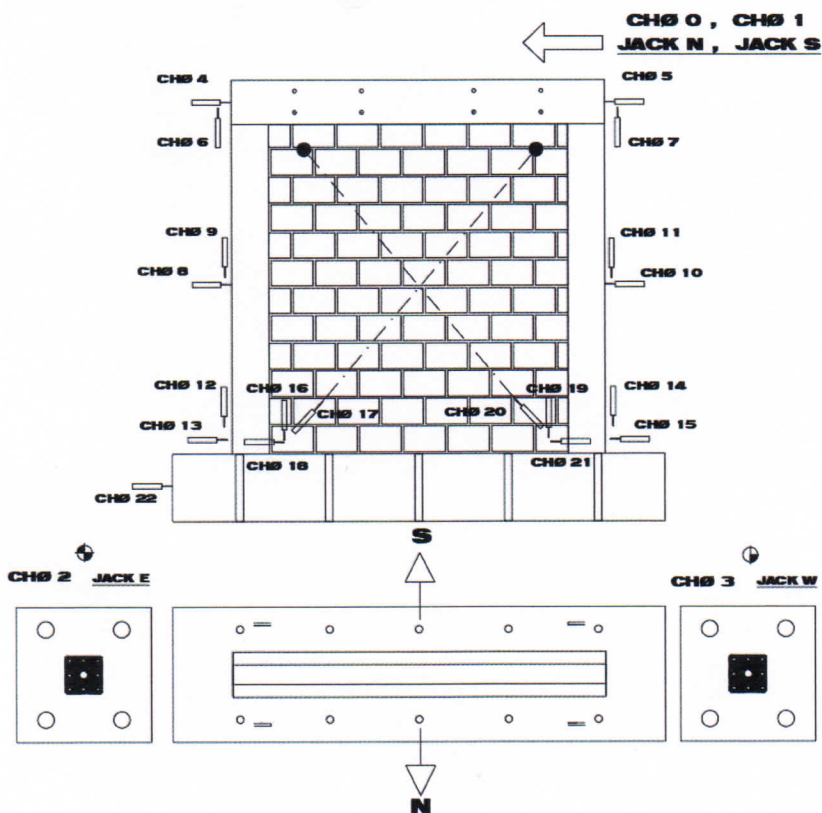


Figura 3. Sistema de adquisición

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.

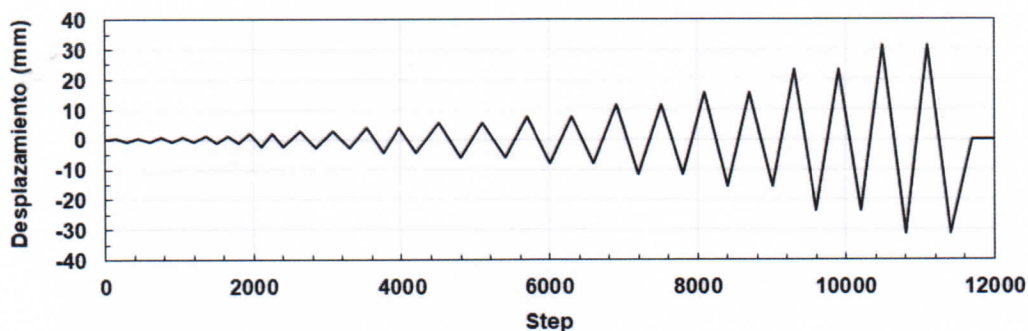


Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



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	1
Distorsión objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1100	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200	1/150	1/100	1/



3. 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.

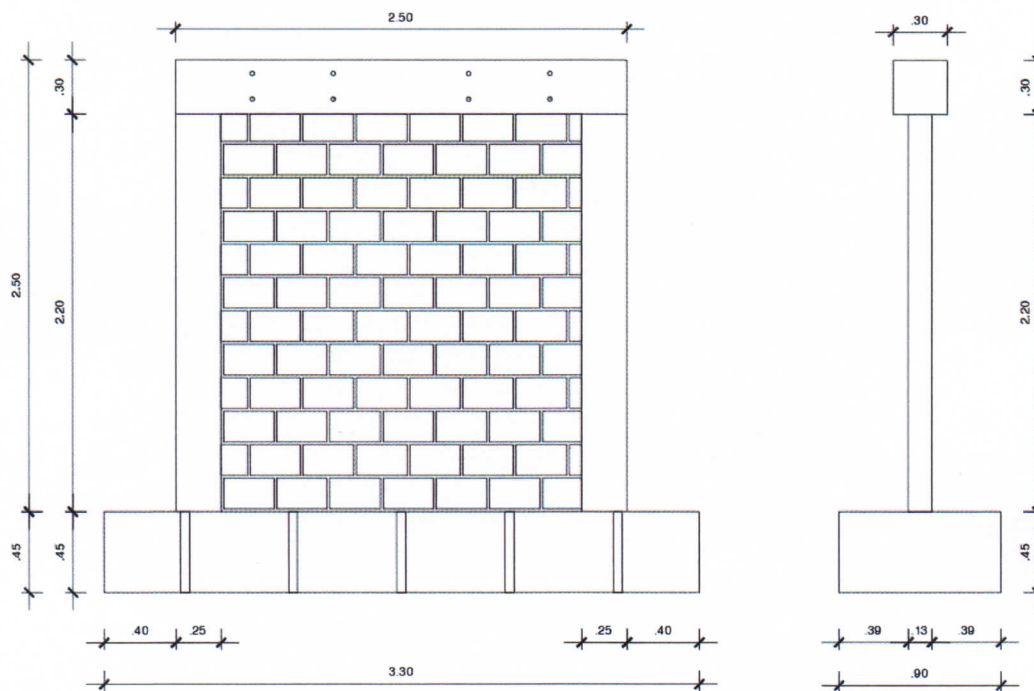


Figura 5. Espécimen básico. Unidades: m

4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Conforme al protocolo de desplazamiento, indicado anteriormente, se llevó a cabo el ensayo estático cíclico. La Figura 6, Figura 8 y Figura 10 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.

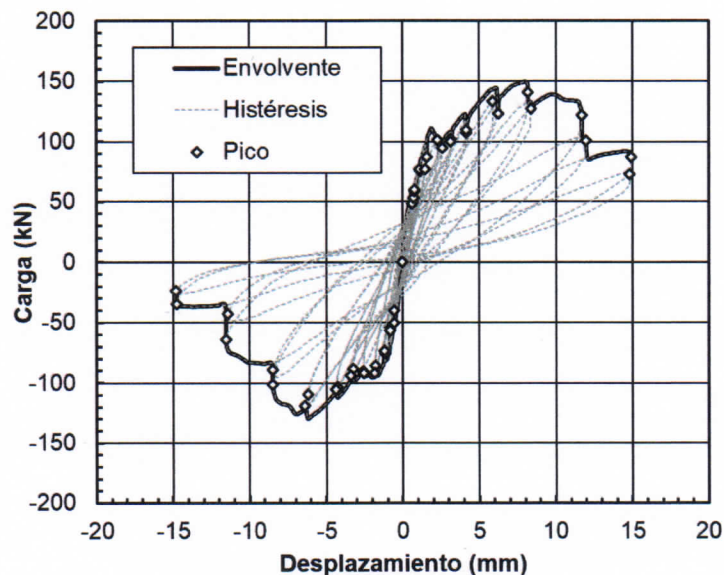


Figura 6. Curva histerética del espécimen MBAT-4

La Figura 7 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.

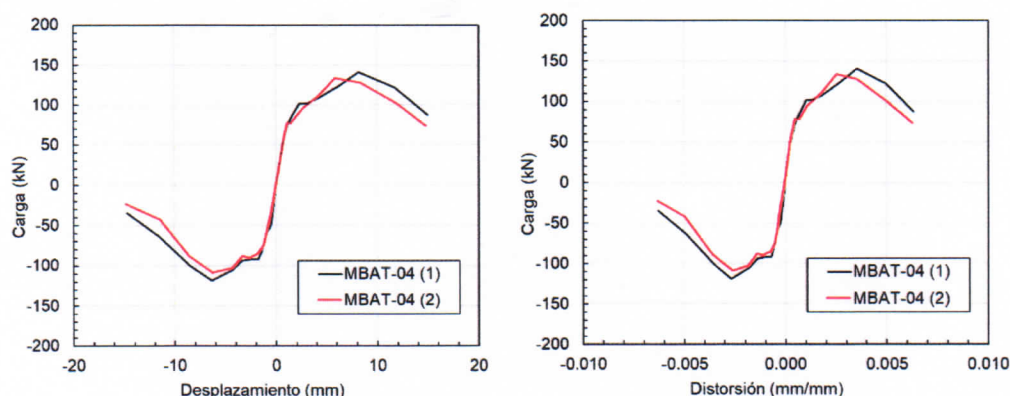


Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4

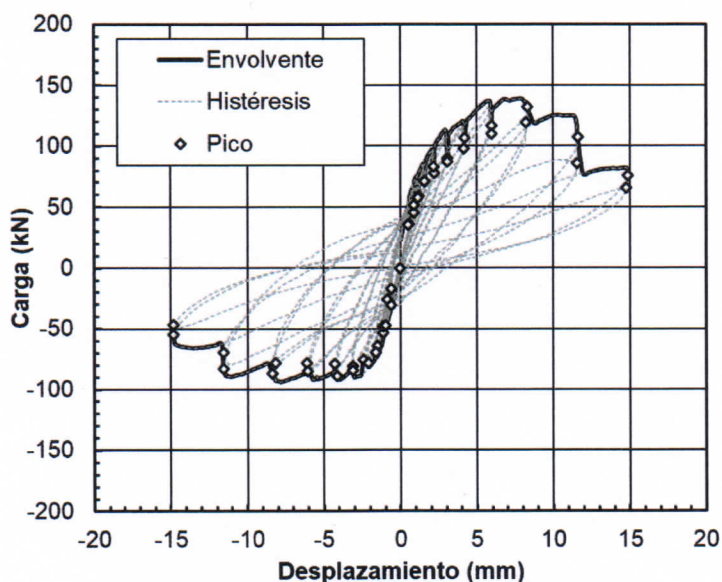


Figura 8. Curva histerética del espécimen MBAT-5

La Figura 9 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.

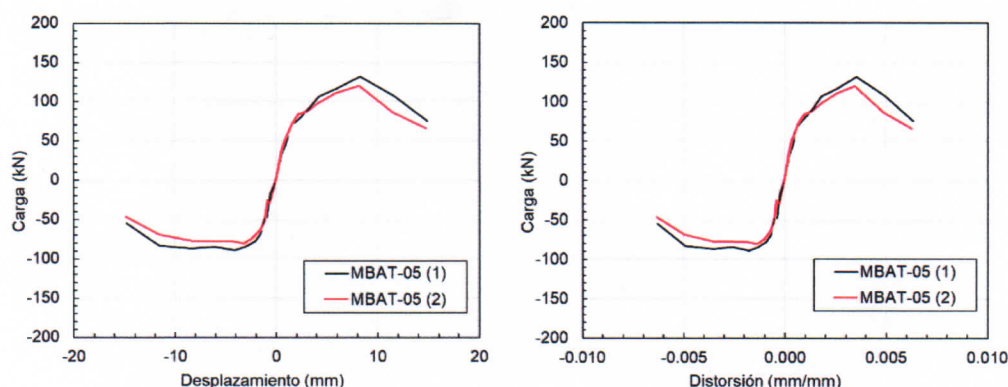


Figura 9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-5

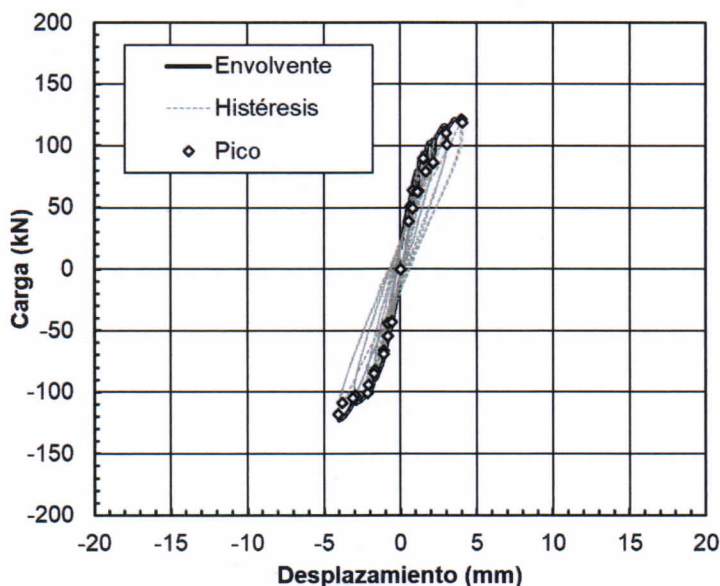


Figura 10. Curva histerética del espécimen MBAT-6

La Figura 11 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.

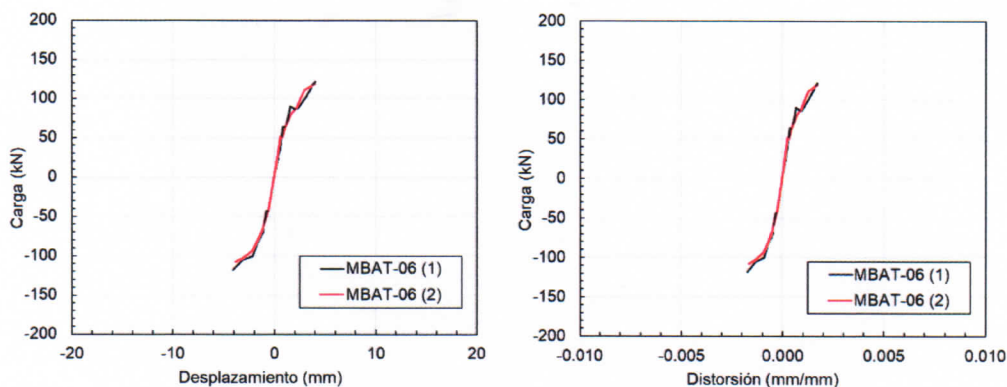


Figura 11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6

La Figura 12 muestra la comparación de las curvas histeréticas de los tres especímenes ensayados.

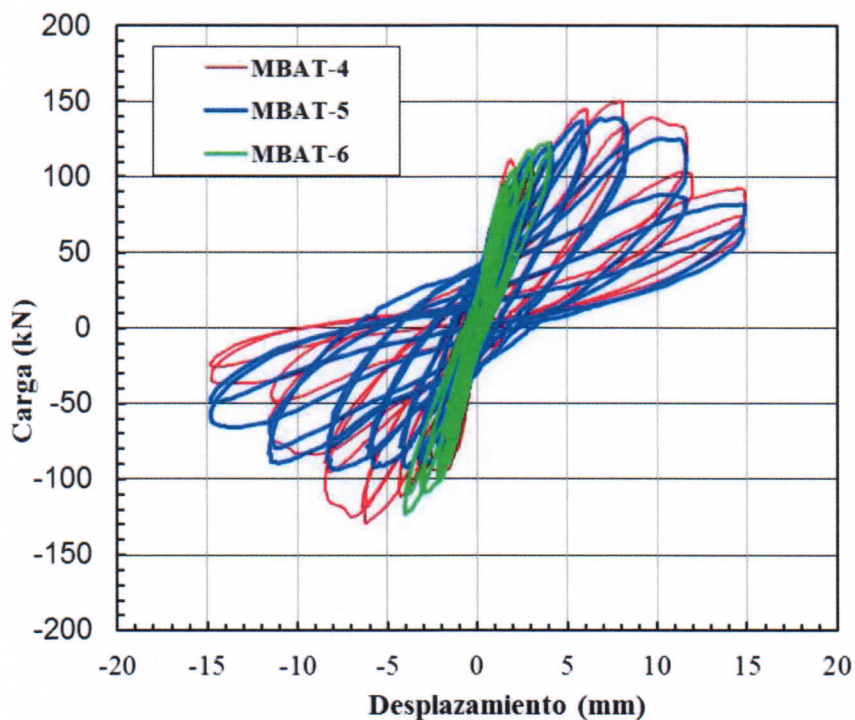


Figura 12. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados

La Figura 13 y Figura 14 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.

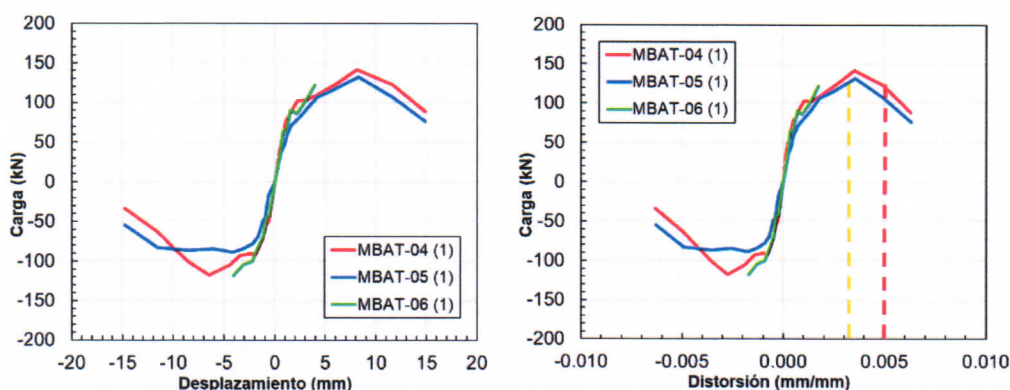


Figura 13. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

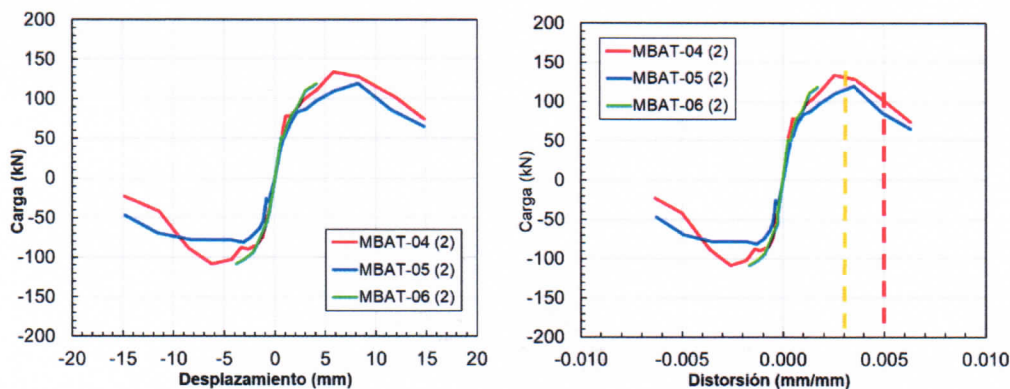


Figura 14. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

La Figura 15 y Figura 16 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.

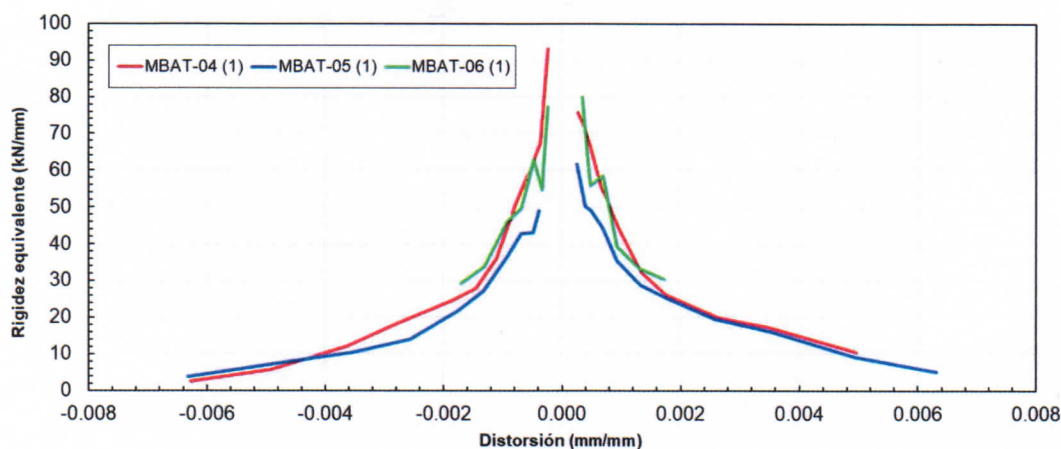


Figura 15. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

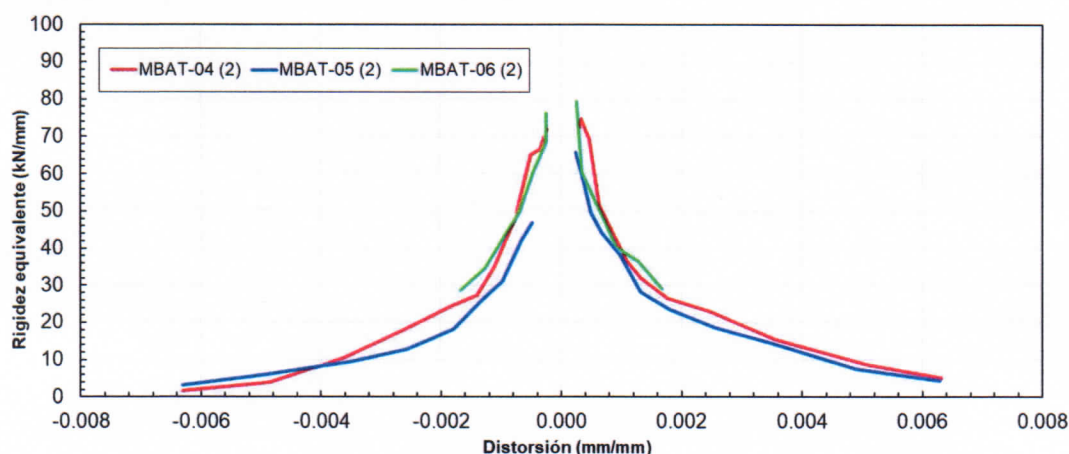


Figura 16. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo

La Figura 17 y Figura 18 muestran la relación de facto de amortiguamiento y distorsión alcanzada en cada ciclo histérico para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

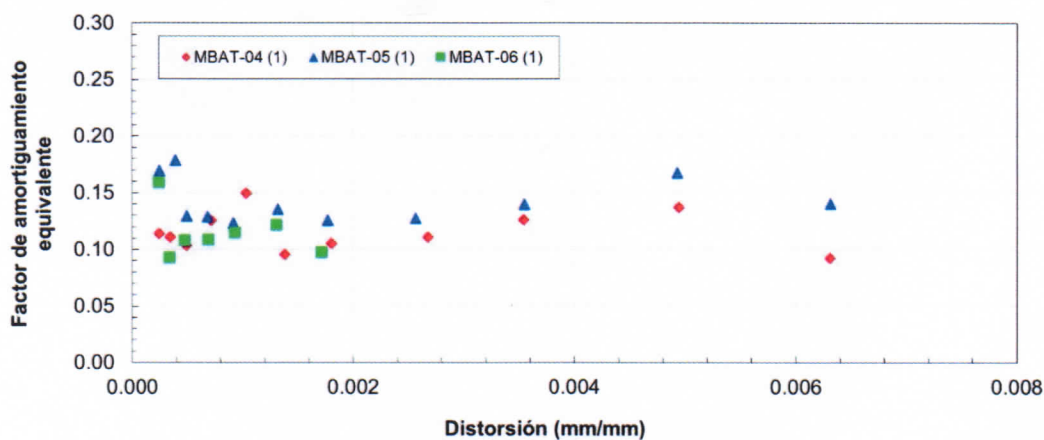


Figura 17. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

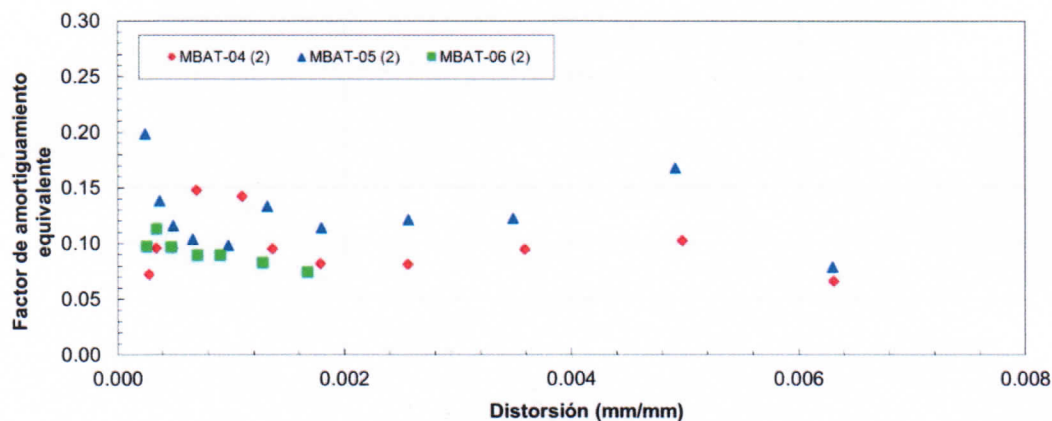


Figura 18. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



5. CONCLUSIONES

De los tres especímenes ensayados cíclicamente 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.
- 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 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.





ANEXOS



**Panel fotográfico
MBAT-04**

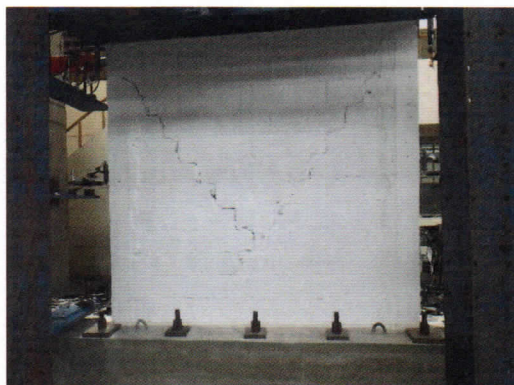


Foto 1. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100 Vista cara Sur.

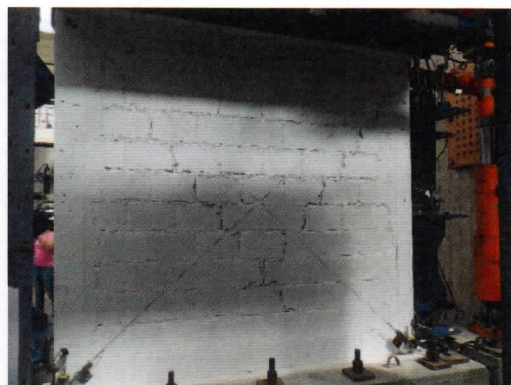


Foto 2. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100. Vista cara Norte.

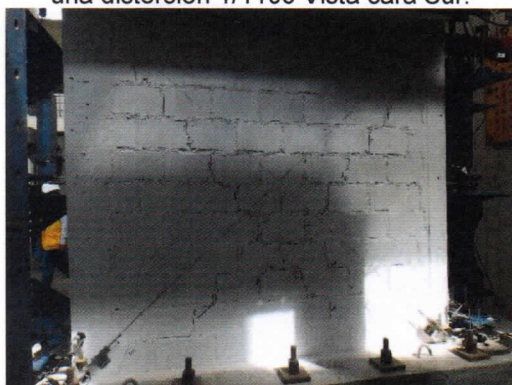


Foto 3. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior central en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Norte.



Foto 4. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior oeste y superior este en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Sur.

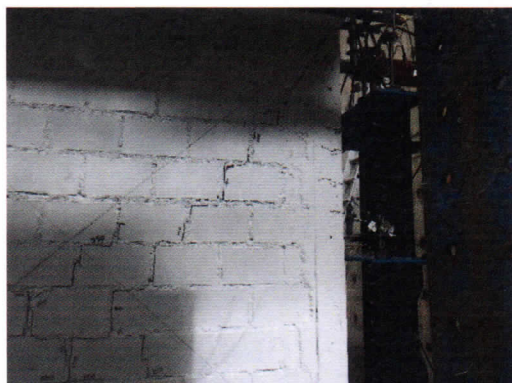


Foto 5. Aparición de grietas en la esquina del ladrillo cerca de la diagonal y desprendimiento de un pequeño pedazo para una distorsión de 1/550 vista cara Norte.



Foto 6. Aparición de grietas por flexión en la parte media y superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/550.

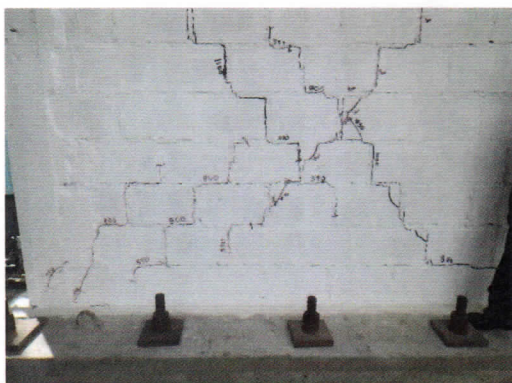


Foto 7. Continuación de grietas diagonales y aparición de una pequeña grieta nueva en la esquina inferior Oeste, vista cara Sur para una distorsión de 1/550.

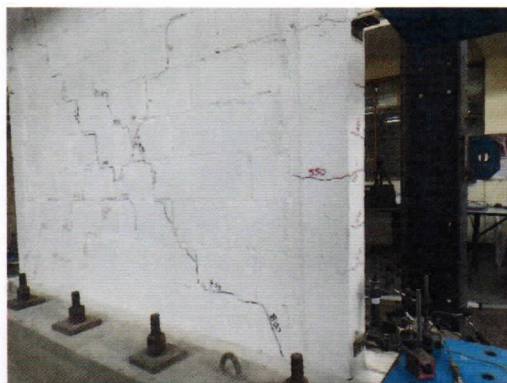


Foto 8. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/550.

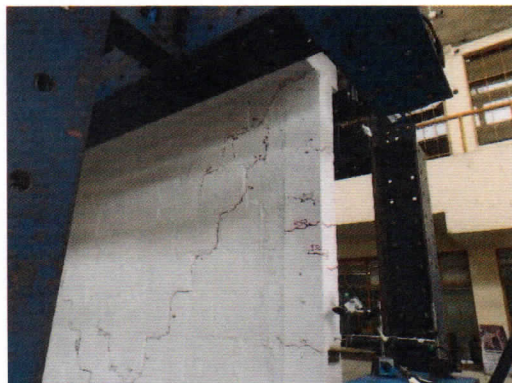


Foto 9. Aparición de grietas por flexión en la parte superior de la columna Este para una distorsión de 1/550.

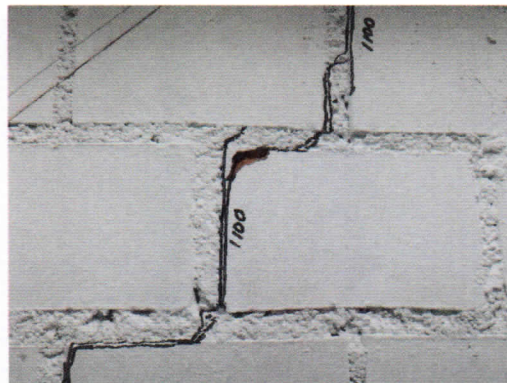


Foto 10. Continúa abriéndose la parte desprendida del ladrillo (1° ciclo) para una distorsión de 1/400

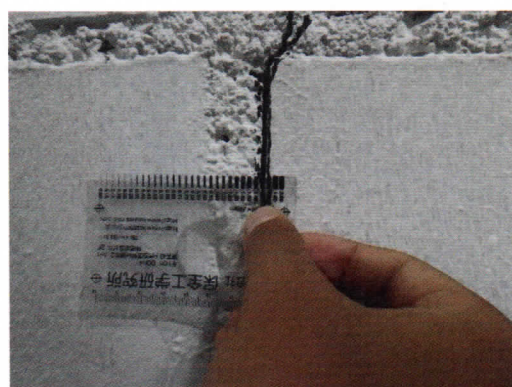


Foto 11. Espesor de grieta de 1.7mm (Cara Norte) para una distorsión de 1/400.



Foto 12. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/400.

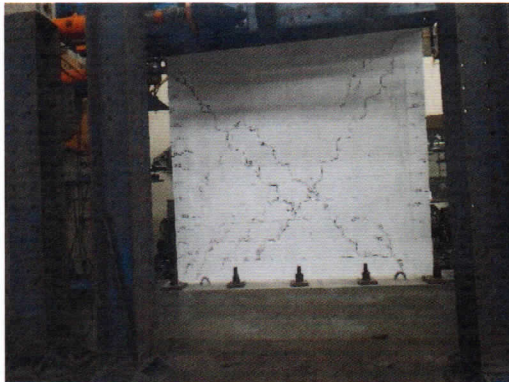


Foto 13. Aparición de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/400.

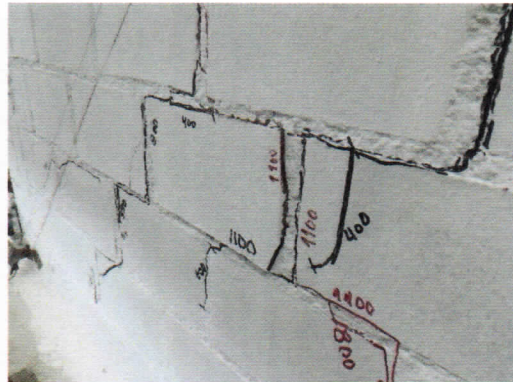


Foto 14. Comienza a separarse un ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 1° ciclo para una distorsión de 1/300.

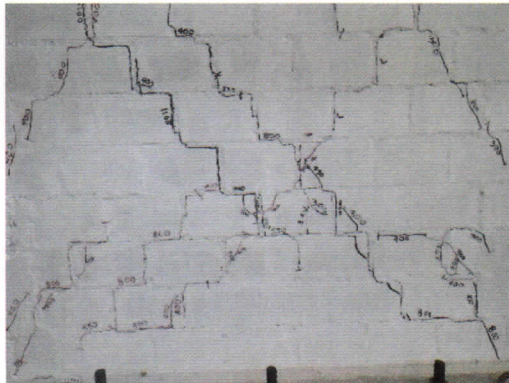


Foto 15. Aparición de pequeñas grietas (en su mayoría continuaciones de grietas diagonales anteriores) en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300.



Foto 16. Aparición de una grieta diagonal en la esquina superior Oeste de la cara Sur, además ocurre el desprendimiento de una esquina del ladrillo cercano a la grieta para una distorsión de 1/300.

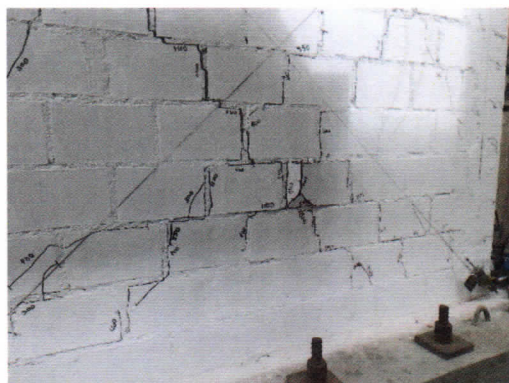


Foto 17. Levantamiento de ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 2° ciclo empujando para una distorsión de 1/300.



Foto 18. Desprendimiento de la parte izquierda del ladrillo mencionado en la foto anterior para una distorsión de 1/300.



Foto 19. Aparición de pequeñas grietas verticales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

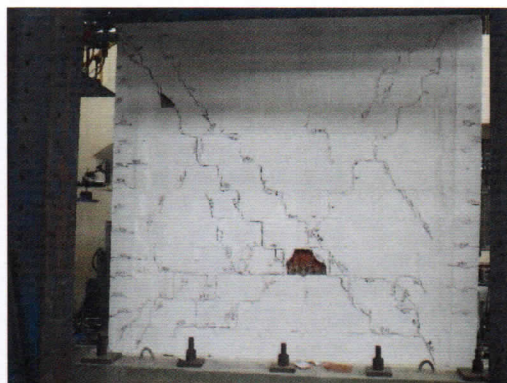


Foto 20. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.



Foto 21. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

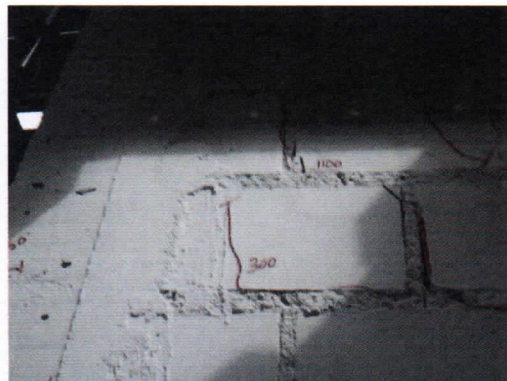


Foto 22. Continúan apareciendo grietas en los ladrillos, en este caso en la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

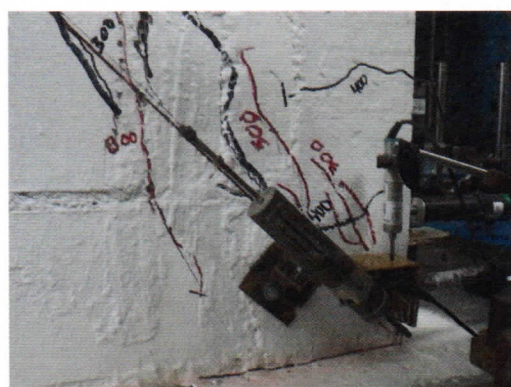


Foto 23. Agrietamiento en el talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

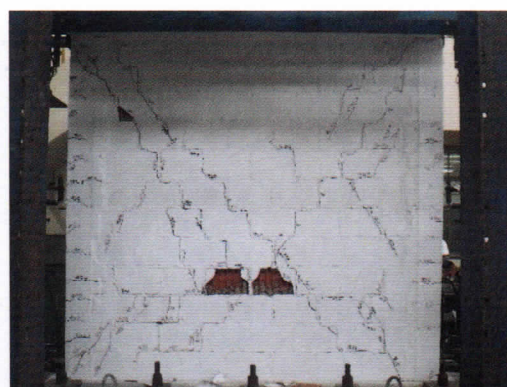


Foto 24. Desprendimiento del ladrillo al Oeste del ladrillo de la Foto 20 en la cara Sur para una distorsión de 1/300 al realizar la descarga del 2° ciclo.

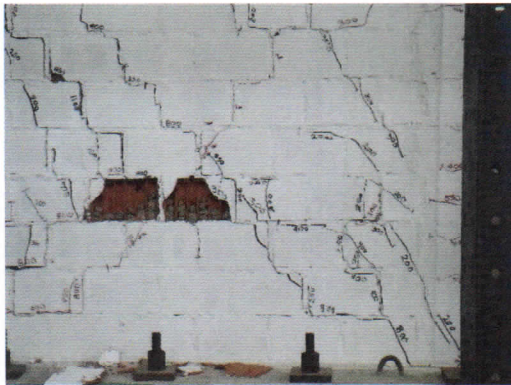


Foto 25. Levantamiento del ladrillo al lado Este del ladrillo de la foto anterior en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.

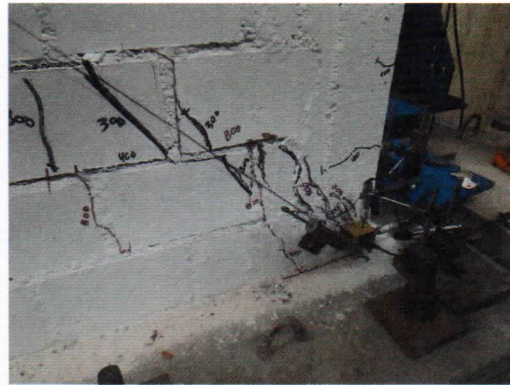


Foto 26. Continúa el agrietamiento del talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.

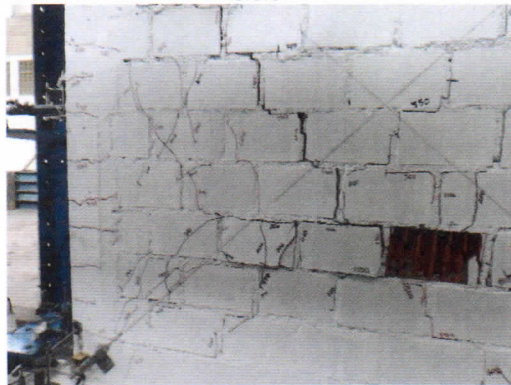


Foto 27. Agrietamiento pequeño correspondiente a la continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte y Levantamiento de dos ladrillos en la zona central para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.

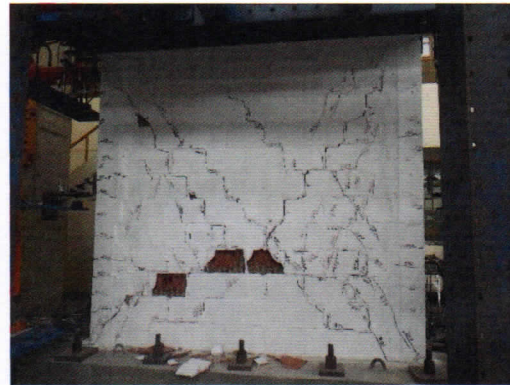


Foto 28. Aparición de una nueva grieta en el mortero en la parte superior central y desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.



Foto 29. Desprendimiento de otra cara de un ladrillo en la zona central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.

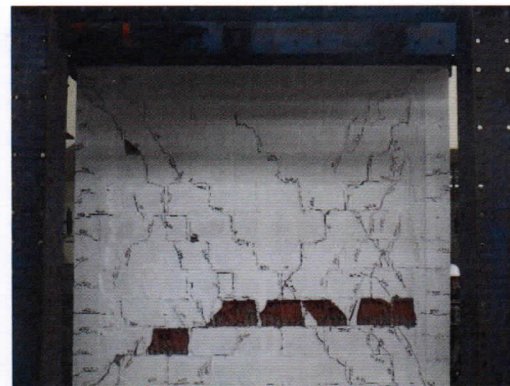


Foto 30. Desprendimiento de caras de 3 ladrillos en la zona central Este adyacentes a los de la Foto 30 en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.

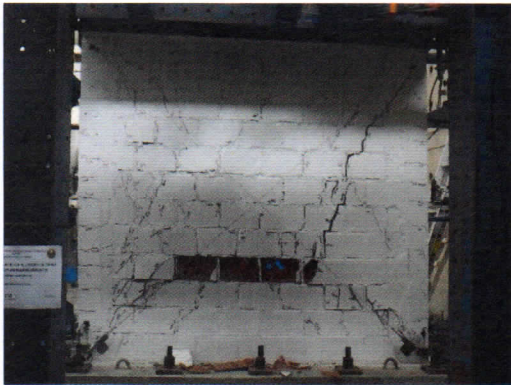


Foto 31. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.



Foto 32. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.



Foto 33. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Este central e inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo al descargar.



Foto 34. Desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.



Foto 35. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Oeste inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.

MBAT-05

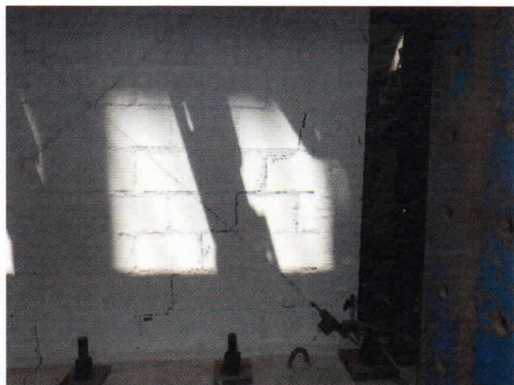


Foto 36. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.



Foto 37. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte superior e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión 1/1500.

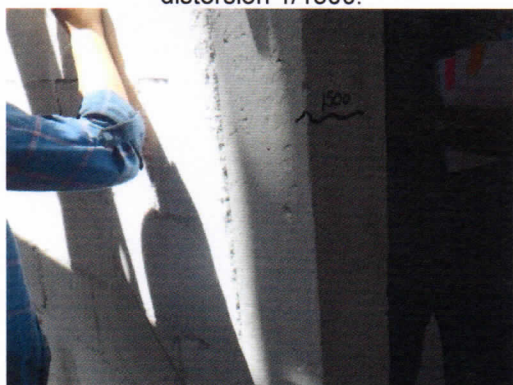


Foto 38. Aparición de primera grieta en la parte central de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.

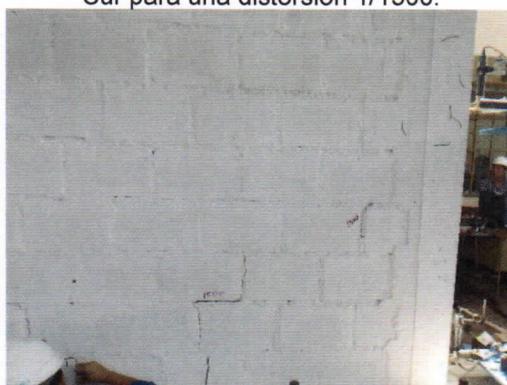


Foto 39. Formación de pequeñas grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión 1/1500.

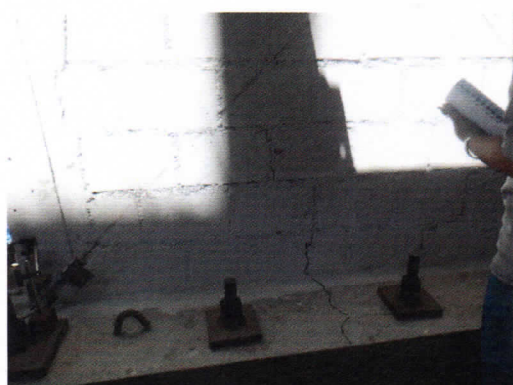


Foto 40. Formación de pequeña grieta diagonal en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1500.

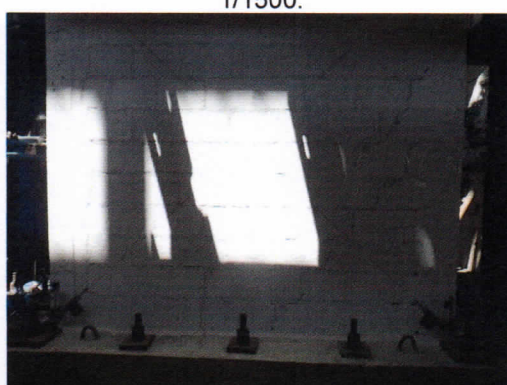


Foto 41. Formación de grietas diagonales en el mortero y primera grieta en ladrillo en la parte superior Este y Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.



Foto 42. Formación de grietas por flexión en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión 1/1500.

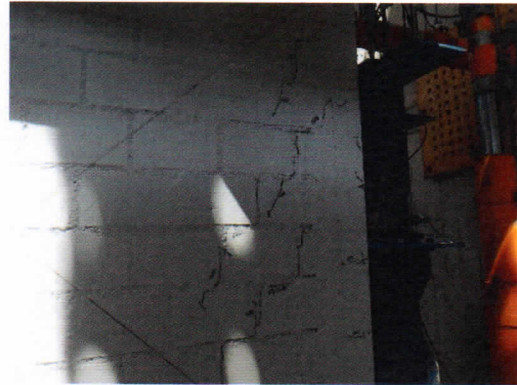


Foto 43. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1100.



Foto 44. Formación de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/1100.

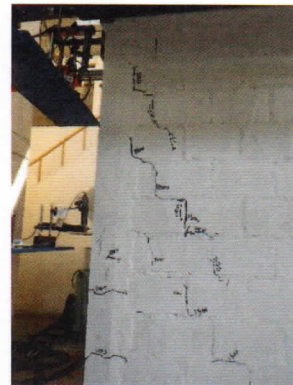


Foto 45. Formación y continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.

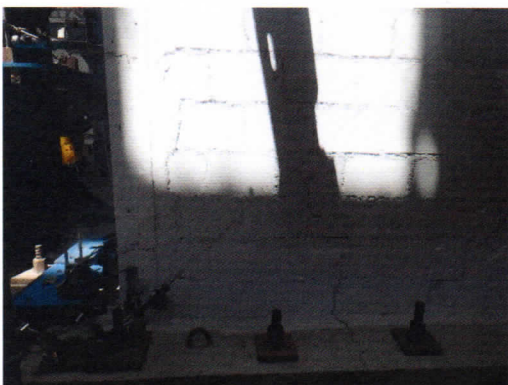


Foto 46. Continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.

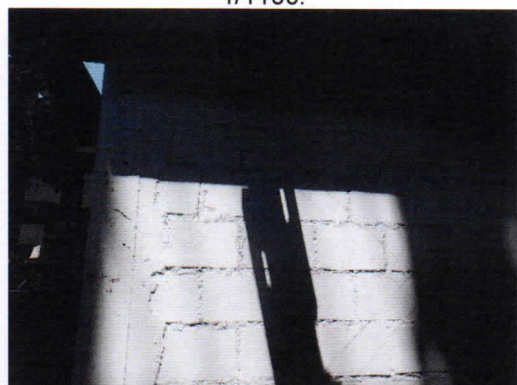


Foto 47. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.

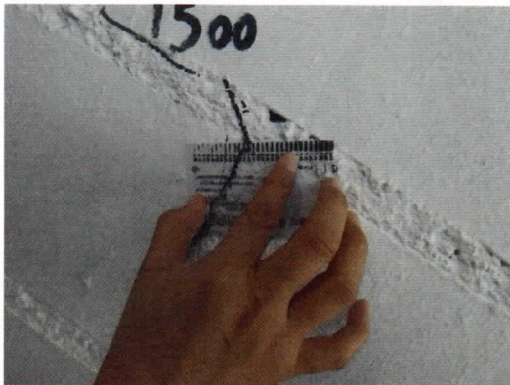


Foto 48. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.



Foto 49. Formación de grietas por flexión en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/1100.

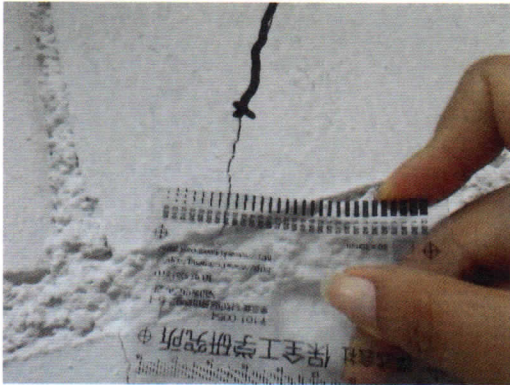


Foto 50. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.



Foto 51. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/800.

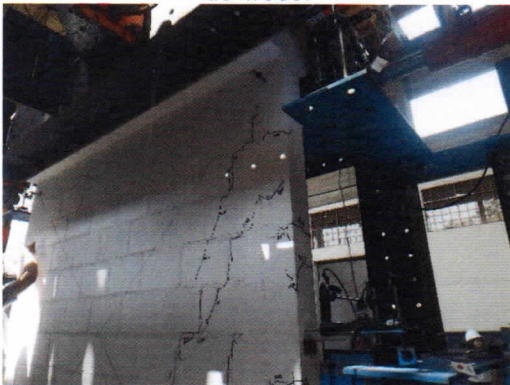


Foto 52. Formación de grietas horizontales en la parte superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/800.

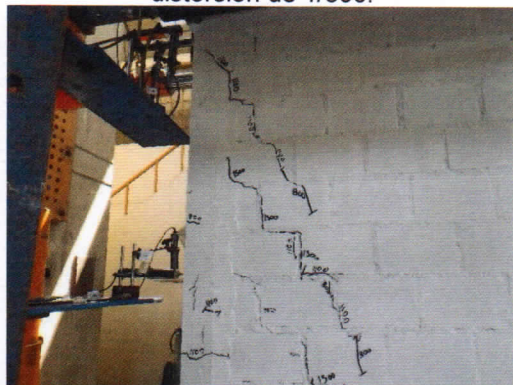


Foto 53. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/800.

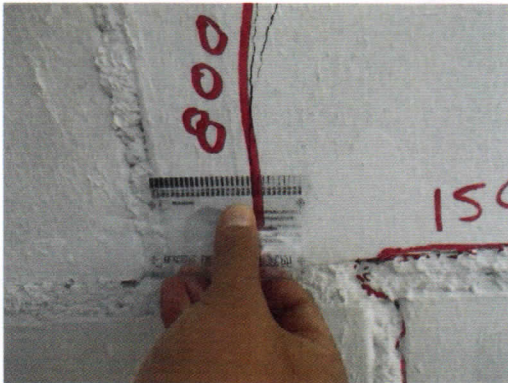


Foto 54. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.



Foto 55. Formación de grietas horizontales en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión de 1/800.

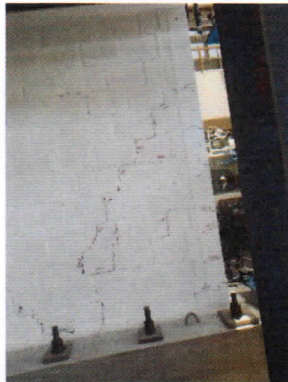


Foto 56. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/800.

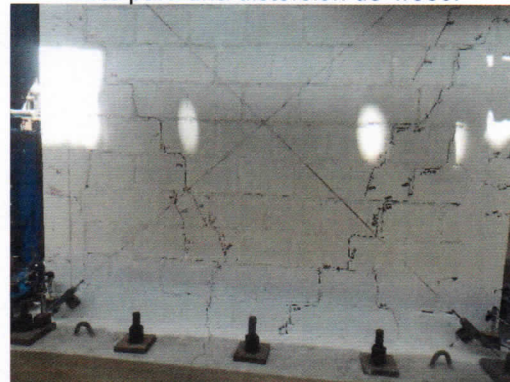


Foto 57. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/800.

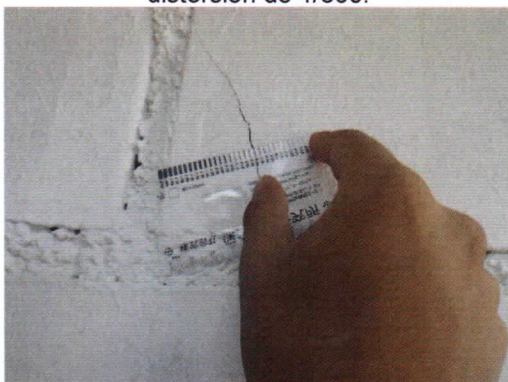


Foto 58. Espesor de grieta de 0.55mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

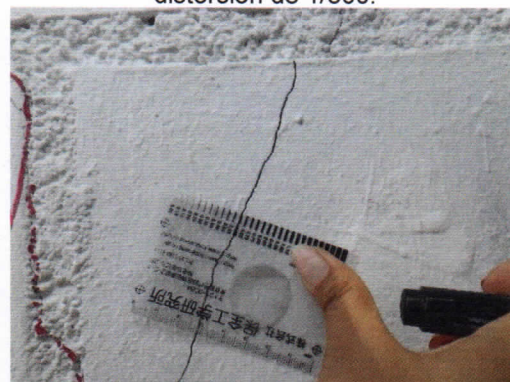


Foto 59. Espesor de grieta de 0.6mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/550.

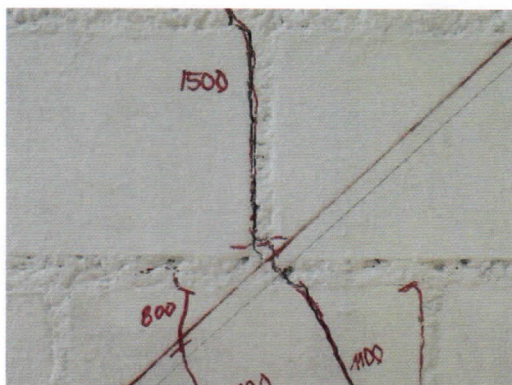


Foto 60. Desprendimiento de tapa del ladrillo con el mortero al lado inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550

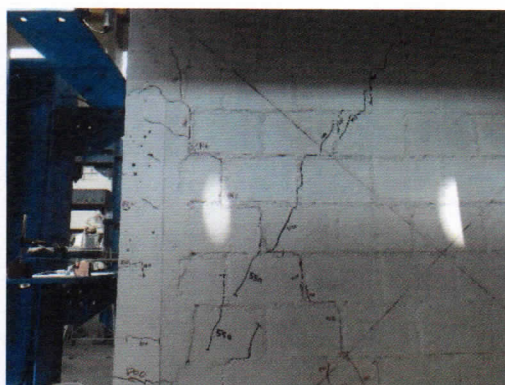


Foto 61. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550.



Foto 62. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

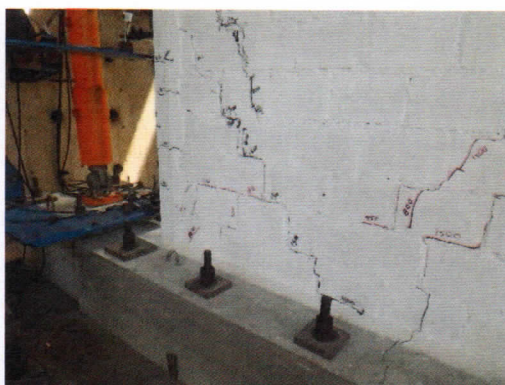


Foto 63. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

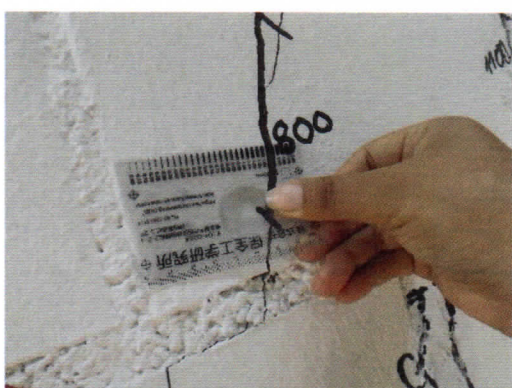


Foto 64. Espesor de grieta de 1.60mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/400.



Foto 65. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400.



Foto 66. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

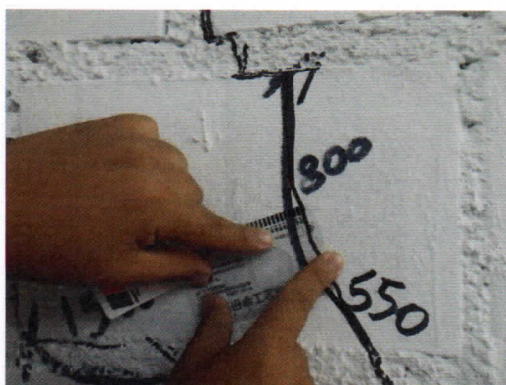


Foto 67. Espesor de grieta de 2.00mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

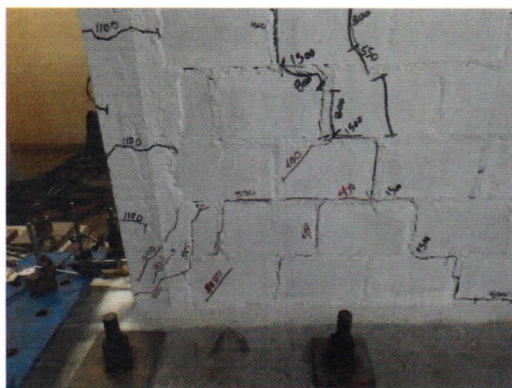


Foto 68. Formación de grietas diagonales en el talón Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

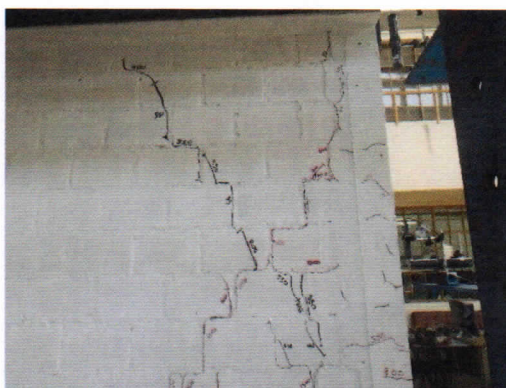


Foto 69. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.



Foto 70. Desprendimiento de ladrillo en la zona central inferior de la cara Sur para una distorsión de 1/400 en el 2º ciclo.

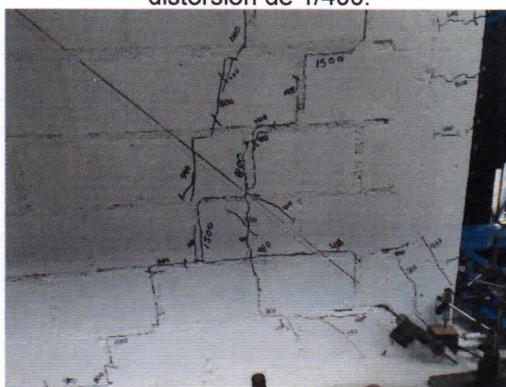


Foto 71. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2º ciclo.

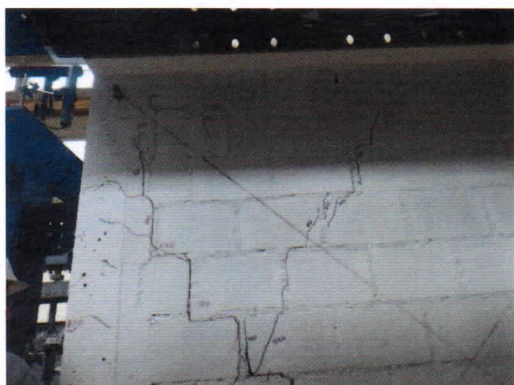


Foto 72. Formación de grietas diagonales en la esquina superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.

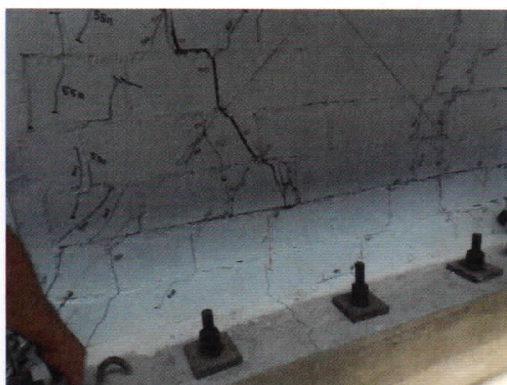


Foto 73. Desprendimiento de ladrillo en la zona inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

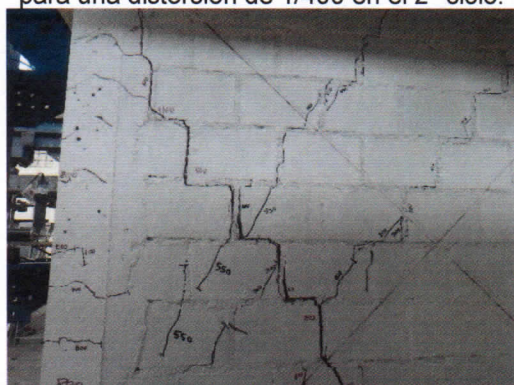


Foto 74. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

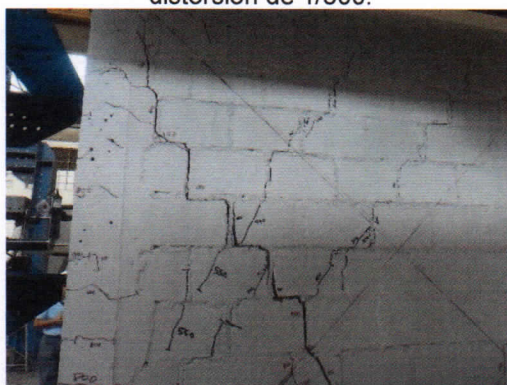


Foto 75. Formación de grietas diagonales en la parte superior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

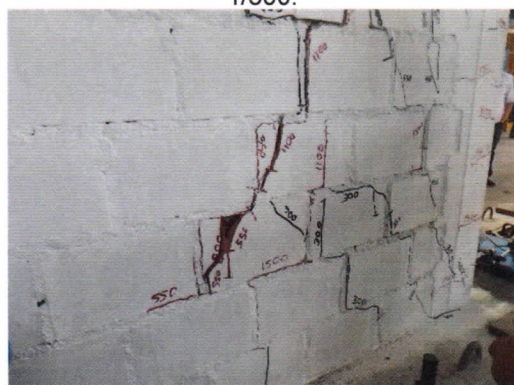


Foto 76. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/300.

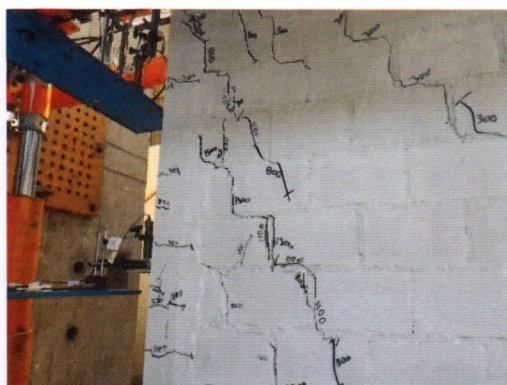


Foto 77. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/300.



Foto 78. Formación de grietas en el talón Oeste de la cara Sur y en la parte inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/300.

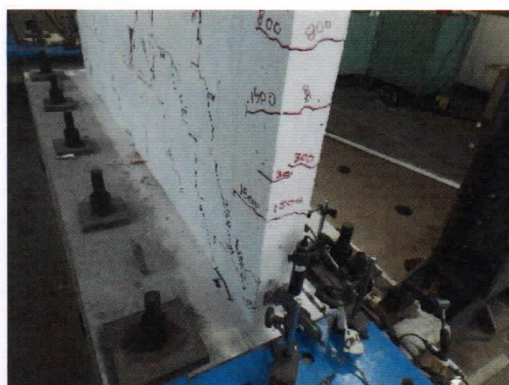


Foto 79. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

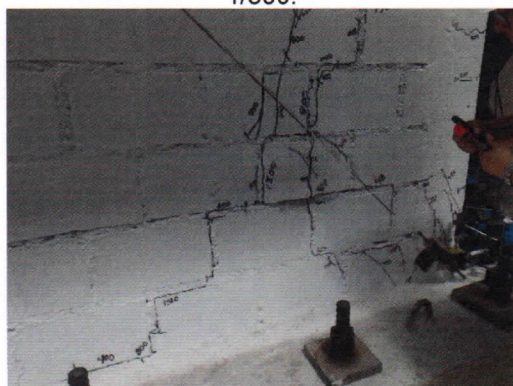


Foto 80. Levantamiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

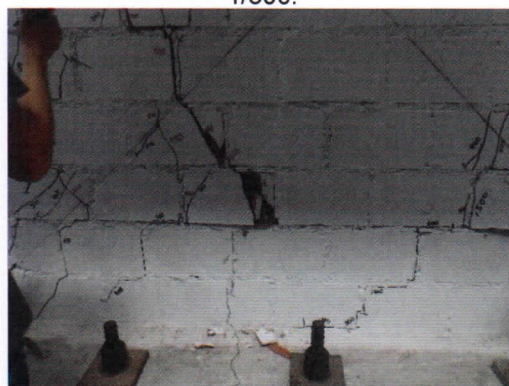


Foto 81. Levantamiento y desprendimiento de parte de un ladrillo en la parte inferior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

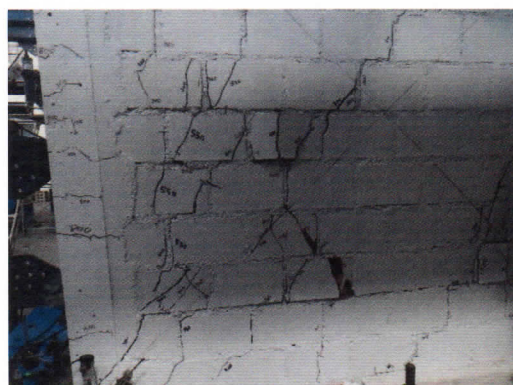


Foto 82. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.

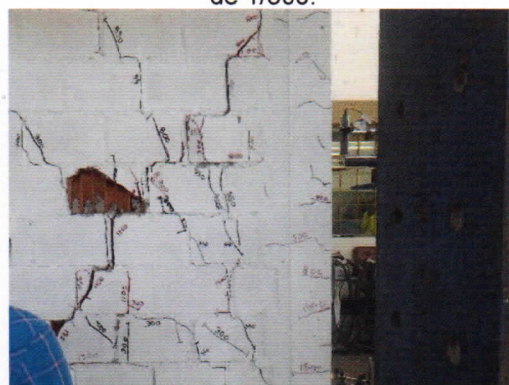


Foto 83. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Sur para una distorsión de 1/200.



Foto 84. Desprendimiento de ladrillo de la Foto 82 (parte central Este de la cara Norte) para una distorsión de 1/200.



Foto 85. Formación de grieta en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/200.

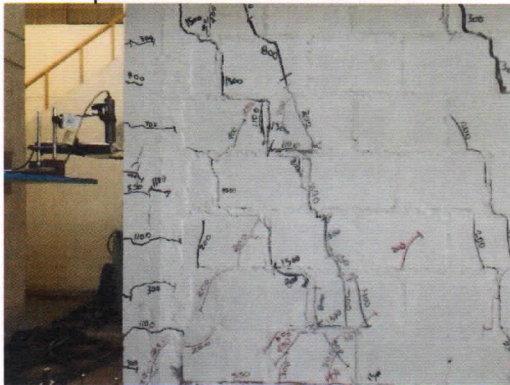


Foto 86. Formación de grietas diagonales en la parte Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.

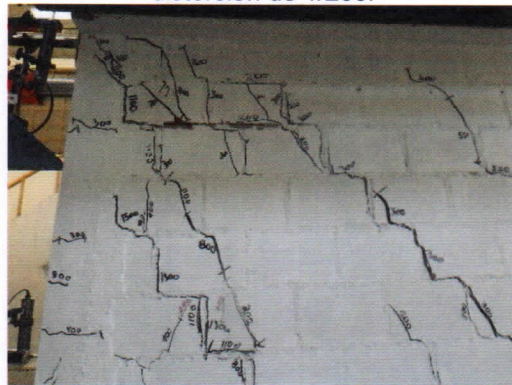


Foto 87. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.



Foto 88. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.

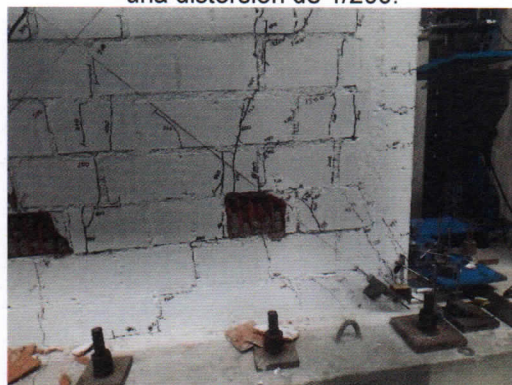


Foto 89. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200.

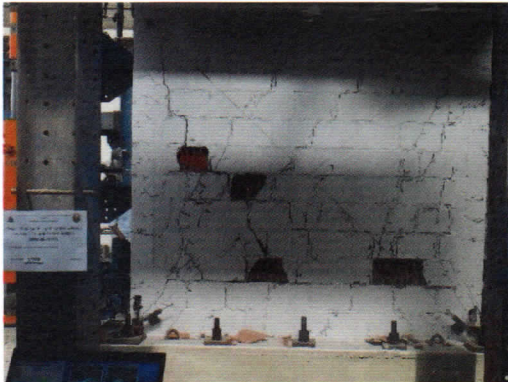


Foto 90. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.



Foto 91. Desprendimiento de ladrillos en la parte superior Este e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.

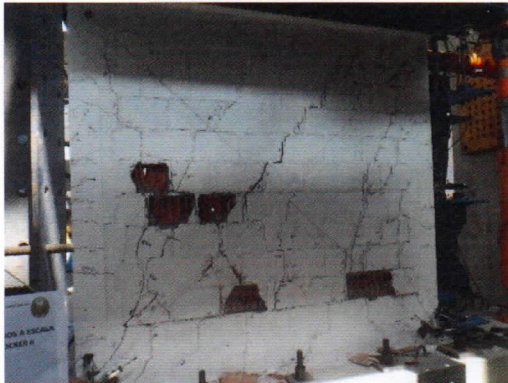


Foto 92. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

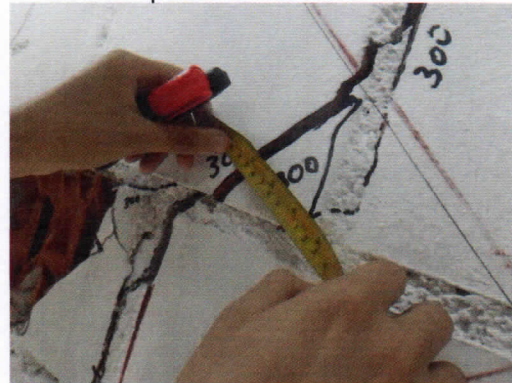


Foto 93. Separación de 10.00mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

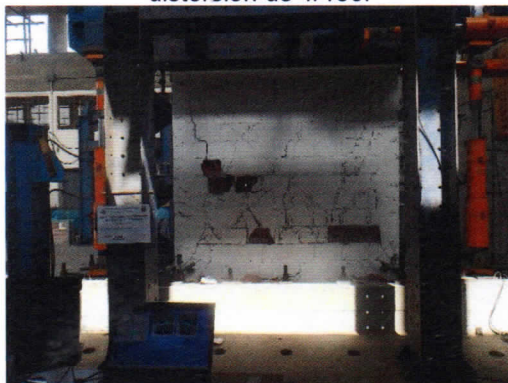


Foto 94. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

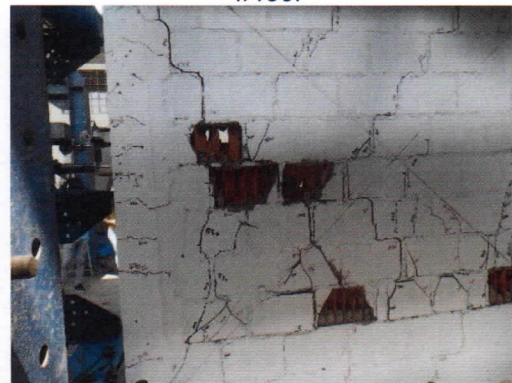


Foto 95. Formación de un hueco en ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.



Foto 96. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.



Foto 97. Desprendimiento de dos ladrillos en la parte inferior central de la cara Sur para una distorsión de 1/150.

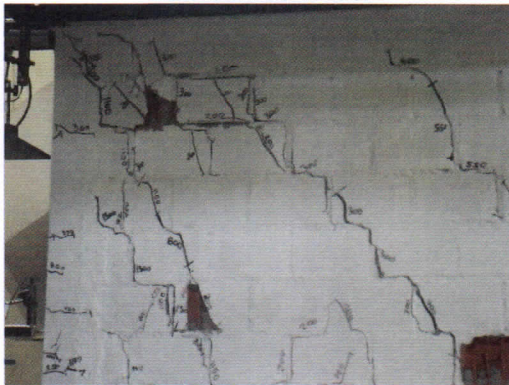


Foto 98. Levantamiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.



Foto 99. Desprendimiento de ladrillos en la parte inferior central y Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.



Foto 100. Desprendimiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.

MBAT-06

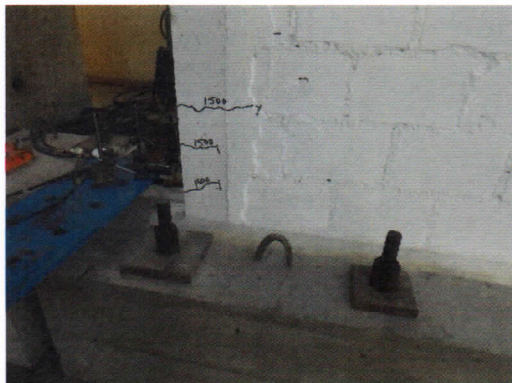


Foto 101. Formación de las primeras grietas en la cara sur del talón de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.

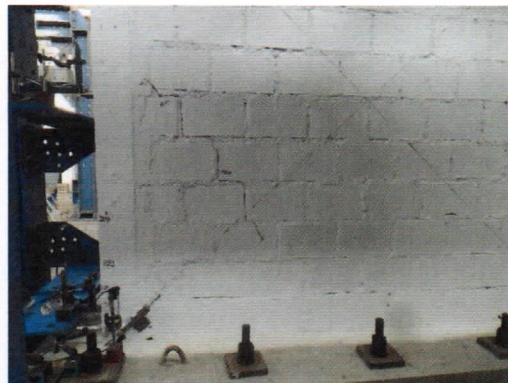


Foto 102. Formación de las primeras grietas en la cara norte del talón de la columna Este para una distorsión 1/1500.

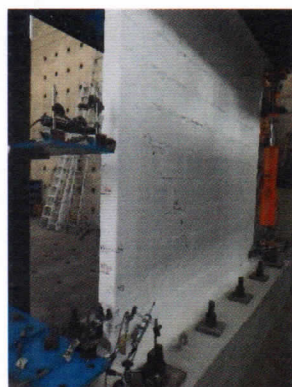


Foto 103. Aparición de primeras grietas en la parte central de la columna Este para una distorsión 1/1500.

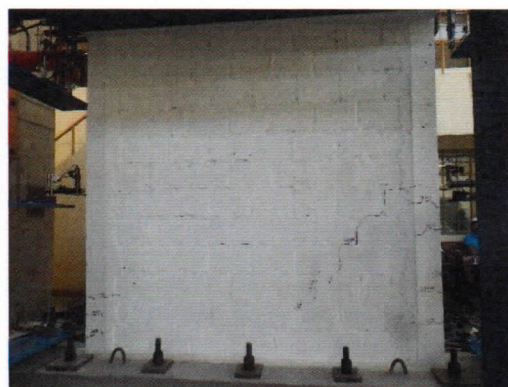


Foto 104. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.

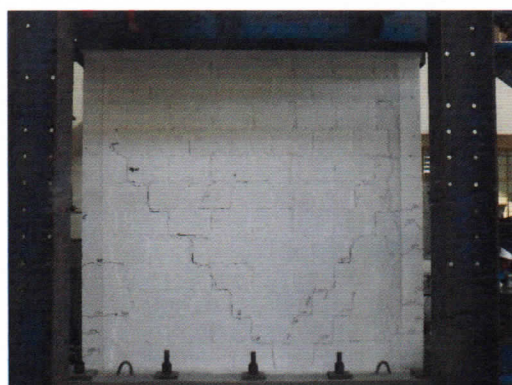


Foto 105. Aparición de grietas de gran extensión en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/1100.



Foto 106. Continuación de grietas en el mortero y en las columnas de la cara Norte y Sur para una distorsión 1/1100.

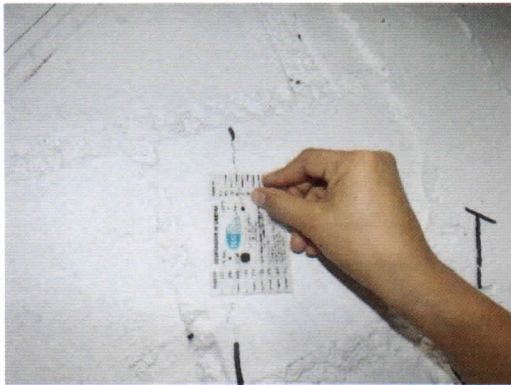


Foto 107. Espesor de grieta de 0.2mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.

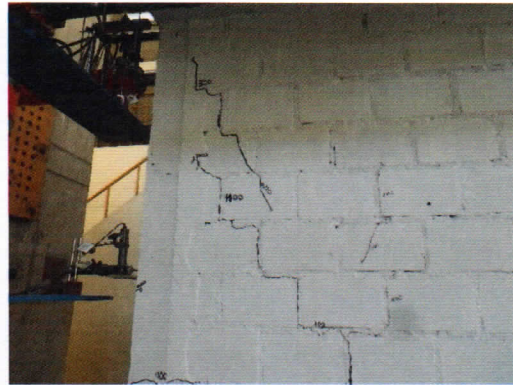


Foto 108. Formación de las primeras grietas en la parte superior Este de la cara Sur del muro para una distorsión 1/800.

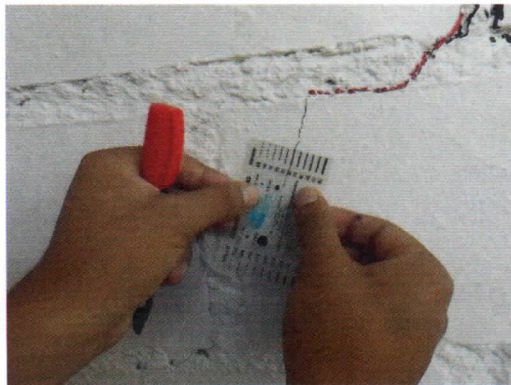


Foto 109. Espesor de grieta de 0.3mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/800.



Foto 110. Continuación de grietas en el ladrillo y en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/800.



Foto 111. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/550.

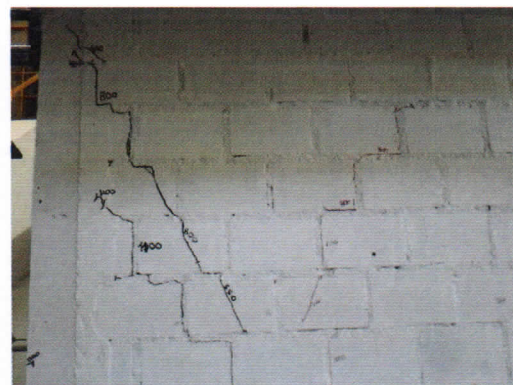


Foto 112. Continuación de grietas para una distorsión 1/550.

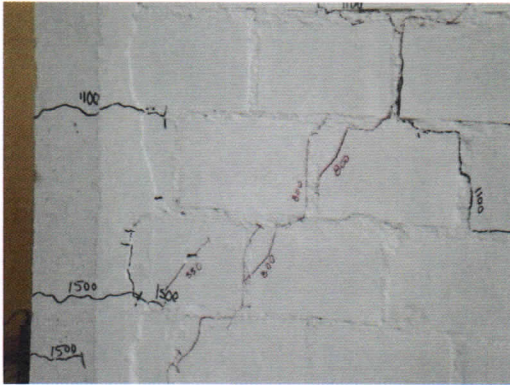


Foto 113. Aparición de nuevas grietas en el ladrillo en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/550.



Foto 114. Aparición de grieta en la base de la cara Sur para una distorsión 1/550.

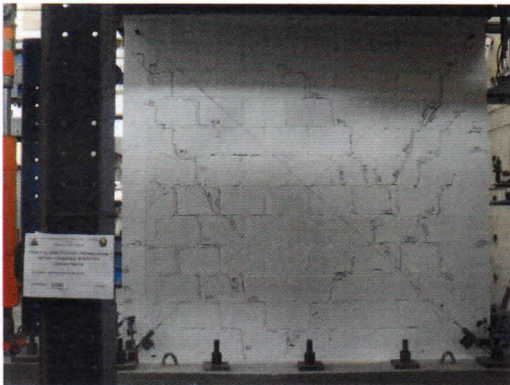


Foto 115. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Norte para una distorsión de 1/550.

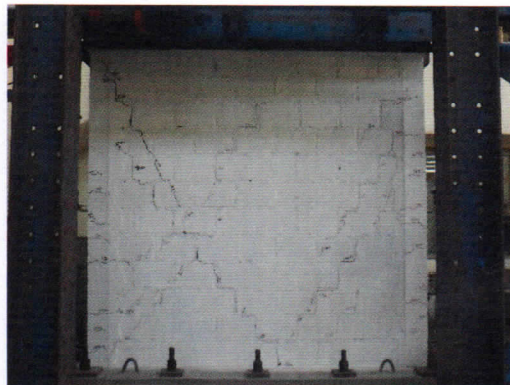
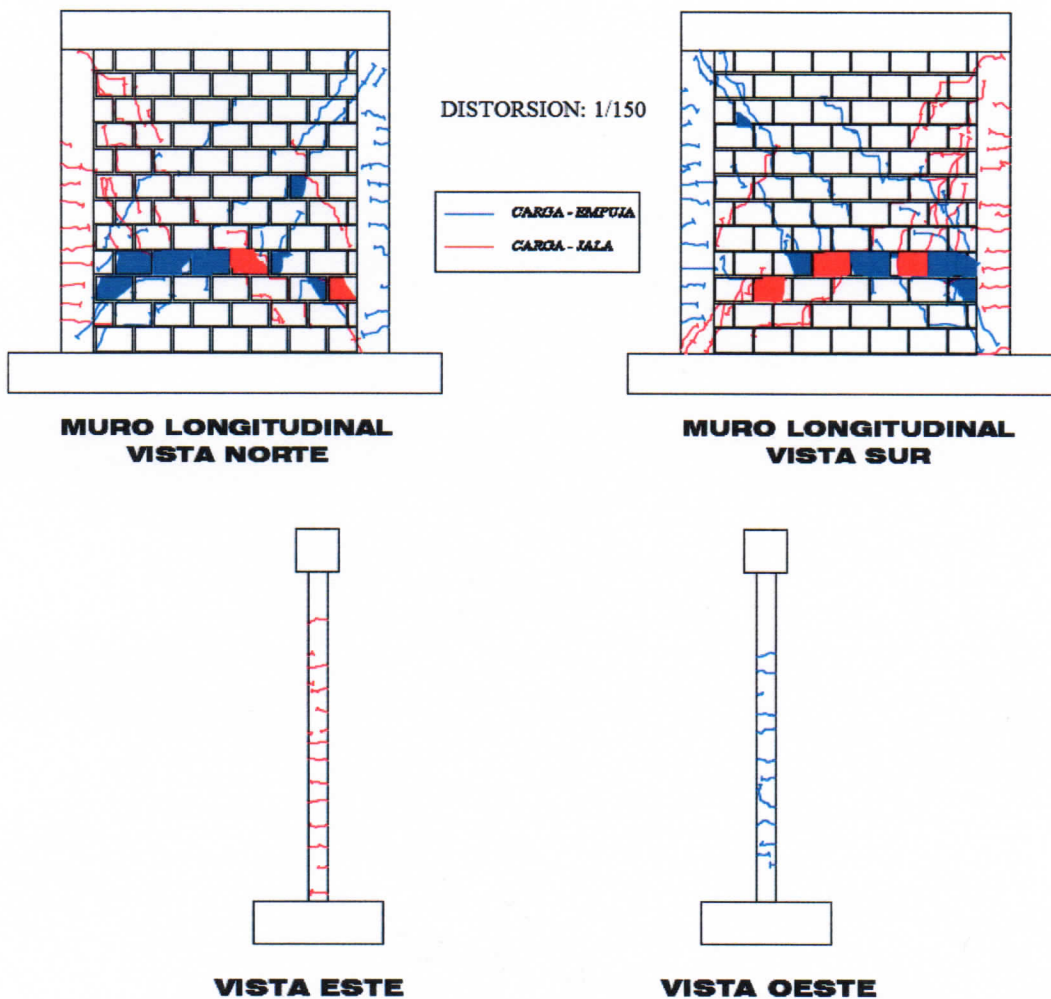
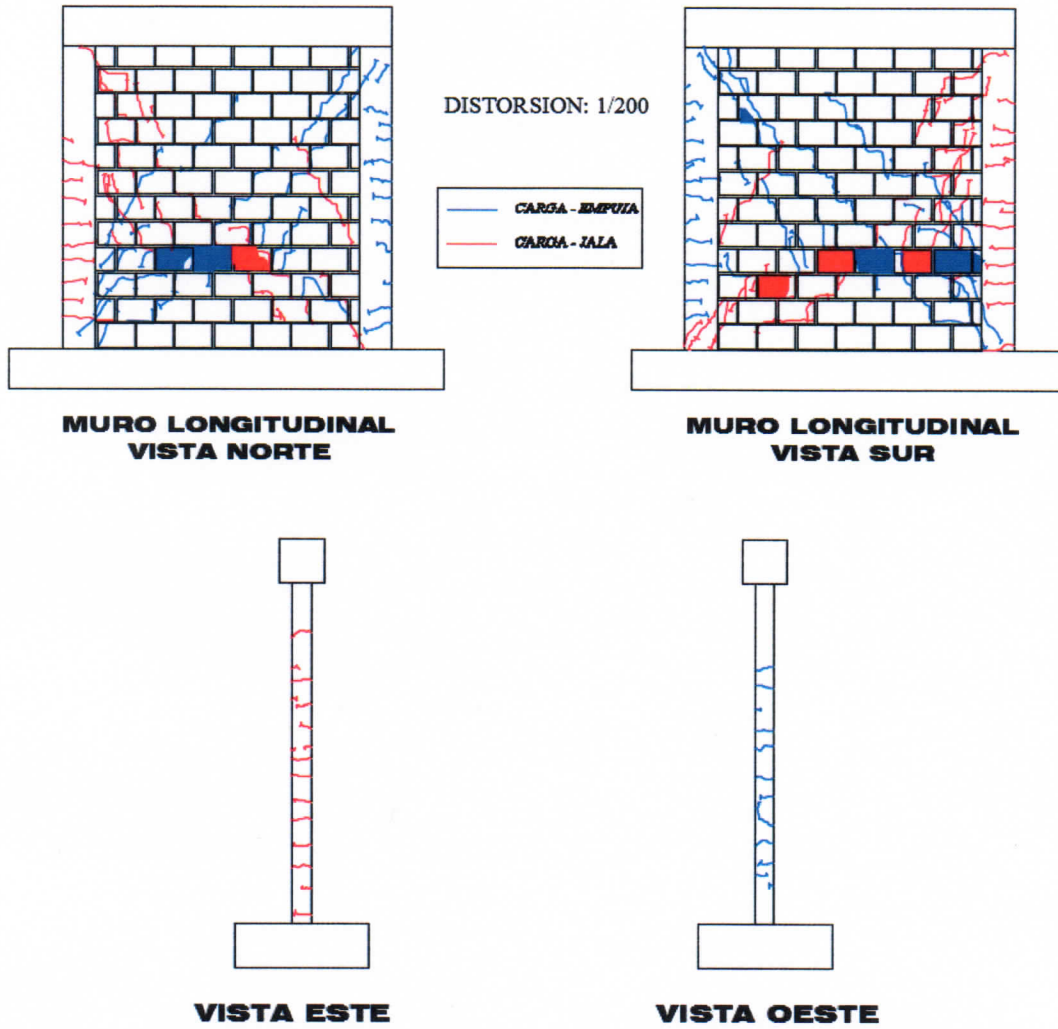


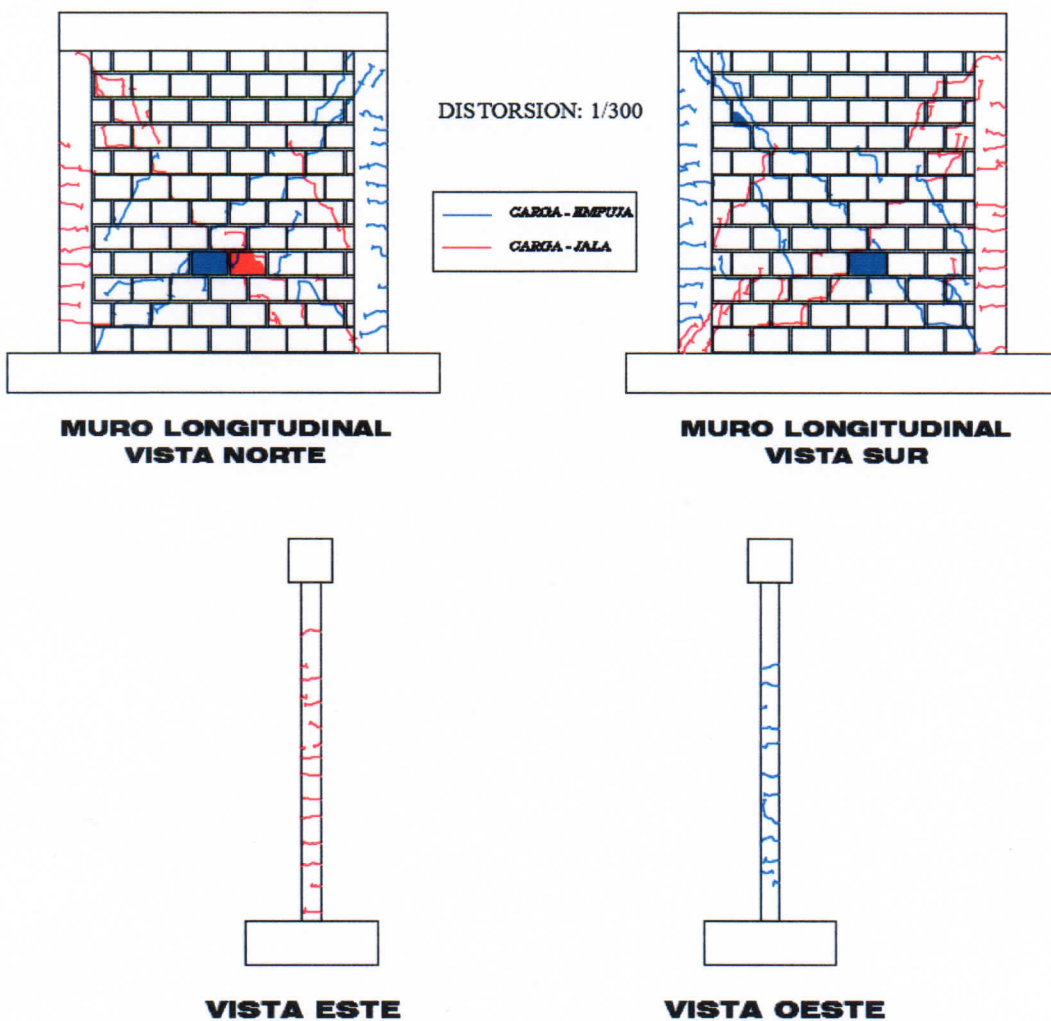
Foto 116. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Sur para una distorsión de 1/550.

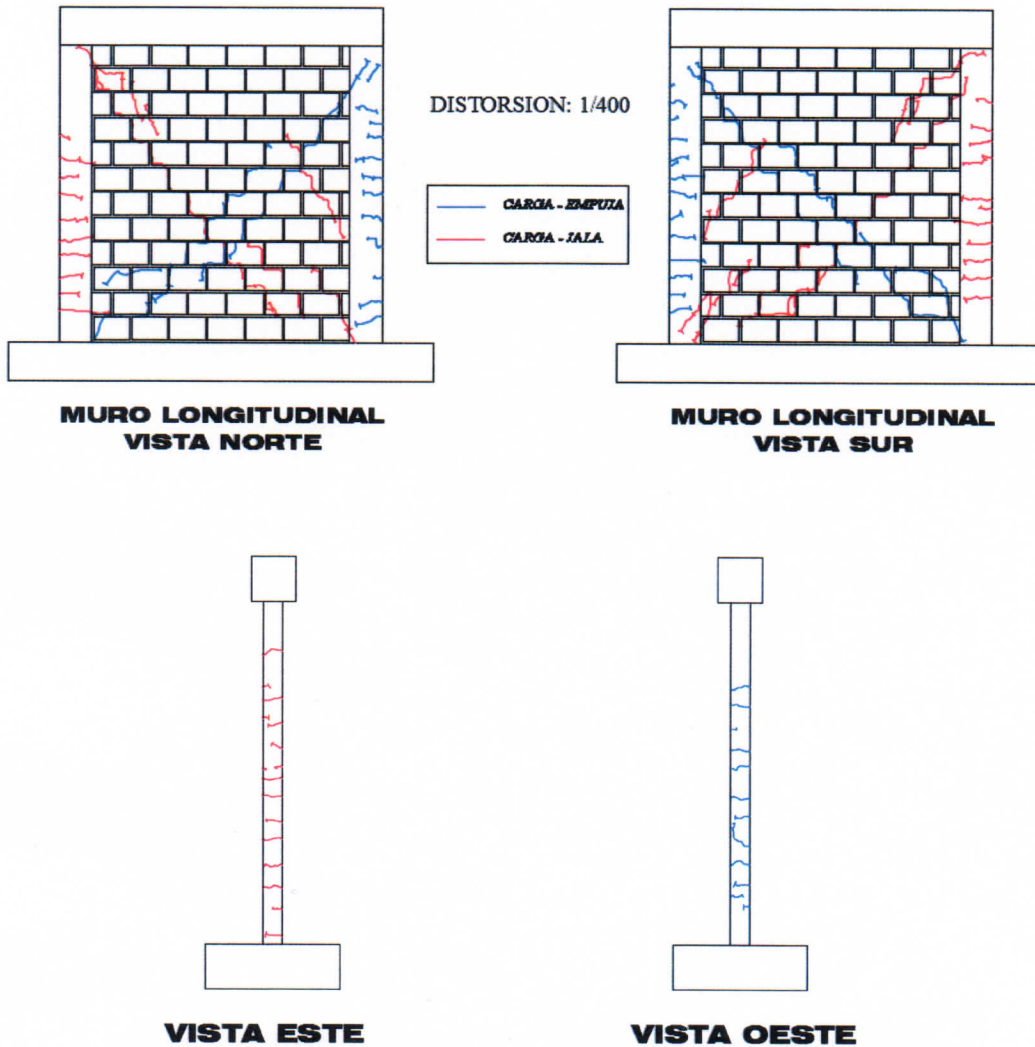
Mapeo de grietas

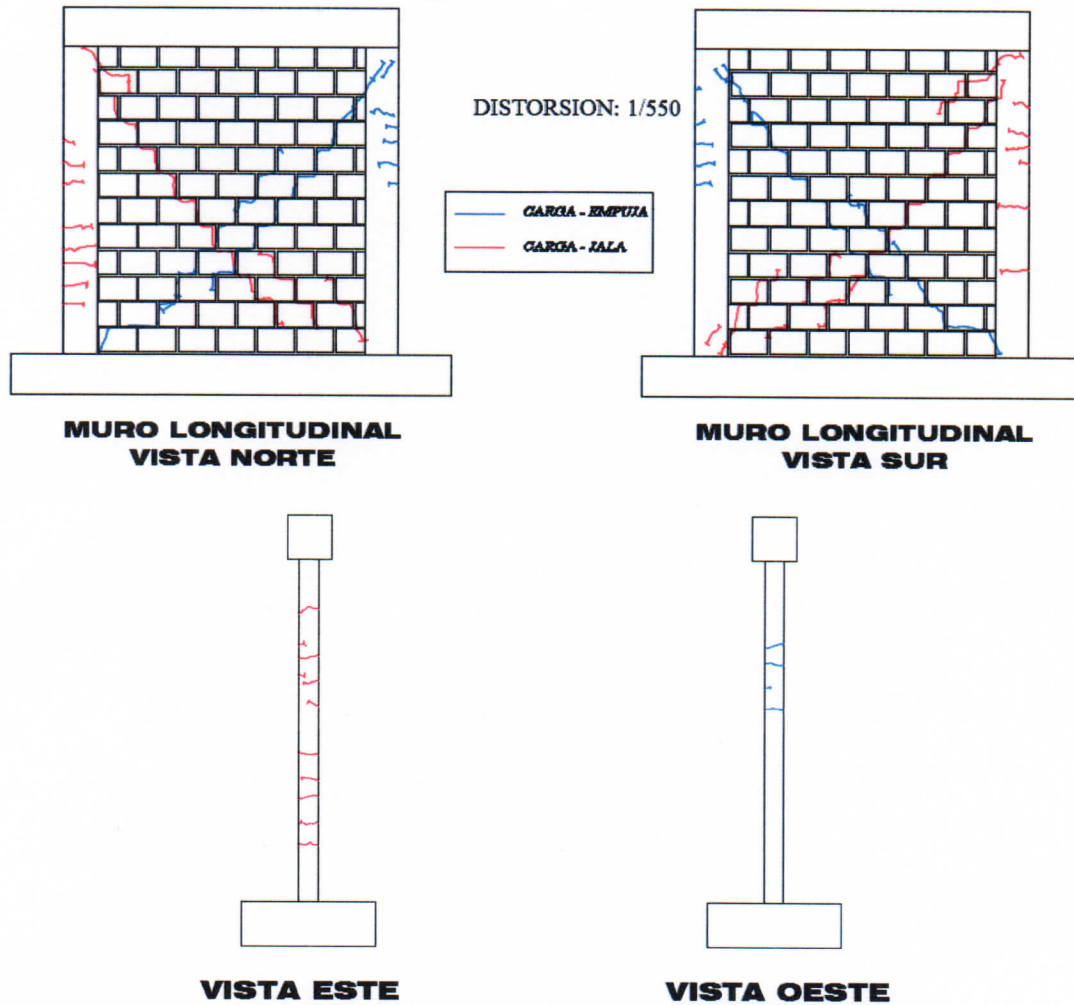
MBAT-04

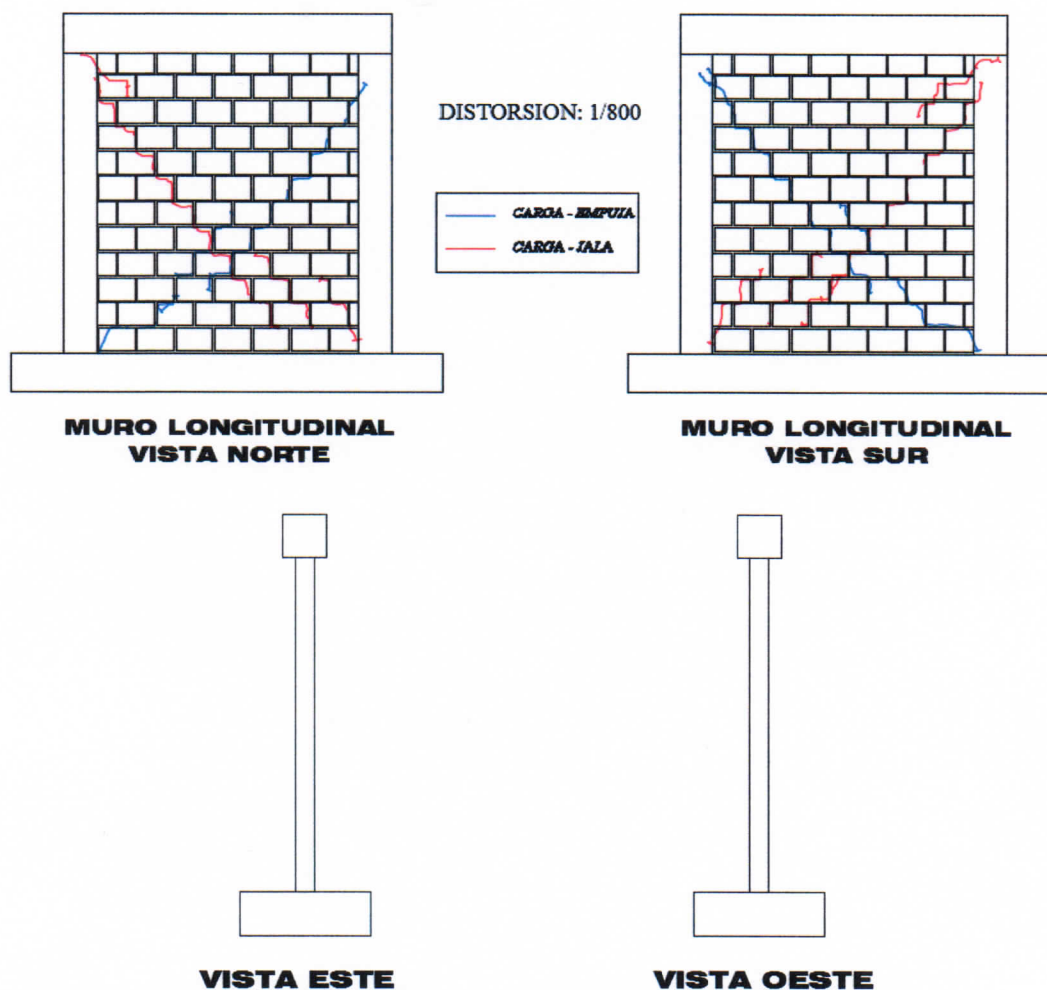


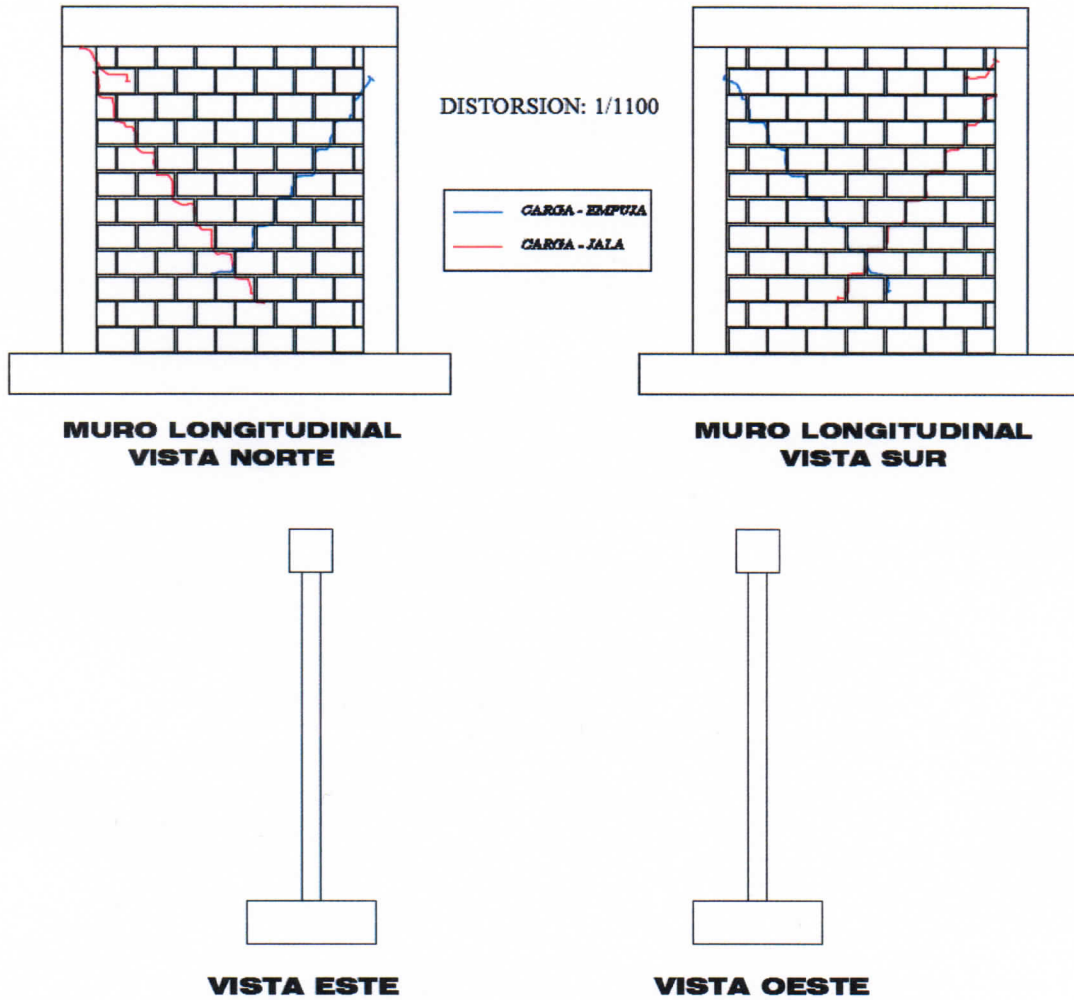




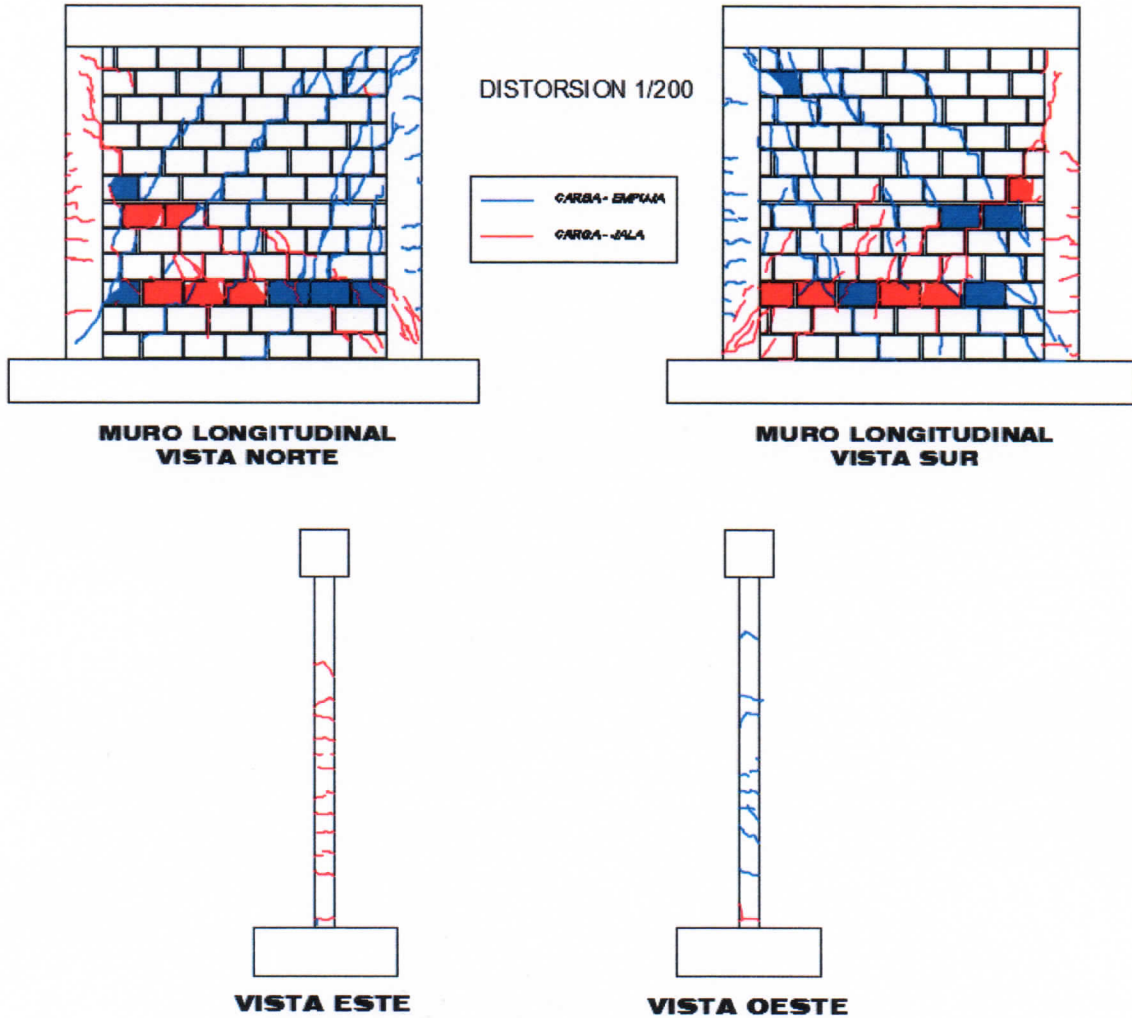


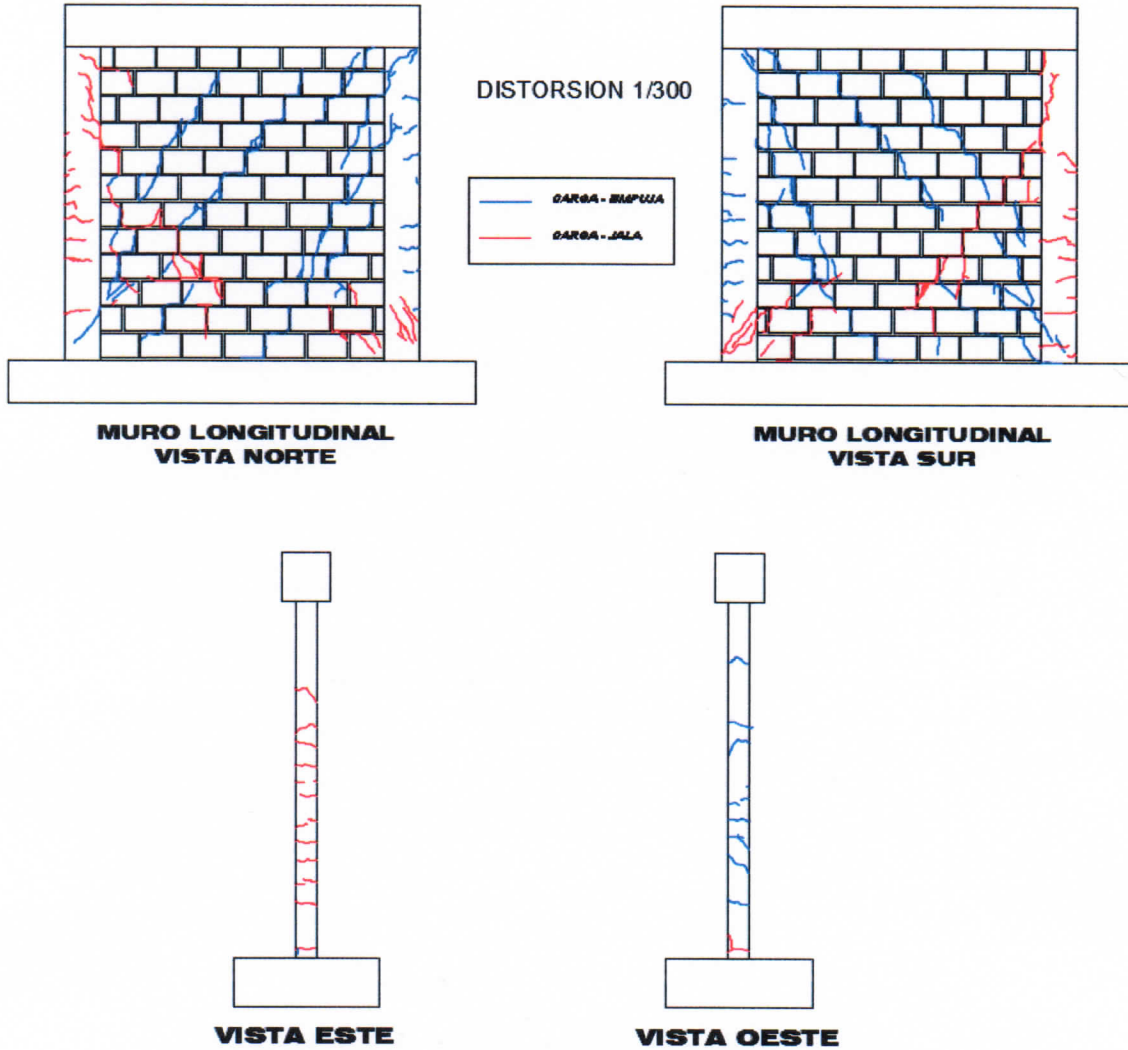


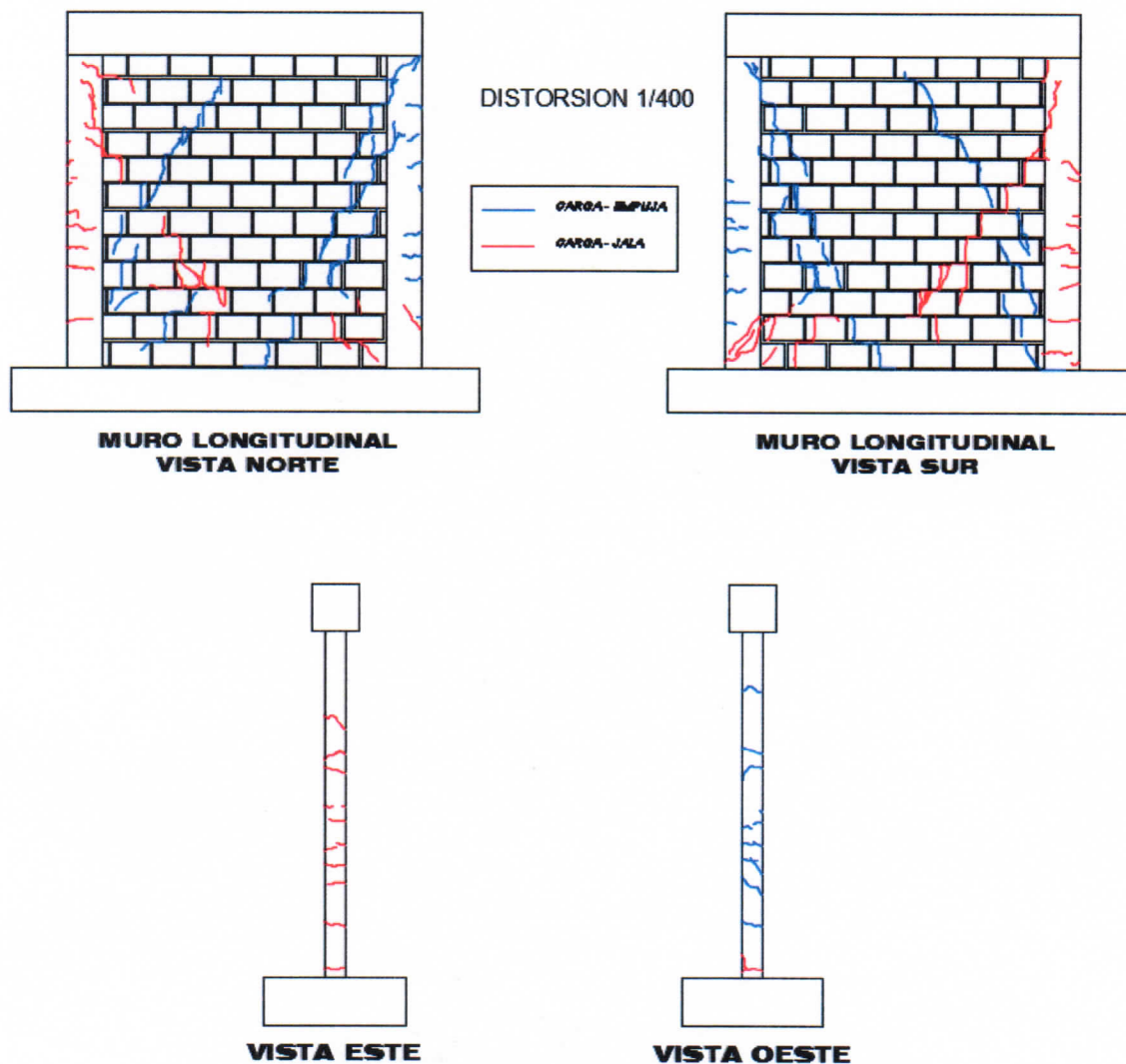


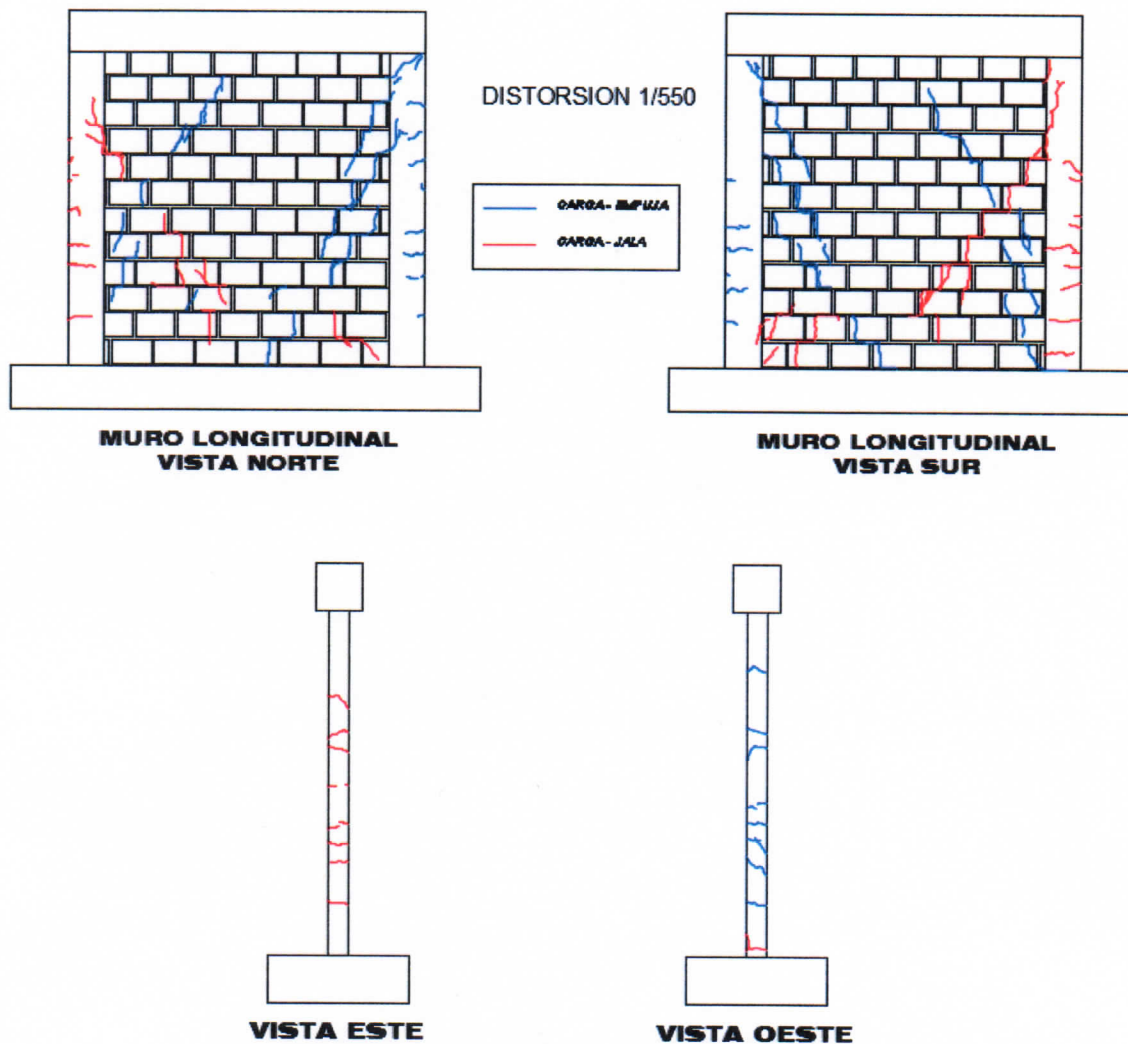


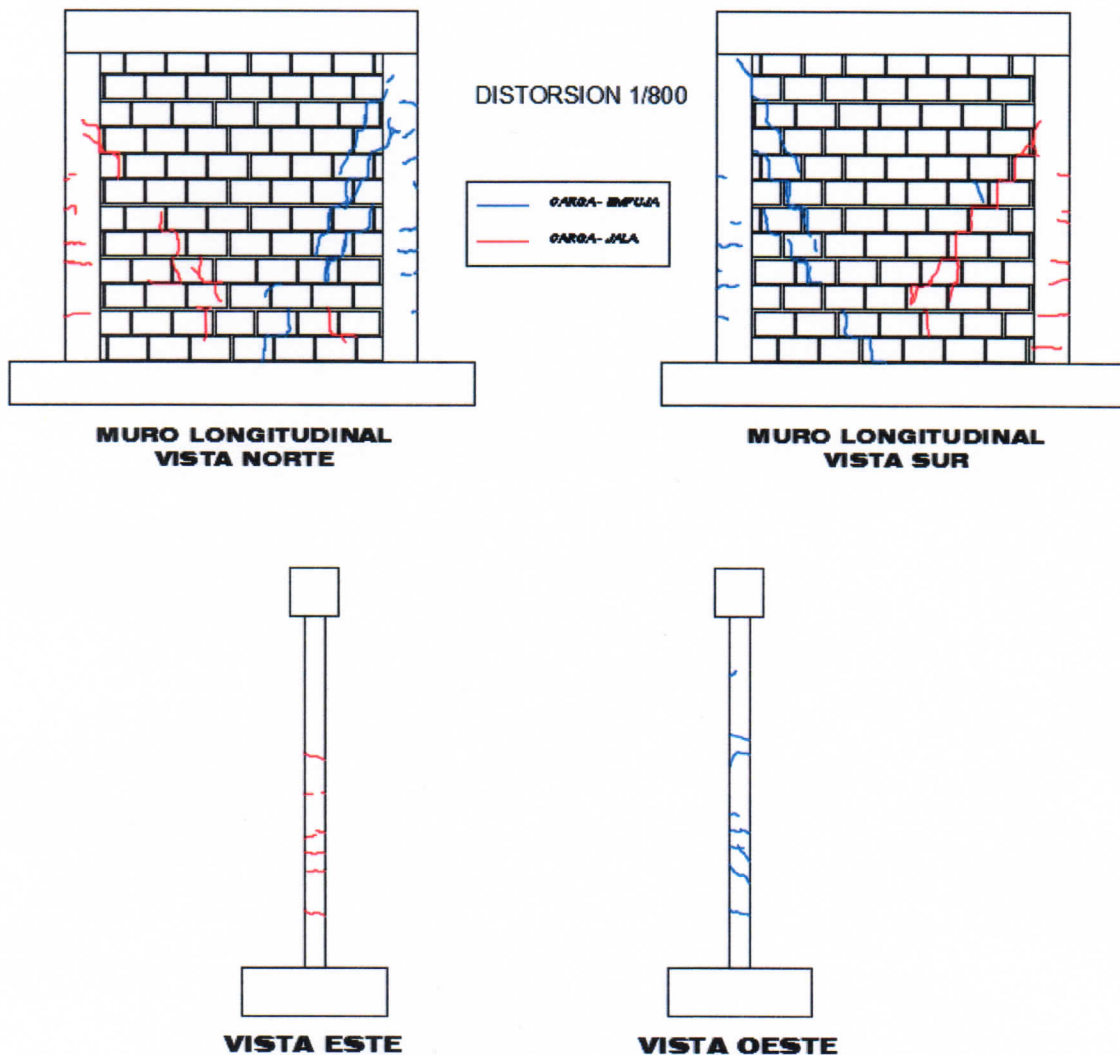
MBAT-05

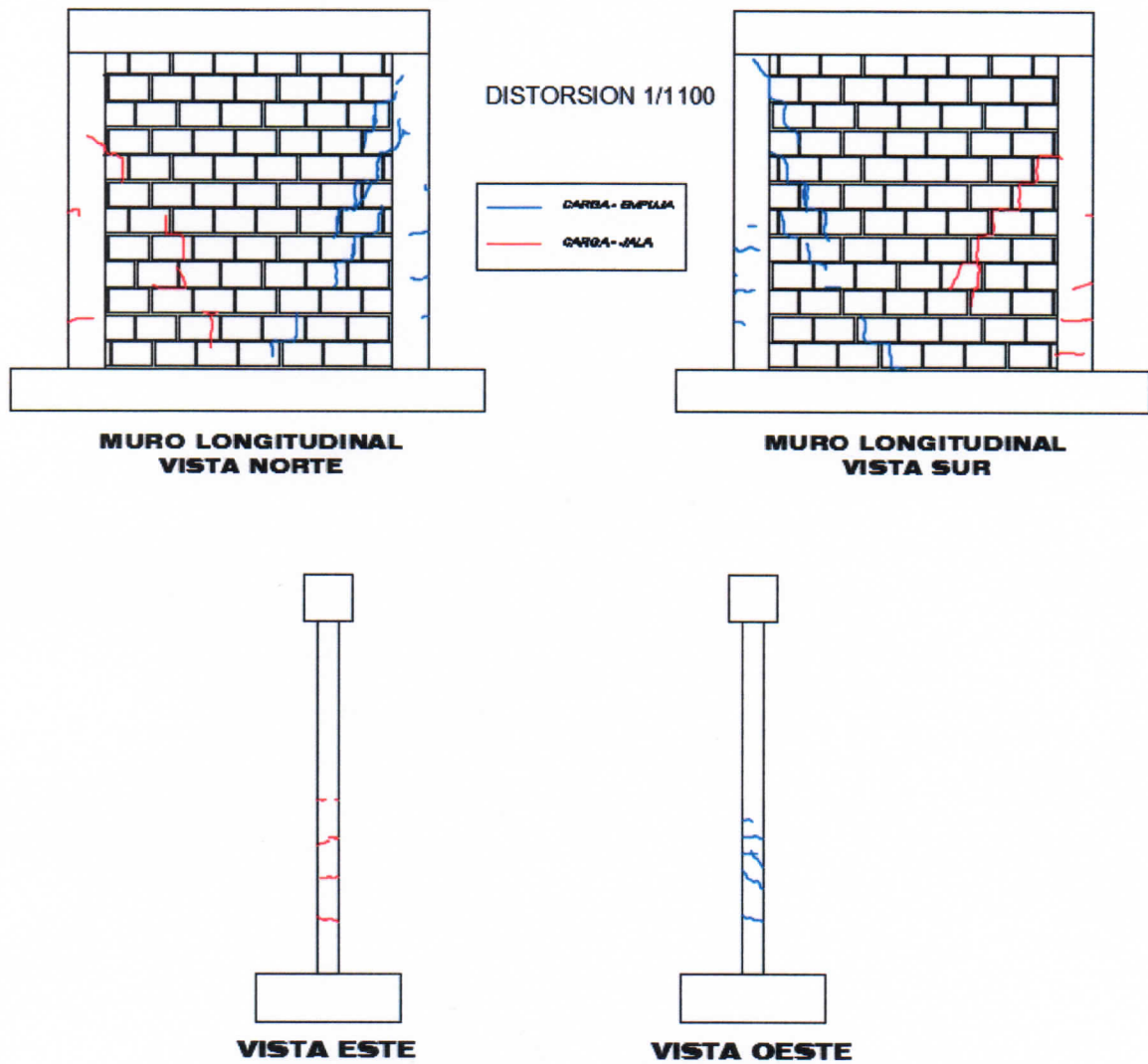








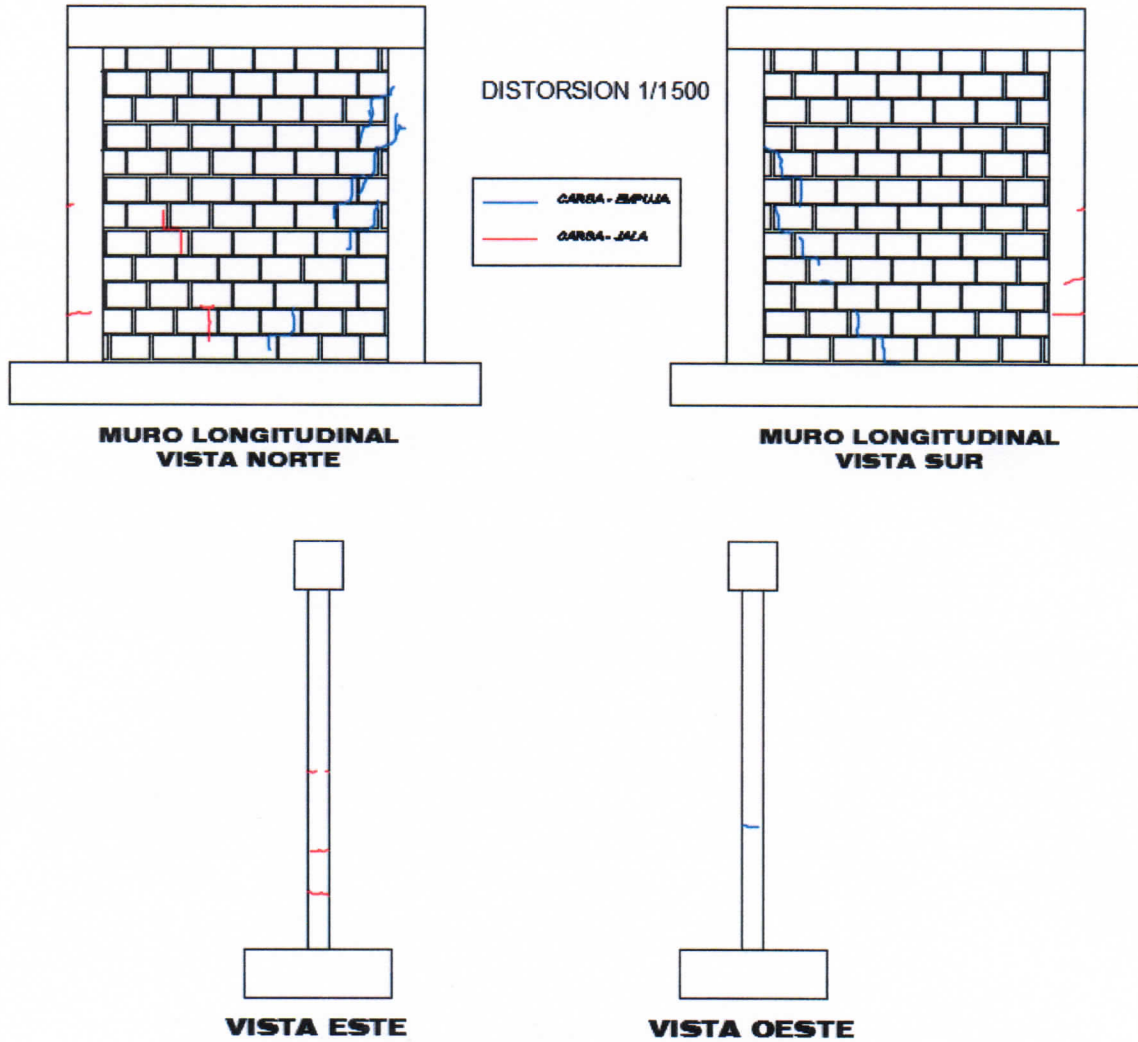






UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



MBAT-06

