

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADOR	MÉTODO
INTERROGANTE PRINCIPAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL			
¿Cómo contribuir con información para posteriores estudios de vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería confinada de la ciudad de Tacna construidas con Blocker II, mediante la elaboración de curvas de fragilidad y curvas de consecuencia en base a ensayos experimentales en muros?	Mediante la elaboración de curvas de fragilidad y curvas de consecuencia en base a ensayos experimentales en muros, se contribuyen probabilidades de daños, costos y tiempo de reparación y reforzamiento para tres estados de daños, los cuales son muy útiles para futuros estudios de vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería de la ciudad de Tacna construidas con Blocker II.	Contribuir con información para posteriores estudios de vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería confinada de la ciudad de Tacna construidas con Blocker II, mediante la elaboración de curvas de fragilidad y curvas de consecuencia en base a ensayos experimentales en muros.	Curvas de fragilidad y curvas de consecuencia	Estados de daño 1, 2 y 3.	Exploratorio
INTERROGANTE SECUNDARIAS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	OBJETIVO ESPECÍFICOS			
¿Cómo determinar valores de distorsiones permisibles para tres estados de daños, basados en ensayos experimentales en muros de albañilería confinada construidos con Blocker II, mediante la elaboración de curvas de fragilidad según la librería del PACT del FEMA P 58?	Los valores de distorsiones permisibles para tres estados de daños se determinan mediante la elaboración de curvas de fragilidad según la librería del PACT del FEMA P 58, tomando como base ensayos experimentales en muros de albañilería confinada construidos con Blocker II.	Determinar valores de distorsiones permisibles para tres estados de daños basados en ensayos experimentales en muros de albañilería confinada construidos con Blocker II, mediante la elaboración de curvas de fragilidad según la librería del PACT del FEMA P 58.	Curvas de fragilidad	Estados de daño 1, 2 y 3.	Exploratorio
¿Cómo determinar el costo y tiempo de reparación y reforzamiento para un muro de albañilería confinada construido con Blocker II para tres estados de daños basados en ensayos experimentales, mediante la elaboración de curvas de consecuencia según la librería del PACT del FEMA P 58?	El costo y tiempo de reparación y reforzamiento para un muro de albañilería confinada construido con Blocker II para tres estados de daños se determinan mediante la elaboración de curvas de consecuencia según la librería del PACT del FEMA P 58, tomando como base ensayos experimentales.	Determinar el costo y tiempo de reparación y reforzamiento para un muro de albañilería confinada construido con Blocker II para tres estados de daños basados en ensayos experimentales, mediante la elaboración de curvas de consecuencia según la librería del PACT del FEMA P 58.	Curvas de consecuencia	Tiempo y costo de reparación y reforzamiento	Exploratorio

ANEXO 2

DOCUMENTACIÓN DE CURVAS DE FRAGILIDAD Y CONSECUENCIA

I. APLICABILIDAD:

Se tomó como Data 04 muros de albañilería confinada (MBAT-1, MBAT-2, MBAT-4 y MBAT-5), construidos a escala natural con ladrillo tipo Blocker II con carga axial de 10 Tn y $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$. Se diseñó una viga de cimentación que sirvió a su vez como base de apoyo.

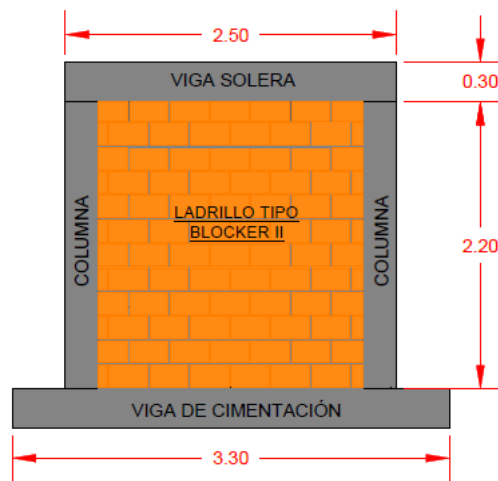


Figura – 01: Muro de albañilería confinada

De igual manera se tomó como Data 01 muro de albañilería confinada (MBAT-3) construido a escala natural con ladrillo tipo Blocker II con carga vertical de 10 Tn, el cual ha sido reparado y reforzado con una malla electrosoldada de $\frac{1}{4}$ " con espaciamiento de 15cm y mortero de 5cm de espesor con una relación de 1:4.

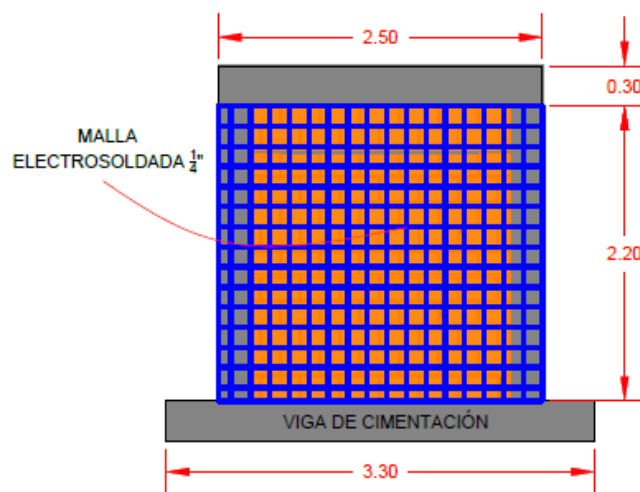


Figura – 02: Muro reforzado de con malla electrosoldada.

II. TIPOS DE MUESTRAS

2.1. CARACTERÍSTICAS DE MUROS:

- Muro portante de albañilería confinada de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.13 m de espesor.
- La base del muro (Viga de Cimentación) es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.30 m de altura.
- La distribución de acero:
 - ✓ Viga de cimentación: Acero longitudinal 12 \emptyset 1/2", Estribos de 1/2", cada 0.20.
 - ✓ Columna: 4 \emptyset 1/2", Estribos de 1/4", 1@0.05, 4@0.10, R@0.20
 - ✓ Viga Solera: 2 \emptyset 3/8", Estribos de 1/4", 1@0.05, 4@0.10, R@0.20
- Materiales empleados:
 - ✓ Ladrillo Blocker II
 - ✓ Cemento Yura Tipo IP
 - ✓ Arena gruesa
 - ✓ Piedra chancada
 - ✓ Acero de \emptyset 1/2", 3/8", 1/4" y alambre N°8
 - ✓ Madera para encofrado
 - ✓ Clavos
 - ✓ Agua
 - ✓ Malla electrosoldada 1/4".
 - ✓ Arena fina
- Herramientas:
 - ✓ Escantillón, plomada, cordel, nivel, badilejo
 - ✓ Pala, Buguie
 - ✓ Trompo de 7 pie3
 - ✓ Vibradora de 2"
 - ✓ Escobillón metálico y taladro.

- Juntas horizontales de 1.5 cm de grosor y juntas verticales de 1.5 cm. de grosor.
- La proporción volumétrica cemento: arena del mortero de asentado fue 1: 4.
- La conexión columna - albañilería fue dentada.
- El tiempo de fragua del muro fue de 28 días.
- $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ en columnas, viga solera y viga de cimentación.

2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO Y DE REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE MUROS

- MUROS MBAT-1, MBAT-2, MBAT-4 y MBAT-5:



Figura – 03: Habilitación de acero para columnas y vigas

Fuente: Chávez, J. 2016.



Figura – 04: Dentado del muro

Fuente: Chávez, J. 2016.



Figura – 05: Vista final del muro

Fuente: Chávez, J. 2016.

- **MURO MBAT-3:**



Figura – 06: Alistando la malla electrosoldada 1/4" para su instalación.

Fuente: Romero, D. y Vásquez E. 2017.



Figura – 07: Colocación de las varillas de acero

Fuente: Romero, D. y Vásquez E. 2017.



Figura – 08: Colocando la lechada de concreto

Fuente: Romero, D. y Vásquez E. 2017.



Figura – 09: Muro reparado

Fuente: Romero, D. y Vásquez E. 2017.

III. PARÁMETROS DE DEMANDA Y APLICACIÓN DE CARGAS

- Para los Muros MBAT-1 y MBAT-2 se tiene:

a) 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 – 10. 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.

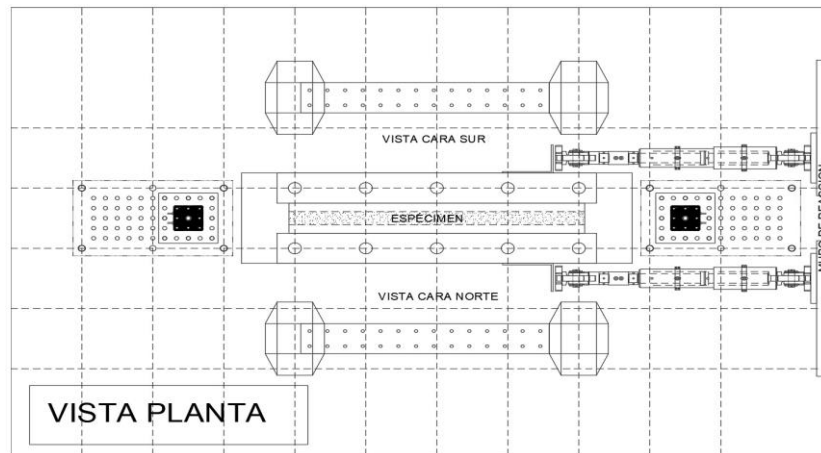


Figura – 10: Vista en planta del aparato de carga

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016.

b) 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.

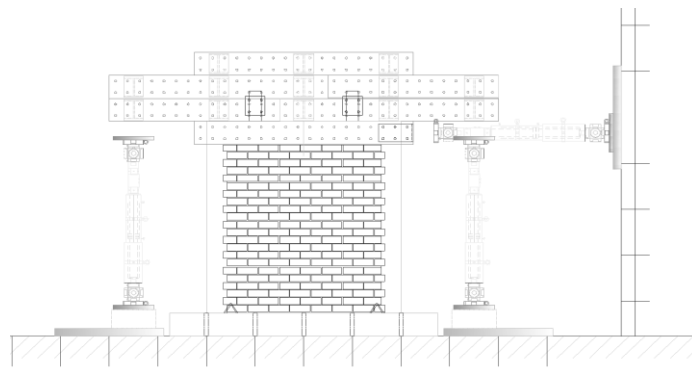


Figura – 11: Esquema de la configuración del ensayo cíclico

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016.

c) **Sistema de adquisición**

La instrumentación consta de 22 canales para la adquisición de los datos. La Figura 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- 12.

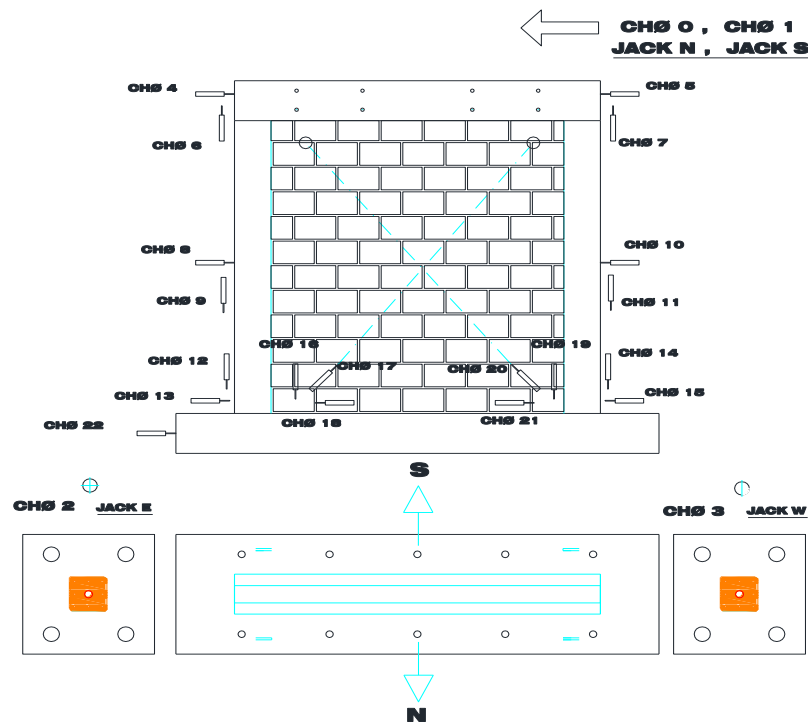


Figura – 12: Sistema de adquisición

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016.

d) **Protocolo de desplazamientos**

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura - 13, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

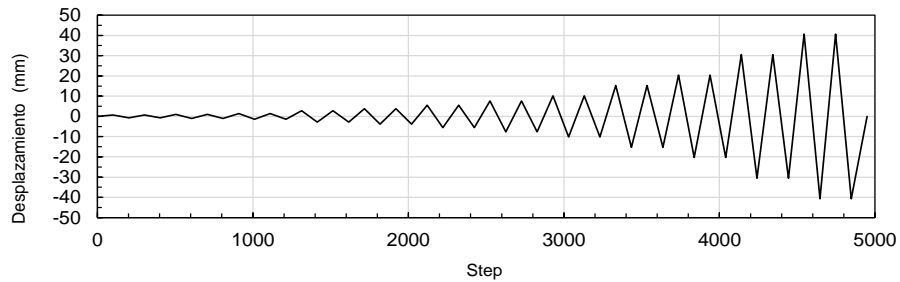


Figura – 13: Protocolo de desplazamiento objetivo

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016.

- Para los Muros MBAT-4 y MBAT-5 se tiene:

a) 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 – 14. 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.

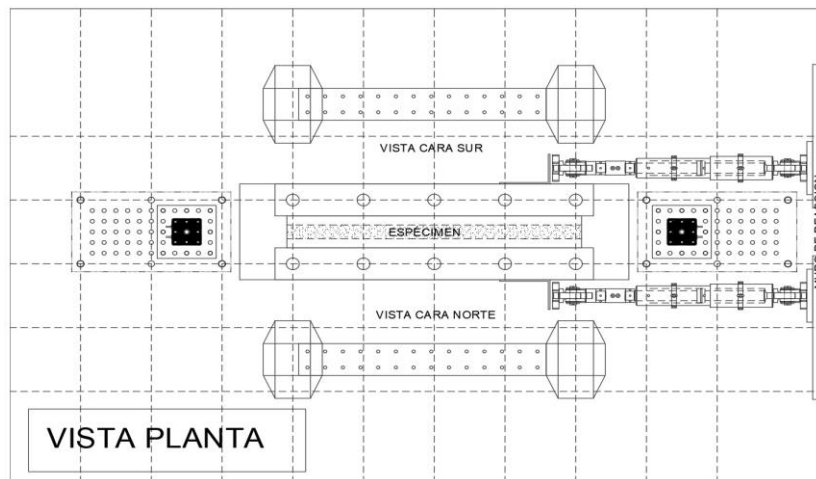


Figura – 14: Vista en planta del aparato de carga

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017.

b) 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 – 15.

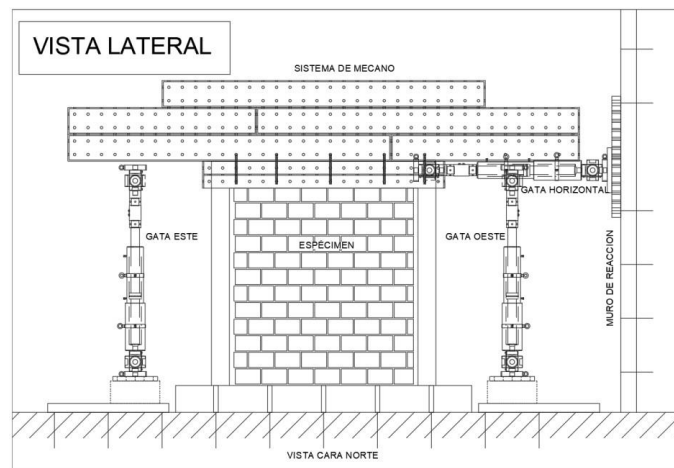


Figura – 15: Esquema de la configuración del ensayo cíclico

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017.

c) 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 – 16..

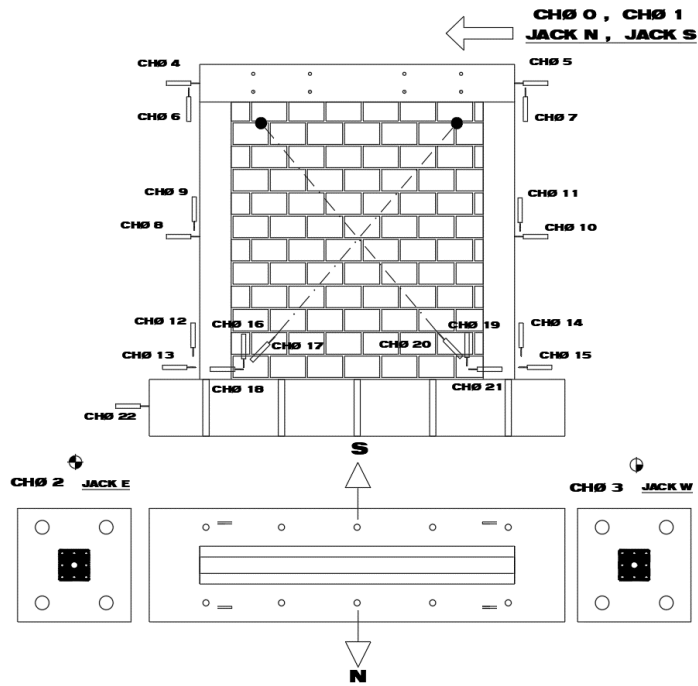


Figura – 16: Sistema de adquisición

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017.

d) Protocolo de desplazamientos

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura – 17, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

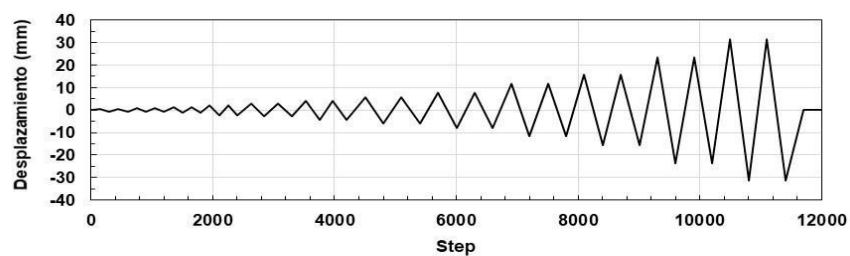


Figura – 17: Protocolo de desplazamiento objetivo

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017.

IV. ESTADO DE DAÑOS:

Se identificó 3 estados de daños:

- **Estado de Daño 1:** En este estado de daño se inicia el agrietamiento por flexión en columnas de confinamiento y por tanto se inician los daños y

consecuentemente las pérdidas. También se estiman fisuras en los muros de albañilería con un espesor máximo de 0.05 mm (el espesor del cabello humano es en promedio 0.1mm).

- **Estado de Daño 2:** En este estado de daño se alcanza la resistencia máxima de los muros de albañilería confinada. Se considera este estado de daño cuando las grietas del muro de albañilería se extienden de extremo a extremo en el panel, pero las columnas y vigas de confinamiento no presentan grandes grietas que puedan afectar la estabilidad global.
- **Estado de Daño 3:** En este estado de daño se registra el desplazamiento último y la resistencia última del muro de albañilería confinada. Para valores de desplazamiento altos, es aceptable la reducción de la resistencia siempre que esta reducción no sea abrupta, y que no se comprometa la estabilidad del panel o de los elementos de confinamiento.

a) **MURO MBAT-01**



Figura – 18: Formación de pequeñas grietas cercanas a la columna Oeste a una distorsión 1/1500.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016



Figura – 19: Aparición de más grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/400

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016



Figura – 20: Estado final del muro para una distorsión 1/200.
Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016

b) MURO MBAT-02

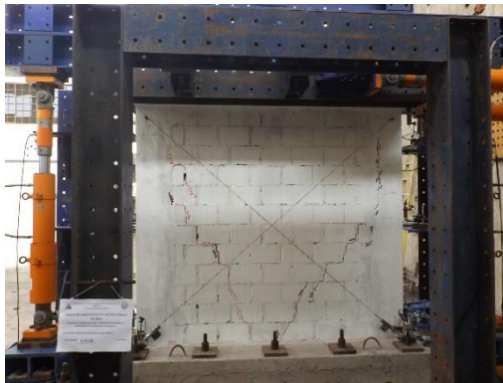


Figura – 21: Formación de pequeñas grietas diagonales para una distorsión 1/2150.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016

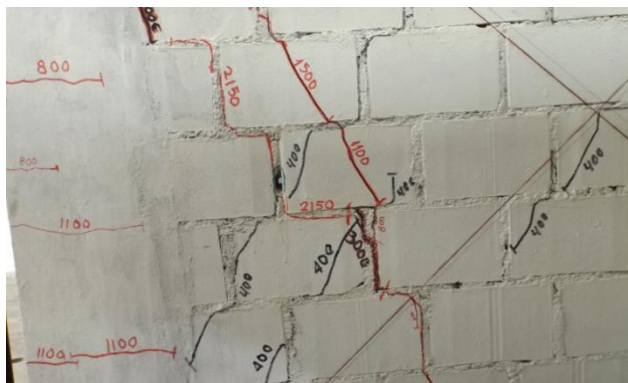


Figura – 22: Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/400.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016



Figura – 23: Estado final del muro para una distorsión 1/150.
Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2016

c) **MURO MBAT-04**

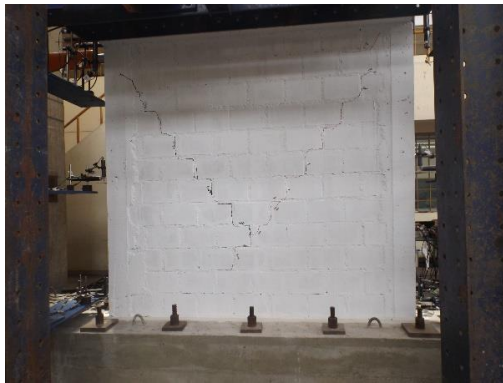


Figura – 24: Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100 Vista cara Sur
Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017

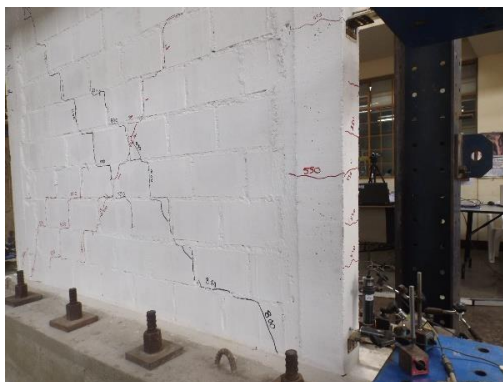


Figura – 25: Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/550.
Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017

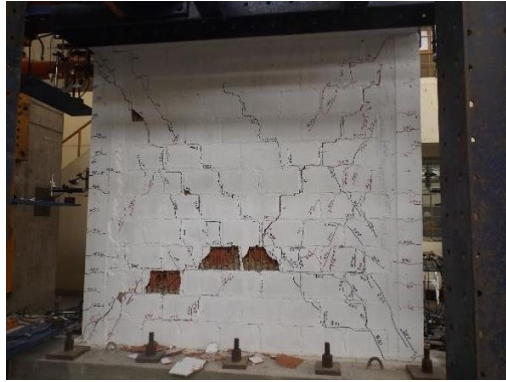


Figura – 26: Aparición de una nueva grieta en el mortero en la parte superior central y desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1º ciclo.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017

d) **MURO MBAT-05**



Figura – 27: 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.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017



Figura – 28: Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2º ciclo.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017



Figura – 29: Desprendimiento de ladrillos en la parte inferior central y Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros escala natural. 2017

V. RESUMEN DE LA OBSERVACIÓN, MÉTODO DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

CÓDIGO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (m)
MHI-CQ (*)	MBAT-1 MBAT-2 MBAT-4 MBAT-5	Muros de albañilería confinada con carga axial de 10 Tn, $f'c=175\text{kg/cm}^2$.	2.50x2.50x0.13
MHI-CQ-LR (**)	MBAT-3	Muro de albañilería confinada con carga axial de 10 Tn,	2.50x2.50x.13

(*) Muro de ladrillo hueco industrial.

(**) Muro de ladrillo hueco industrial llevado al límite de reparabilidad.

a) Curvas de fragilidad:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable dependiente: Curvas de fragilidad	Son distribuciones estadísticas que indican la probabilidad condicional de incurrir en un determinado nivel de daño para un valor dado de una demanda.	Valor dado de una Demanda	Estado de daño 1,2,3

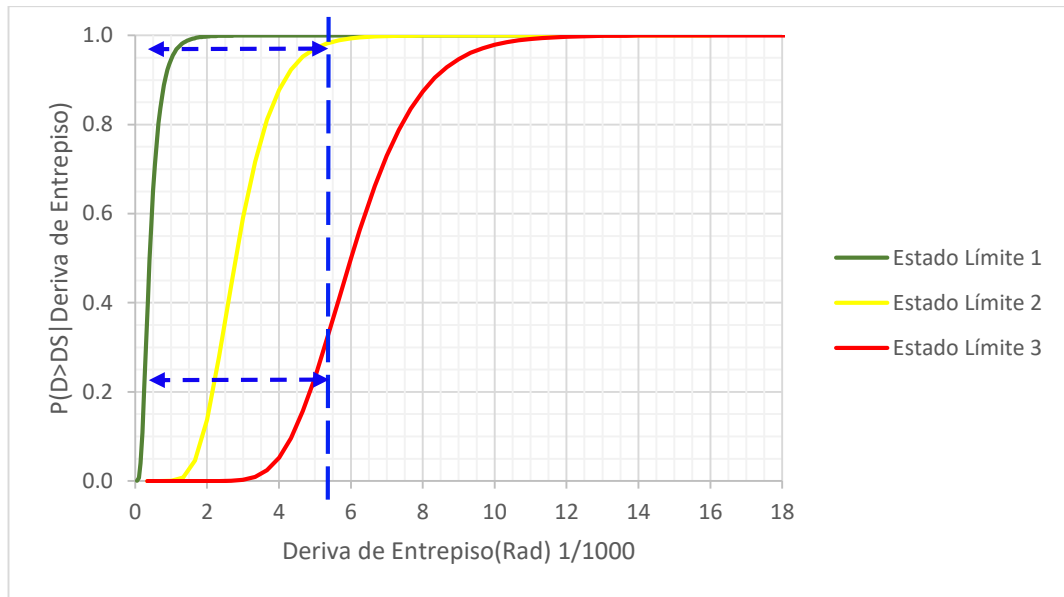


Figura – 30: Interpretación de la Curva de fragilidad de muro MHI-CQ (deriva)

En la figura – 27, se puede observar que para un nivel de deriva de 5/1000 (límite máximo para albañilería establecido en la N.T.E. E.030), existe la probabilidad de que el 100% de los muros de albañilería confinada construidos con ladrillo tipo Blocker II han superado el estado de daño o límite 1, el 97% de los muros se encuentran en el estado de daño o límite 2, mientras que para se inicie el estado de daño o límite 3 la probabilidad es del 23%.

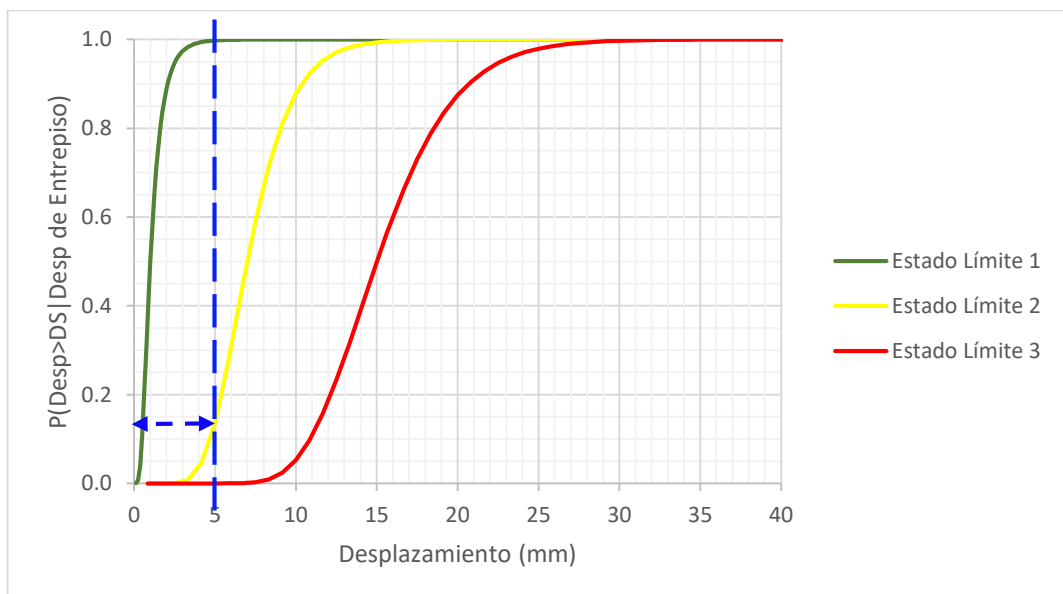


Figura – 31: Interpretación de la Curva de fragilidad de muro MHI-CQ (desplazamiento de entre piso).

En la figura – 28, se puede observar que para un desplazamiento de 5mm, el 100% de los muros se encuentran en el estado de daño 1, el 14% de los muros se encuentran en el estado de daño 2.

b) Curvas de consecuencia:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable dependiente: Curvas de consecuencia	Son relaciones que indican la potencial distribución de pérdidas para un determinado estado límite, es decir transforma costo de reposición con el número de objetos a reponer o tiempo de reposición con el número de objeto a reparar.	Valor dado de una Demanda	<ul style="list-style-type: none"> - Costo de Reparación y reforzamiento. - Tiempo de Reparación y reforzamiento.

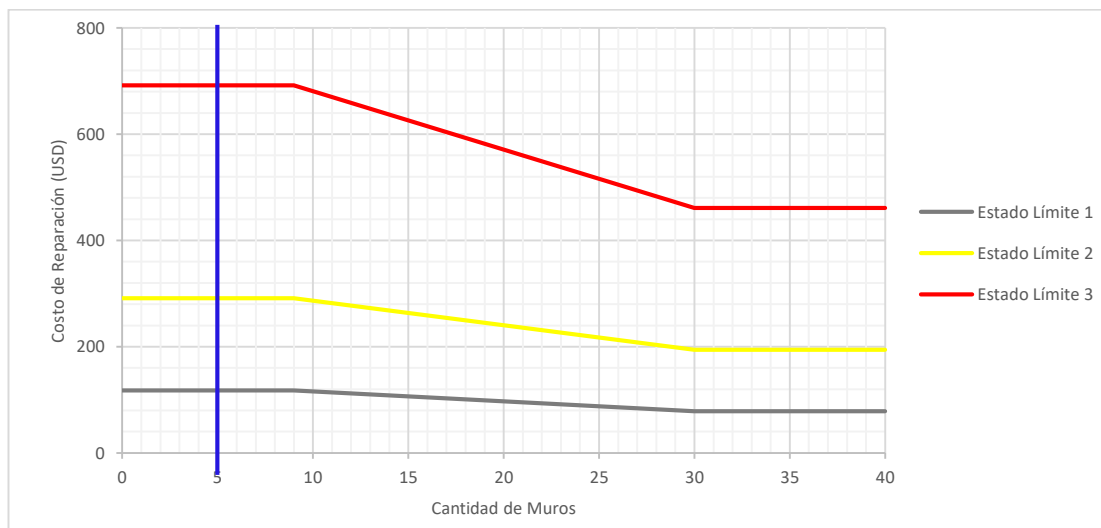


Figura – 32: Interpretación de la curva de consecuencia de muro MHI-CQ-LR (costo de reparación, reforzamiento y construcción).

En la figura – 32, se puede observar que para una vivienda que cuenta con 5 muros en estado de daño o límite 1 el costo de la reparación por muro será de 117.41 USD, en estado de daño o límite 2 el costo de la reparación y reforzamiento por muro será de 291.05 USD, y si presenta el estado de daño o límite 3 el costo de la demolición, construcción y reforzamiento por muro será de 691.95 USD.

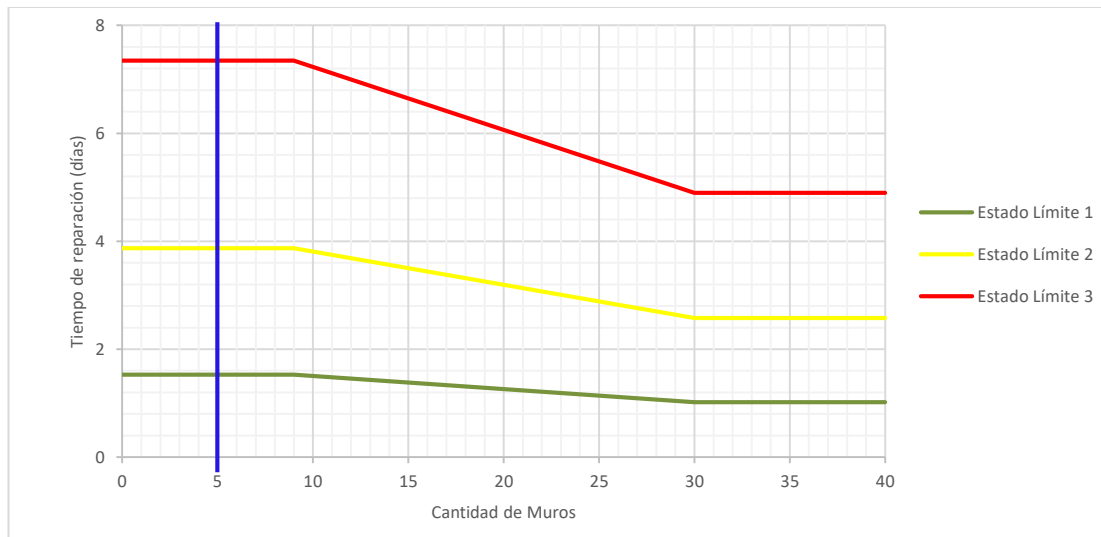


Figura – 33: Interpretación de la curva de consecuencia de muro MHI-CQ-LR (tiempo de reparación, reforzamiento y construcción).

En la figura – 38, se puede observar que para una vivienda que cuenta con 5 muros en estado de daño o límite 1 el tiempo de la reparación por muro será de 1.53 días, en estado de daño o límite 2 el tiempo de la reparación y reforzamiento por muro será de 3.87 días, y si presenta el estado de daño o límite 3 el tiempo de la demolición, construcción y reforzamiento por muro será de 7.35 días.

Como se observa el precio disminuye a medida que el número de muros a reparar, reforzar y construir aumenta. Esto debido que los procesos repetitivos disminuyen el costo de reparación. Lo mismo ocurre con los días necesarios para la reparación, reforzamiento y construcción de los muros.