

**REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA  
MALLA ELECTROSOLDADA COMO REFUERZO PRINCIPAL EN MUROS  
ESTRUCTURALES DELGADOS DE CONCRETO REFORZADO**

**JOHN JAIME MESA MAZO**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
ESCUELA AMBIENTAL  
ESPECIALIZACIÓN EN ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS  
2018**

**REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA  
MALLA ELECTROSOLDADA COMO REFUERZO PRINCIPAL EN MUROS  
ESTRUCTURALES DELGADOS DE CONCRETO REFORZADO**

**JOHN JAIME MESA MAZO**

**ASESOR:**

**JUAN CARLOS VÉLEZ CADAVID**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**ESCUELA AMBIENTAL**

**ESPECIALIZACIÓN EN ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS**

**2018**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	OBJETIVO.....	8
3.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
4.	GENERALIDADES DE LAS EDIFICACIONES DE CONCRETO DE PARED DELGADA .....	9
5.	COMPORTAMIENTO DE EDIFICIOS CONSTRUIDOS CON MUROS DE CONCRETO DE PARED DELGADA .....	14
a.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MALLA ELECTROSOLDADA. 16	
b.	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL.....	19
c.	ADHERENCIA ENTRE LA MALLA Y CONCRETO .....	20
6.	VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE UN MURO DE ESPESOR DELGADO CON REFUERZO COMPUESTO CON MALLA ELECTROSOLDADA.....	22
7.	NORMATIVIDAD VIGENTE EN COLOMBIA Y OTROS PAÍSES, SOBRE EL USO DE LA MALLA ELECTROSOLDADA COMO REFUERZO PRINCIPAL EN MUROS DE CONCRETO.....	37
8.	CUANDO LA MALLA ELECTROSOLDADA PUEDE SER UTILIZADA COMO REFUERZO PRINCIPAL PARA EDIFICACIONES. ....	39
	CONCLUSIONES .....	41
	DEFINICIONES .....	44

## RESUMEN

Las edificaciones cuyo sistema estructural son muros en concreto vaciado, se ha incrementado en los últimos años en países latinoamericanos. Esto sumado a las políticas gubernamentales enfocadas a incrementar la construcción de viviendas a bajo costo, ha generalizado el uso de este sistema estructural.

La mayoría de las edificaciones construidas por el sistema anterior tienen como espesor de muros dimensiones que varían entre 80 mm y 150 mm, reforzadas normalmente con una capa de malla electrosoldada

El comportamiento sísmico de este tipo de estructuras depende de la carga axial, de la cantidad de refuerzo y el detallado de los elementos de borde. Este sistema de muros de concreto vaciado de espesor delgado se caracteriza por presentar algunas condiciones que, de acuerdo con la literatura, podrían limitar de forma significativa la capacidad de deformación de la edificación.

Este trabajo presenta una revisión literaria sobre el comportamiento sísmico de la malla electrosoldada como refuerzo principal en muros estructurales de concreto reforzado.

## **ABSTRACT**

The buildings whose structural system area walls in concrete emptied has increased in recent years in Latin American countries. This, coupled with government policies aimed at increasing the construction of low-cost housing, has generalized the use of this structural system.

Most of the buildings built by the previous system have wall thicknesses ranging from 80 mm to 150 mm, normally reinforced with a layer of electro welded mesh.

The seismic behavior of this type of structure depends on the axial load, the amount of reinforcement and the detailing of the edge elements. This system of thin-walled concrete walls is characterized by presenting some conditions that, according to the literature, could significantly limit the deformation capacity of the building.

This work presents a literary review on the seismic behavior of the electro welded mesh as the main reinforcement in structural walls of reinforced concrete.

# **REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA MALLA ELECTROSOLDADA COMO REFUERZO PRINCIPAL EN MUROS ESTRUCTURALES DELGADOS DE CONCRETO REFORZADO**

## **1. INTRODUCCIÓN**

La alta demanda de viviendas económicas en países como Colombia han incrementado el uso de sistemas estructurales que sean rápidos y económicos, entre los cuales se destaca el de muros estructurales.

El proceso de construcción de edificaciones con muros estructurales está muy desarrollado debido a que permiten construcciones rápidas al utilizar grandes formaletas y esto a su vez genera disminución en el costo del proceso constructivo. Por lo tanto, este sistema constructivo es muy llamativo para los constructores.

Por lo anterior, en los últimos años se ha incrementado el uso de muros estructurales cuyo espesor normalmente varía entre 80 mm y 150 mm, este tipo de muros es conocido como muros de espesor delgado. Adicional a que tienen un espesor delgado su refuerzo normalmente es una sola malla de refuerzo que por lo general es malla electrosoldada.

Las edificaciones construidas con muros estructurales de concreto cuyo espesor es delgado, por lo general presentan problemas constructivos al colocarles el refuerzo estructural, este tipo de problemas pueden ser entre otros el recubrimiento del refuerzo, las zonas de confinamiento del refuerzo, las zonas donde se intercepta el acero con elementos no estructurales como las cajas

eléctricas o tuberías hidráulicas, etc., para solucionar parcialmente éste problema los diseñadores han optado por utilizar malla electrosoldada como refuerzo principal, debido a que es permitido por la normatividad colombiana.

Desde el punto de vista de diseño sísmico, el sistema de muros estructurales debe tener la capacidad de disipar la energía proveniente del sismo. Esto sucede con efectividad cuando el elemento estructural esta reforzado con refuerzo convencional, pero no es efectivo cuando tiene como refuerzo una malla electrosoldada debido a que estas no son dúctiles.

Entre las propiedades mecánicas a destacar del acero es su elevada resistencia a la tracción, razón por la cual se utiliza en combinación del hormigón para resistir los esfuerzos a tracción dando como resultado un comportamiento más efectivo entre ambos.

Es importante aclarar que el comportamiento mecánico de la malla electrosoldada es muy inferior al acero estructural (grado 40, 60 o 70) su capacidad de deformación es muy poca con respecto al acero convencional,(Gonzales Fernández, 2010).

La malla electrosoldada es un refuerzo prefabricado que consiste en alambres lisos o deformados soldados en cuadrículas cuadradas o rectangulares. Las láminas de cables están soldadas en máquinas de soldadura de resistencia eléctrica en una línea de producción. Este tipo de refuerzo se usa en pavimentos, paredes o losas donde los patrones de refuerzo relativamente regulares son posibles. La capacidad de colocar una gran cantidad de refuerzo con un mínimo de trabajo hace que sea económica.(MacGregor G & Wight K, 2009).

El proceso de fabricación de la malla electro soldada es un proceso denominada en frío porque consiste en un estiramiento de un alambre al ser sometido fuerzas externas de compresión por medio rodillos hasta llegar a diámetro deseado. Este proceso hace que los átomos del acero que inicialmente se encontraban en posición de equilibrio sufran deformaciones estas pueden ser de dos tipos:

**Elástica:** Este tipo de deformación es reversible, es decir que el acero recupera su forma original al ser eliminada la fuerza externa debido a que los átomos no han alcanzado nuevas posiciones de equilibrio.

**Plástica:** Este tipo de deformación es permanente e irreversible debido a que encuentra sometido a tensiones por encima de su rango elástico. La deformación plástica produce cambios significativos en las propiedades de los materiales.(Neira Galvis, Narvaez Mesa, Hoyos Henao, & Londoño Tapaso, 2015)

Para el caso de la malla electrosoldada al cual es producida por medio de estiramientos mecánicos a través de rodillos, su deformación se encuentra en el rango plástico porque al estirar el alambre por los rodillos el acero sufre una deformación permanente (cambia su diámetro y longitud).

El proceso de estirado en frío durante la creación de la malla electrosoldada es un fenómeno por medio del cual el acero con características iniciales dúctiles se vuelva más duro y resistente a medida que es deformado plásticamente. Generalmente a este fenómeno también se le llama



trabajo en frío, debido a que la deformación se da a una temperatura “fría” relativa a la temperatura de fusión absoluta del metal.

La resistencia del acero aumenta al aumentar el porcentaje de trabajo en frío, sin embargo, la ductilidad del material disminuye, Grafico 1

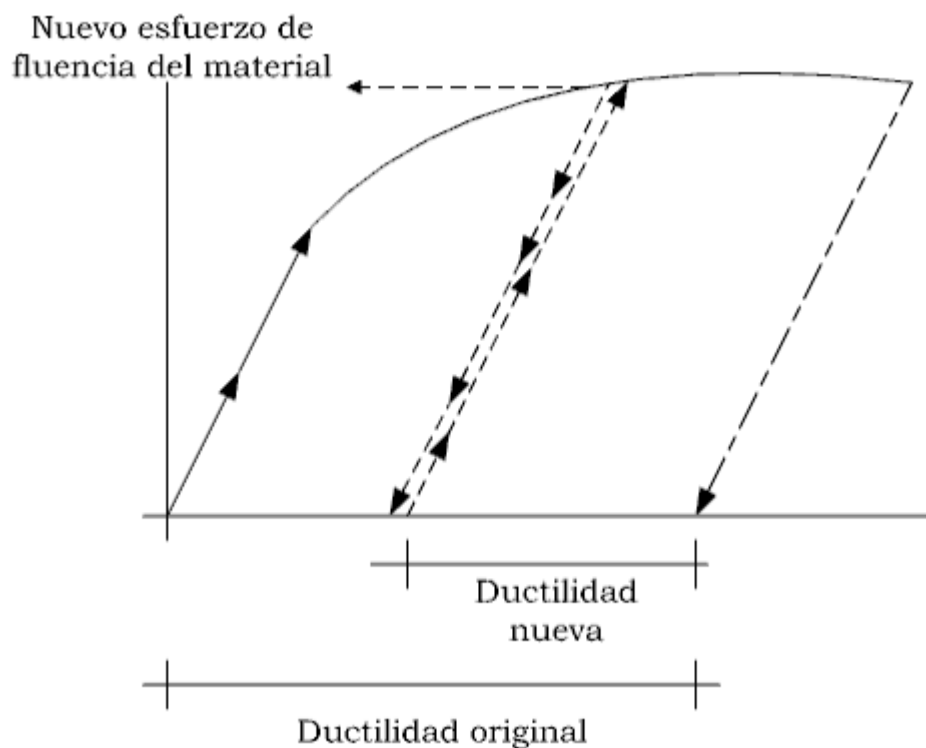


Grafico 1, Representación de la disminución de la ductilidad.

Fuente: (Neira Galvis et al., 2015)

La falta de conocimiento de las propiedades mecánicas del acero estructural especialmente de la malla electrosoldada ha dado como resultado que diseñadores y constructores adelanten edificaciones con este tipo de refuerzo. Algunos investigadores han realizado diferentes modelos matemáticos y modelos a escala, en los cuales se pueden ver el comportamiento de la malla

electrosoldada como refuerzo principal en muros de concreto, dichos ensayos han demostrado que la malla electrosoldada tiene una ductilidad mucho menor que el acero tradicional.

Algunos países han adelantado investigaciones sobre edificaciones construidas con muros delgados de concreto, de dichas investigaciones han surgido reglamentaciones apropiadas para cada país, por ejemplo, en Estados Unidos la Asociación Americana del Concreto (ACI) no permite el uso de la malla electrosoldada en edificaciones ubicadas en zonas de amenaza sísmica alta (American Concrete Institute, 2014), en Perú se normalizó el espesor mínimo de los muros. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2016). Por el contrario, en Colombia la norma de diseño sísmico NSR-10, no establece algún criterio para el uso de muros de espesor delgado y mucho menos restringe la utilización de la malla electrosoldada como refuerzo principal. Debido a esto en los últimos años se han construido un gran número de edificaciones con estas características sin importar la zona de amenaza sísmica en la cual se encuentre.

Esta monografía pretende recopilar información técnica de múltiples autores para concientizar a los diseñadores y constructores del uso racional de la malla electrosoldada utilizada en muros de espesor delgado y responder el siguiente interrogante ¿Cuál es el comportamiento sísmico de la malla electrosoldada como refuerzo principal, en muros estructurales delgados de concreto reforzado?

## **2. OBJETIVO**

Revisión de literatura sobre el comportamiento sísmico de la malla electrosoldada como refuerzo principal en muros estructurales delgados de concreto reforzado.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Revisión y análisis de la literatura sobre el comportamiento de edificios construidos con muros de concreto de pared delgada.
- Revisión y análisis de la literatura sobre las propiedades físicas y mecánicas de la malla electrosoldada.
- Revisión y análisis de la normatividad vigente en Colombia y otros países, sobre el uso de la malla electrosoldada como refuerzo principal en muros de concreto.
- Verificación estructural del comportamiento de un muro en una edificación de muros de concreto vaciado con refuerzo en malla electrosoldada.
- Recomendar de forma general la utilización de la malla electrosoldada puede ser utilizada como refuerzo principal para edificaciones.

#### **4. GENERALIDADES DE LAS EDIFICACIONES DE CONCRETO DE PARED**

##### **DELGADA**

En los países latinoamericanos como Colombia, Perú, Venezuela y Chile se han caracterizado por tener un alto déficit de viviendas, por tal motivo los gobiernos han incentivado a los constructores a desarrollar edificaciones más económicas. Este fenómeno de escases ha permitido el incremento de la construcción de edificaciones utilizando un sistema estructural de muros de concreto vaciado. (Vargas Villegas, 2016).

En Colombia, se han dictado algunas leyes como la ley 1537 de 2012 (Congreso de Colombia, 2012), por la cual se dictan las normas tendientes a facilitar y promover el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda, dicha ley tiene entre sus objetivos, el de establecer los mecanismos que faciliten el financiamiento de vivienda de interés social destinados a familias de menos recursos.

Con la ley anterior, se le ha facilitado al sector privado el desarrollo de viviendas de interés social desde el punto de vista normativo. Pero desde el punto vista constructivo es el constructor o urbanizador el que ha desarrollado métodos industrializados en la construcción de vivienda, con el objeto de disminuir el precio de las viviendas de interés social.

Entre los procesos industrializados que existen para la construcción de edificaciones, está el sistema estructural de muros vaciados de concreto, porque permiten modular grandes espacios con grandes formaletas sin hacer cambios entre sus plantas (Vargas Villegas, 2016), dando un rendimiento muy alto en la construcción de edificios (Edificios industrializados), otra ventaja

que tiene este tipo de estructura es la de disminuir los costos de construcción, precisamente por su rapidez.

Las dos razones antes mencionadas son fundamentales para el método de muros vaciados en concreto sea muy atractivo para el sector privado.

En Perú, a partir del año 2001, se incrementó la construcción de viviendas económicas cuyo sistema estructura era muros portantes. Entre varias razones fue las mejoras tecnológicas del concreto que permitieron hacer vaciados de muros con espesores reducidos incluso menores que las unidades de ladrillo.

Dado lo anterior se generalizó el uso de muros delgados de 10 y 12 cm de espesor para edificios de 5 pisos, los cuales son los más requeridos para las viviendas económicas. Al mismo tiempo se introduce en el mercado las mallas electrosoldadas que permiten reemplazar el acero tradicional en las edificaciones. (Blanco Blasco, 2003)

Los constructores identifican las ventajas del sistema de muros de concreto y refuerzo de malla electrosoldada por lo que plantean para el año 2003 y 2004 la opción de construir edificios más altos con éste sistema, para algunos casos los espesores de los muros se mantienen en 10 cm para otros casos los espesores se incrementan entre 12 y 15 cm.

Con el auge de la construcción de edificios con las características antes mencionadas para diciembre de 2004, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento reglamenta el uso de la malla electrosoldada y limita el uso de muros de espesor del 10 cm.

Se observa que Perú es un país que se ha adelantado a Colombia en cuanto a la regulación del uso de mallas electrosoldada y el uso de muros vaciados de espesor delgado.

Los edificios construidos con muros de concreto vaciado cuyo espesor es delgado pueden ser vulnerables a los terremotos debido a las siguientes razones: 1) baja ductilidad, 2) en algunos casos falta de calidad en los materiales y 3) deficiencia en la calidad de construcción. Por el contrario, estos edificios poseen una alta rigidez lo que ocasiona que se generen fuerzas sísmicas considerables. (Gonzales Fernández, 2010).

La norma de diseño sísmico colombiana NSR-10, tiene su base principal en la norma de Estados Unidos ACI 318 del año 2008, la norma ha reglamentado el uso de los muros de ductilidad limitada, aparte de los estados unidos varios países como Chile y Perú han hecho varias actualizaciones a sus reglamentos de diseño sísmico, pero en términos generales las normas tienen aspectos comunes para el diseño de edificaciones construidas con muros de espesor delgado, los cuales se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1,  
Comparación de parámetros de acuerdo a diferentes normas de diseño sísmico.

Parámetro	Colombia	Chile	Perú	Perú	Estados Unidos
			Ductilidad limitada	Muros estructurales	
Norma	NSR-10	NCh 430	E.060	E.060	ACI 318:14
Cuantía mínima	V: 0.0012 H: 0.0020		V: 0.005 H: 0.002	V: 0.0025	V: 0.0012 H: 0.002
Mínimo espesor de muro	No hay	$\geq Lu/16$ Lu: longitud sin soporte	100 mm	150 mm, $\geq Lu/25$ Lu: longitud sin soporte	100 mm, $\geq Lu/25$ Lu: longitud sin soporte
Resistencia mínima del Acero	420 MPa para barras no especifica para mallas electrosoldadas	420 MPa	420 MPa	420 MPa	420 MPa
Resistencia mínima del Concreto	21 MPa	21 MPa	21 MPa	28 MPa	21 MPa
Elementos de borde para muros	Verificar siempre.	Verificar siempre.	Verificar siempre.	Verificar siempre	Verificar siempre
Espesor mínimo elemento de borde	No hay	300 mm	No hay	150 mm	300 mm
Doble capa de refuerzo	NO	SI	NO	SI	SI

Fuente: Creación propia, (AIS, 2010), (American Concrete Institute, 2014), (Ministerio de Vivienda

Construcción y Saneamiento, 2016), (Instituto Nacional de Normalización, 2012)

El sistema de muros delgados para edificaciones de gran altura se originó en países de latino americanos, esto es una limitante para la búsqueda de información de estas estructuras y su comportamiento durante un sismo.

Debido a lo anterior se han empezado a realizar investigaciones y estudios para conocer el comportamiento de los muros delgados de concreto en el contexto colombiano.

Entre las investigaciones a destacar es la realizada por los ingenieros Blandón, Rave y Bonett, la cuales dieron como resultado para los muros analizados una baja capacidad de disipación de energía esto debido a la inexistencia de zonas de confinamiento de los muros (Blandón, Rave, & Bonett, 2015).

Los edificios de muros de concreto vaciado tienen alta rigidez y poca ductilidad, estas características permite que el edificio en caso de un terremoto presente derivas relativamente bajas, la NSR-10 establece que la deriva máxima para este tipo de estructuras es del 1%, (A.6.4.1), para cumplir con lo anterior las edificaciones debe contar con una adecuada rigidez, pero como explicó estas edificaciones de concreto vaciado, prácticamente todo el sistema hace parte del sistema estructural por tal motivo, cumplir con el límite de la deriva se puede considerar relativamente fácil.

Cuando no se cumple con la deriva la única opción para rigidizar una edificación de muros de concreto vaciado es aumentar el espesor de los mismos.

Con todo lo anteriormente expuesto es necesario revisar la normatividad colombiana la cual es flexible al uso de muros de concreto vaciado, sobre todo porque estos son utilizados en las edificaciones donde el índice habitacional es alto.



## 5. COMPORTAMIENTO DE EDIFICIOS CONSTRUIDOS CON MUROS DE CONCRETO DE PARED DELGADA

Es importante resaltar que las edificaciones cuyo sistema estructural son muros vaciados presentan un comportamiento sísmico mejor que los sistemas tipo pórtico para edificaciones con altura medianas y altas. Éste sistema estructural aporta al edificio una mayor rigidez, disminuyendo sus desplazamientos laterales al momento de un sismo. Al mismo tiempo poseen una buena capacidad de deformación lo que les permite disipar energía en terremotos intensos.(Briceño & Carreras, 2013).

Para analizar el comportamiento de las edificaciones construidas con muros vaciado debemos estudiar la experiencia de Chile el cual sufrió en 2010 un terremoto de magnitud 8.8 durante, 100 segundos, cuyo epicentro fue cercano a la región de Maule a 105 km, al norte de Concepción.

ver Foto 1.

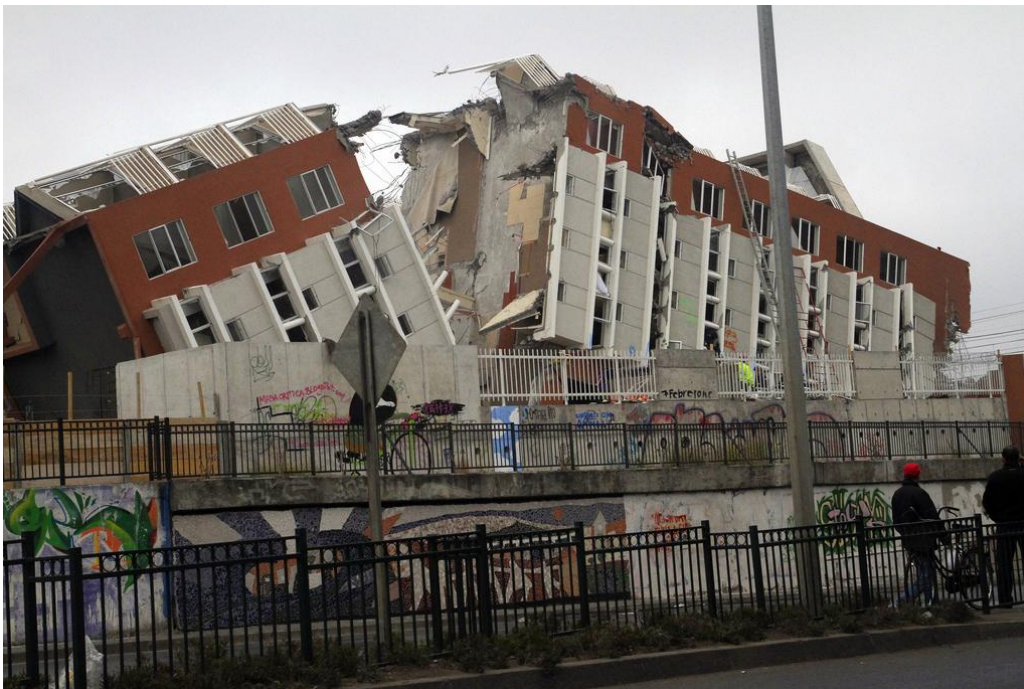


Foto 1, Colapso de Edificio Alto Río

Fuente: (Ignacio, Ampuero, Ortigosa, & Valeria, 2013)

Para el terremoto ocurrido en Nuevas Zelanda en el año 2011, cuya magnitud fue de 6.3 grados y cuyo epicentro fue en Lyttleton a 10 km del sureste de Christchurch, los daños fueron más graves por deficiencias en la configuración y el dimensionamiento de los muros, así como omisión de elementos de borde y ausencia de estribos, (Briceño & Carreras, 2013).

Para caso de Colombia país donde han ocurrido varios sismos de magnitud considerable, se han encontrado pocas investigaciones relacionadas con el comportamiento de las edificaciones de muros vaciados, las investigaciones realizadas han demostrado que el mecanismo de falla de los muros ensayados en edificaciones de Medellín y Envigado es por aplastamiento del concreto (Blandón et al., 2015).

**a. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MALLA  
ELECTROSOLDADA.**

La malla electrosoldada es fabricada de acero el cual es un compuesto de hierro más carbono el cual se varía dependiendo el tipo de acero requerido, así como otros tipos de materiales, como cromo, níquel, entre otros.

La malla electrosoldada es un refuerzo prefabricado que consiste en alambres lisos soldados en cuadrículas cuadradas o rectangulares. Las láminas de cables están soldadas en máquinas de soldadura de resistencia eléctrica en una línea de producción. Este tipo de refuerzo es utilizado en pavimentos, paredes o losas donde los patrones de refuerzo relativamente regulares son posibles. La capacidad de colocar una gran cantidad de refuerzo con un mínimo de trabajo hace que la tela de alambre soldado sea económica. (MacGregor G & Wight K, 2009).

El proceso de creación de la malla electrosoldada consiste estirar un alambón a través rodillos o moldes deformando la estructura molecular del acero, disminuyendo el diámetro e incrementando su longitud y la resistencia del mismo, este proceso se denomina comúnmente como estirado en frío.

El estirado en frío por deformación generalmente llamado trefilado, es el proceso de aumento de la resistencia de un metal por deformación plástica, por deformación molecular del acero, disminuyendo el diámetro e incrementando la longitud y la resistencia del mismo. La deformación plástica se produce cuando un material se altera más allá de su zona elástica. Dicho proceso altera no sólo la dureza del material sino también su límite elástico, su resistencia a la tracción y su ductilidad. (Jiménez Arenas, 2016).

En Colombia la resolución 0277 de 2015, expide el reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas, para el refuerzo de concreto que se fabriquen, importen o comercialicen en Colombia (Ministerio de comercio, 2015), ver Tabla 2.

En la reglamentación antes mencionada se establecen los requerimientos técnicos de la malla electrosoldada en Colombia entre los cuales se destacan los siguientes.

*Tabla 2,  
Designación, dimensiones y cuantía de refuerzo principal para malla electrosoldada estándar con grafil*

Designación	N° de barras por malla		Diámetro		Separación		Peso	Cuantía principal
	Long 6.00 m	Transv 2.35m	Long mm	Transv mm	Long mm	Transv mm	Nominal Kg	Nominal cm <sup>2</sup> /ml
XY-084	16	24	4.0	4.0	150	250	15.1	0.84
XY-106	16	24	4.5	4.0	150	250	17.6	1.06
XY-131	16	24	5.0	4.0	150	250	20.4	1.31
XY-158	16	24	5.5	4.0	150	250	23.5	1.58
XY-221	16	24	6.5	4.0	150	250	30.6	2.21
XY-257	16	24	7.0	5.0	150	250	37.7	2.57
XY-335	16	24	8.0	5.0	150	250	46.6	3.35
XY-378	16	24	8.5	5.0	150	250	51.5	3.78
XX-050	10	24	4.0	4.0	250	250	11.5	0.50
XX-063	12	30	4.0	4.0	200	200	14.1	0.63
XX-084	16	40	4.0	4.0	150	150	18.8	0.84
XX-106	16	40	4.5	4.5	150	150	23.8	1.06
XX-131	16	40	5.0	5.0	150	150	29.3	1.31
XX-159	16	40	5.5	5.5	150	150	35.5	1.59
XX-188	16	40	6.0	6.0	150	150	42.2	1.88
XX-221	16	40	6.5	6.5	150	150	49.6	2.21
XX-257	16	40	7.0	7.0	150	150	57.4	2.57
XX-295	16	40	7.5	7.5	150	150	65.9	2.95
XX-335	16	40	8.0	8.0	150	150	75.1	3.35
XX-378	16	40	8.5	8.5	150	150	84.7	3.78

Fuente: Reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas, para refuerzo

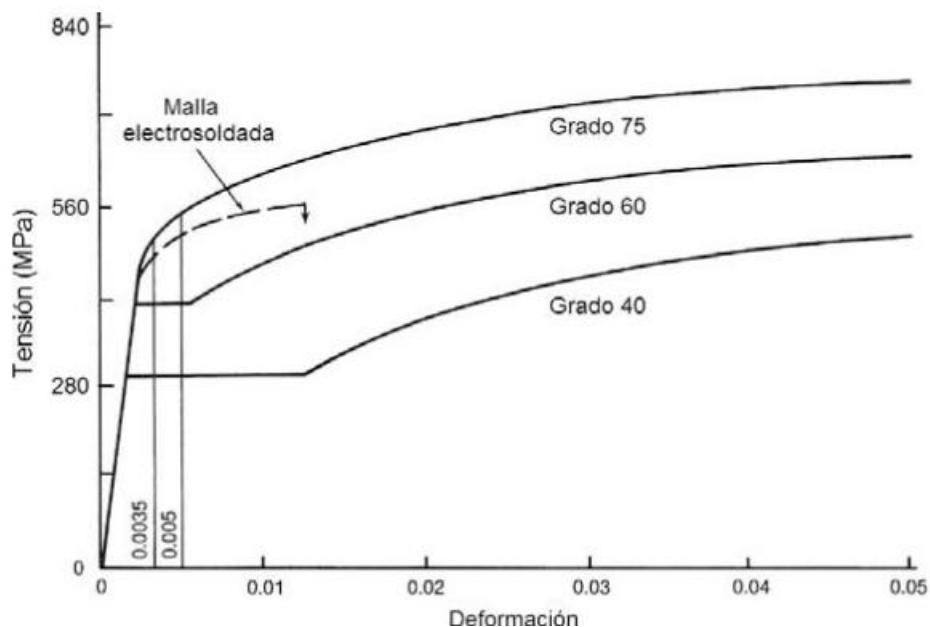
de concreto que se fabriquen, importen o comercialicen en Colombia, (Ministerio de comercio, 2015).

El acero posee una alta resistencia a la tracción y en combinación con el hormigón permiten un comportamiento más eficiente ante dichos esfuerzos. El comportamiento del acero frente a fuerzas incrementales es caracterizado por la curva tensión deformación. De otro lado las propiedades mecánicas del acero dependen de la composición química y del tratamiento térmico al que es sometido, siendo el porcentaje de carbono el que determina la ductilidad y resistencia del mismo.

Comparando la tensión deformación para varios tipos de acero es importante reconocer la poca ductilidad que tiene la malla electrosoldada comparada con el acero tradicional.

ver Grafico 2

*Grafico 2,  
Curvas típicas tensión-deformación para diferentes tipos de acero.*



Fuente: Adaptación de Reinforced concrete Mechanics and Design, 2009. (MacGregor G & Wight K, 2009)

La norma técnica colombiana NTC 5806, indica los ensayos de laboratorio que debe ser sometida la malla electrosoldada para garantizar sus propiedades, entre estos ensayos se

encuentran la tracción, el doblado, el corte en la soldadura y reducción de área. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2010).

Del estudio estadístico de la calidad de aceros en Colombia adelantado por González, Botero, Rochel, Vidal y Álvarez, para barras de acero comprendidas entre 3/8" y 1", se puede determinar que existe un control de calidad en la producción de acero nacionales, en los cuales se encontró que el esfuerzo de fluencia mínimo es de 419.9 Mpa valor aproximadamente igual al mínimo de la NTC 2289 y un máximo de 538.80 Mpa muy cercano al máximo de 540 Mpa. (González, Botero, Rochel, Julián, & Álvarez, 2005). Éste estudio fue desarrollado para barras de refuerzo, pero se pueden extrapolar los resultados a la malla electrosoldada debido a que en Colombia los productores de acero fabrican en su mayoría barras de acero y mallas electrosoldadas.

En conclusión, la producción de acero estructural en Colombia se encuentra normalizada y los fabricantes de acero cumple con dicha norma, lo que da confianza para la utilización de acero nacional en las obras de ingeniería.

#### **b. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL**

El concreto estructural es un material compuesto por cemento (portland), agregado grueso, agregado fino, aguas y aditivos. La mezcla adecuada de estos materiales genera que el concreto tenga diferentes resistencias.

La principal característica del concreto estructural es su capacidad para resistir fuerzas a compresión, pero a fuerzas de tracción, flexión, cortante, su capacidad para resistir es mínima. Es

en combinación con el acero estructural que se aumenta la capacidad del concreto para las fuerzas diferentes a la compresión.(López Rojas & Montejo Valencia, 2001).

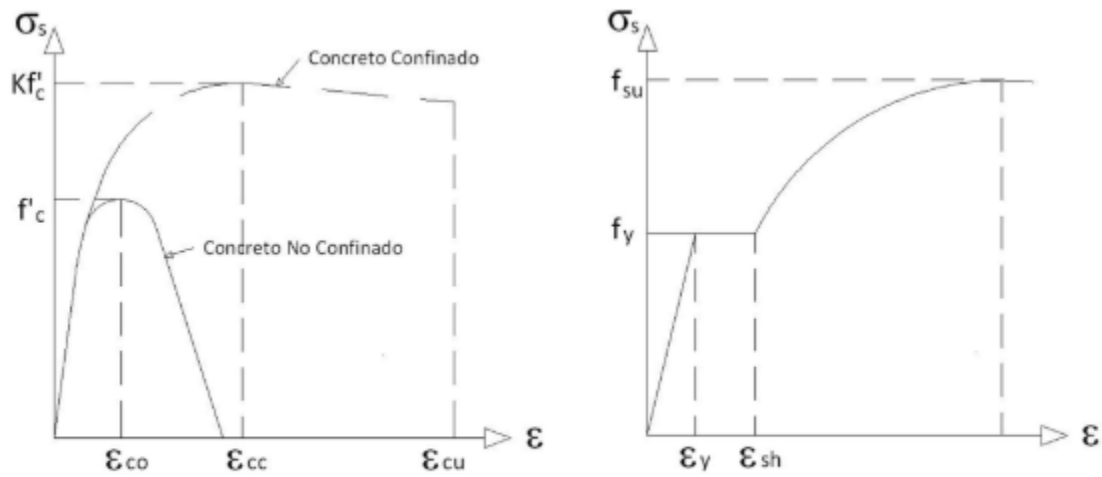
### **c. ADHERENCIA ENTRE LA MALLA Y CONCRETO**

Teniendo claro cuáles son las propiedades mecánicas del acero y las de concreto es necesario conocer las propiedades conjuntas de los dos materiales.

El concreto reforzado o concreto armado consiste en el empleo de concreto estructural reforzado en su interior con acero estructural el cual puede ser acero en barras o acero con malla electrosoldada, en las zonas donde se prevé que se desarrollarán tensiones bajo las condiciones de servicio. La adhesión de estos dos materiales hace que la estructura compuestas por dichos materiales se comporte adecuadamente a las fuerzas de compresión y flexión, reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al concreto.

El concreto sin confinamiento de acero presenta deformaciones máximas cercanas a 0.002, para el concreto confinado con acero se logran mayores resistencias y deformaciones, obteniéndose casi el doble para las resistencias y casi 10 veces las deformaciones comparativamente con el concreto no confinado. (Ospina, Urrego, & Botero, 2013), ver Grafico 3

Grafico 3,  
Curvas esfuerzos deformación del concreto.



(a) Concreto no confinado y confinado.

(b) Acero de refuerzo.

Fuente: Aplicación de un método basado en el desempeño para el análisis y diseño sismo resistente de puentes de concreto reforzado, (Ospina et al., 2013)

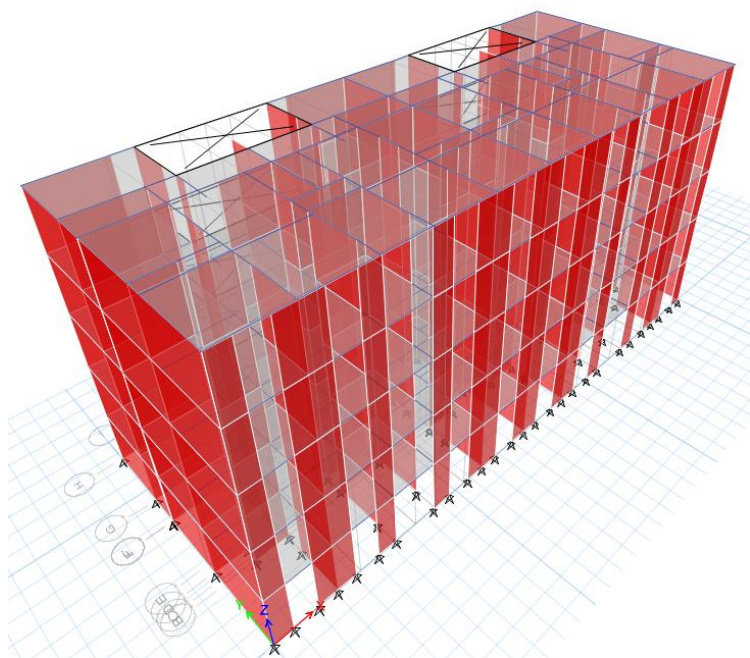


## 6. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE UN MURO DE ESPESOR DELGADO CON REFUERZO COMPUESTO CON MALLA ELECTROSOLDADA

A continuación, se presenta un análisis de un muro cuyas características estructurales son espesor de 100mm y reforzado con malla electrosoldada. El muro hace parte de una edificación de 5 niveles de altura con un sistema estructural de muros vaciados, ver Grafico 4 y Grafico 5

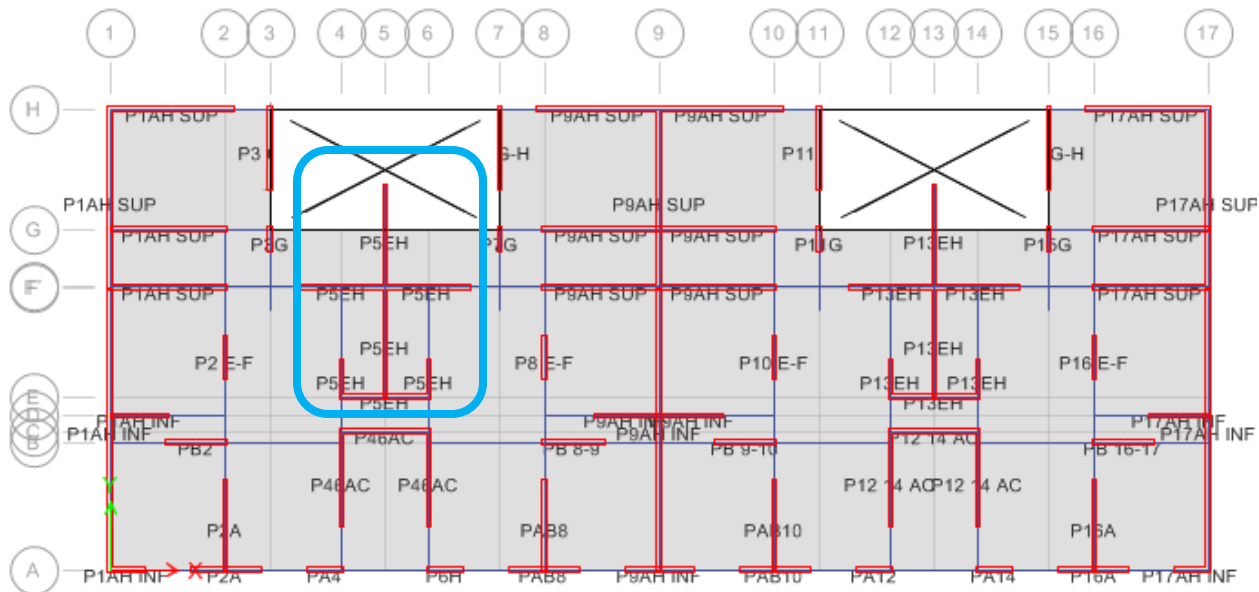
A modo de análisis se seleccionó un muro en el primer piso al cual se le verifico la capacidad del mismo con el diagrama Momento vs Curvatura de acuerdo al acero instalado, el cual consistía en una malla electrosoldada D-131 y dos barras #4 ubicadas en los extremos inferiores del muro de concreto como se muestra más adelante.

*Grafico 4,  
Edificación modelada.*



Fuente: Modelo suministrado por el Ingeniero Juan Carlos Vélez, Generado en ETABS.

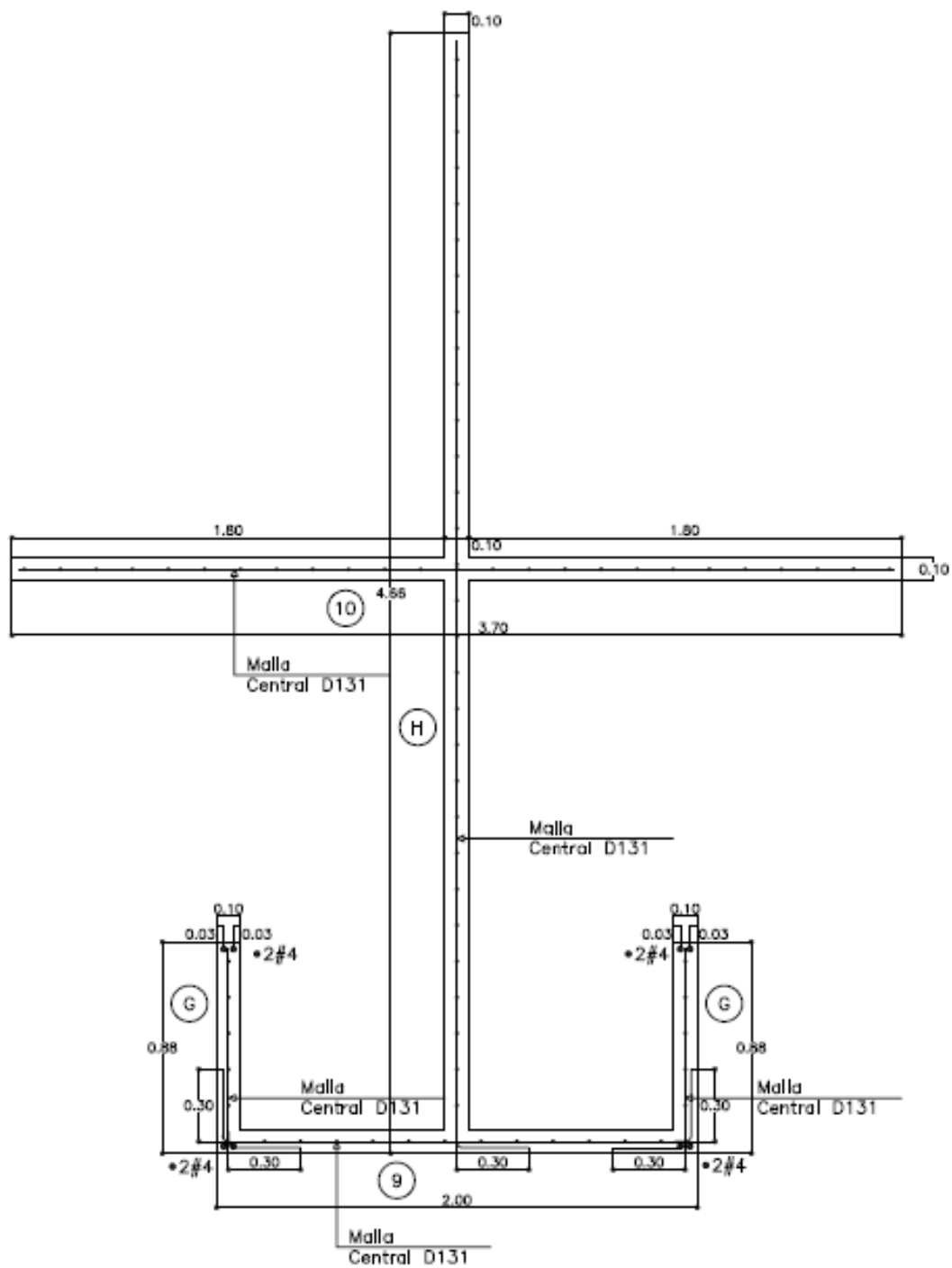
Grafico 5,  
Ubicación del muro analizado.



Fuente: Modelo suministrado por el Ingeniero Juan Carlos Vélez, Generado en ETABS, Se resalta en color azul la ubicación del muro analizado.

De los planos de construcción del edificio se extrajo el refuerzo del muro seleccionado para el análisis dicho plano se muestra en el Grafico 6.

Grafico 6,  
Refuerzo empleado en el muro.



Fuente: Planos de construcción suministrado el Ingeniero Juan Carlos Vélez. Se indica el refuerzo utilizado en el muro

Los datos del muro analizado son los siguientes:

- $f'c = 28$  MPa
- Módulo de elasticidad del concreto:  $4700 \cdot (28)^{0.5} = 24870.0623$  MPa
- $f_y =$  varia ente 420 MPa min y 540 MPa, ver Grafico 1, el desarrollo del ejemplo se colocó un valor de 500 MPa.
- Deformación unitaria de rotura de la malla electrosoldada: 0.015
- Carga Axial: -1047.44 KN
- Malla electrosoldada D-131 de 5 mm de diámetro y 150 mm de separación en cada dirección.
- Módulo de elasticidad del acero: 200000 MPa

En el programa Sap2000, se crean los materiales tanto del acero como del concreto con las propiedades antes descritas.

Grafico 7,  
Propiedades basicas del acero

**Material Property Data**

Material Name: Fy500MPa

Material Type: Rebar

Symmetry Type: Uniaxial

Modulus of Elasticity: E1 = 200000.

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 7.697E-05, Mass per Unit Volume = 7.849E-09

Units: N, mm, C

Poisson: U12 = 0.3

Coeff of Thermal Expansion: A1 = 1.170E-05

Shear Modulus: G12 = 76903.07

Other Properties for Rebar Materials:

Minimum Yield Stress, Fy	500.
Minimum Tensile Stress, Fu	517.
Expected Yield Stress, Fye	500.
Expected Tensile Stress, Fue	517.

Advanced Material Property Data:

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...  
Time Dependent Properties... Thermal Properties...

OK Cancel

Fuente: Propia, generado en Sap2000.

Con las propiedades básicas del acero se ingresan las propiedades para el análisis de no linealidad, como se observa en el Grafico 8.

Grafico 8,  
Propiedades No lineales del acero

Nonlinear Material Data

Edit

Material Name: Fy500MPa

Material Type: Rebar

Hysteresis Type: Kinematic

Drucker-Prager Parameters

Friction Angle: [ ]

Dilatational Angle: [ ]

Units: N, mm, C

Stress-Strain Curve Definition Options

Parametric  User Defined

Simple [ ] Convert To User Defined

Parametric Strain Data

Strain At Onset of Strain Hardening: 0.014

Ultimate Strain Capacity: 0.015

Final Slope (Multiplier on E): -0.1

Use Caltrans Default Controlling Strain Values (Bar Size Dependent)

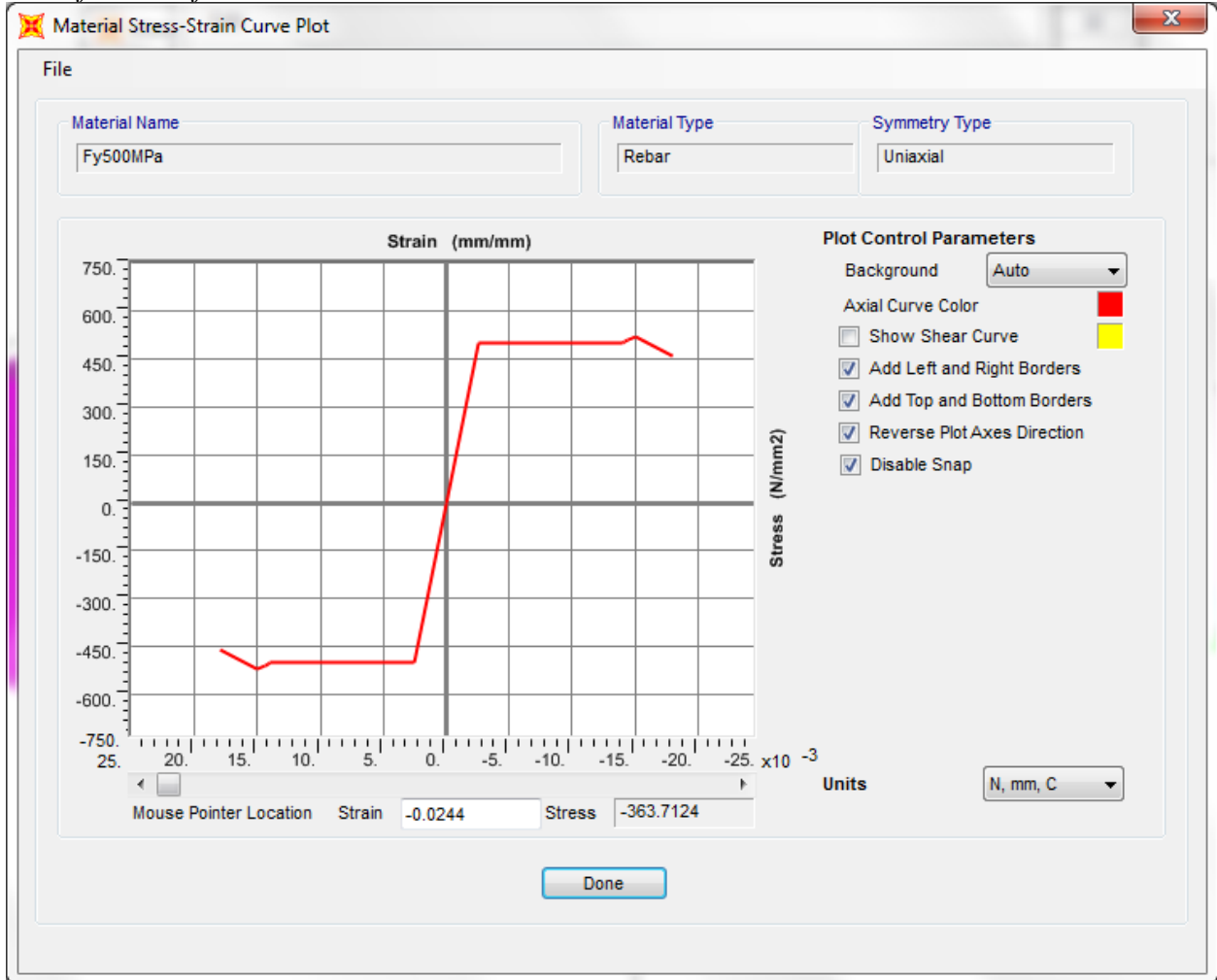
Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

Fuente: Propia, generado en Sap2000.

Con las propiedades mecánicas ingresadas para el acero se puede observar la curva esfuerzo deformación generada, ver Grafico 9

Grafico 9,  
Curva esfuerzo deformación de la malla creada



Fuente: Propia, generado en Sap2000.

De forma análoga se realiza la creación del material de concreto con las características antes mencionadas las cuales se pueden observar en el Grafico 10.

Grafico 10,  
Propiedades basicas del concreto

**Material Property Data**

<b>Material Name</b>	<b>Material Type</b>	<b>Symmetry Type</b>
fc28	Concrete	Isotropic
<b>Modulus of Elasticity</b>	<b>Weight and Mass</b>	<b>Units</b>
E 24870.062	Weight per Unit Volume 2.354E-05	N, mm, C
	Mass per Unit Volume 2.354E-09	
<b>Poisson</b>	<b>Other Properties for Concrete Materials</b>	
U 0.2	Specified Concrete Compressive Strength, f'c	28.
	Expected Concrete Compressive Strength	28.
	<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
<b>Coeff of Thermal Expansion</b>	Shear Strength Reduction Factor	
A 9.900E-06		
<b>Shear Modulus</b>	<b>Advanced Material Property Data</b>	
G 10362.526	Nonlinear Material Data...	Material Damping Properties...
	Time Dependent Properties...	Thermal Properties...
	OK	Cancel

Fuente: Propia, generado en Sap2000.

Igualmente se deben ingresar los parámetros de no linealidad para el concreto los cuales se muestran en el Grafico 11 y Grafico 12.



Grafico 11,  
Propiedades No lineales del concreto

**Nonlinear Material Data**

Edit

Material Name: fc28      Material Type: Concrete

Hysteresis Type: Takeda

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle: 0., Dilatational Angle: 0.

Units: N, mm, C

Stress-Strain Curve Definition Options:  Parametric, Mander, Convert To User Defined

Parametric Strain Data:

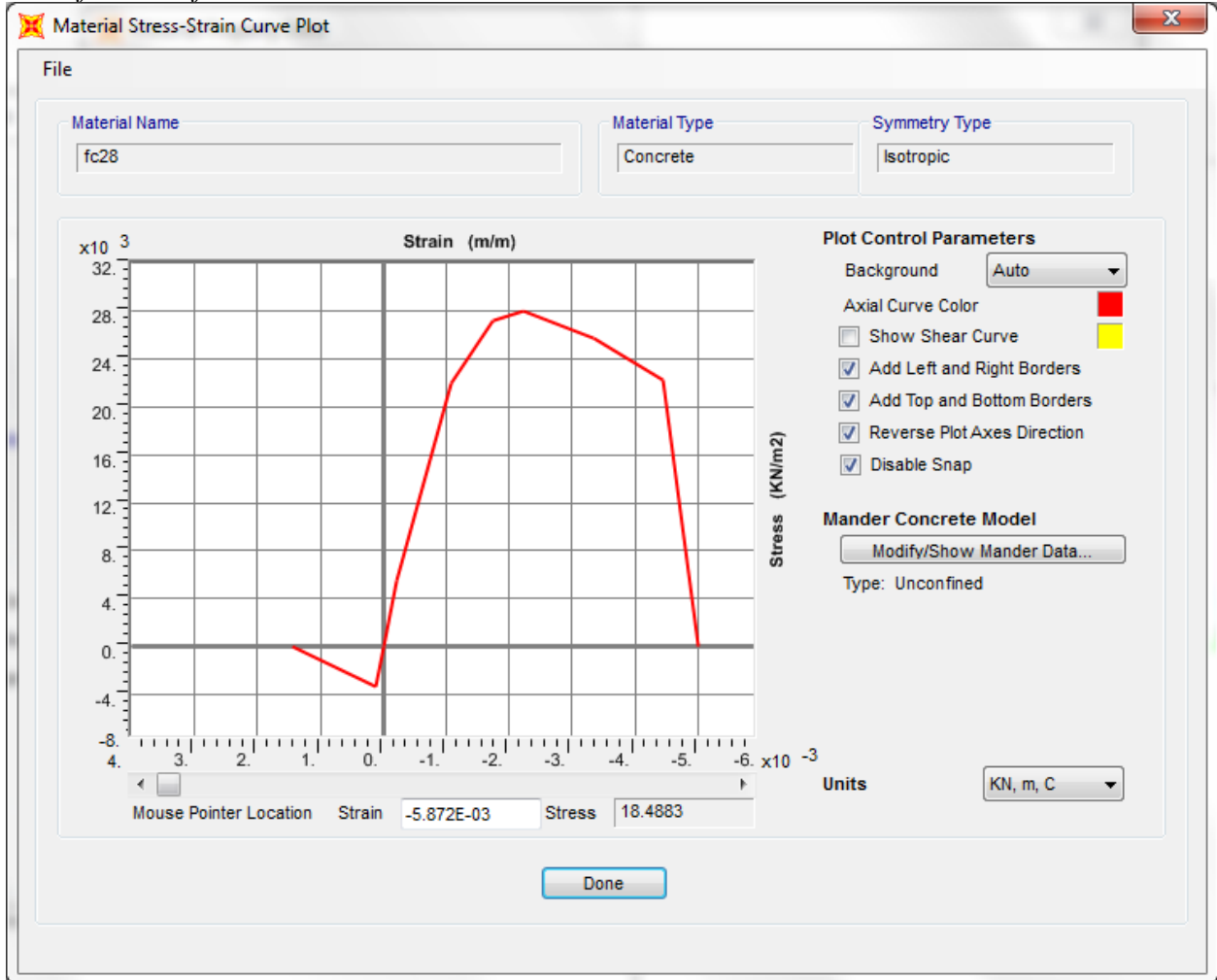
Strain At Unconfined Compressive Strength, $f_c$	2.219E-03
Ultimate Unconfined Strain Capacity	5.000E-03
Final Compression Slope (Multiplier on E)	-0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK      Cancel

Fuente: Propia, generado en Sap2000.

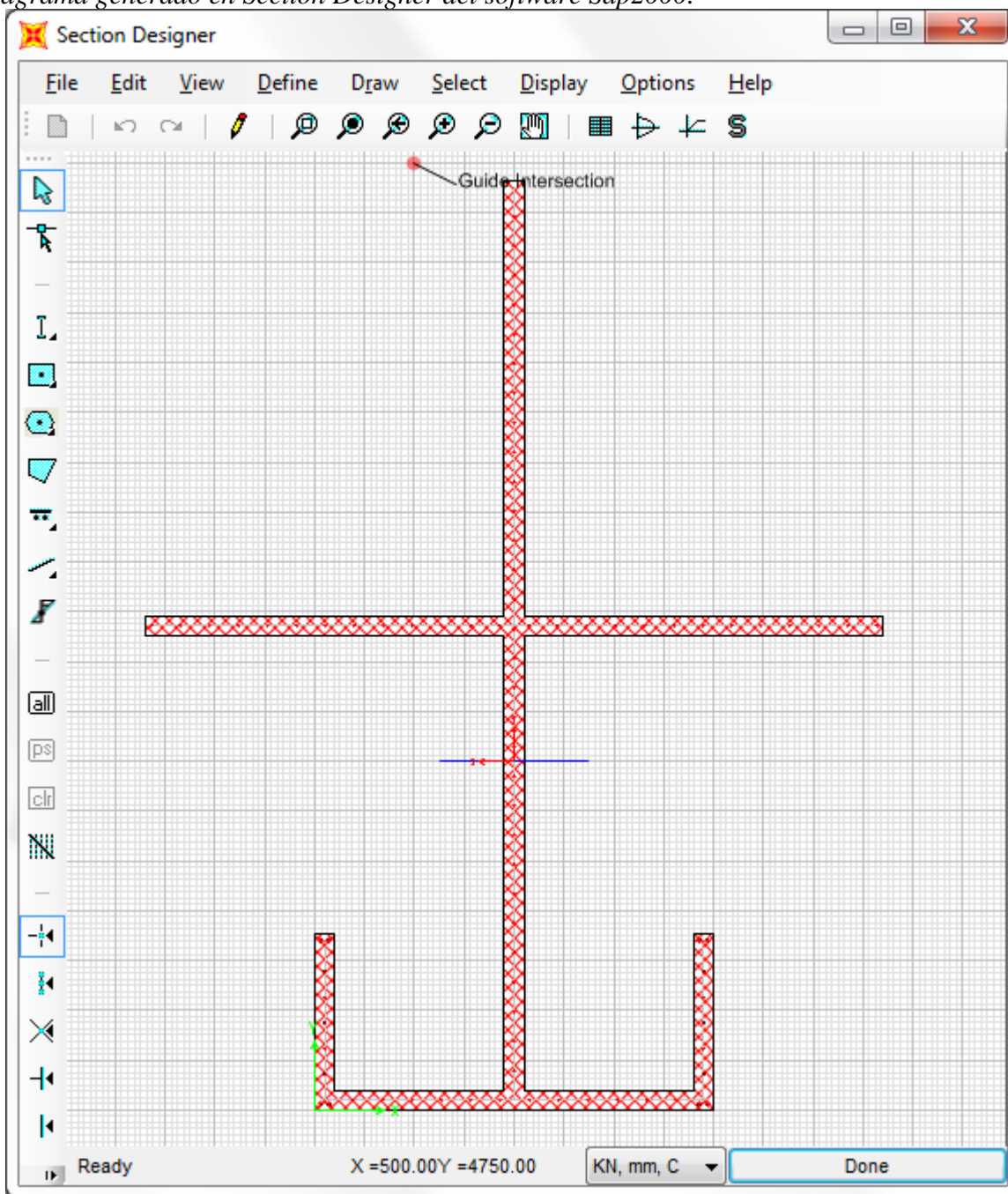
Grafico 12,  
Curva esfuerzo deformación del concreto



Fuente: Propia, generado en Sap2000.

Con todos los datos antes mencionado se procede a construir el diagrama momento curvatura de la sección del muro antes descrita, para ello se utilizada el software Sap2000. Ver Grafico 13

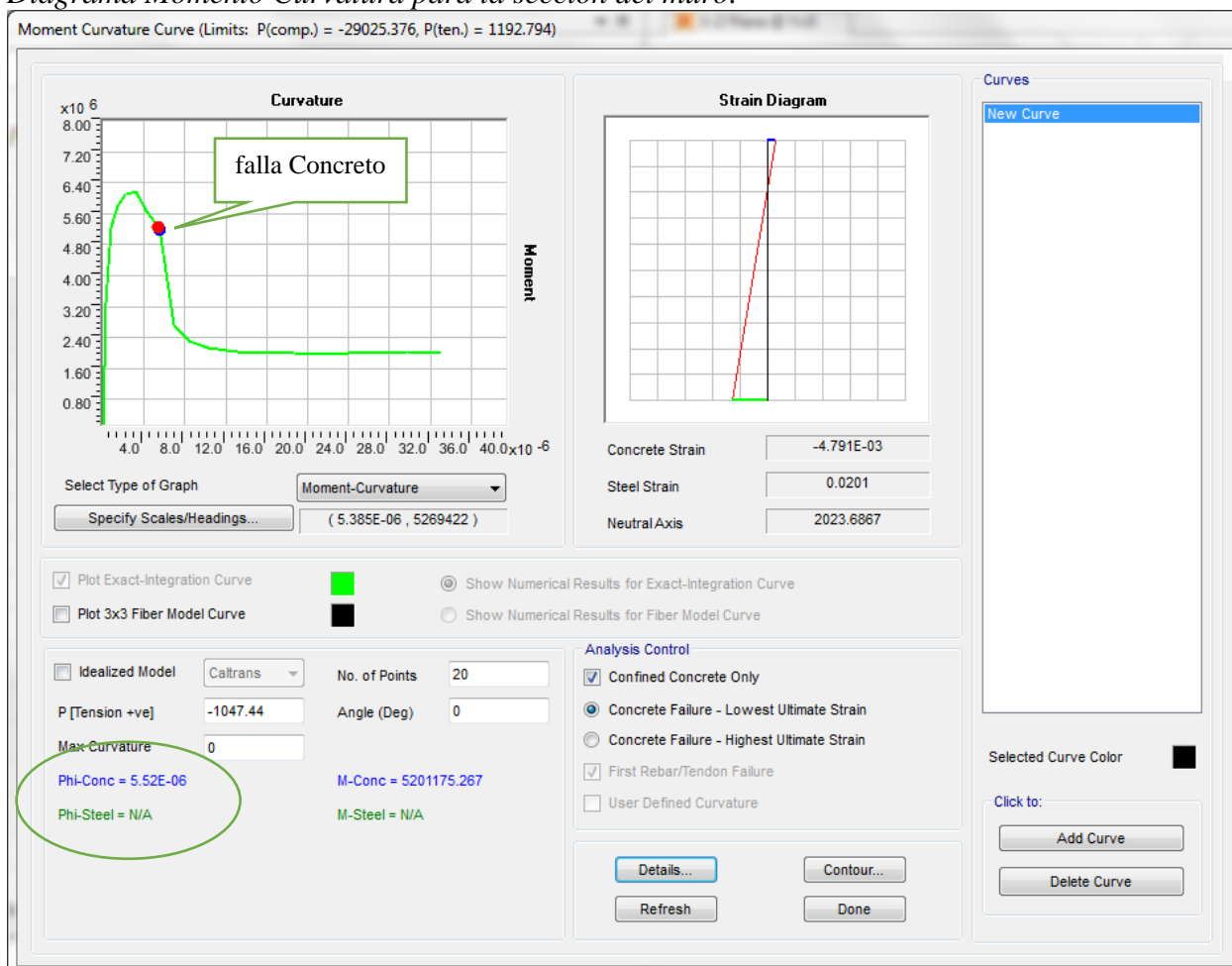
Grafico 13,  
Diagrama generado en Section Designer del software Sap2000.



Fuente: Propia, generado en Sap2000.

En el Grafico 14, se muestra el diagrama momento curvatura, en el cual se indica el punto de falla del concreto y el punto de falla del acero, para una carga axial aplicada de -1047.44 KN y un ángulo 0°.

*Grafico 14,*  
*Diagrama Momento Curvatura para la sección del muro.*



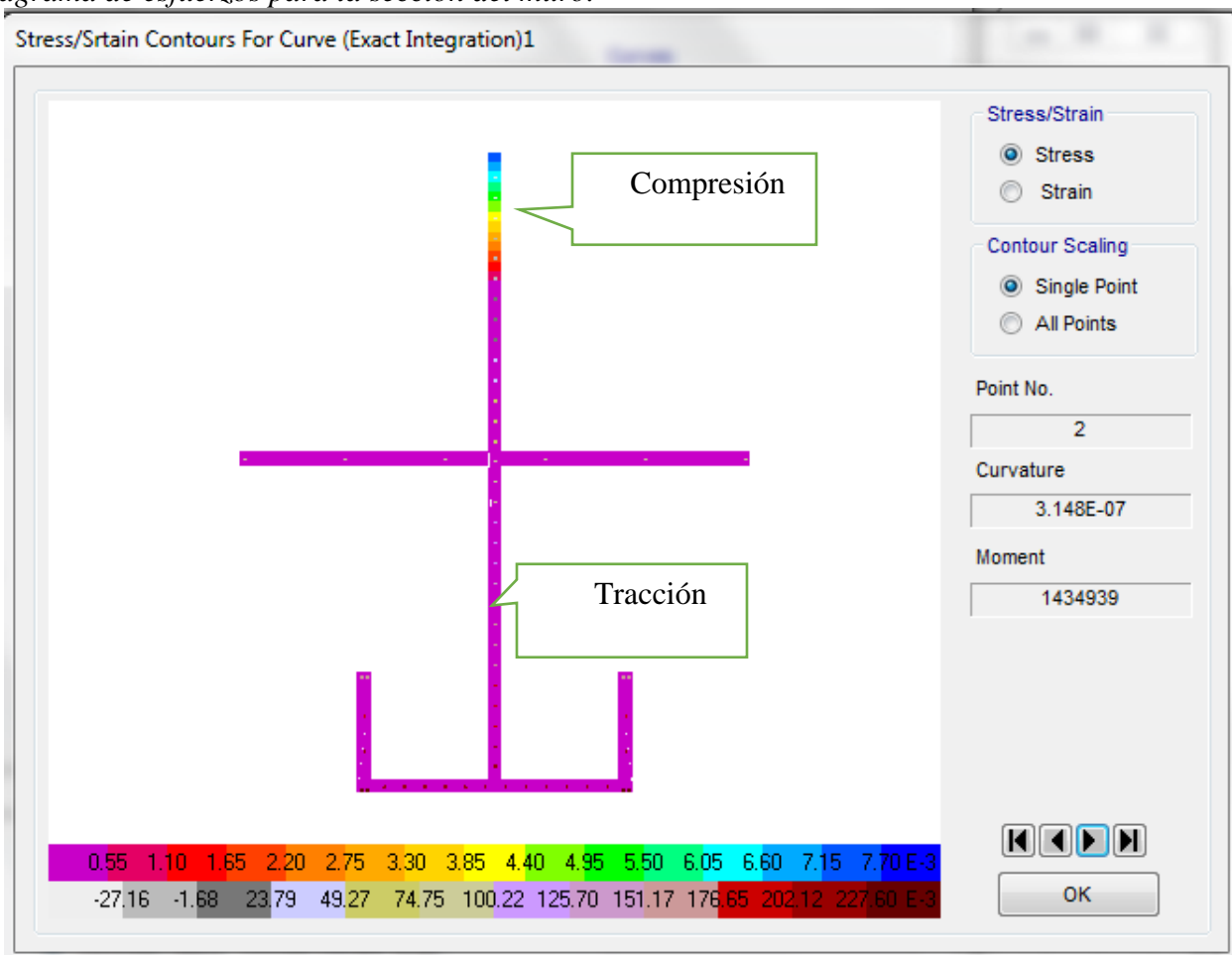
Fuente: Propia, resumen de resultados obtenidos por medio del diagrama momento curvatura.

El Grafico 14 muestra la deformación unitaria del acero en la fluencia es 0.0201 y la deformación unitaria del concreto es  $-4.791 \times 10^{-3}$  para momento de falla del concreto.

Como se observa en el diagrama momento curvatura el acero utilizado llega antes a la fluencia que el concreto para las condiciones propuestas en el muro.

Con el diagrama de momento curvatura se procede a verificar las zonas que se encuentran en tracción de y compresión las cuales depende de la geometría del muro y del sentido de la carga aplicada, Grafico 15.

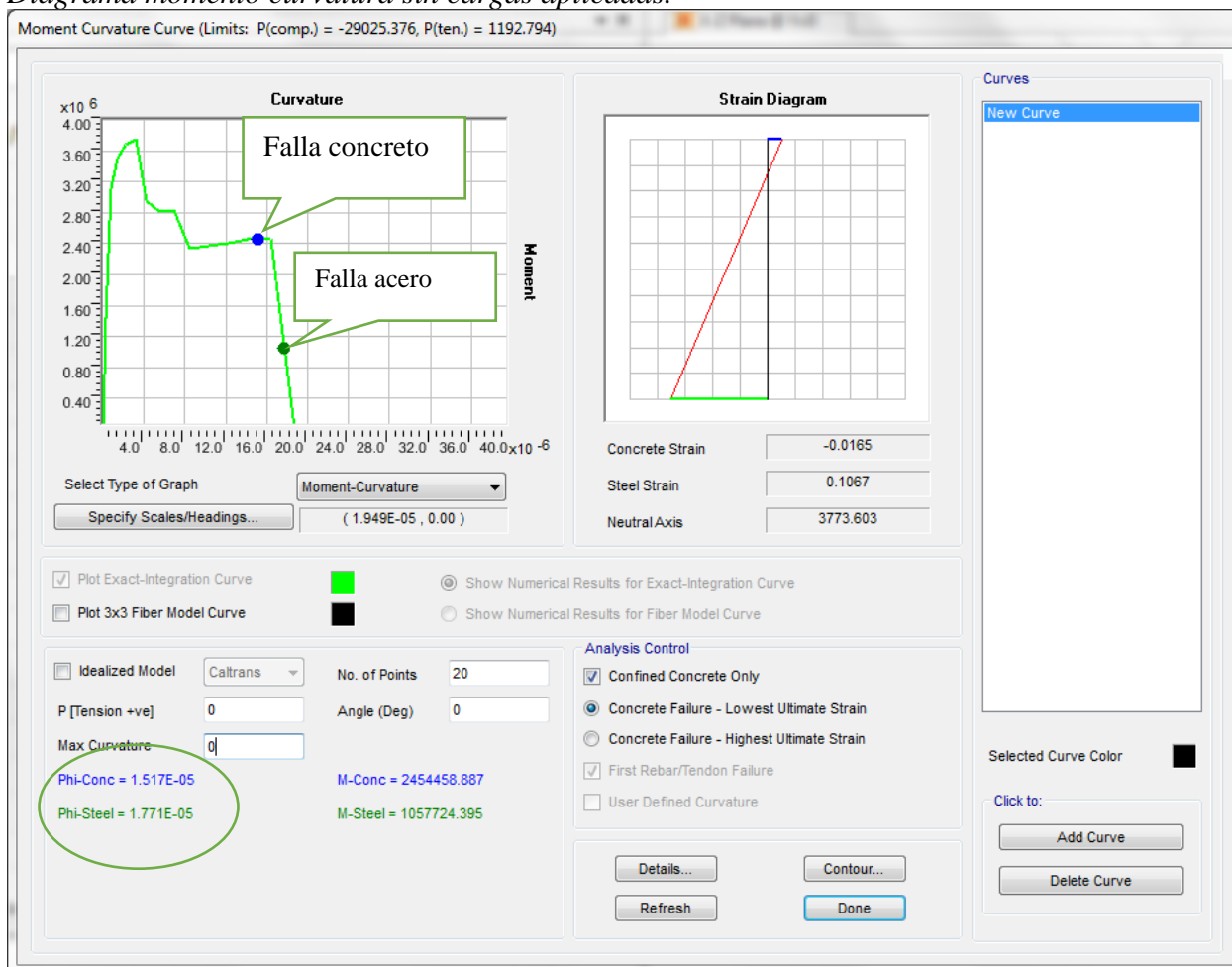
*Grafico 15,  
Diagrama de esfuerzos para la sección del muro.*



Fuente: Propia, esfuerzos de tracción y compresión en el muro.

Analizando el comportamiento del muro sin sometimiento de cargas axiales se presenta que la falla del concreto se encuentra muy cerca de la falla del acero, ver Grafico 16

Grafico 16,  
Diagrama momento curvatura sin cargas aplicadas.



Capacidad del muro está limitada por su espesor, refuerzo y zonas de confinamiento que en este caso son casi nulas debido a que solo se tienen dos barras N°4 en los extremos del muro, las mismas no aportan de forma considerable a la capacidad del muro.

El modelo de la edificación tiene un factor de disipación de energía  $R=4$ , lo que significa que las fuerzas sísmicas solo se reducen en un 25% de su valor, adicional a esto los muros empleados no fueron fisurados.

Las fuerzas sísmicas son reducidas en un 25% debido al factor de disipación de energía  $R$ , pero las cargas axiales con las cuales se analizó la capacidad del muro no pueden ser reducidas por lo tanto si la estructura tiene baja capacidad de resistir fuerzas axiales su comportamiento ante cargas sísmicas será bajo.

Se recomienda hacer la modelación de la edificación con secciones fisuradas en los muros y con el mismo factor de disipación de energía ( $R=4$ ), con el objetivo de ver cuál sería deriva de la edificación y de ser necesario rigidizar la estructura.

## **7. NORMATIVIDAD VIGENTE EN COLOMBIA Y OTROS PAÍSES, SOBRE EL USO DE LA MALLA ELECTROSOLDADA COMO REFUERZO PRINCIPAL EN MUROS DE CONCRETO**

En algunos países como Chile que ha sufrido terremotos en los últimos años ha tenido a la necesidad de actualizar sus normas de diseño sísmico debido a que la Norma Ch 430 hacía referencia las disposiciones del ACI 318:2005 (American Concrete Institute) para el diseño y cálculo de estructuras en concreto, aunque tenido algunas modificaciones puntuales acerca del uso de la malla electrosoldada, realizadas por el comité chileno. (Instituto Nacional de Normalizacion, 2009).

Otro país que tiene un avance significativo en su normatividad estructural sobre todo lo que se refiere a muros de concreto vaciado es Perú, el cual en su Norma Técnica de Edificaciones E.060, establece varias normas específicas para el diseño sísmico de edificios. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2016).

En Estados Unidos, el Instituto Americano del Concreto ACI genera toda la reglamentación para las estructuras de concreto y la utilización de la malla electrosoldada como refuerzo, siendo para el año 2018 la versión ACI 318:14 (año 2014) su versión vigente. Ésta norma desde hace muchos años es la guía para el desarrollo de normas y decretos en varios países, incluyendo Colombia.(American Concrete Institute, 2014).



El diseño sísmico en Colombia está reglamentado por el código Colombiano de Diseño Sismo Resistente NSR-10, el cual tiene su raíz en el ACI 318 del año 2008, con algunos aportes de ingenieros colombianos se han actualizados varias secciones.(AIS, 2010).

*Tabla 3,  
Comparación de normas para diseño de muros*

<b>Parámetro</b>	<b>Colombia</b>	<b>Chile</b>	<b>Perú</b>	<b>Estados Unidos</b>
Utilización de malla electrosoldada como refuerzo principal	Si permitido	No	Permitido (Hasta 3 pisos o los 3 últimos pisos)	No es permitido en sistemas sísmicos especiales

Fuentes: Creación propia, comparación resumida de las normas de diseño para muros. (AIS, 2010), (Instituto Nacional de Normalización, 2009), (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2016), (American Concrete Institute, 2014).

## **8. CUANDO LA MALLA ELECTROSOLDADA PUEDE SER UTILIZADA COMO REFUERZO PRINCIPAL PARA EDIFICACIONES.**

Antes de iniciar el diseño de una edificación es importante verificar su configuración sísmica como son la simetría, altura, el tamaño horizontal, la distribución de cargas, la concentración de masas, redundancia, el centro de masa, el centro de rigidez, la torsión, ductilidad, periodo y amortiguamiento.

La configuración adecuada de las propiedades antes mencionadas en una edificación permitirá un comportamiento adecuado de la estructura ante cargas gravitatorias o cargas dinámicas.

Una buena configuración estructural es de gran importancia porque debe hacer una buena transmisión de cargas verticales en el caso de las fuerzas estáticas, además de resistir los movimientos producidos por el sismo, que para el caso de los edificios son suelen producir movimientos erráticos y complejos.

Analizando el caso de Colombia en donde se ha generalizado la construcción de vivienda económica de edificaciones altas de más de 20 pisos con ciertas características comunes como muros de concreto entre 80 mm y 150 mm, refuerzo en muros de concreto vaciado de malla electrosoldada, teniendo en cuenta las diferentes zonas sísmicas del país, se es necesario establecer en cuales casos se puede utilizar malla electrosoldada como refuerzo principal al igual que establecer los espesores mínimos de muros para los diferentes zonas sísmicas.

Desde el punto de vista de desplazamientos, rigidez, esbeltez, sistema de irregularidad en planta y en altura, la ductilidad. Puntos de conexión entre las losas, es decir la conexión viga y columna.



Foto 2, Malla electrosoldada instalada en edificio

Fuente: Propia

## CONCLUSIONES

Se debe hacer un análisis más profundo encaminado a normalizar el uso de la malla electrosoldada en Colombia, diferenciando su aplicación en las edificaciones cuyo uso es residencial. Este análisis debe tener en cuenta la alta demanda de vivienda la cual debe ser económica, pero no por ello insegura que ponga en riesgo a sus ocupantes.

El estirado en frío por medio de cual se fabrica la malla electrosoldada incrementa la dureza del material disminuyendo su ductilidad, esto hace que éste material tenga poca resistencia ante fuerzas sísmicas.

Tomando la experiencia de Perú en donde la normatividad ya estableció algunas restricciones en el uso de la malla en Colombia se puede adoptar las algunas restricciones semejantes, entre las cuales puedes ser:

Para zona de amenaza sísmica alta, prohibir el huso de malla electrosoldada como refuerzo en edificaciones y establecer un espesor mínimo de 300 mm para los muros vaciados en concreto.

Para la zona de amenaza sísmica intermedia, solo permitir el uso de la malla electrosoldada para edificaciones hasta de 3 niveles o en el caso de tener más niveles solo en los tres últimos niveles, con un espesor de mínimo de muros de 250 mm para los muros estructurales vaciados de concreto.

Para la zona de amenaza sísmica baja, permitir el uso de la malla electrosoldada como refuerzo principal hasta 3 niveles para un número mayor de niveles se debe hacer una combinación entre malla electrosoldada y acero convencional, con un espesor de mínimo de muros de 200 mm para los muros estructurales vaciados de concreto.

Para todos los casos anteriores se debe colocar siempre dos capas de malla de refuerzo adicional a las zonas de confinamiento en los extremos de los muros.

Este trabajo ha proporcionado una mayor comprensión del comportamiento de la malla electrosoldada de muros de concreto vaciado de espesor delgado, teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas y su comportamiento en unión del concreto.

Es necesario hacer más investigaciones del comportamiento sísmico de la malla electrosoldada de muros de concreto vaciado en las cuales tenga diferentes demandas sísmicas y ubicados en diferentes zonas de amenazas sísmicas con el objeto de unificar un criterio único para ser reglamentado en la nueva Norma de diseño sísmico.

Mientras no esté reglamentado el uso de la malla electrosoldada en edificaciones de concreto de espesor delgado se recomienda aplicar restricciones en el uso de la misma, como existen en otros países.

El diagrama momento curvatura del muro analizado indica una resistencia muy baja para el acero cuando el muro está sometido a cargas axiales, su valor es prácticamente cero para resistir fuerzas, ver Grafico 14 y Grafico 16.

Las barras de confinamiento en los extremos del muro ver Grafico 6, no tienen un aporte significativo para la capacidad del muro.

La utilización de un factor de disipación de energía  $R=4$ , es adecuado para el diseño de la edificación siempre y cuando se fisuren los muros para ver si la estructura cumple con la deriva.

## DEFINICIONES

Acero convencional: es aquel que se utiliza como refuerzo principal o secundario en las estructuras de concreto.

Barra de acero: Son barras utilizadas como refuerzo para el concreto armado y su diámetro varía entre 9.5 mm (#3) a 57.3 mm (#18).

Concreto armado: Es la combinación de hormigón con concreto reforzado con barras de acero o con mallas de acero.

Ley: Es una regla o norma a seguir, la cual tiene un poder jurídico el cual es conferido por la autoridad gubernamental. (Concepto Definicion, 2018)

Ductilidad: Es la propiedad que tienen todos los elementos para deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse. A dichos materiales se les conocen como materiales dúctiles por el contrario los materiales que carecen de dicha propiedad se denominan materiales frágiles.

Vivienda de interés social (VIS): Es aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMLM). (República de Colombia, 2018)

Vivienda de interés prioritario (VIP): Es aquella vivienda de interés social cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLM). (República de Colombia, 2018)

## BIBLIOGRAFÍA

- AIS. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente-NSR-10* (Vol. C). Bogotá D.C.
- American Concrete Institute. (2014). *Requisitos de Reglamento para el Concreto Estructural (ACI 318S-14)* (2014th ed., Vol. 22). Farmington Hills: 2014.  
<https://doi.org/10.2307/3466335>
- Blanco Blasco, A. (2003). Los edificios de muros delgados de concreto y las nuevas normas para su diseño, 6, 4.
- Blandón, C. A., Rave, J. F., & Bonett, R. L. (2015). Comportamiento de muros delgados de concreto reforzado ante cargas laterales. In *VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica* (pp. 1–10).
- Briceño, A. P., & Carreras, N. H. (2013). *Análisis y Diseño de Muros Estructurales de Concreto, Considerando las Experiencias de los Terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Concepto Definicion. (2018). ¿Qué es Ley? - Su Definición, Concepto y Significado. Retrieved September 26, 2018, from <https://conceptodefinicion.de/ley/>
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1537 del 20 de Junio de 2012, 1–22. Retrieved from <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/ley153720062012.pdf>
- Gonzales Fernández, H. F. (2010). *Comportamiento Sísmico De Edificios Con Muros Delgados De Hormigón. Aplicación a Zonas De Alta Sismicidad De Perú. Tesis doctoral*.
- González, V., Botero, J. C., Rochel, R., Julián, V., & Álvarez, M. (2005). Propiedades mecánicas del acero de refuerzo utilizado en Colombia.
- Ignacio, J., Ampuero, O., Ortigosa, P., & Valeria, M. (2013). Edificio Alto Río.



- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2010). NTC 5806, Alambre de acero liso y grafiadlo y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto, (571).
- Instituto Nacional de Normalizacion. (2009). Diseño Sismico de Edificios. *NCh 433 Of.1996 Mod. 2009*, 77.
- Instituto Nacional de Normalización. (2012). NCh 433 Of 1992, Diseño sísmico de edificios.
- Jiménez Arenas, J. M. (2016). *Efecto de la deformación en fría sobre la microestructura y propiedades de un acero*. Universidad de Sevilla.
- López Rojas, H. D., & Montejo Valencia, L. A. (2001). *Determinación de Las propiedades mecanicas del concreto endurecido usadas en el diseño estructural para los concretos elaborados en La ciudad de Cali con materiales de la región*. Universidad del Valle. Retrieved from <https://blogs.uprm.edu/montejo/files/2009/11/UndergradThesis.pdf>
- MacGregor G, J., & Wight K, J. (2009). *Reinforced concrete Mechanics and Design* (Pearson). Boston.
- Ministerio de comercio, industria y turismo. (2015). Reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas, para refuerzo de concreto que se fabrique, importe o comercialicen en Colombia.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Norma técnica de edificación e.060 concreto armado*. 2016. Retrieved from [www.construccion.org](http://www.construccion.org)
- Neira Galvis, D., Narvaez Mesa, D. A., Hoyos Henao, S., & Londoño Tapaso, F. (2015). Mecanismos de endurecimiento de metales. Retrieved October 10, 2018, from <http://blog.utp.edu.co/metalografia/8-otros-mecanismos-de-endurecimiento-de-metales/#parte2>
- Ospina, A., Urrego, H., & Botero, J. C. (2013). Aplicación de un método basado en el

desempeño para el análisis y diseño sismo resistente de puentes de concreto reforzado.

*Ingeniería y Ciencia*, 9(17), 209–236. Retrieved from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=87566132&lang=es&site=ehost-live>

República de Colombia. (2018). Portal Minvivienda Aspectos Generales. Retrieved September 26, 2018, from <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-vivienda/vis-y-vip>

Vargas Villegas, R. K. (2016). *Diseño estructural de edificio de viviendas de muros delgados de concreto armado*. Pontificia Universidad Católica del Perú.