

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

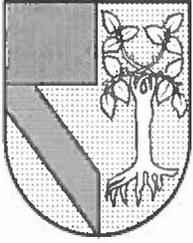
CAMPUS GUADALAJARA

DANIEL GASPAR RODRIGUEZ

**Software de Análisis y Revisión de Muros de Mampostería Sometidos a Cargas
Sísmicas y Gravitacionales**

Tesis presentada para optar por el título de
Licenciado en Ingeniero Civil Administrador
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de la
SECRETARIA DE EDUCACION PÚBLICA,
según acuerdo número 871472 fecha 07-Oct.-1987.

Zapopan, Jalisco, Marzo 2015



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACION

C. DANIEL GASPAR RODRIGUEZ

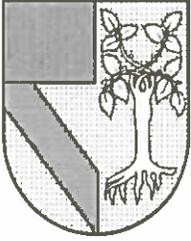
Presente.

En mi calidad de Presidente de la Comisión de Exámenes Profesionales y después de haber analizado el trabajo de titulación en la opción TESIS titulado: **“Software de Análisis y Revisión de Muros de Mampostería Sometidos a Cargas Sísmicas y Gravitacionales”** presentado por Usted, le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos para ser presentado ante el H. Jurado del Examen Profesional, por lo que deberá entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

Atentamente

EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN

ING. RODRIGO NAVARRO GUERRERO



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

17 de Marzo de 2015

ING. RODRIGO NAVARRO GUERRERO
Universidad Panamericana
Campus Guadalajara
Escuela de Ingeniería Civil y Administración
Comité de Titulación
Presente

Estimado Ingeniero Navarro:

Por medio de la presente y en mi carácter de **Asesor de Tesis** de **Daniel Gaspar Rodríguez**, he revisado cuidadosamente el documento titulado **“Software de Análisis y Revisión de Muros de Mampostería Sometidos a Cargas Sísmicas y Gravitacionales.”**. Tesis que en mi concepto y en los términos establecidos por la Institución, reúne los requisitos de una tesis de carácter recepcional.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier duda o comentario sobre el particular.

Atentamente

Ing. Roberto Dávalos López
Asesor de Tesis.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quisiera dar gracias a mis padres por haberme brindado todo el apoyo del mundo para sacar adelante mis estudios de educación superior. ¡Gracias por siempre impulsarme a perseguir mis sueños!

Aprovecho también para dar gracias al Ingeniero Roberto Dávalos y a la M.Ing. Elizabeth Dávalos, por haberme dado la oportunidad de desarrollar este software para su empresa de consultoría: CAUTIN Constructora. Se ha sacado mucho provecho de la elaboración de este trabajo y tenemos confianza en que esta nueva herramienta, que es el fruto de todo este esfuerzo, dé a muchos ingenieros la solución más eficiente para una infinidad de proyectos.

Doy gracias a la facultad de Ingeniería Civil y Administración, a todo el cuerpo de profesores, que a raíz de sus enseñanzas a lo largo de estos muy provechosos y fructíferos 5 años de estudio, he podido titularme como orgulloso Ingeniero Civil Administrador.

De manera muy especial, quisiera agradecer al Ingeniero Alfonso Rodríguez Pérez por su incansable apoyo y excelente asesoría técnica en estructuras, ¡gracias por la paciencia! Agradezco al Ingeniero Rodrigo Navarro Guerrero, director de la facultad de ingeniería civil, que siempre me motivó a no abandonar mi afán de titularme por tesis, ¡¿No que no?! De igual manera, extendo un agradecimiento muy especial al Dr José Francisco de la Mora Gálvez por sus importantes aportaciones y revisiones al presente trabajo. Hay que mencionar sin duda al Ing. Héctor German Plascencia Espinoza, que por sus invaluable aportaciones en el área informativa se llevó a buen término el programa. Finalmente agradezco al Ing. Gustavo Vázquez y al Ing. Jesús Sadhu Rodríguez sus valiosísimas aportaciones al trabajo.

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEORICO	3
1.1 Reglamentación utilizada	3
1.2 Metodología de Análisis Sísmico	4
1.2.1 Cálculo y distribución de fuerzas cortantes sísmicas.....	5
1.2.2 Cálculo de momentos de volteo.....	15
1.2.3 Consideraciones del modelado de estructuras	17
1.3 Metodología de Diseño de elementos de mampostería	18
1.3.1 Factores de resistencia.....	18
1.3.2 Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez.....	20
1.3.3 Resistencia a fuerza cortante en el plano.....	23
1.3.4 Resistencia a compresión de muros.....	25
1.3.5 Resistencia a flexocompresión de muros	26
1.3.5.1 Método general de diseño	26
1.3.5.2 Método optativo	26
2. INSTRUCTIVO	30
2.1 Ventana Inicial “Home”	30
2.2 Ventana Principal DWALLS	33

2.2.1	Barra de Herramientas	35
2.2.1.1	Herramientas de Modelado	35
2.2.1.1.1	<i>Asignar cargas uniformemente distribuidas a losas</i>	39
2.2.1.1.2	<i>Asignar axiales a muros</i>	40
2.2.1.1.3	<i>Importar axiales de ETABS</i>	41
2.2.1.2	Herramientas de Definición de Propiedades	48
2.2.1.2.1	<i>Definición de materiales</i>	50
2.2.1.2.2	<i>Definición de secciones de muros, de losas y de castillos</i>	56
2.2.1.2.3	<i>Definición de barras de refuerzo</i>	61
2.2.1.2.4	<i>Definición de paquetes de varillas</i>	64
2.2.1.2.5	<i>Definición de mallas electrosoldadas</i>	65
2.2.1.2.6	<i>Definición de combinaciones de carga</i>	68
2.2.1.3	Herramientas de Análisis.....	72
2.2.1.3.1	<i>Análisis Sísmico Estático</i>	74
2.2.1.3.2	<i>Definición de espectros sísmicos</i>	78
2.2.1.3.3	<i>Correr Análisis</i>	81
2.2.1.3.4	<i>Diagramas de elementos mecánicos</i>	83
2.2.1.4	Herramientas de Diseño.....	86
2.2.1.4.1	<i>Parámetros</i>	87
2.2.1.4.2	<i>Correr Diseño</i>	89
2.2.1.4.3	<i>Detallamiento</i>	91
2.2.2	Área de dibujo.....	100
2.2.2.1	Objetos tipo Muro	100
2.2.2.2	Objetos tipo Losa	103
2.2.2.3	Objetos tipo Vacío	104
2.2.3	Panel de Controles izquierdo.....	105
2.2.3.1	Sistemas de “grids”.....	105
2.2.3.2	Pisos y alturas de entrepiso	108
2.2.3.3	Muros y Losas	109

2.2.4	Contenedor de tablas de resultados	111
2.2.4.1	Tabla “Servicio”	112
2.2.4.2	Tabla “Combinaciones”	113
2.2.4.3	Tabla “Fuerzas Máximas”	113
2.2.4.4	Tabla “Resistencias [Axial, Cortante]”	114
2.2.4.5	Tabla “Revisión [Flexocompresión]”	114
2.2.4.6	Tabla “Revisión Diseño”	115
2.2.5	Barra inferior	115
2.2.6	Archivo.....	116
EJEMPLO		117
BIBLIOGRAFÍA		147

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivos:

- Crear una herramienta óptima para el análisis, diseño y revisión de muros de mampostería en edificaciones según la normatividad existente en México.
- Dar a la herramienta la flexibilidad de diseño entre parámetros presentes en los reglamentos de cualquier localidad.
- Crear una herramienta capaz de ahorrar horas de diseño estructural por su practicidad y compatibilidad con otros programas de diseño existentes.
- Dar al ingeniero una herramienta alterna a los programas de elemento finito. Brindando así ya sea un segundo enfoque a modo de comprobación de resultados o un sustituto práctico para estos softwares.

Las herramientas con las que se cuenta hoy en día para el análisis y diseño de edificaciones brindan al ingeniero un arma de dos filos. Mientras que programas de elemento finito como SAP2000 y ETABS analizan y diseñan prácticamente cualquier tipo de estructura, traen también consigo un peligro silencioso que podría engañar a cualquier ingeniero que no tenga claras nociones de cálculo estructural.

Un modelo que permita ser analizado y arroje una serie de resultados no está necesariamente en lo correcto, ya que en estas herramientas matemáticas se pueden modelar situaciones que finalmente en el campo, en la realidad, se

comportan de un modo totalmente distinto. Avocándonos a nuestro tema de enfoque que es la mampostería, nos topamos con una serie de situaciones especiales, como por ejemplo: los puntos donde las losas se apoyan en los muros permiten cierta libertad a la rotación, no transmitiendo así momentos en el sentido normal al eje del muro, esto gracias al aplastamiento parcial del mortero bajo una losa de concreto rígido. También tenemos que considerar la incapacidad de tomar esfuerzos de tensión en muros de mampostería y el desprecio de la rigidez al corte en su sentido transversal.

Estos efectos, entre otros más, pueden ser fácilmente pasados por alto si se tiene una herramienta tan poderosa que permita analizar un infinito número de situaciones, ya sean apegadas a la realidad o “ficticias”. En torno a esta idea gira la problemática que busca solucionar el presente trabajo.

El programa de mampostería busca brindar al ingeniero una herramienta confiable basada en métodos relativamente simples fundamentados totalmente en la estática. De esta forma el programa podrá funcionar como una “segunda opinión” para corroborar la veracidad de los modelos construidos en ETABS. Y no solo eso, sino que además permitirá pasar a la revisión y detallamiento de los elementos de mampostería, cosa que no nos brindan este tipo de programas.

1. MARCO TEORICO

1.1 Reglamentación utilizada

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de 1977 (RCDF77), presentó por primera vez en México una normativa enfocada en evaluar el comportamiento de las estructuras de mampostería bajo las acciones sísmicas. De esta manera, el presente trabajo toma como referencia las publicaciones del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En sus tomos No. 403: “Diseño y construcción de estructuras de mampostería. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de construcciones para el Distrito Federal. Con comentarios y ejemplos”; y el tomo No. 406 “Manual de diseño por sismo”.

Adicionalmente, se utilizan: el Manual de diseño por sismo publicado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el año de 1981, que recoge, compila y da un formato más claro a los métodos presentados inicialmente por las NTC del RCDF77; y los Reglamentos actuales de construcción del Distrito Federal y Guadalajara, publicados en 2004 y 1997 respectivamente. Estos reglamentos toman el método del RCDF77 y lo mantienen sin cambios importantes, excepto por un criterio adicional que introduce el Reglamento de Guadalajara (RCG97).

Este reglamento de construcciones para Guadalajara en sus NTC para diseño por sismo, adopta criterios del “Uniform Building Code” (UBC) [Actualmente

conocido como “International Building Code” (IBC)]. Estos criterios tienen que ver con el cálculo del cortante torsional generado por las excentricidades accidentales presentes en las edificaciones. Dicha excentricidad accidental originalmente se presentó evaluada como un 10% de la dimensión más larga en planta paralela al movimiento del sismo, de acuerdo al RCDF77. No obstante, el RCG97 adoptó del IBC el empleo del factor de amplificación (A_x), que está en función del desplazamiento horizontal por cada nivel debido a las fuerzas laterales aplicadas. De esta manera la excentricidad accidental es calculada como el producto de dicho factor multiplicado por un 5% de la dimensión más larga en planta paralela al movimiento del sismo.

Es de esta manera que utilizamos para el presente trabajo el método de análisis presentado por el RCDF77 con esta pequeña modificación en la excentricidad accidental aportada por el RCG97. No obstante, el software da al usuario la posibilidad de decidir si quiere considerar la excentricidad accidental de esta manera o si quisiera tomarla según el RCDF77 o como un valor decidido por él inclusive.

Por último, es necesario además mencionar que la reglamentación utilizada para diseñar los elementos de mampostería previamente analizados con los métodos ya explicados, es el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal del 2004, en sus NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.

1.2 Metodología de Análisis Sísmico

A grandes rasgos, el método de análisis sísmico empleado en el presente trabajo es el siguiente: Se calcula un cortante basal de la estructura haciendo uso de una herramienta de análisis sísmico estático. Una vez obtenido el cortante basal, se distribuyen las fuerzas laterales a cada nivel en función de su masa y su elevación. Con estas fuerzas laterales se calcula de manera acumulativa el cortante en cada nivel. Este cortante es a su vez distribuido a todos los muros del nivel en cuestión

en función de su rigidez en el sentido correspondiente a la dirección actuante del sismo, a este cortante se le conoce como cortante directo (V_d).

En cada planta se calcula el centro de masas y el centro de rigideces con el objetivo de encontrar la excentricidad entre dichos centros por cada nivel. Con esta excentricidad es posible calcular entonces el cortante indirecto o torsional (V_t).

Habiendo obtenido ambos cortantes para cada muro de la planta analizada, se calcula la deformación de todos estos muros en función de los cortantes directo e indirecto y la rigidez del propio muro. Es en función del promedio de estas deformaciones que se puede calcular el factor de amplificación A_x para el cálculo de la excentricidad accidental.

Con la excentricidad accidental se calcula el cortante indirecto accidental y así es como se obtienen todos los casos de cargas que habrán de participar en las combinaciones de cargas para el diseño final de la estructura.

1.2.1 Cálculo y distribución de fuerzas cortantes sísmicas

El cortante basal del análisis sísmico estático es calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$V_0 = \frac{c}{Q} W_0 \quad (1-1)$$

Donde V_0 es la fuerza lateral total de diseño o cortante basal del edificio, W_0 es el peso total de la construcción arriba de la base del edificio, incluyendo las cargas muertas y el 50% de las cargas vivas, Q es el factor de comportamiento sísmico y c es el coeficiente sísmico de diseño. (1)

(1) UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo para Guadalajara 1997, México, 1997. pp.16

El coeficiente sísmico c puede ser reemplazado por la ordenada S_a del espectro de aceleraciones definido por el usuario, siendo esta ordenada un valor dependiente del periodo fundamental (T) de la estructura.

La fuerza total será distribuida sobre la altura de la estructura conforme a las fórmulas (1-2), (1-3) y (1-4)

$$V_0 = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (1-2)$$

F_T es la porción del cortante basal, V_0 , que deberá considerarse concentrada en la parte superior de la estructura, en adición a la fuerza F_n que le corresponde a dicho nivel de acuerdo a la Fórmula (1-4), y será determinada con la siguiente fórmula:

$$F_T = 0.07T V_0 \quad (1-3)$$

La fuerza F_T no necesita exceder de $0.25V_0$ y puede considerarse cero cuando T es 0.7 segundos o menos. La porción restante del cortante basal será distribuida sobre la altura de la estructura, incluyendo el último nivel o nivel n , de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$F_x = \frac{(V_0 - F_T)W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad (1-4)$$

En cada nivel designado como nivel x , la fuerza F_x será aplicada sobre el área del edificio de acuerdo con la distribución de masas en ese nivel. [...]

El cortante de piso de diseño, V_x en cualquier entrepiso es la suma de las fuerzas F_T y F_x arriba de ese entrepiso. [...] (2)

(2) UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo para Guadalajara 1997, México, 1997. pp.18 y 19

Este contante V_x calculado en cada entrepiso es el llamado cortante directo (V_d), que es a su vez distribuido a todos los muros del entrepiso en función de su rigidez relativa, de acuerdo a la fórmula:

$$V_{Di} = \frac{K_i}{\sum K_i} V \quad (1-5)$$

Donde la rigidez K_i de cada muro es calculada como:

$$K_i = \frac{1}{H \left(\frac{H^2}{3EI} + \frac{1}{AG} \right)} \quad (1-6)$$

Donde

H = Altura de piso a techo

E = Módulo de elasticidad del muro

I = Momento de Inercia

A = Área del muro

G = Módulo de rigidez al cortante

A continuación se distribuye el cortante sísmico de cada entrepiso en cada uno de los elementos resistentes considerando los efectos de torsión. Para esto, en cada uno de los pisos se deben calcular el centro de masas (x_m, y_m), y el de rigideces (X_{cT}, Y_{cT}).

El centro de masas se calcula considerando que en cada entrepiso la masa participante es la correspondiente al peso propio de la losa de dicho entrepiso, más la suma de las cargas muertas y el 50% de las cargas vivas uniformemente distribuidas en la losas, esto en adición a la suma del peso propio de la mitad superior de los muros desplantados en el nivel directamente inferior más la mitad inferior de los muros desplantados del nivel en cuestión. Este criterio del cálculo del centro de masas está ilustrado en la figura 1.1



Fig. 1.1. Esquema de ejemplo de participaciones de masa

La mitad inferior de los muros desplantados directamente en el nivel de planta baja no tienen participación en el cálculo del centro de masas, ya que se considera que su masa es directamente soportada por la cimentación.

El centro de rigideces se calcula de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$X_{cT} = \frac{\sum K_{ix} Y_i}{\sum K_{ix}} \quad (1-9)$$

$$Y_{cT} = \frac{\sum K_{iy} X_i}{\sum K_{iy}} \quad (1-8)$$

Donde

- K_{ix} , K_{iy} Rigidez del muro en la dirección de análisis
- X_i , Y_i Localización del centro de gravedad del muro respecto a un sistema auxiliar
- X_{cT} , Y_{cT} Localización del centro de rigidez de la planta respecto a un sistema auxiliar

Una vez calculados ambos centros se obtienen las distancias entre ellos, con el fin de evaluar los efectos torsionales en la estructura:

$$e_{sx} = X_m - X_{cT} \quad (1-9)$$

$$e_{sy} = Y_m - Y_{cT} \quad (1-10)$$

Donde

- X_m , Y_m Localización del centro de masas de la planta respecto a un sistema auxiliar
- e_{sx} excentricidad calculada de la carga en el sentido X
- e_{sy} excentricidad calculada de la carga en el sentido Y

El cortante torsional o indirecto es calculado entonces como:

$$V_{T_{ix}} = \frac{K_{ix} Y_{cT}}{I_p} M_{tx} \quad (1-11)$$

$$I_p = \sum K_{ix} Y_{cT}^2 + \sum K_{iy} X_{cT}^2 \quad (1-12)$$

$$M_{tx} = V_x e_{sx} \quad (1-13)$$

Donde

- I_p Inercia Polar de la planta analizada
- M_{tx} , M_{ty} Momento torsor generado por el cortante directo multiplicado por la excentricidad de diseño en la dirección del análisis.
- V_{Tix} , V_{Tiy} Cortante torsional calculado en el muro “i” en la dirección del análisis.
- V_x Cortante directo total en el nivel analizado

Sustituyendo las ecuaciones 1-12 y 1-13 en la ecuación 1-11, tenemos que:

$$V_{Tix} = \frac{K_{ix} Y_{cT}}{\sum K_{ix} Y_{cT}^2 + \sum K_{iy} X_{cT}^2} V_x e_{sx} \quad (1-14)$$

Para la dirección “Y” el subíndice “x” cambiaría a “y” y la “ X_{cT} ” cambiaría a “ X_{cT} ”.

Finalmente calculamos el cortante total en el muro debido a la suma del efecto directo e indirecto del cortante en ambas direcciones ortogonales del análisis.

$$V_{ix} = V_{Dix} + V_{Tix} \quad (1-15)$$

Para la dirección “Y” el subíndice “x” cambiaría a “y”

A continuación se calcula la excentricidad accidental de acuerdo al Reglamento de Construcciones de Guadalajara de 1997:

Se considerará el incremento en cortantes que resulten de la torsión horizontal cuando los diafragmas no son flexibles. La combinación de cargas más severa para cada elemento será considerada para diseño.

El momento torsionante de diseño para un entrepiso dado será el momento resultante de las excentricidades entre las fuerzas laterales de diseño aplicadas en los niveles arriba de ese entrepiso y los elementos resistentes verticales en ese entrepiso más una torsión accidental.

El momento torsionante accidental será determinado asumiendo que la masa está desplazada como es requerido por la Sección 8.9 /1/. Cuando existe irregularidad torsional, como está definida en la Tabla 3.3, sus efectos se tomarán en cuenta incrementando la torsión accidental en cada nivel por un factor de amplificación, A_x , determinado con la siguiente fórmula:

$$A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{prom}} \right]^2 \quad (1-16)$$

Donde

δ_{prom} *el promedio de los desplazamientos en los puntos extremos de la estructura en el nivel analizado*

δ_{max} *el desplazamiento máximo en el Nivel analizado*

A_x *Factor de amplificación. El valor de A_x no deberá exceder 3.0. (3)*

Para la simplificación del cálculo, los desplazamientos de cada muro son obtenidos del cociente de las fuerzas cortantes actuantes divididas entre la rigidez del muro, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\delta_{ix} = \frac{V_{ix}}{K_{ix}} \quad (1-17)$$

Sustituyendo la ecuación 1-15 en 1-17 tenemos que:

$$\delta_{ix} = \frac{V_{D_{ix}} + V_{T_{ix}}}{K_{ix}} \quad (1-18)$$

Nuevamente, para la dirección "Y" el subíndice "x" cambiaría a "y".

En cada nivel se calculan dos valores del coeficiente A_x , siendo uno correspondiente a la dirección de análisis "X" y el otro a la dirección ortogonal "Y". Una vez calculados ambos valores se utiliza el máximo de ellos en el cálculo de la excentricidad accidental. El valor A_x estará siempre acotado entre los valores 1 y 3.

La excentricidad accidental se considera entonces como:

Cuando los diafragmas no son flexibles, la masa en cada nivel se considerará que está desplazada del centro de masas calculado, para uno y otro lado, una distancia igual al 5 por ciento de la dimensión del edificio en ese nivel en la dirección perpendicular a la fuerza bajo consideración. El efecto de ese desplazamiento en la distribución del cortante de piso será considerado, utilizándose para cada elemento el caso más desfavorable. (4)

/1/ Distribución Horizontal del cortante: El cortante de piso de diseño, V_x , en cualquier entrepiso es la suma de las fuerzas F_T y F_x arriba de ese entrepiso. V_x será distribuido entre todos los elementos del sistema vertical para resistir fuerzas laterales en proporción a sus rigideces, considerando la rigidez del diafragma.

(3) UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo para Guadalajara 1997, México, 1997. pp.20

Exacerbando los efectos de dicha excentricidad en función del ya mencionado factor de amplificación A_x , tenemos que la excentricidad accidental está calculada como:

$$e_{dx} = e_{sx} \pm 0.05 A_x B_y \quad (1-19)$$

$$e_{dy} = e_{sy} \pm 0.05 A_x B_x \quad (1-20)$$

Donde

B_x , B_y Dimensión del edificio en el nivel analizado en la dirección perpendicular a la fuerza bajo consideración.

e_{dx} , e_{dy} Excentricidad accidental calculada en la dirección del análisis.

Reemplazando la excentricidad calculada e_s en las ecuaciones 1-13 y 1-14, por las excentricidades accidentales e_{dx} y e_{dy} , tanto positivas como negativas, calculamos entonces los efectos torsionales del sismo en los cuatro casos accidentales.

Alternativamente, la excentricidad accidental se puede calcular de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal del 2004 como:

La excentricidad torsional de rigideces en cada entrepiso, e_s , se tomará como la distancia entre el centro de torsión del nivel correspondiente y el punto de aplicación de la fuerza cortante en dicho nivel. Para fines de diseño, el momento torsionante se tomará por lo menos igual a la fuerza cortante de entrepiso multiplicada por la excentricidad que para cada marco o muro resulte más desfavorable de las siguientes:

$$e_d = 1.5e_s + 0.1 b \quad (1-21)$$

$$e_d = e_s - 0.1 b \quad (1-22)$$

(4) UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo para Guadalajara 1997, México, 1997. pp.19

Donde b es la dimensión de la planta que se considera, medida perpendicularmente a la acción sísmica. (5)

Resumiendo, el sismo es analizado en 6 casos sísmicos en total, que junto con los casos de carga gravitacionales nos dan un total de 8 casos de carga en total:

CM	Cargas muertas gravitacionales
CV	Cargas vivas gravitacionales
SX	Sismo en la dirección X (Cortante directo + cortante torsional)
SXEP	Sismo en la dirección X con excentricidad accidental Positiva (Cortante directo + cortante torsional amplificado por la excentricidad accidental positiva)
SXEN	Sismo en la dirección X con excentricidad accidental Positiva (Cortante directo + cortante torsional amplificado por la excentricidad accidental negativa)
SY	Sismo en la dirección Y (Cortante directo + cortante torsional)
SYEP	Sismo en la dirección Y con excentricidad accidental Positiva (Cortante directo + cortante torsional amplificado por la excentricidad accidental positiva)
SYEN	Sismo en la dirección X con excentricidad accidental Positiva (Cortante directo + cortante torsional amplificado por la excentricidad accidental negativa)

(5) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo2, Sección 8.5, pp.66

Dichos casos de cargas son combinados con los factores de carga para formar las llamadas combinaciones de diseño.

Cabe mencionar que los casos de carga correspondientes a las fuerzas sísmicas únicamente aportan cortante y momentos de volteo a los elementos mecánicos de los muros de la estructura. Esto se debe a la misma naturaleza del método ya que está limitado a simples métodos fundamentado en la estática pura. Para evaluar los elementos mecánicos axiales generados por las acciones sísmicas se requerirían métodos más refinados que no entran en el enfoque de este método.

1.2.2 Cálculo de momentos de volteo

Los momentos de volteo en los muros de la estructura son calculados en función de los cortantes previamente determinados. Idealizando los muros como vigas empotradas en voladizo a partir de la base del nivel en consideración.

El momento de volteo para cada marco o grupo de elementos resistentes en un nivel dado podrá reducirse, tomándolo igual al calculado multiplicado por $0.8+0.2z$ (siendo z la relación entre la altura a la que se calcula el factor reductivo por momento de volteo y la altura total de la construcción), pero no menor que el producto de la fuerza cortante en el nivel en cuestión multiplicada por su distancia al centro de gravedad de la parte de la estructura que se encuentre por encima de dicho nivel. En péndulos invertidos no se permite reducción de momento de volteo.

(6)

El cálculo de momento de volteo, previo a la reducción indicada por las NTC del RCDF87, se calcula multiplicando las fuerzas laterales actuantes en cada nivel en los muros que se encuentran directamente por encima del muro analizado. Estas

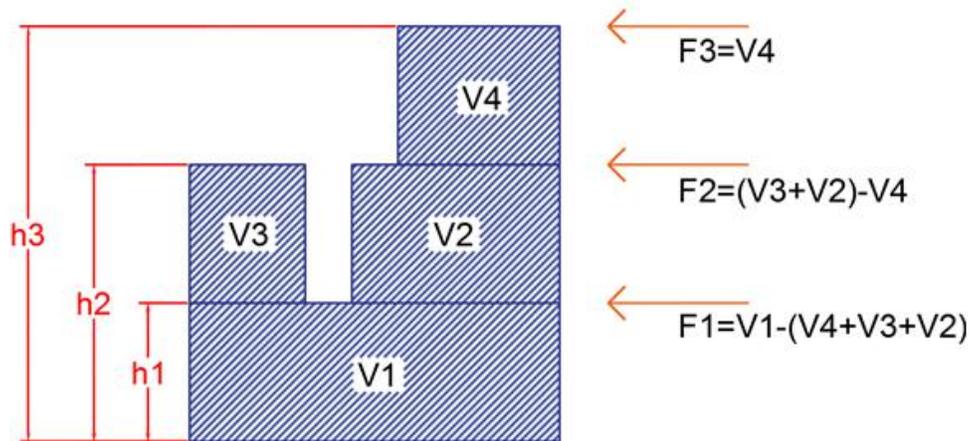
fuerzas se multiplican por sus correspondientes brazos de palanca. De tal manera que el momento se calcula como:

$$M_n = i M_v \quad (2-1)$$

$$i = 0.8 + 0.2z \quad (2-2)$$

Donde

- Mn Momento de volteo de diseño
- Mv Momento de volteo calculado
- i factor reductor del momento de volteo
- z relación entre la altura a la que se calcula el factor reductor por momento de volteo y la altura total de la construcción



$$M_v = F1 h1 + F2 h2 + F3 h3$$

$$M_n = \left(0.8 + 0.2 \left(\frac{0}{H} \right) \right) M_v$$

Fig 1.2. Ejemplo de cálculo de momento de volteo

(6) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F, México, 1987. pp.28

Alternativamente el momento de volteo puede calcularse como:

$$M_n = Y_g V \quad (2-3)$$

Donde

Y_g Distancia al centro de gravedad de la parte de la estructura por encima del nivel analizado

V Cortante actuante en el muro analizado

El momento de diseño será el valor máximo de las ecuaciones 2-1 y 2-3

1.2.3 Consideraciones del modelado de estructuras

El software de muros de mampostería, para calcular los momentos de volteo, considera como elementos del sistema sismo-resistente todos aquellos muros que se encuentren directamente apoyados sobre otro muro de la planta inferior. Esto incluye también todos aquellos muros que se encuentren soportados en solo una parte de su longitud. Incluir estos elementos en el análisis implicaría que la parte de muro, no soportada directamente por el muro del nivel inferior, está firmemente apoyada sobre una trabe que garantice que la rigidez de la sección de muro en voladizo, contribuya a la rigidez lateral de todo el conjunto de muros “apilados” en el “*pier*” en su totalidad.

Además que, para considerar que muros en voladizo, o directamente soportados por una trabe, la cual, indirectamente transmita las descargas a la cimentación, implica una redistribución de esfuerzos en función de procesos matriciales de rigideces que no entran en el enfoque del método de análisis tratado en el presente trabajo. La omisión de dicha advertencia podría conducir a una inadecuada distribución de las fuerzas sísmicas en la estructura y en consecuencia disminuir los

esfuerzos en los elementos sismo-resistentes por debajo de los requerimientos reales. En la figura 1.3 se ejemplifican estas secciones de muro que no deben ser incluidas en el modelo de análisis.

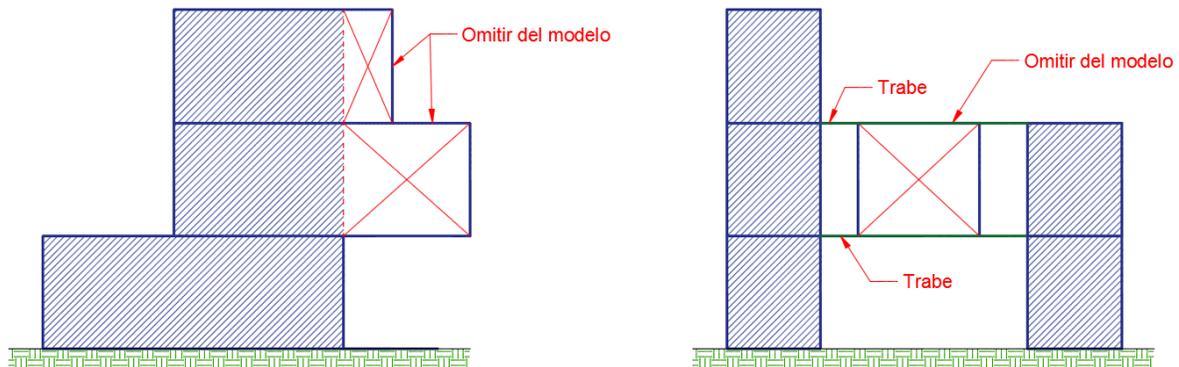


Fig. 1.3. Ejemplo de elementos de mampostería que no deben ser incluidos en el modelo de análisis

1.3 Metodología de Diseño de elementos de mampostería

1.3.1 Factores de resistencia

Las resistencias deberán reducirse por un factor de resistencia, FR. Se acepta aplicar estos valores en aquellas modalidades constructivas y de refuerzo cuyo comportamiento experimental ha sido evaluado y satisface el Apéndice Normativo A. Los valores del factor de resistencia serán los siguientes.

En muros sujetos a compresión axial

FR = 0.6 para muros confinados o reforzados interiormente

FR = 0.3 para muros no confinados ni reforzados interiormente

En muros sujetos a flexocompresión en su plano o a flexocompresión fuera de su plano

Para muros confinados o reforzados interiormente

$$FR = 0.8 \quad \text{si} \quad P_u \leq \frac{P_R}{3}$$

$$FR = 0.6 \quad \text{si} \quad P_u > \frac{P_R}{3}$$

Para muros no confinados ni reforzados interiormente

$$FR = 0.3$$

En muros sujetos a fuerza cortante

$FR = 0.7$ para muros diafragma, muros confinados y muros con refuerzo interior.

$FR = 0.4$ para muros no confinados ni reforzados interiormente. (7)

(7) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F, México, 2004. Tomo1, Sección 3.1.4, pp.17

1.3.2 Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez

En el diseño, se deberán tomar en cuenta los efectos de excentricidad y esbeltez. Optativamente, se pueden considerar mediante los valores aproximados del factor de reducción FE.

La excentricidad se calcula como:

$$e_c = \frac{t}{2} - \frac{b}{3} \quad (3-1)$$

Donde t es el espesor de la mampostería del muro y b es longitud de apoyo de una losa soportada por el muro (fig. 1.4).

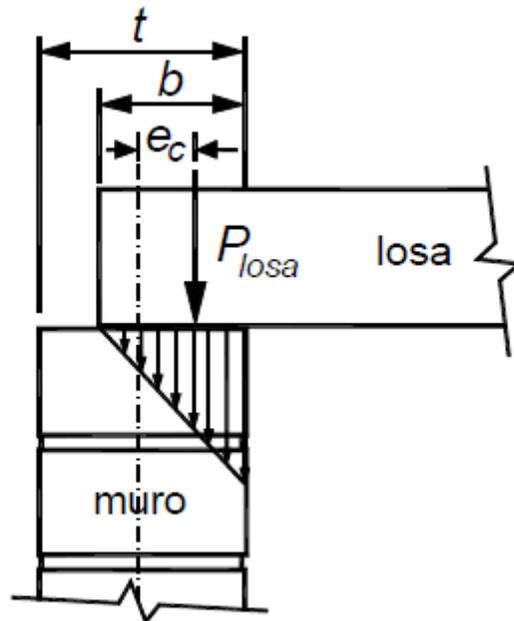


Fig 1.4 Excentricidad de la carga vertical

a) Se podrá tomar F_E igual a 0.7 para muros interiores que soporten claros que no difieran en más de 50 por ciento. Se podrá tomar F_E igual a 0.6 para muros extremos o con claros que difieran en más de 50 por ciento, así como para casos en que la relación entre cargas vivas y cargas muertas de diseño excede de uno. Para ambos casos, se deberá cumplir simultáneamente que:

- 1) Las deformaciones de los extremos superior e inferior del muro en la dirección normal a su plano están restringidas por el sistema de piso, por dallas o por otros elementos;
- 2) La excentricidad en la carga axial aplicada es menor o igual que $t / 6$ y no hay fuerzas significativas que actúan en dirección normal al plano del muro; y
- 3) La relación altura libre a espesor de la mampostería del muro, H / t , no excede de 20.

b) Cuando no se cumplan las condiciones del inciso a, el factor de reducción por excentricidad y esbeltez se determinará como el menor entre el que se especifica en el inciso a, y el que se obtiene con la ecuación siguiente:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \quad (3-2)$$

Donde

H altura libre de un muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral;

e' excentricidad calculada para la carga vertical más una excentricidad accidental que se tomará igual a $t / 24$; y

k factor de altura efectiva del muro que se determinará según el criterio siguiente:

$k = 2$ para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior;

$k = 1$ para muros extremos en que se apoyan losas; y
 $k = 0.8$ para muros limitados por dos losas continuas a ambos
 lados del muro.

En casos en que el muro en consideración esté ligado a muros transversales, a contrafuertes, a columnas o a castillos que restrinjan su deformación lateral, el factor F_E se calculará como:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'} \leq 0.9 \quad (3-3)$$

Donde L' es la separación de los elementos que rigidizan transversalmente al muro (fig. 1.5). (8)

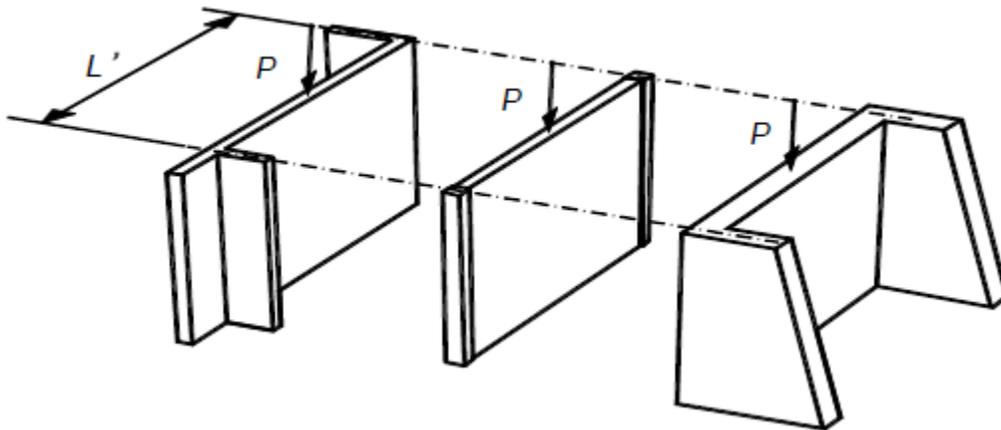


Fig 1.5 Restricción a la deformación lateral

(8) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F, México, 2004. Tomo1, Sección 3.2.2.3, pp.19, 20.

1.3.3 Resistencia a fuerza cortante en el plano

La fuerza cortante resistente de diseño, V_{mR} , se determinará como sigue:

$$V_{mR} = F_R (0.5v_m * A_T + 0.3P) \leq 1.5F_R v_m * A_T \quad (3-4)$$

Donde P se deberá tomar positiva en compresión. En el área A_T se debe incluir a los castillos pero sin transformar el área transversal. La carga vertical P que actúa sobre el muro deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería V_{mR} . La resistencia a compresión diagonal de la mampostería para diseño, v_m^* , no deberá exceder de 0.6 MPa (6 kg/cm²), a menos que se demuestre con ensayos, que se pueden alcanzar mayores valores. En adición, se deberá demostrar que se cumplen con todos los requisitos de materiales, análisis, diseño y construcción aplicables. (9)

Si el muro diafragma está reforzado horizontalmente, sea mediante barras corrugadas o alambres corrugados laminados en frío en las juntas de mortero, o bien con mallas de alambre soldado recubiertas con mortero, la fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal, V_{sR} , se calculará con la ecuación 3-5.

$$V_{sR} = F_R \eta p_h f_{yh} A_T \quad (3-5)$$

(9) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo1, Sección 5.4.2, pp.31, 32.

Donde η , ρ_h y f_{yh} son el factor de eficiencia, la cuantía y el esfuerzo especificado de fluencia del refuerzo horizontal, respectivamente. (10)

La cuantía de acero de refuerzo horizontal, ρ_h , no será inferior a $0.3/f_{yh}$ si se usan MPa ($3/f_{yh}$, si se usan kg/cm^2) ni al valor que resulte de la expresión 3-6.

$$\rho_h = \frac{V_{mR}}{F_R f_{yh} A_T} \quad (3-6)$$

En ningún caso ρ_h será mayor que $0.3 \frac{f_m}{f_{yh}}$; ni que $1.2/f_{yh}$ para piezas macizas, ni que $0.9/f_{yh}$ para piezas huecas si se usan MPa ($12/f_{yh}$ y $9/f_{yh}$, respectivamente, si se usan kg/cm^2). f_m es la resistencia de diseño a compresión de la mampostería y referida al área bruta.

El factor de eficiencia del refuerzo horizontal, η , se determinará con el criterio siguiente:

$$\eta = \begin{cases} 0.6; & \text{si } \rho_h f_{yh} \leq 0.6 \text{ MPa (6 kg/cm}^2\text{)} \\ 0.2; & \text{si } \rho_h f_{yh} \geq 0.9 \text{ MPa (9 kg/cm}^2\text{)} \end{cases}$$

Para valores de $\rho_h f_{yh}$ comprendidos entre 0.6 y 0.9 MPa (6 y 9 kg/cm^2), η se hará variar linealmente (fig. 1.6). (11)

(10) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo1, Sección 4.3.2, pp.27.

(11) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo1, Sección 5.4.3, pp.32.

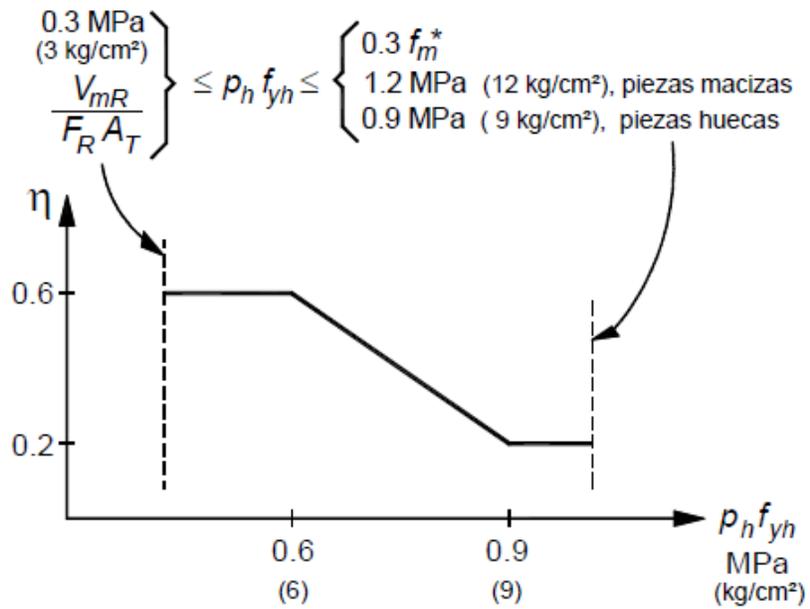


Fig 1.6 Factor de eficiencia η

La resistencia en conjunto de la mampostería y el refuerzo adicional para cortante se calcula como:

$$V_R = V_{mR} + V_{SR} \quad (3-7)$$

1.3.4 Resistencia a compresión de muros

La carga vertical resistente, P_R , se calculará como:

$$P_R = F_R F_E (f_m A_T + \sum A_s f_y) \quad (3-8)$$

Donde

A_s Área de acero longitudinal en un castillo localizado dentro de la longitud del muro

f_y Esfuerzo especificado de fluencia del refuerzo longitudinal (12)

1.3.5 Resistencia a flexocompresión de muros

1.3.5.1 Método general de diseño

La resistencia a flexión pura o flexocompresión en el plano de un muro confinado exterior o interiormente se calculará con base en las hipótesis estipuladas en la sección 3.1.6 de las NTC de diseño por sismo del RCDF04. La resistencia de diseño se obtendrá afectando la resistencia por el factor de resistencia FR correspondiente.

1.3.5.2 Método optativo

Para muros con barras longitudinales colocadas simétricamente en sus castillos extremos, sean éstos exteriores o interiores, las fórmulas simplificadas siguientes (ecs. 3-9 y 3-10) dan valores suficientemente aproximados y conservadores del momento flexionante resistente de diseño.

El momento flexionante resistente de diseño de la sección, M_R , se calculará de acuerdo con las ecuaciones (fig. 1.7)

(12) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo1, Sección 6.3.1, pp.36.

$$M_R = F_R M_0 + 0.3 P_u d \quad ; \quad \text{si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (3-9)$$

$$M_R = (1.5 F_R M_0 + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right) \quad ; \quad \text{si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (3-10)$$

Donde

$M_0 = A_s f_y d'$ resistencia a flexión pura del muro;

A_s área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en cada uno de los castillos extremos del muro;

d' distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro;

d distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima;

P_u carga axial de diseño a compresión, cuyo valor se tomará con signo positivo en las ecs. 3-9 Y 3-10; y

FR se tomará igual a 0.8, si $P_u \leq P_R / 3$ e igual a 0.6 en caso contrario.

Para cargas axiales de tensión será válido interpolar entre la carga axial resistente a tensión pura y el momento flexionante resistente M_0 , afectando el resultado por $FR=0.8$. (13)

(13) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo1, Sección 5.3.2.2, pp.30, 31.

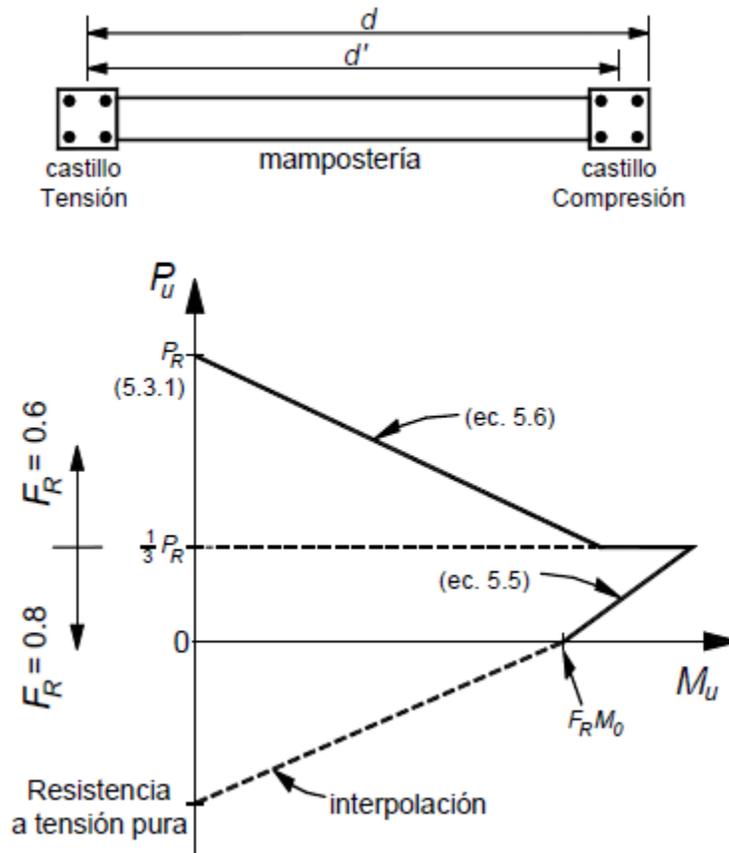


Fig. 1.7. Diagrama de interacción carga axial-momento flexionante resistente de diseño con el método optativo

El software de mampostería calcula la resistencia a flexocompresión del muro utilizando el método optativo de diseño. En el caso de que un muro tenga dos tipos diferentes de castillos en sus extremos, el software diseñará automáticamente el muro considerando que el castillo con menor área total de acero está colocado en ambos extremos del muro.

Esta simplificación de diseño se basa en el supuesto de que a pesar de que un castillo con mayor área de acero proporciona resistencia adicional a flexión en un sentido del sismo, esta misma resistencia a flexocompresión no se ve igualmente

beneficiada en el sentido opuesto de la acción sísmica. Ya que el acero adicional de un castillo mayormente reforzado solo beneficia a la dirección de análisis que provoque tensiones en dicho castillo, mientras que en la dirección opuesta, éste castillo estará sometido a compresión y la resistencia neta a flexión del muro estará dictada por la cantidad de acero del otro castillo menos reforzado.

2. INSTRUCTIVO

Este capítulo presenta el contenido del software desarrollado. Se ha nombrado “DWALLS” y en los capítulos siguientes se habla de todas sus herramientas y funciones.

2.1 Ventana Inicial “Home”

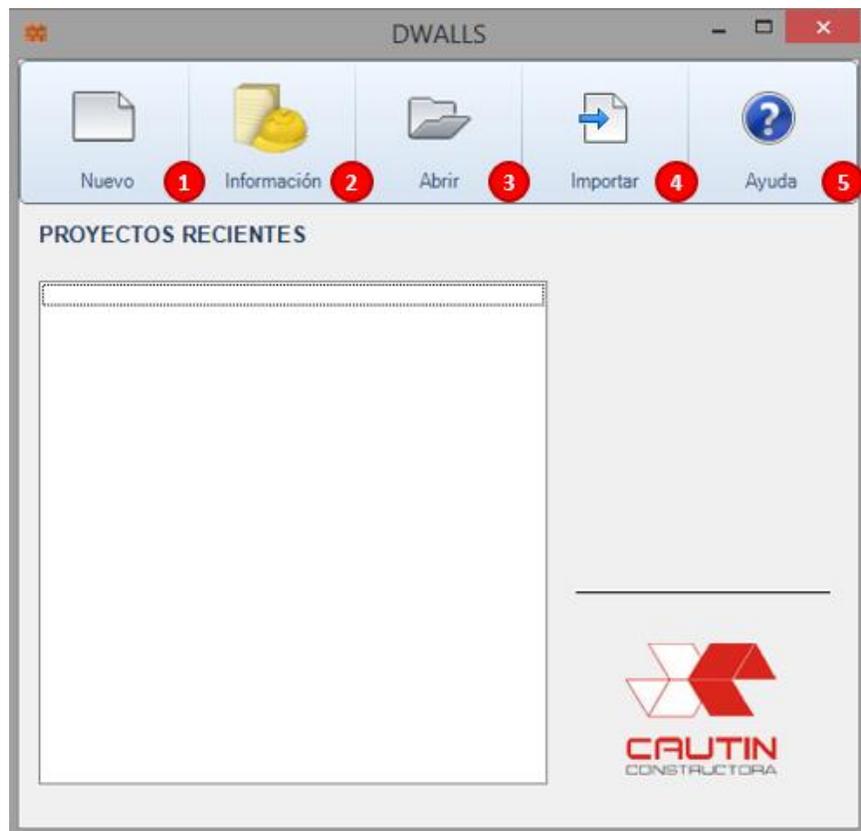


Fig. 2.1. Ventana “HOME”

1. **Nuevo Proyecto:** Inicializa un nuevo proyecto donde se deberán de definir manualmente las variables geométricas de la edificación, así como las propiedades mecánicas de los materiales empleados en el modelo.
2. **Información:** Habilita la edición de información default de nuevos proyectos, que incluye datos generales como: nombre de cliente, empresa de cálculo, descripción del proyecto, etc. Ver Fig. 2.2
3. **Abrir:** Carga proyectos editados y guardados anteriormente con formato (.gpr), formato típico y exclusivo del software “DWALLS”
4. **Importar:** Inicializa un nuevo proyecto importando información de proyectos existentes creados con el programa desarrollado por CSI: ETABS2013. La importación abarca las variables geométricas de la edificación, las propiedades mecánicas de los materiales, la definición de secciones tanto de muros como de losas y la asignación de cargas uniformemente distribuidas en los objetos “losa”.

Para importar un proyecto de ETABS, como se muestra en la Fig. 2.3, el usuario tiene que seleccionar el archivo de extensión *.EDB y el archivo, previamente exportado, de formato *.e2k. Es importante mencionar que el archivo *.e2k, debe de haber sido exportado con metros, como unidad de medida de longitud. La unidad de medida de fuerza seleccionada para el archivo *.e2k es irrelevante para este procedimiento.
5. **Ayuda:** Muestra información indizada sobre la utilización del propio software.

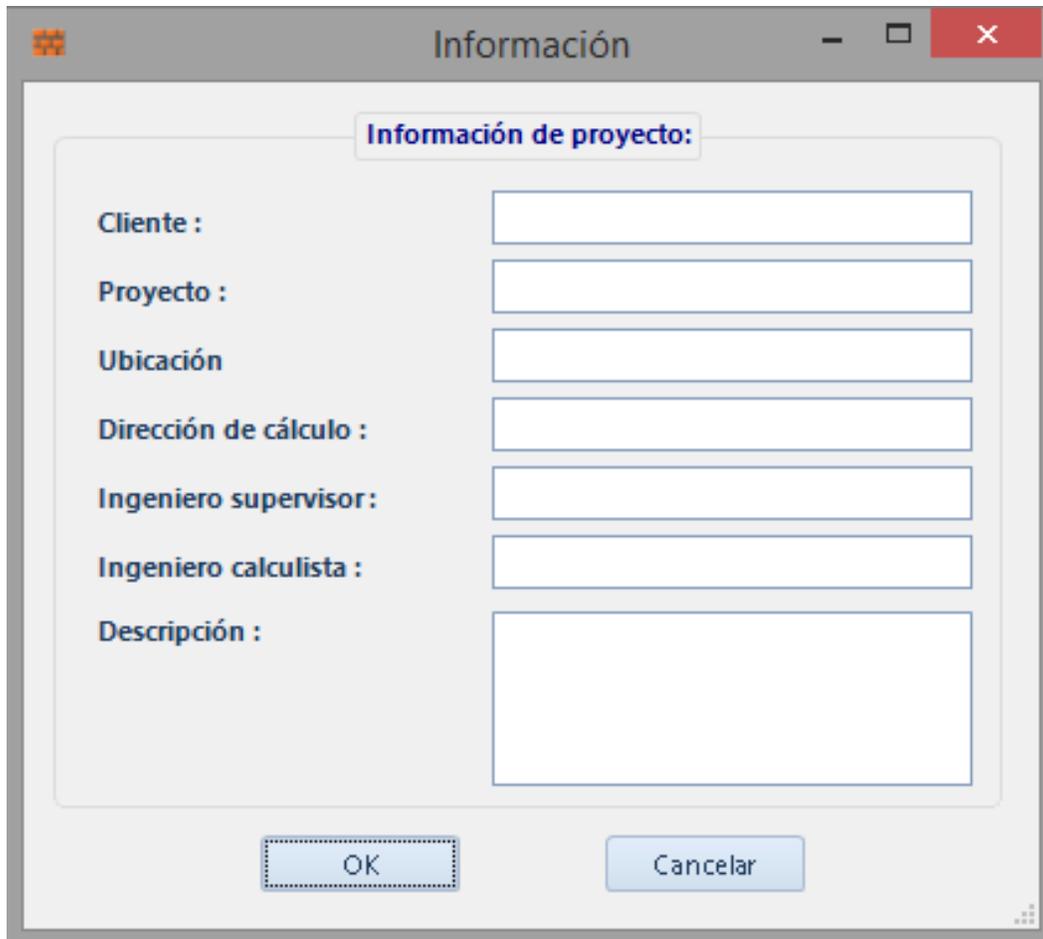


Fig 2.2. Ventana de Información de proyecto



Fig 2.3. Ventana de Importación de proyecto

2.2 Ventana Principal DWALLS

Al seleccionar la opción de nuevo proyecto de la ventana “HOME” se muestra la plataforma principal del programa iniciando con la pestaña de “Modelo” que engloba las herramientas necesarias para definir el nuevo sistema de “grids” que delimitará el proyecto y brindará ayuda durante el modelado. Además de la definición de “grids”, se brinda la herramienta de definición de número de pisos y alturas de entrepiso, que junto con las herramientas de dibujo de losas, muros y vacíos hace posible la definición de plantas arquitectónicas de dimensiones precisas.

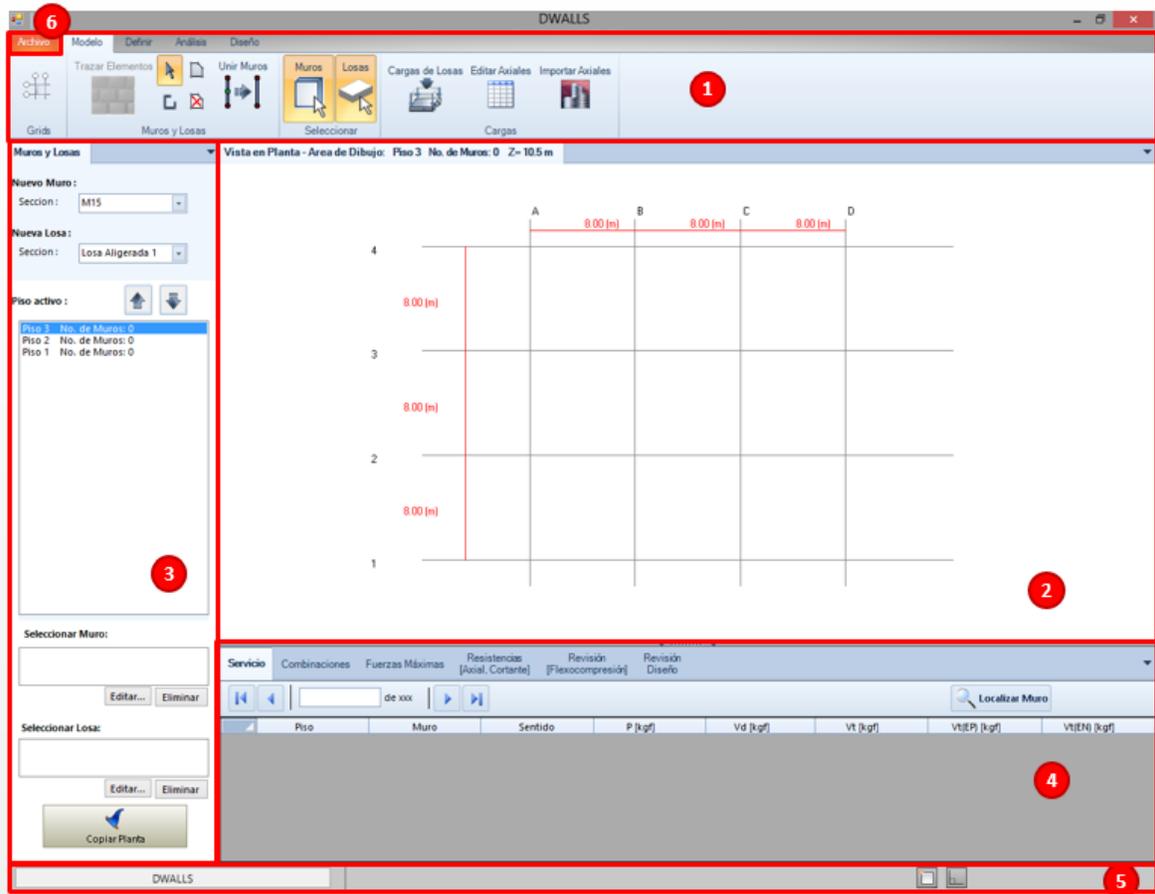


Fig. 2.4. Ventana principal “DWALLS”

- 1. Barra de Herramientas:** La barra de herramientas es el contenedor principal de las herramientas del programa. Las pestañas que se encuentran por encima de la barra contienen los cuatro tipos de herramientas disponible, siendo estas de: **Modelo**, que son herramientas que habilitan la edición del modelo geométrico de la edificación; **Definir**: herramientas para la definición de materiales y secciones de objetos típicos; **Análisis**: comprende las herramientas que preparan y arrancan el análisis matemático del modelo en cuestión; y finalmente **Diseño**: que incluye las herramientas para la revisión y detallamiento de los muros de mampostería conforme a la normatividad previamente citada.
- 2. Área de dibujo:** El área de dibujo es el espacio donde se presenta el dibujo del modelo y donde directamente se puede editar dicho modelo con las herramientas de dibujo.
- 3. Panel de controles izquierdo:** Contenedor de controles que varían según la fase de modelado activa. Si la fase activa es la de dimensionamiento, el panel de controles izquierdo contendrá las herramientas de edición de “grids” y de pisos; si la fase es de modelado, el panel contendrá herramientas de navegación para explorar las distintas plantas del modelo bidimensional y sus correspondientes objetos.
- 4. Contenedor de tablas de resultados:** El concentrado de resultados tanto de análisis como de diseño de todos los elementos tipo muro se puede consultar en las tablas de este contenedor.
- 5. Barra inferior:** Esta barra contiene una barra de progreso que muestra el avance de distintos procesos que efectúa el programa. Dentro de la barra también se encuentran los botones “OSNAP” y “ORTHO”, que facilitan las tareas de dibujo en la interfaz gráfica.

6. Archivo: Contiene las opciones para guardar el proyecto actual.

2.2.1 Barra de Herramientas

2.2.1.1 Herramientas de Modelado



Fig. 2.5 Barra de Herramientas de Modelado

- 1. Dimensiones:** Muestra las herramientas de edición de “grids” y de Pisos en el panel de controles izquierdo.
- 2. Trazar Elementos:** Al hacer clic en este botón se entra a la fase de modelado, dejando atrás el dimensionamiento de “grids” y número de pisos. Una vez iniciada esta fase se habilitan todos los controles de dibujo y asignación de cargas y se prepara el modelo para el posterior análisis y diseño.

En caso de haber iniciado un modelo importándolo de ETABS, el programa envía al usuario directamente a esta fase del proceso, ya que con la importación quedan definidos los “grids” y las propiedades de los niveles de la edificación.

- 3. Seleccionar:** teniendo activa esta herramienta de dibujo se pueden seleccionar los diferentes objetos dentro del modelo en el área de dibujo, ya sea mediante una selección individual con clic o mediante el arrastre y selección dentro de un recuadro de selección múltiple.

La desección de objetos se puede hacer mediante la tecla “Escape”, la cual deselecciona todos los objetos dentro de la selección o se puede hacer clic nuevamente en el objeto seleccionado para deseleccionarlo individualmente.

Para volver a activar la selección de objetos e interrumpir el dibujo de objetos se puede teclear indiferentemente “Escape” o “Space”.

- 4. Dibujar Losas:** La herramienta de dibujo de losas permite crear polígonos de cualquier forma. La creación de objetos losa consiste en hacer clic en todos los puntos que comprenden el polígono, terminando con un clic en el punto inicial para cerrar la figura. La sección de losa asignada al nuevo objeto losa será la correspondiente a la seleccionada en el control de “nueva losa” contenido en el panel de controles izquierdo.

Método alternativo a hacer clic en el botón de dibujar losa es presionar la tecla “s”, estando dentro del área de dibujo. Esto iniciará el dibujo, el cual puede ser interrumpido y cancelado en cualquier momento presionando la tecla “Escape” o “Space”.

- 5. Dibujar Muros:** El dibujo de muros consiste en hacer clic en el punto inicial del muro y arrastrar el mouse hacia el punto final del muro donde se deberá de hacer clic nuevamente. Este segundo clic enlaza el punto final del recién dibujado muro con el punto inicial del siguiente muro a dibujar, iniciando así una cadena de muros.

Cabe mencionar que aunque en el dibujo el primer clic corresponda al punto inicial del muro en cuestiones de dibujo, los objetos muro serán almacenados calculando siempre el punto inicial y final bajo el criterio citado en la sección 2.2.2.1. De tal forma que al examinar las propiedades geométricas del muro se puede encontrar que no siempre coincidirán los puntos iniciales y finales con los definidos durante el dibujo.

Método alternativo a hacer clic en el botón de dibujar muros es presionar la tecla “w”, estando dentro del área de dibujo. Esto iniciará el dibujo, el cual puede ser interrumpido y cancelado en cualquier momento presionando la tecla “Escape” o “Space”.

- 6. Dibujar Vacíos:** La herramienta de dibujo de vacíos permite crear vacíos dentro de los objetos losa. El proceso de dibujo es exactamente igual al de dibujo de losas. Los objetos vacío solo pueden ser contenidos por un solo objeto losa simultáneamente, esto quiere decir que un vacío no puede entrar dentro de dos o más objetos losa.

Método alternativo a hacer clic en el botón de dibujar vacíos es presionar la tecla “v”, estando dentro del área de dibujo. Esto iniciará el dibujo, el cual puede ser interrumpido y cancelado en cualquier momento presionando la tecla “Escape” o “Space”.

- 7. Unir Muros:** une todos aquellos muros seleccionados de la misma planta que sean colineales y contiguos. La unión de muros reemplaza los objetos tipo muro dentro de la unión por un solo objeto muro. El nuevo objeto muro recibe como elemento mecánico axial la suma de los axiales de los muros que lo formaron.

- 8. Seleccionar muros:** habilita la selección de objetos tipo muro en el área de dibujo.

9. Seleccionar losas: habilita la selección de objetos tipo losa en el área de dibujo.

10. Asignar cargas uniformemente distribuidas a losas: Este botón abre la ventana de asignación de cargas de losas. Dentro de esta interfaz se puede hacer una rápida asignación de cargas uniformemente distribuidas a todos los objetos losa en todos los niveles de la edificación.

11. Asignar Axiales a muros: Haciendo clic en este botón se abre la ventana de asignación de axiales a muros. Mediante esta herramienta se puede hacer una rápida asignación de los axiales correspondientes a todos los muros.

La asignación de axiales requiere un análisis realizado por fuera del programa para la repartición por gravedad o la llamada “bajada de cargas” a todos los muros de carga. Se deja a criterio del usuario el uso de software de análisis por medio de elemento finito o el cálculo por medio de áreas tributarias involucrando así un análisis estático más simple.

12. Importar Axiales de ETABS: Si el usuario optara por “jalar”, por así decirlo, los axiales calculados por el programa ETABS, siguiendo así el criterio de elemento finito, esta herramienta proporciona los medios para dicha importación.

2.2.1.1.1 Asignar cargas uniformemente distribuidas a losas

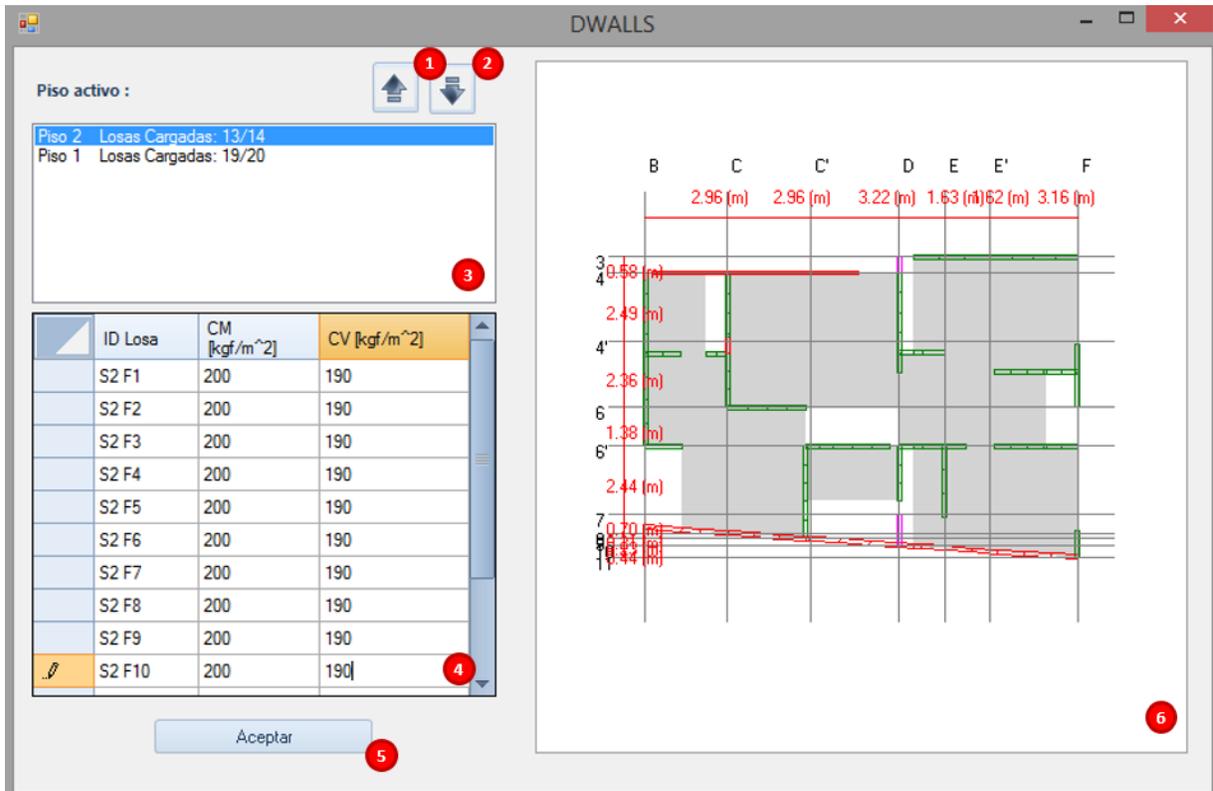


Fig 2.6 Ventana de edición de cargas uniformemente distribuidas en losas

1. **Cambiar a piso superior:** cambia la selección de piso activo al piso inmediato superior
2. **Cambiar a piso inferior:** cambia la selección de piso activo al piso inmediato inferior
3. **Lista de pisos:** Presenta los pisos existentes del proyecto y un contador de las losas a las que ya ha sido asignada una carga distribuida.
4. **Tabla de edición de cargas:** Aquí el usuario puede ingresar rápidamente los valores de cargas uniformemente distribuidas a todas las losas del nivel seleccionado. “CM” corresponde a cargas muertas y “CV” es la abreviación de cargas vivas. Cabe mencionar que aunque el análisis sísmico contempla

únicamente el 50% de la carga viva, esta debe ser ingresada aquí en su 100%, para su posterior reducción automática.

5. **Aceptar:** aceptar y cerrar
6. **Planta:** Dibujo interactivo de la planta en edición, donde la losa que se esté editando parpadea de otro color para su fácil identificación.

2.2.1.1.2 Asignar axiales a muros

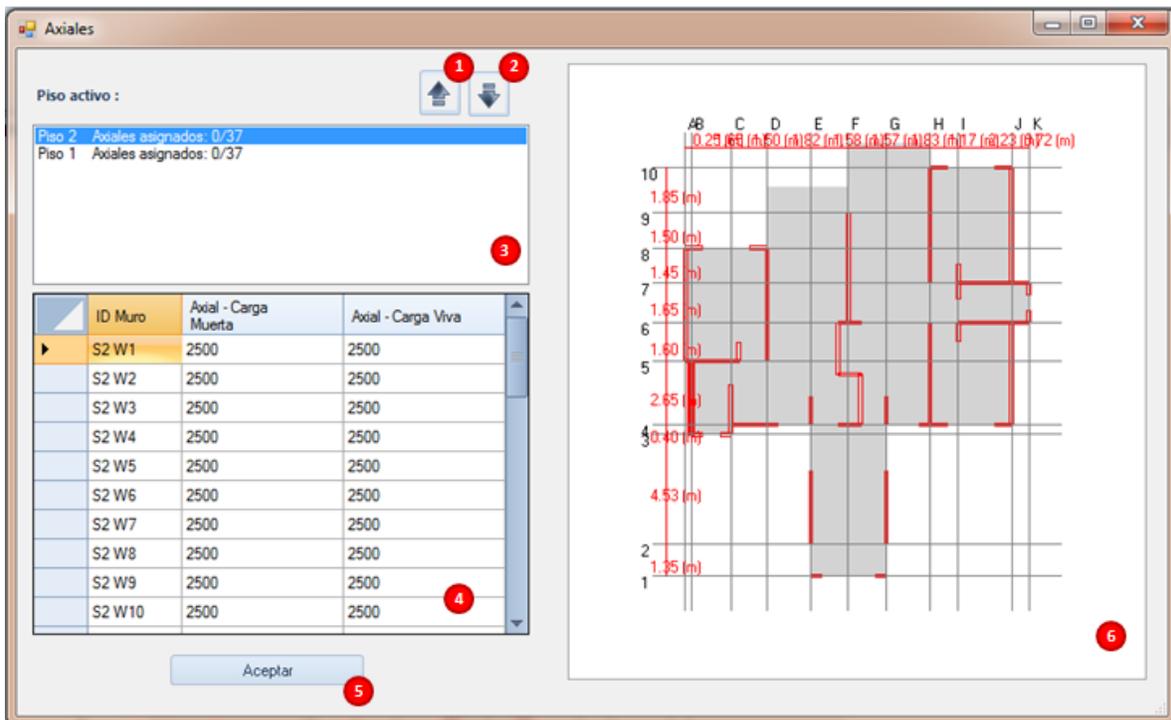


Fig 2.7 Ventana de edición de axiales en muros

1. **Cambiar a piso superior:** cambia la selección de piso activo al piso inmediato superior

2. **Cambiar a piso inferior:** cambia la selección de piso activo al piso inmediato inferior
3. **Lista de pisos:** Presenta los pisos existentes del proyecto y un contador de los muros a los que ya ha sido asignado un axial.
4. **Tabla de edición de axiales:** Aquí el usuario puede ingresar rápidamente los valores de fuerzas axiales debidos a cargas vivas y cargas muertas calculados por la bajada de cargas de manera externa al programa en todos los muros del nivel seleccionado.
5. **Aceptar:** aceptar y cerrar
6. **Planta:** Dibujo interactivo de la planta en edición, donde el muro que se esté editando parpadeará de otro color para su fácil identificación.

Los muros se crean con un valor default de 2500 kg de Axial tanto de carga viva como de muerta, este valor puede ser reemplazado mediante esta edición o mediante la importación de elementos axiales de ETABS.

2.2.1.1.3 Importar axiales de ETABS



Fig 2.8 Ventana de importación de axiales de ETABS

- 1. Seleccionar archivo de “Pier Section Properties”:** Al hacer clic en el botón “Abrir” se muestra un diálogo de selección de archivos donde se podrá buscar la dirección del documento con formato (.xlms), previamente exportado de ETABS, donde se encuentran las propiedades de los “Pier Section”. De igual manera se puede teclear directamente en el cuadro de dialogo la dirección de dicho archivo.
- 2. Seleccionar archivo de “Pier Forces”:** Al hacer clic en el botón abrir se muestra un diálogo de selección de archivos donde se podrá buscar la dirección del documento con formato (.xlms), previamente exportado de ETABS, donde se encuentran las fuerzas internas de los objetos asignados en ETABS como “Piers”. De igual manera se puede teclear directamente en el cuadro de dialogo la dirección de dicho archivo.
- 3. Importar:** Una vez seleccionados los dos archivos necesarios se inicia la importación.
- 4. Cancelar:** Cancelar operación y salir de la ventana.

El procedimiento para la importación de elementos mecánicos axiales del modelo generado en ETABS consiste de 3 sencillos pasos: La asignación de “Pier Labels” a los objetos tipo “Wall” en el modelo de ETABS, la exportación de tablas de datos de los “Piers” a formato de Microsoft Office Excel (.xlms), unir dentro del software de Mampostería aquellos objetos tipo muro que sean colindantes y colineales y cuyo comportamiento es considerado en conjunto y finalmente la importación de Archivos.

1. Asignación de Pier Labels

Como normalmente sucede, el usuario muy seguramente habrá modelado muchos de sus elementos tipo muro de manera segmentada dentro de ETABS, buscando así una mayor precisión del método de elemento finito. Sin embargo, para la aplicación del método de análisis sísmico integrado en el programa, es necesario que los muros contiguos estén integrados en un solo objeto, a no ser de que en obra se tenga el cuidado de asegurar la discontinuidad entre muros que en el modelo hayan sido planteados como elementos independientes uno de otro.

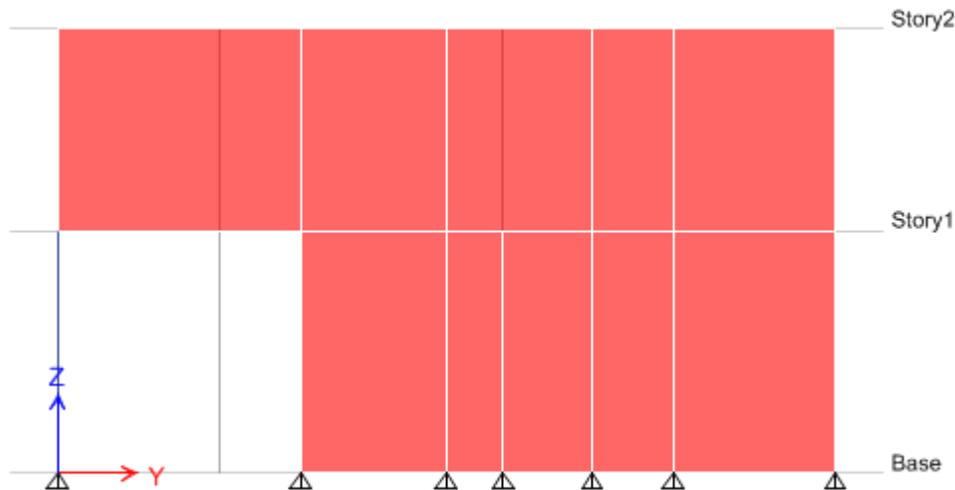


Fig 2.9 Muros modelados por segmentos en ETABS

La asignación de "Pier Labels" debe obedecer siempre las siguientes reglas:

- i) Todos los muros asignados a un mismo "Pier Label" deben de tener asignada la misma sección de muro.
- ii) Los muros asignados dentro de un mismo "Pier Label" deben ser siempre colineales.
- iii) Todos aquellos muros que sean colineales, pero no contiguos uno de otro, no pueden ser asignados dentro del mismo "Pier Label".

- iv) Muros que sean colineales pero que no se encuentren en el mismo nivel de piso pueden ser asignados al mismo “Pier Label” siempre y cuando se cumpla la regla ii entre muros de un mismo nivel de piso.

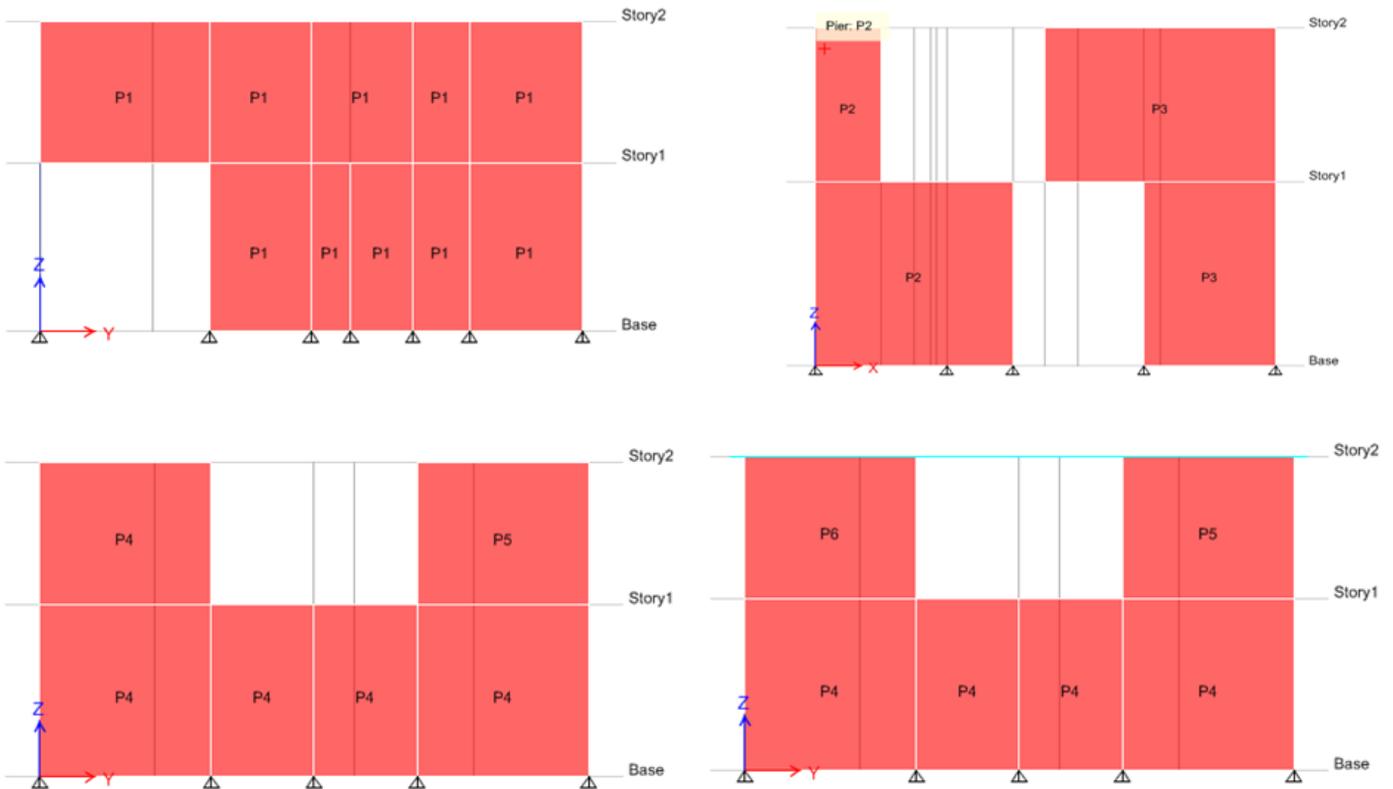


Fig 2.10 Ejemplos de asignación de Pier Labels

2. Exportación de tablas de datos

Una vez etiquetados los muros con sus “Pier Labels” se procede a exportar las tablas de datos necesarias para alimentar el programa de mampostería. Las tablas necesarias son: “Pier Section Properties” y “Pier Forces”, así como se muestra en la figura 2.11. Las tablas se pueden mostrar siguiendo: Display > Show Tables...

Recomendación: Al generar las tablas es preferible elegir que muestre únicamente los Casos de carga correspondientes a viva, muerta, y si hubiera, de sobrecarga también. Esto con la finalidad de acelerar el proceso de importación de datos de las tablas.

Una vez en pantalla se procede a exportarlas a Excel y a guardarlas como archivos en la computadora para su posterior búsqueda desde el explorador. Es necesario guardar las tablas tal y como han sido exportadas.

Otro punto muy importante es que los niveles deben estar nombrados por orden como “Story1” para el piso 1, “Story2” para el piso 2, y así sucesivamente hacia piso superiores en elevación. Si el usuario no quisiera nombrarlos así en su modelo, este requisito puede ser omitido solo si en las tablas de Excel previamente citadas los nombres de los niveles son reemplazados por la nomenclatura aquí mencionada.

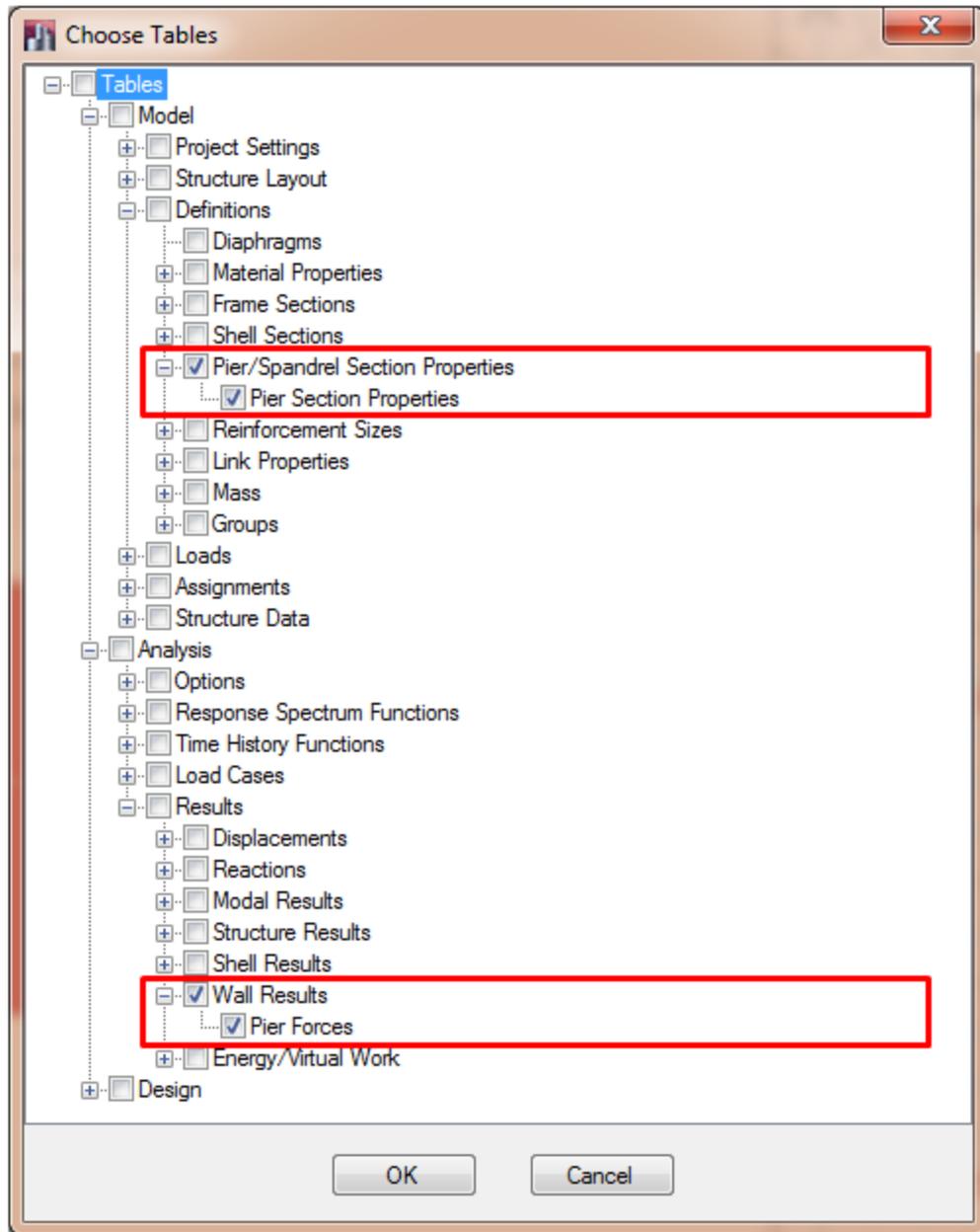


Fig.2.11 Tablas a exportar

3. Unir objetos tipo muro

Con estos dos pasos concluye nuestra actividad en ETABS. Volviendo al programa de Mampostería empezamos por unir objetos muro haciendo uso de la herramienta “Unir muros” de la barra de herramientas de modelado.

La unión de objetos muro debe de coincidir exactamente con la asignación de los “Pier Labels” por nivel, esto quiere decir que todos aquellos muros que hayan sido asociados por un “Pier Label” dentro de un nivel, deben de estar representados por un único objeto muro en el programa de mampostería que tenga las dimensiones exactas del “Pier Label”. Esto con el objeto de que el programa pueda relacionar mediante coordenadas los objetos muro del programa mampostería con los “Piers” correspondientes de ETABS y obtener así la información de los elementos mecánicos axiales.

4. Clasificación de casos de carga:

Finalmente se procede a hacer uso de la herramienta “Importar Axiales de ETABS” de la barra de herramientas de modelado. Lo primero que nos muestra el programa es una ventana donde clasificamos los casos de carga declarados en el archivo importado de ETABS según el tipo de la carga. Las cargas muertas se colocan del lado izquierdo, mientras que las vivas van del lado derecho. Todos aquellos casos de carga diferentes de estos dos tipos, como son las cargas sísmicas, se dejan en la lista de en medio.



Fig. 2.12 Ventana de clasificación de casos de carga

5. Importación de Archivos

Al aceptar la clasificación de cargas se abre la ventana de importación de axiales de ETABS en ella se escogen las dos tablas ya exportadas y guardadas en formato .xlms del paso 2 y se acepta la operación para cargar así los elementos mecánicos.

2.2.1.2 Herramientas de Definición de Propiedades



Fig. 2.13 Barra de Herramientas de Definición de Propiedades

1. **Materiales:** Abre la ventana de definición de materiales. En esta ventana se pueden agregar, modificar, copiar y borrar los materiales existentes en el proyecto.
2. **Secciones de muros:** Abre la ventana de definición de secciones de muros. En esta ventana se pueden agregar, modificar, copiar y borrar las secciones de muro existentes en el proyecto.
3. **Secciones de losas:** Abre la ventana de definición de secciones de losas. En esta ventana se pueden agregar, modificar, copiar y borrar las secciones de losa existentes en el proyecto.
4. **Secciones de castillos** Abre la ventana de definición de secciones de castillos. En esta ventana se pueden agregar, modificar, copiar y borrar las secciones de castillo existentes en el proyecto. Esta herramienta no se encuentra habilitada sino hasta que la fase de diseño haya sido ejecutada.
5. **Varillas:** Abre la ventana de definición de catálogos de varillas. En esta ventana se pueden agregar nuevos catálogos de varillas mediante la importación de archivos de formato predeterminado y se pueden borrar catálogos previamente importados.
6. **Paquetes:** Abre la ventana de definición de paquetes de varillas. En esta ventana se pueden agregar, modificar, copiar y borrar los paquetes de varillas existentes en el proyecto.
7. **Mallas:** Abre la ventana de definición de catálogos de mallas electro-soldadas. En esta ventana se pueden agregar nuevos catálogos de mallas mediante la importación de archivos de formato predeterminado y se pueden borrar catálogos previamente importados. Adicionalmente se puede

modificar el tipo de acero que tiene asignado un catálogo o se puede crear una copia de dicho catálogo pero con un acero diferente asignado.

- 8. Combinaciones de carga:** Da paso a la edición de combinaciones de carga. En dicha edición el usuario puede crear, modificar, copiar y eliminar combinaciones de carga. Las combinaciones de carga son utilizadas por el programa de manera automática para revisar la mampostería, tomando en cuenta la situación más desfavorable de carga.

2.2.1.2.1 Definición de materiales

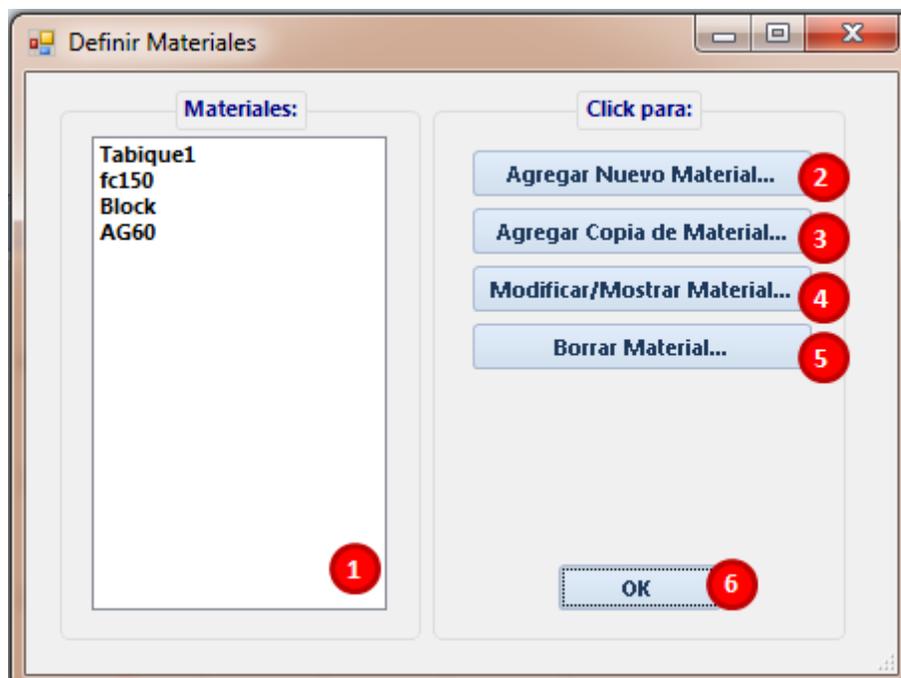


Fig. 2.14 Ventana de Definición de materiales

- 1. Lista de materiales:** Lista de los materiales declarados dentro del proyecto

2. **Agregar Material:** Da paso a la definición de un nuevo material que puede ser: Mampostería, concreto, acero o aligerante.
3. **Agregar Copia de Material:** Abre la ventana de edición de material tomando por default todas las propiedades del material que se encuentra seleccionado en la lista de materiales. Una vez que se termina dicha edición se crea un nuevo material que se agrega a la lista de materiales del proyecto.
4. **Modificar/Mostrar Material:** Inicia la edición de propiedades del material que se encuentra seleccionado en la lista de materiales. Todos los cambios realizados en la ventana de edición de propiedades son aplicados al material tras aceptar la operación.
5. **Borrar Material:** Se elimina el material seleccionado de la lista de materiales.
6. **Ok:** aceptar y salir de la definición de materiales.

Edición de materiales de mampostería

Modificar/Mostrar Material

Nombre del Material 1

Valores de Diseño:

Fm* kg/cm² 2

vm* kg/cm² 3

Peso Específico:

Peso por Unidad de Volumen kg/m³ 4

Propiedades Mecánicas:

Módulo de Elasticidad del Tabique. Em kg/cm² 5

Módulo de Corte. G kg/cm² 6

OK Cancelar

Fig. 2.15 Ventana de edición de materiales de mampostería

1. **Nombre:** Nombre del material
2. **f_m*:** resistencia de diseño a compresión de la mampostería, referida al área bruta.
3. **v_m*:** resistencia de diseño a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga.
4. **Peso por unidad de volumen:** peso volumétrico del material
5. **Em:** Módulo de elasticidad de la mampostería para esfuerzos de compresión normales a las juntas. Calculado automáticamente con la fórmula del RCDF04 (14):

$$E_m = 600 f_m$$

6. **G**: Módulo de cortante de la mampostería. Calculado automáticamente con la fórmula del RCDF04 (14):

$$G = 0.4 E_m$$

Edición de materiales de concreto

The image shows a software dialog box titled "Modificar/Mostrar Material". It contains several input fields for material properties, each with a red circle containing a number from 1 to 6. The fields are:

- 1. Nombre del Material: fc150
- 2. Peso por Unidad de Volumen: 2400 kg/m³
- 3. f_c: 150 kg/cm²
- 4. Módulo de Elasticidad E: 171464.28 kg/cm²
- 5. Relación de Poisson. U: 0.3
- 6. Módulo de Corte. G: 51439.28 kg/cm²

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancelar" buttons.

Fig. 2.16 Ventana de edición de materiales de concreto

(14) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F, México, 2004. Tomo1, Sección 2.8.5, pp.16

1. **Nombre:** Nombre del material.
2. **Peso por unidad de volumen:** peso volumétrico del material.
3. **f'_c:** Resistencia específica del concreto a compresión.
4. **E:** Módulo de elasticidad del concreto de peso normal. Se calcula automáticamente al cambiar f'_c con la fórmula:

$$E = 10,000 \sqrt{f'_c}$$

5. **U:** relación de Poisson del concreto.
6. **G:** Módulo de cortante del Concreto. Se calcula automáticamente como el producto de la relación de Poisson y el módulo de elasticidad.

Edición de materiales aligerantes

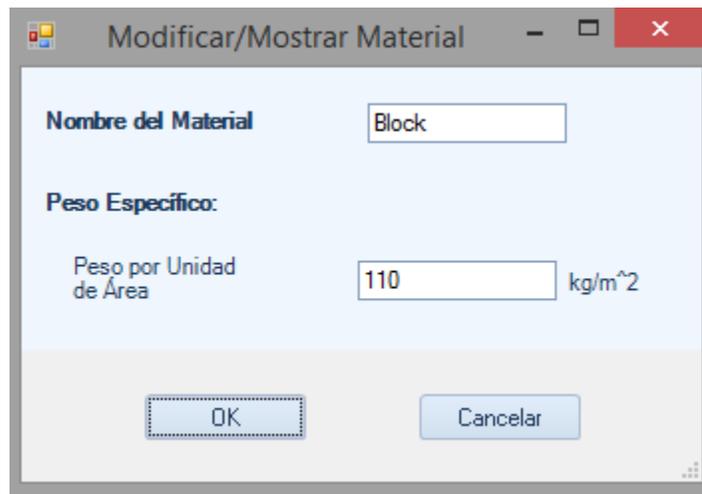


Fig. 2.17 Ventana de edición de materiales aligerantes

1. **Nombre:** Nombre del material
2. **Peso por unidad de área:** sobrecarga que representa dicho material a un metro cuadrado de losa aligerada.

Edición de materiales de acero

The image shows a software dialog box titled "Nuevo Material". It contains the following fields and values:

- Nombre del Material:** Input field containing "AG60" (marked with a red circle 1).
- Peso Específico:** Section header.
- Peso por Unidad de Volumen:** Input field containing "7849.05" with units "kg/m³" (marked with a red circle 2).
- Propiedades Mecánicas:** Section header.
- f_y:** Input field containing "4200" with units "kg/cm²" (marked with a red circle 3).
- Módulo de Elasticidad E_s:** Input field containing "2039000.00" with units "kg/cm²" (marked with a red circle 4).

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancelar" buttons.

Fig. 2.18 Ventana de edición de materiales de acero

1. **Nombre:** Nombre del material.
2. **Peso por unidad de volumen:** peso volumétrico del material.
3. **f_y:** esfuerzo especificado de fluencia del acero.
4. **E_s:** módulo de elasticidad del acero.

2.2.1.2.2 Definición de secciones de muros, de losas y de castillos

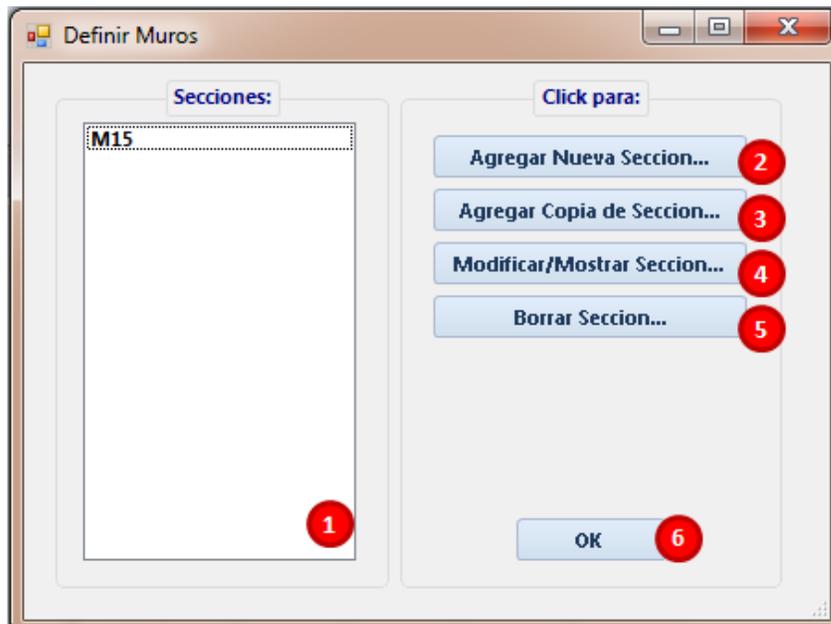


Fig. 2.19 Ventana de definición de secciones de muro

El menú que se abre para la definición tanto de muros, como de losas y castillos tiene el mismo funcionamiento y opciones que el de definición de materiales. Para leer sobre el funcionamiento de las opciones de Agregar, Copiar, Mostrar/Modificar y Borrar de dichos menús, consulte la sección 2.2.1.2.1

Edición de secciones de muro

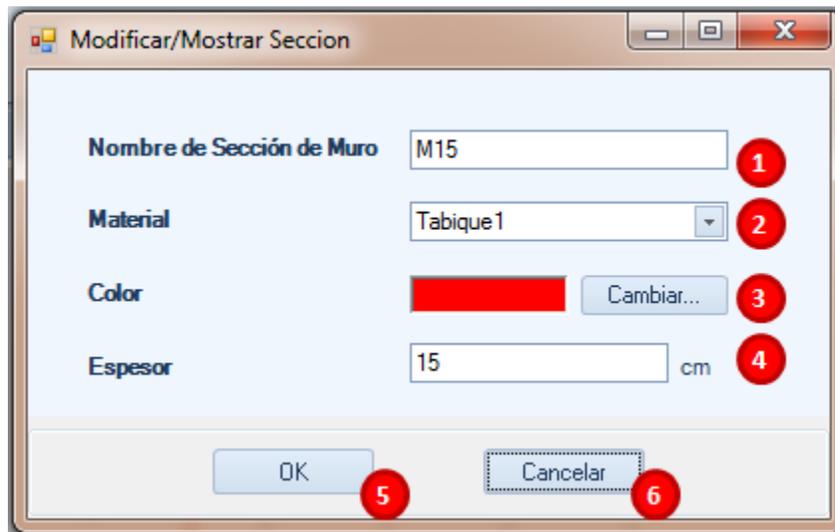


Fig. 2.20 Ventana de edición de sección de muro

1. **Nombre:** Nombre de la sección de muro.
2. **Material:** material de mampostería o concreto asignado a la sección de muro.
3. **Color:** Color con el que son dibujados los muros de dicha sección en el área de dibujo.
4. **Espesor:** espesor de muro.
5. **Ok:** aceptar cambios y salir.
6. **Cancelar:** salir sin guardar cambios.

Edición de secciones de losa

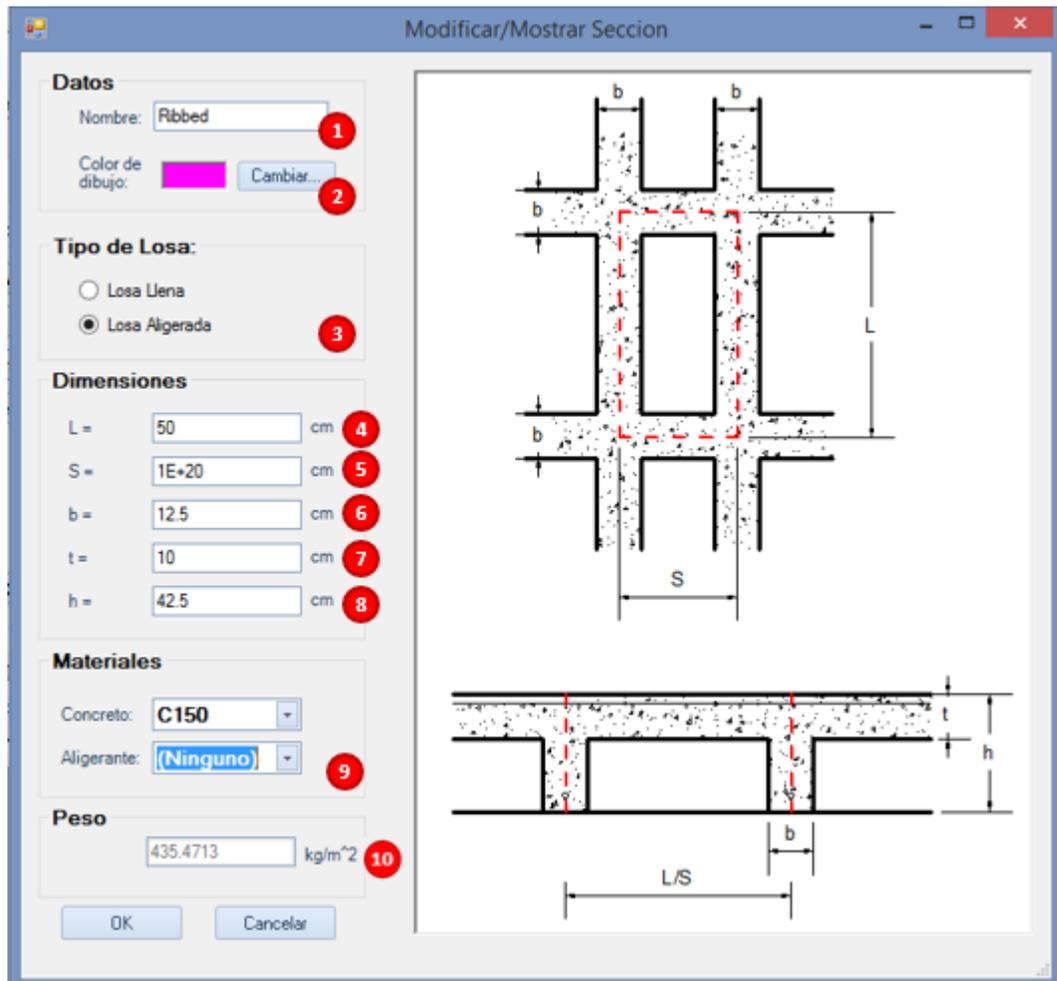


Fig. 2.21 Ventana de edición de sección de losa aligerada

1. **Nombre:** Nombre de la sección de losa.
2. **Color:** Color con el que se dibuja el contorno de las losas, con dicha sección asignada, en el área de dibujo.
3. **Tipo de Losa:** Definir si la losa será llena o aligerada.
4. **L:** Separación centro a centro de las nervaduras de liga de la losa.
5. **S:** Separación centro a centro de las nervaduras en la dirección principal de la losa

6. **b:** ancho de las nervaduras. En caso de tener nervaduras de sección variable se recomienda calcular el ancho promedio para tener resultados equivalentes en el análisis.
7. **t:** espesor de la capa de compresión de la losa
8. **h:** Altura o espesor total de la losa incluyendo la capa de compresión.
9. **Materiales:** Se selecciona el material tipo concreto que corresponde a las nervaduras y la capa de compresión y el material aligerante con que se arma la losa. Se puede escoger "(Ninguno)" en caso de que la losa no cuente con materiales aligerantes entre las nervaduras.
10. **Peso:** Muestra el cálculo automático del peso por unidad de área de la losa editada.

Cabe mencionar que la diferencia entre una losa llena y una aligerada, ya sea en uno o en dos sentidos, es el peso por unidad de área que arroja el análisis de cargas. La bajada de cargas y por tanto la importancia del comportamiento de losas no es analizado dentro de los algoritmos de este software. Por tanto, se recomienda trabajar con losas llenas que tengan un peso por unidad de área equivalente a la losa aligerada que estuvieran representando.

Si se quisiera definir una losa con nervaduras en un solo sentido, dígase "Ribbed", se sugiera dar a "S" o a "L" un valor muy alto de espaciado de nervaduras. Por ejemplo, en la figura 2.21 se da un valor de 1E20 a "S" para modelar este tipo de losa.

Al declarar una losa llena, los únicos datos que debe proporcionar el usuario son: el espesor de losa y el material de concreto.

Edición de secciones de castillos

Modificar/Mostrar Sección

Información General

Nombre de Castillo: K15x30

Material: FC250

Color: Cambiar...

Dimensiones de Sección

Espesor: 15 cm

Longitud: 30 cm

Refuerzo Longitudinal

Material: A615Gr60

Recubrimiento: 2 cm

Número de barras Longitudinales en dirección paralela al muro: 3

Número de barras Longitudinales en dirección normal al muro: 2

Tamaño de Varillas Longitudinales: #3

Tamaño de Varillas en Esquinas: #4

Area de Acero Longitudinal: 6.58 cm²

Refuerzo Horizontal

Material: A615Gr60

Tamaño de Varillas: #3

Espacio Longitudinal entre estribos: 15 cm

OK Cancelar

Fig. 2.22 Ventana de edición de sección de muro

- 1. Información General:** Se puede editar el nombre de la sección de castillo, así como el material de concreto con el que será colado. El color es el tono con que será representado en el Área de dibujo.

2. **Dimensiones de Sección:** El espesor es la dimensión medida perpendicularmente a la longitud del muro y la longitud es la dimensión ortogonal a esta última. Estas dimensiones pueden ser interpretadas inversamente si en el detallado del muro se le asigna un giro de 90° al eje local del castillo.
3. **Refuerzo Longitudinal:** Se define el material de las varillas de refuerzo longitudinal y el recubrimiento de dichas varillas, medido de la cara más cercana a la superficie más próxima de la varilla. También se define el número de varillas en cada cara del castillo y el diámetro de dichas varillas y de las que están ubicadas en las esquinas. Cabe mencionar que, de haber declarado paquetes de varillas, estos aparecerán junto con los demás diámetros nominales en los cuadros de selección de “Tamaño de varillas”
4. **Refuerzo Horizontal:** Se define el material, tamaño de varilla y separación de los estribos del castillo.

2.2.1.2.3 Definición de barras de refuerzo

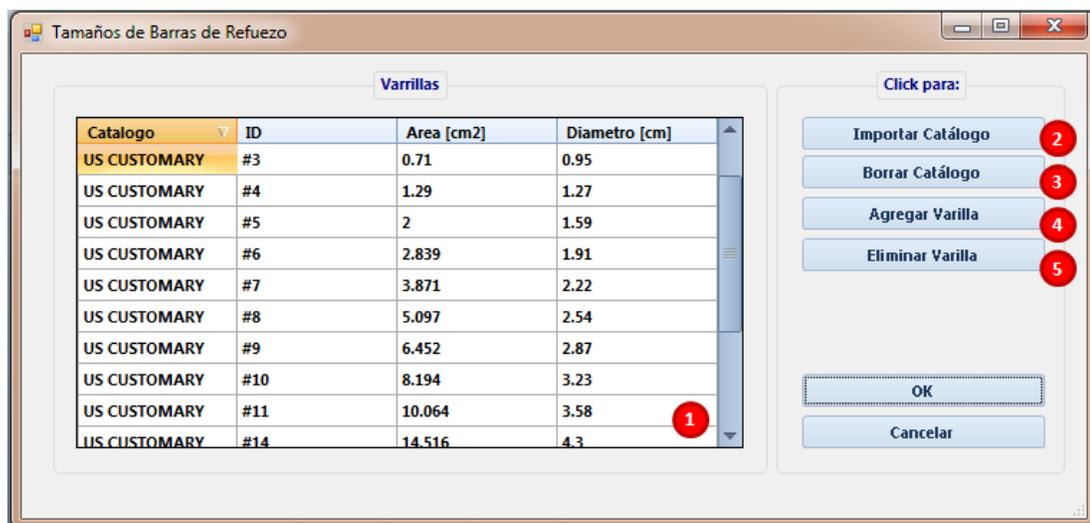


Fig. 2.23 Ventana de definición y edición de barras típicas de refuerzo

- 1. Tabla de edición:** En la tabla de edición de varillas el usuario puede modificar la denominación de la varilla seleccionada (ID), el área de acero correspondiente y el diámetro nominal de dicha varilla.
- 2. Importar catálogo:** A través de esta opción es posible la importación de un nuevo catálogo de varillas de acero mediante la lectura de un archivo tipo .var.
- 3. Borrar catálogo:** Se elimina todo el catálogo correspondiente a la varilla que se encuentre seleccionada al momento de hacer clic en este botón.
- 4. Agregar varilla:** Se crea un nuevo renglón en la tabla de edición de varillas en el catálogo correspondiente a la varilla que se encuentre seleccionada al momento de hacer clic en "Agregar varilla". De esta manera el usuario puede agregar rápidamente una nueva varilla personalizada.
- 5. Eliminar varilla:** Se elimina la varilla que se encuentre seleccionada.

Los archivos de base de datos de catálogos de varilla pueden ser creados y editados a través de documentos de texto con extensión (.var)

A través de la instalación del programa se genera una carpeta contenedora de dichos archivos, cuya ruta es la siguiente: **C:\DWALLS\Mamposteria\Default**. En esta carpeta se pueden generar nuevos archivos default o modificar los ya existentes. El programa carga por default los dos archivos que vienen con la instalación del producto, los cuales son: el catálogo de varillas comerciales de los Estados Unidos y comúnmente utilizado en México; y el catálogo de varillas de alta resistencia tipo TEC60. Estas últimas típicamente utilizadas para el refuerzo a cortante de muros de mampostería en juntas longitudinales.

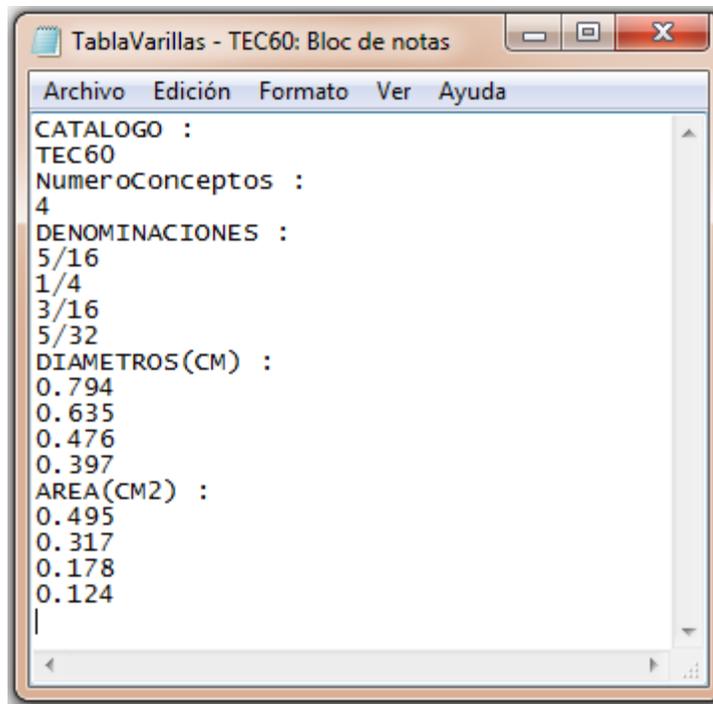


Fig. 2.24 Archivo “TablaVarillas – TEC60.var” abierto con el Bloc de notas

Los archivos de catálogos de varillas deben respetar un riguroso formato. Los títulos en mayúsculas que terminan en dos puntos (:) no deben ser modificados de ninguna manera. La primer entrada de datos es el nombre del catálogo; la segunda, llamada “NumeroConceptos” que en este caso es 4, es el número de varillas que contiene el catálogo; enseguida se teclean las denominaciones de cada una de las varillas del catálogo (el llamado ID en la tabla de edición de varillas en el programa); seguido a esto se ingresan los diámetros de cada varilla en centímetros; y finalmente se ingresan las áreas de acero de las varillas en centímetros cuadrados.

2.2.1.2.4 Definición de paquetes de varillas

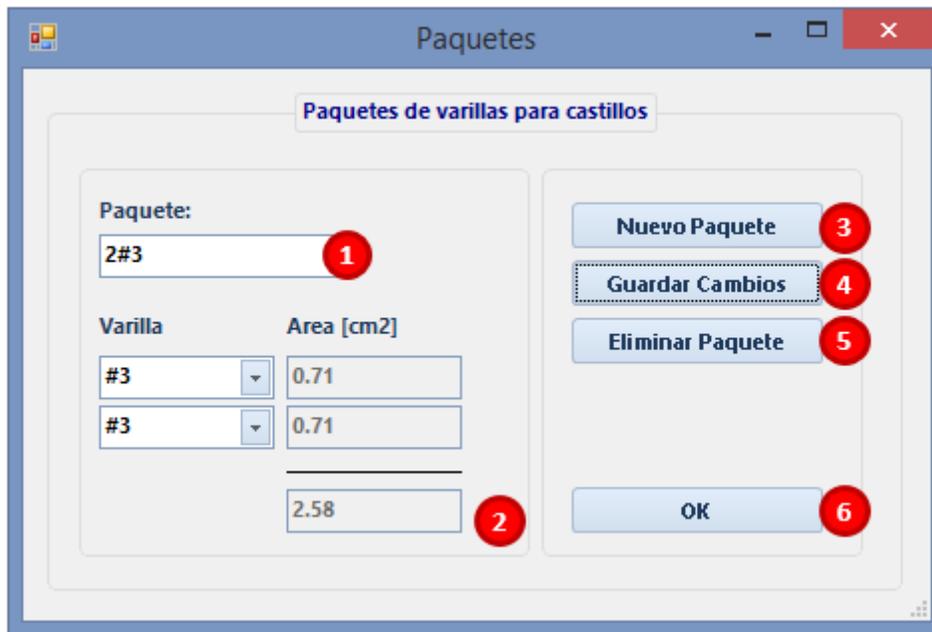


Fig. 2.25 Ventana de definición y edición de paquetes de varillas

- 1. Nombre del paquete/Selector de Paquetes:** Es el nombre que recibe el paquete en edición. Si el editor de paquetes no se encuentra en plena edición, este controlador tiene la función de mostrar los paquetes existentes para su selección y posterior edición o eliminación.
- 2. Selector de varillas:** En este espacio el usuario debe escoger dos varillas para formar el paquete. Solo se permiten dos varillas por concordancia a las Normas Técnicas Complementarias del RCDF (15).
- 3. Nuevo paquete:** Se pide en una pequeña ventana emergente el nombre del nuevo paquete y una vez ingresado se procede a la edición de dicho paquete.

(15) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo1, Sección 3.3.3.2, pp.24

4. **Editar Paquete/Guardar Cambios:** Este es un botón con doble función. Al escoger un paquete con el selector de paquetes, se puede iniciar la edición de dicho paquete a través de este botón. Al terminar la edición del paquete se hace clic nuevamente en el botón, pero esta vez con la función de almacenar los cambios gestionados en el selector de varillas.
5. **Eliminar paquete:** Se elimina el paquete que se encuentre seleccionado.
6. **Ok:** Aceptar y salir

2.2.1.2.5 Definición de mallas electrosoldadas

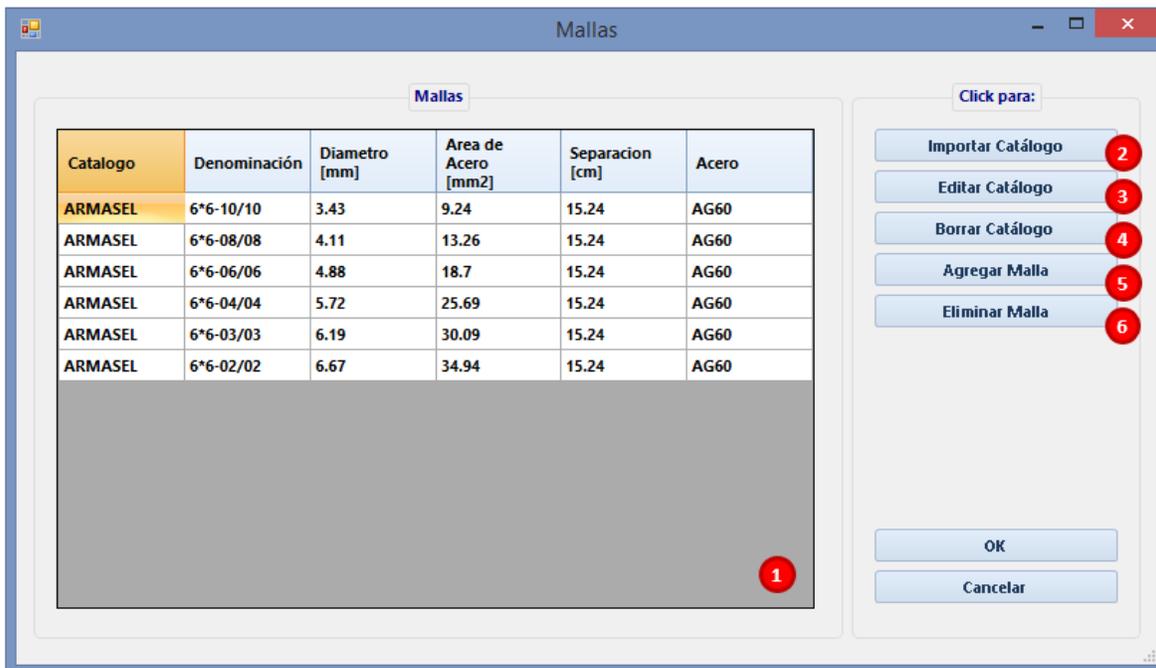


Fig. 2.26 Ventana de definición y edición de catálogos mallas electrosoldadas

- 1. Tabla de edición de mallas:** En la tabla se muestra la información disponible de los catálogos de mallas electrosoldadas. En ella se pueden editar individualmente los diámetros, nombres de denominación, separaciones y tipos de acero de las mallas contenidas en un catálogo.
- 2. Importar catálogo:** A través de esta opción es posible la importación de un nuevo catálogo de mallas electrosoldadas mediante la lectura de un archivo tipo .mll.
- 3. Editar catálogo:** Esta es una herramienta que permite cambiar rápidamente el acero asignado a todas las mallas de un determinado catálogo.
- 4. Borrar catálogo:** Se elimina todo el catálogo correspondiente a la malla que se encuentre seleccionada al momento de hacer clic en este botón.
- 5. Agregar malla:** Se crea un nuevo renglón en la tabla de edición de varillas en el catálogo correspondiente a la malla que se encuentre seleccionada al momento de hacer clic en “Agregar malla”. De esta manera el usuario puede agregar rápidamente una nueva malla personalizada.
- 6. Eliminar malla:** Se elimina la malla que se encuentre seleccionada.

Los archivos de base de datos de catálogos de mallas pueden ser creados y editados a través de documentos de texto con extensión (.mll)

En la misma carpeta que se mencionó en la edición de varillas: **C:\DWALLS\Mamposteria\Default**. se pueden generar nuevos archivos default o modificar los ya existentes. La instalación del programa trae por default el catálogo de mallas de ARMASEL, el cual es importado automáticamente en todos los proyectos nuevos.

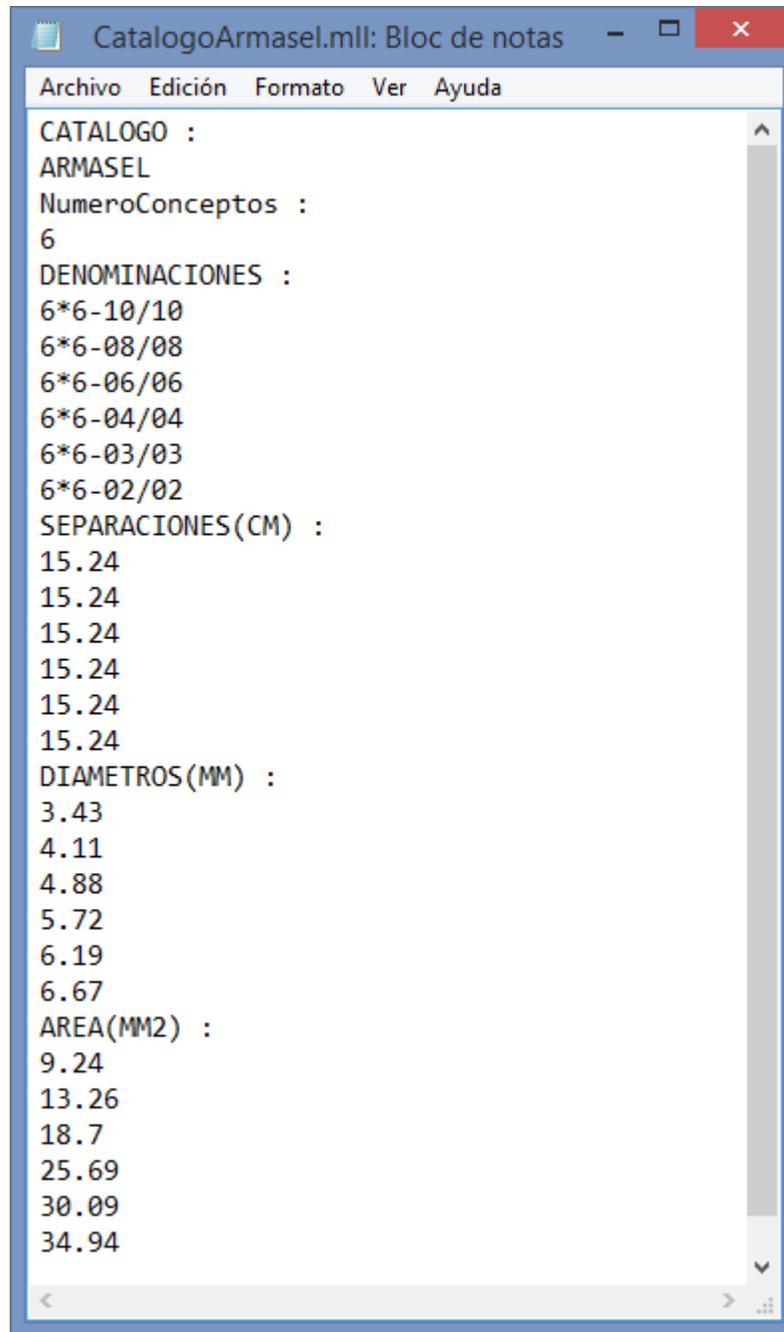


Fig. 2.27 Archivo “CatalogoArmasel.mll” abierto con el Bloc de notas

Los archivos de catálogos de mallas, al igual que los de varillas, deben respetar un riguroso formato. Los títulos en mayúsculas que terminan en dos puntos (:) no deben ser modificados de ninguna manera. La primer entrada de datos es el nombre del catálogo; la segunda, llamada “NumeroConceptos” que en este caso es

6, es el número de mallas que contiene el catálogo; enseguida se teclean las denominaciones de cada una de las mallas, seguido a esto se ingresan las separaciones entre varillas, o sea la modulación de la malla, este dato debe ser dado en centímetros; enseguida vienen los diámetros de cada varilla en milímetros; y finalmente se ingresan las áreas de acero de las varillas en milímetros cuadrados.

2.2.1.2.6 Definición de combinaciones de carga

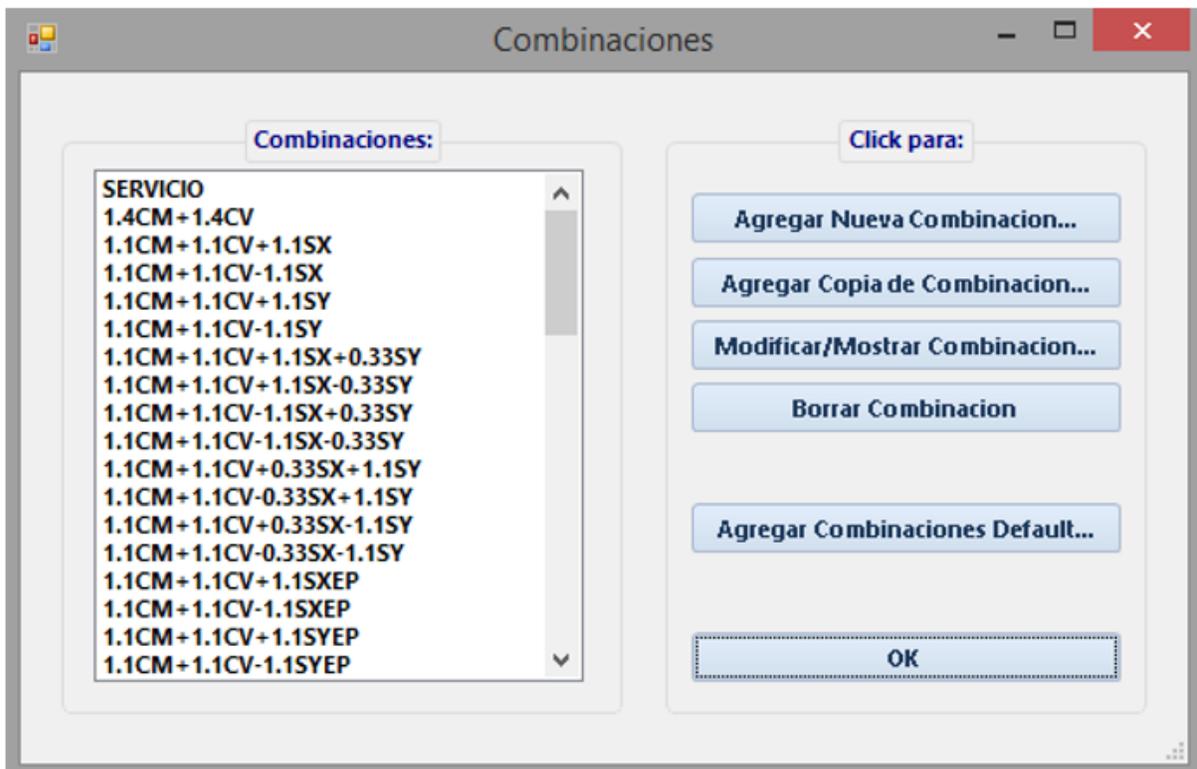


Fig. 2.28. Ventana de definición de combinaciones de carga

El menú que se abre para la definición de combinaciones de carga tiene el mismo funcionamiento y opciones que el de definición de materiales. Para leer sobre el funcionamiento de las opciones de Agregar, Copiar, Mostrar/Modificar y Borrar de dichos menús, consulte la sección 2.2.1.2.1

La única diferencia del menú de combinaciones contra el menú de definición de materiales es la opción “Agregar Combinaciones Default”, en la cual el usuario puede agregar de manera rápida las combinaciones que por definición ya incluye el programa. Estas combinaciones son las combinaciones contempladas por los reglamentos de construcción del Distrito Federal y de Guadalajara, y dichas combinaciones se pueden agregar como se muestra en la figura 2.29

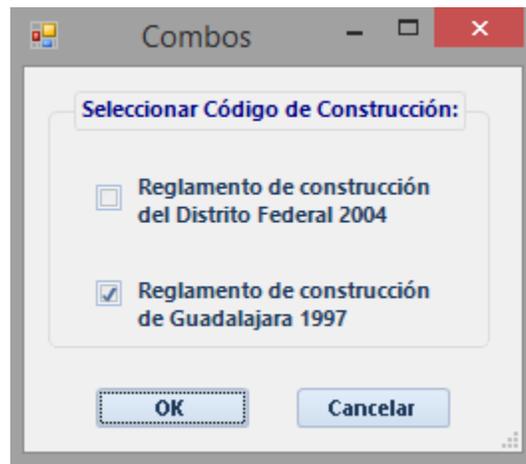


Fig 2.29 Combinaciones Default disponibles para agregar



Fig. 2.30 Ventana de edición de combinaciones de carga

1. **Nombre de la combinación:** Nombre asignado a la combinación presente.
2. **Nombrar combinaciones automáticamente:** Cuando esta opción se encuentra seleccionada el programa asigna automáticamente a la combinación un nombre donde se encuentran presentes las cargas involucradas y sus correspondientes factores de carga en un arreglo de suma aritmética.
3. **Tipo de carga:** El contenedor superior permite al usuario elegir el tipo de carga que desee editar, agregar o eliminar, mientras que la lista inferior muestra los tipos de carga considerados en la combinación de carga que se está editando. Los tipos de carga disponibles, son:

CM: Carga muerta

CV: Carga viva

SX: Sismo en el sentido X del plano

SY: Sismo en el sentido Y del plano

SXEP: Sismo en el sentido X del plano con excentricidad accidental positiva

SXEN: Sismo en el sentido X del plano con excentricidad accidental negativa

SYEP: Sismo en el sentido Y del plano con excentricidad accidental positiva

SYEN: Sismo en el sentido Y del plano con excentricidad accidental negativa

4. **Factor de escala:** El cuadro de texto superior sirve para ingresar manualmente el factor de carga que se desea asignar al tipo de carga que se encuentre seleccionado en el contenedor de Tipo de carga. La lista inferior contiene los factores de carga asignados a sus correspondientes tipos de carga presentes en el mismo orden en la lista del lado izquierdo.
5. **Agregar:** Agrega a las lista de tipo de carga y factor de carga, los valores presentes en el selector y el cuadro de texto superior. Si se encontrara seleccionado un tipo de carga que ya se encuentre incluido en dichas listas, el programa mandará un mensaje de advertencia y evitará la duplicidad de tipos de carga.
6. **Modificar:** cambia el factor de carga del tipo de carga seleccionado en el contenedor por el que se encuentre ingresado en el cuadro de texto de factor de carga.
7. **Borrar:** elimina de la combinación de carga el tipo de carga que se encuentre seleccionado en el contenedor.

2.2.1.3 Herramientas de Análisis



Fig. 2.31 Barra de Herramientas de Análisis

- 1. Análisis Sísmico:** Permite al usuario hacer un análisis sísmico estático en el que puede, ya sea ingresar directamente el coeficiente sísmico previamente calculado para la estructura, o calcular internamente dicho coeficiente ingresando información del espectro sísmico correspondiente a la zona del proyecto y el periodo fundamental de la estructura.
- 2. Espectros Sísmicos:** Muestra la ventana de edición de espectros sísmicos predefinidos para ser utilizados en el análisis sísmico estático.
- 3. Correr Análisis:** Al hacer clic en este botón se da inicio al proceso de análisis estático y repartición de elementos mecánicos de cortante y de momentos de volteo a todos los muros de la estructura. Para mayor información sobre dicho proceso y los criterios de análisis empleados, consultar sección 1.2
- 4. Candado:** El botón de candado puede alternativamente bloquear y desbloquear el modelo de nuestro proyecto. Dicho bloqueo implica que el

usuario no podrá editar propiedades que impliquen un cambio importante en las propiedades mecánicas de la estructura y que hagan necesario un nuevo análisis. Estas propiedades pueden ser desde los materiales y las secciones de los elementos estructurales, hasta el análisis sísmico estático y sus parámetros de diseño.

5. **Mostrar Diagramas:** Esta opción da al usuario la facilidad de mostrar en el área de diseño, todos los diagramas de elementos mecánicos en cada uno de los muros presentes en la planta mostrada. Ya sea por cargas en servicio o por combinaciones, los diagramas muestran los valores calculados, utilizando amarillo para magnitudes positivas y rojo para las negativas.
6. **Borrar Diagramas:** Oculta inmediatamente los diagramas de elementos mecánicos que se encuentren a la vista.

2.2.1.3.1 Análisis Sísmico Estático

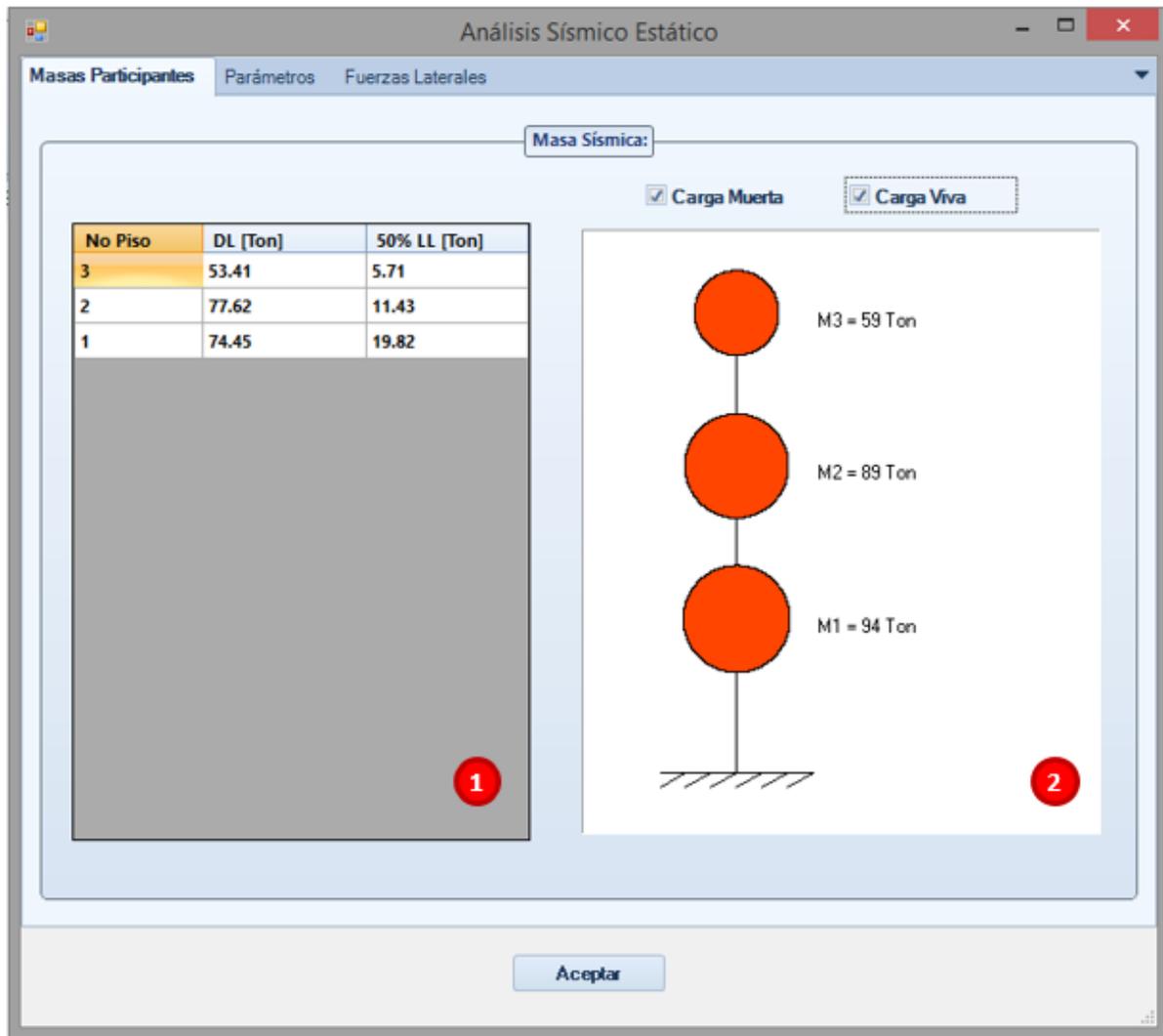


Fig 2.32 Pestaña de Masas participantes en ventana de análisis sísmico estático

- 1. Tabla de participación de masas:** información tabulada que muestra las masas consideradas por cada nivel para el cálculo de las fuerzas sísmicas. La tercera columna muestra la carga viva total de cada nivel multiplicada por un factor de 0.5.

2. Esquema de masas participantes.

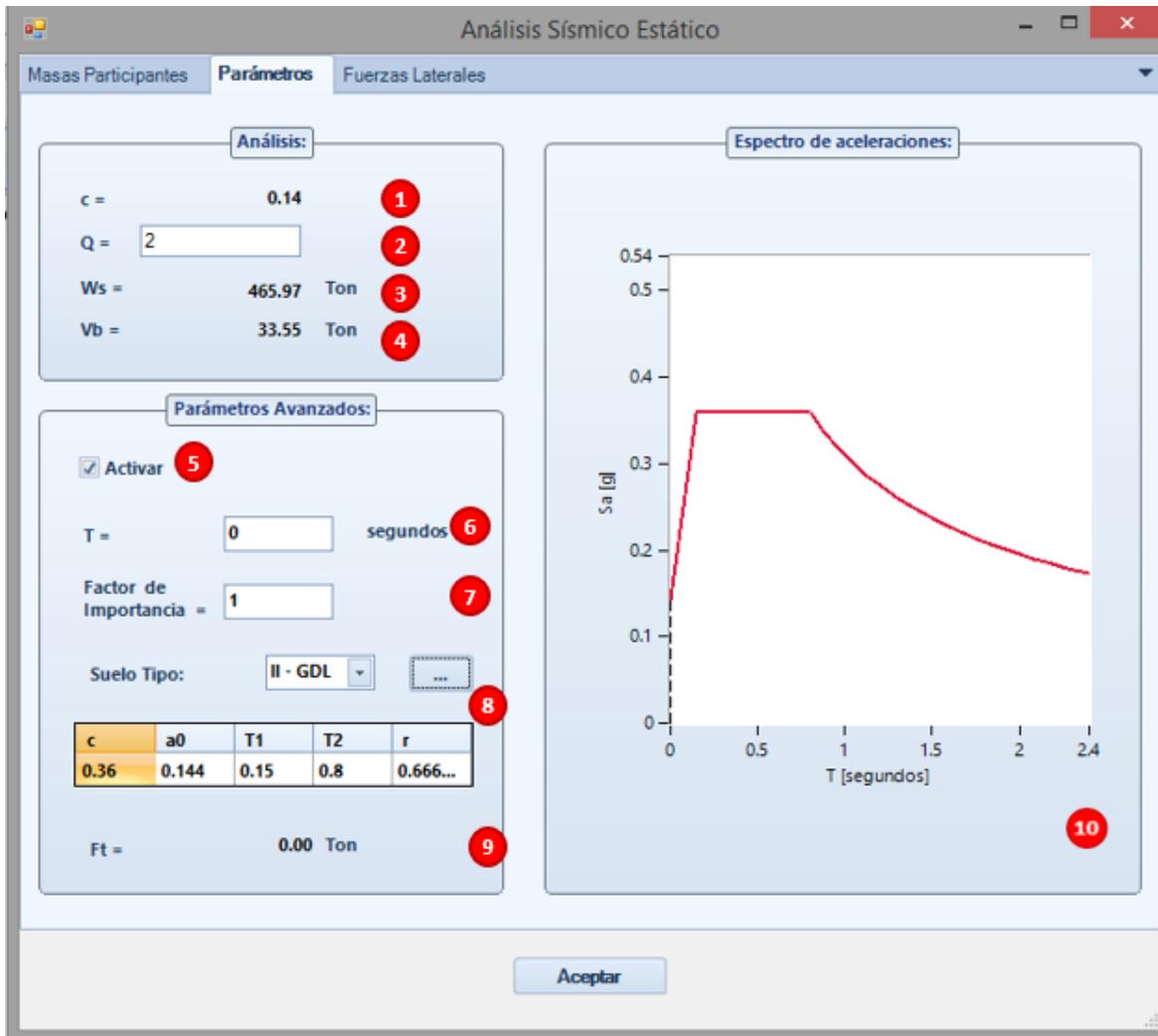


Fig. 2.33 Pestaña de Parámetros en ventana de análisis sísmico estático

1. Coeficiente sísmico de diseño [c]
2. Factor de comportamiento sísmico [Q]
3. **Peso total de la estructura [W_s]:** El programa calcula en automático el peso total de la estructura. Éste es la suma del peso propio de los elementos tipo muro y los elementos tipo losa, más la suma de las cargas muertas aplicadas

en las losas; adicionalmente se suma el 50% de las cargas vivas aplicadas como cargas distribuidas en dichos elementos.

4. **Cortante basal [Vb]:** es el cortante basal calculado según los parámetros definidos por el usuario.
5. **Activar:** Define si se utilizarán los parámetros avanzados o si simplemente se insertarán el coeficiente sísmico “c” y el factor de comportamiento sísmico “Q”
6. **Periodo fundamental de la estructura [T]:** Se ingresa el periodo fundamental de la estructura medido en segundos.
7. **Factor de Importancia:** Valor por el cual son multiplicadas las ordenadas del espectro sísmico según la clasificación de estructura en cuanto a importancia de ocupación.
8. **Espectro Sísmico:** Se selecciona alguno de los espectros sísmicos precargados, que son los correspondientes a Guadalajara y al Distrito Federal. Se brinda además un acceso rápido a la interfaz de edición de espectros sísmicos, donde es posible editar, eliminar y agregar información de espectros adicionales.
9. **Fuerza Top [Ft]:** Muestra la fuerza top calculada para estructuras con periodo fundamental superior a 0.7 segundos.
10. **Gráfica de espectro sísmico:** gráfica dinámica que ilustra el cálculo del coeficiente sísmico en función del periodo fundamental de la estructura.

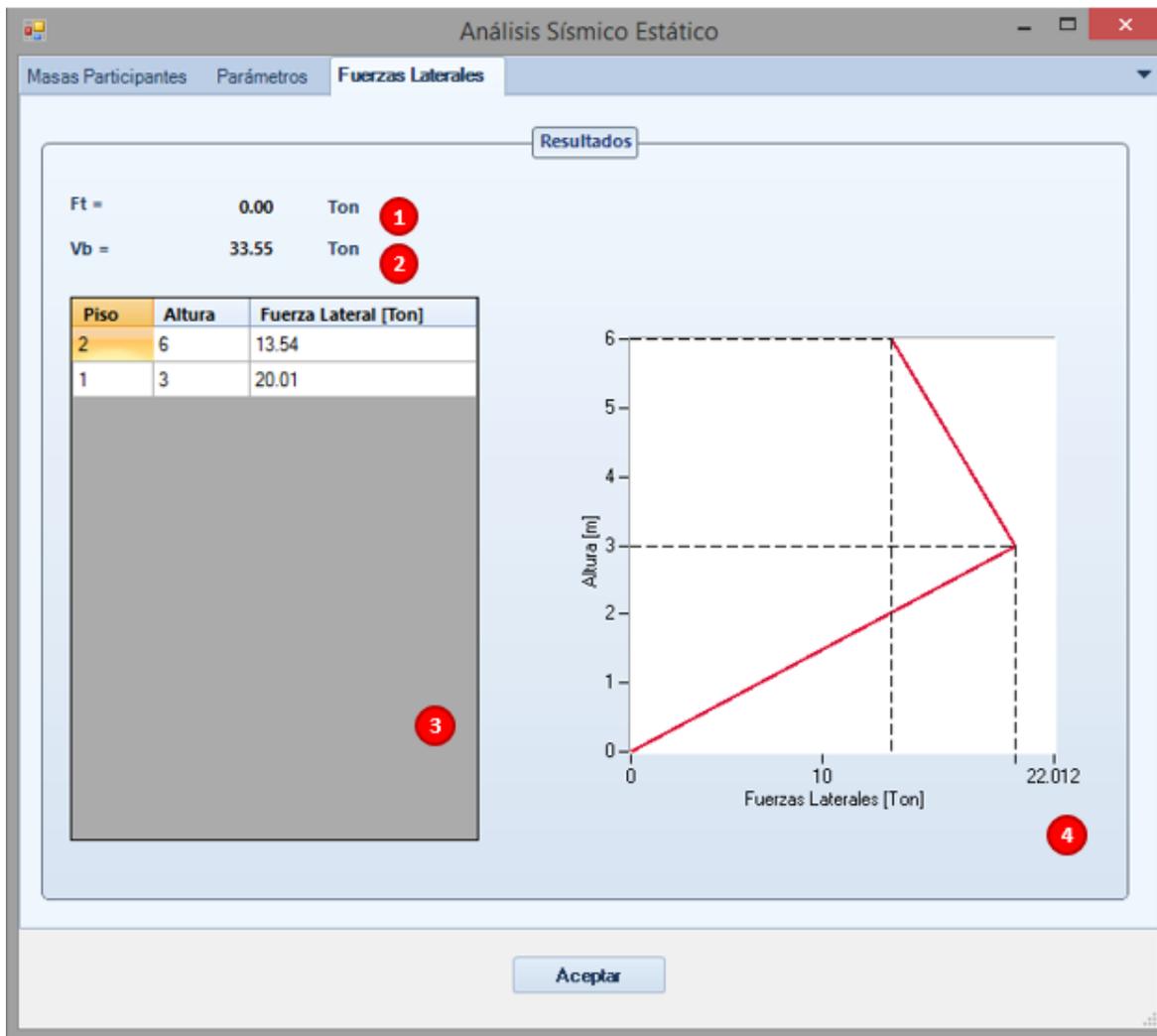


Fig. 2.34 Pestaña de Fuerzas laterales en ventana de análisis sísmico estático

1. **Fuerza Top [Ft]:** Muestra la fuerza top calculada para estructuras con periodo fundamental superior a 0.7 segundos.
2. **Cortante basal [Vb]:** es el cortante basal calculado según los parámetros definidos por el usuario.
3. **Fuerzas laterales:** Muestra la distribución calculada del cortante basal, función de las alturas y las masas de los diferentes niveles de la estructura.

4. **Gráfica de fuerzas laterales:** ilustración grafica de la distribución de fuerzas laterales en los niveles de la edificación.

2.2.1.3.2 *Definición de espectros sísmicos*

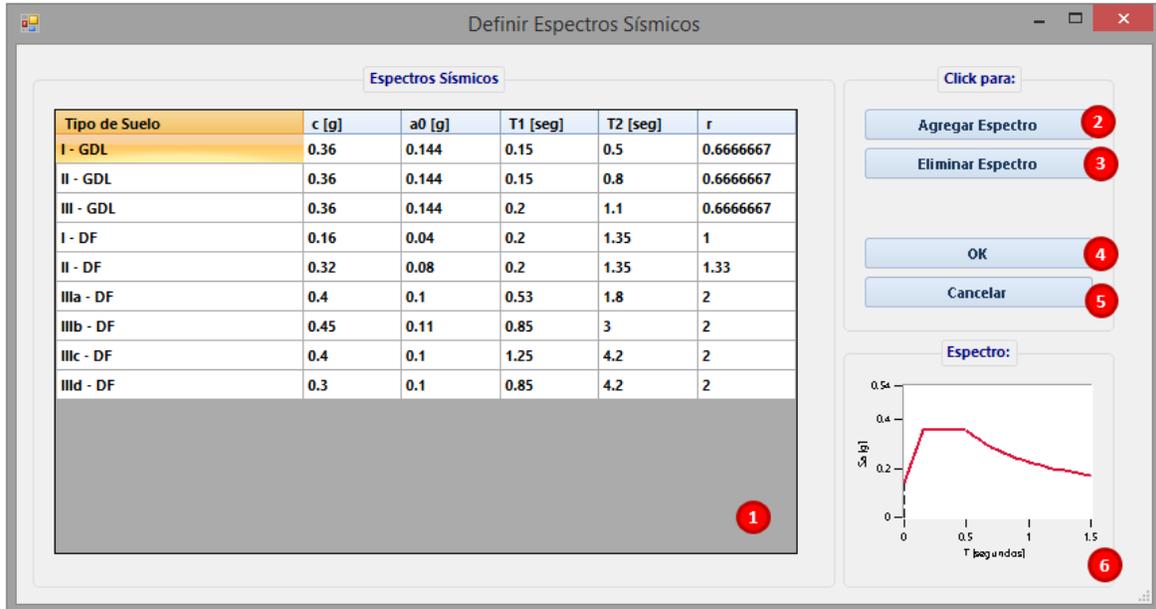


Fig. 2.35 Ventana de definición de espectros sísmicos

1. **Tabla de edición de espectros:** En la tabla se muestra la información disponible de los espectros sísmicos dados de alta en el programa. En ella se pueden editar individualmente los parámetros de cada espectro. Dichos parámetros son:

- **c [g]:** coeficiente sísmico
- **a0 [g]:** valor de aceleración como fracción de g, correspondiente al periodo $T=0$
- **T1 [seg], T2 [seg]:** periodos característicos de los espectros de diseño.
- **r:** exponente en las expresiones para el cálculo de las ordenadas de los espectros de diseño

2. **Agregar Espectro:** Se crea un nuevo renglón en la tabla de edición de espectros. De esta manera el usuario puede agregar rápidamente un nuevo espectro personalizado.
3. **Eliminar Espectro:** Se elimina el espectro que se encuentre seleccionado.
4. **OK:** Acepta y almacena los cambios realizados en la tabla de edición
5. **Cancelar:** Abandona la interfaz de edición de espectros sin guardar los cambios realizados.
6. **Gráfica dinámica de espectros:** En esta gráfica se plasma la forma del espectro sísmico que se encuentre seleccionado. La gráfica se actualiza con cada cambio que introduzca el usuario.

Los espectros sísmicos incluidos por default son los correspondientes a las NTC de diseño por sismo tanto del Distrito Federal como de Guadalajara. Ver tablas 2.1 y 2.2 (16) (17) respectivamente.

Tabla 3.1 Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones

Zona	c	a _o	T _a ¹	T _b ¹	r
I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0
II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
III _a	0.40	0.10	0.53	1.8	2.0
III _b	0.45	0.11	0.85	3.0	2.0
III _c	0.40	0.10	1.25	4.2	2.0
III _d	0.30	0.10	0.85	4.2	2.0

¹ Periodos en segundos

Tabla 2.1 Parámetros de espectros sísmicos para suelos típicos del Distrito Federal

Tabla 4.1—Valores de T_a , T_b y r

Tipo de Suelo*	T_a	T_b	r
I	0.15	0.50	2/3
II	0.15	0.80	2/3
III	0.20	1.10	2/3

* ver Sección 3.2

Tabla 2.2 Parámetros de espectros sísmicos para suelos típicos de Guadalajara

(16) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F., México, 2004. Tomo 2, Tabla 3.1, pp.62

(17) UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo para Guadalajara 1997, México, 1997. pp.11

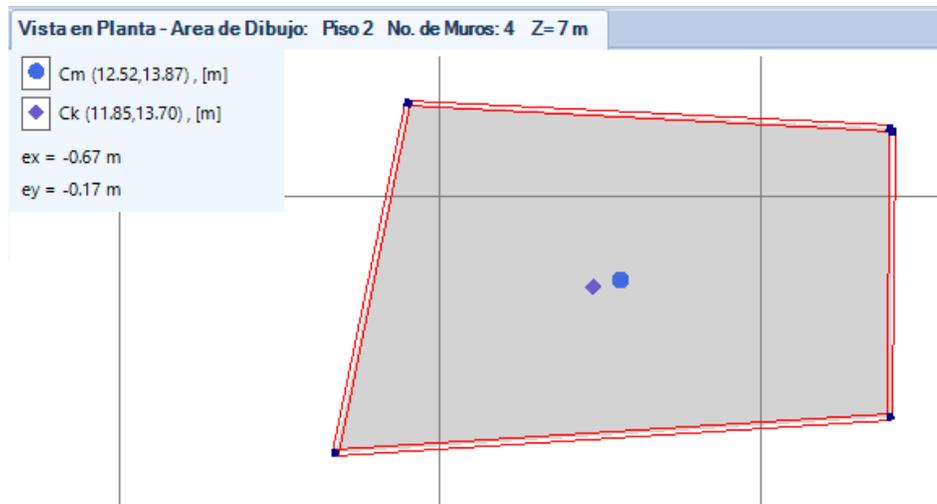


Fig 2.37 Centro de masas y de rigideces.

Adicionalmente, se llenan de información tres de las seis tablas del contenedor de tablas de resultados. Estas son: la tabla “Servicio”, La tabla “Combinaciones” y la tabla “Fuerzas máximas”

Además, tras haber corrido el análisis, se pone el “candado” al proyecto, que no es más que la inhabilitación de varias herramientas cuyos cambios podrían alterar los resultados del análisis. Para quitar el candado basta con hacer clic en el botón “Lock/Unlock” de la barra de herramientas de análisis. Nótese que quitar el “candado” al modelo borrará todos los resultados del análisis

2.2.1.3.4 Diagramas de elementos mecánicos

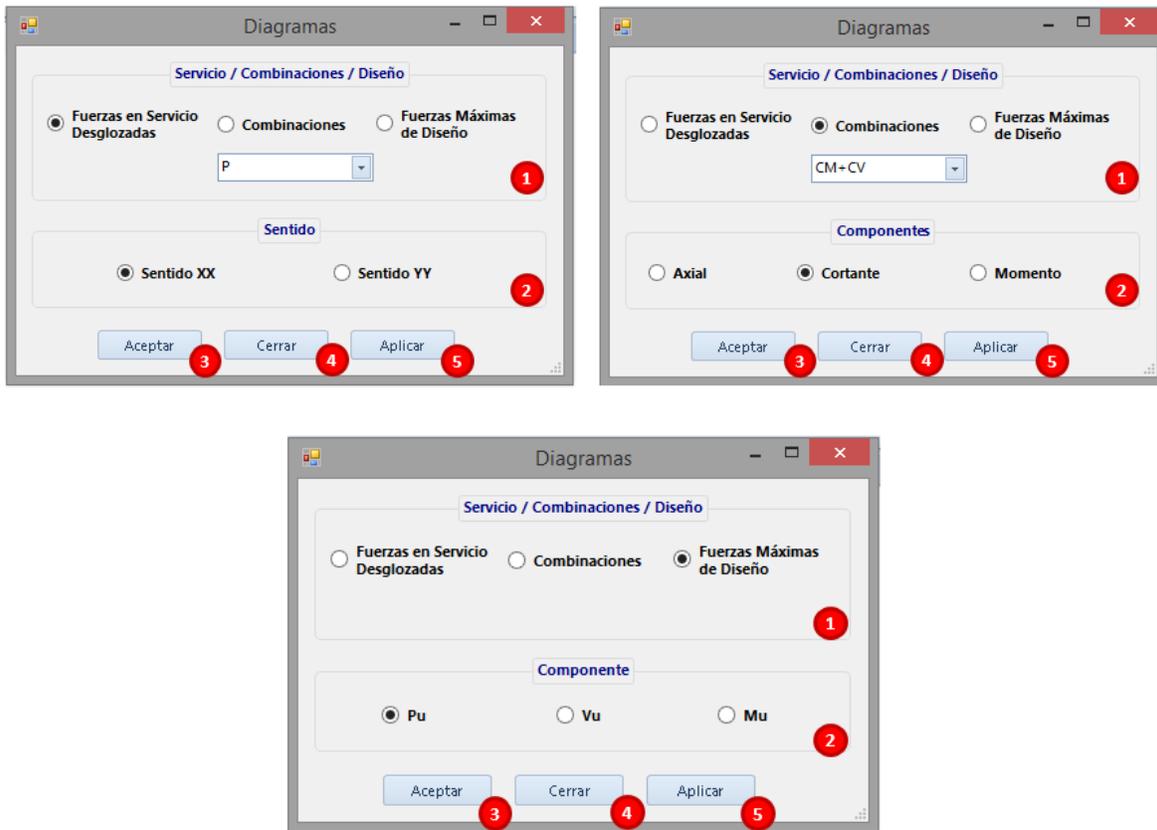


Fig. 2.38 Ventana de selección de diagramas para mostrar

- 1. Tipo de carga:** Dentro del primer recuadro de la ventana de selección de diagramas, se presenta la opción de mostrar las fuerzas de servicio de manera desglosada; esto es el axial asignado al muro (P), el cortante directo (Vd) causado por el sismo y el cortante indirecto causado por el efecto de la excentricidad entre el centro de masas y el centro de rigideces en la estructura. También se pueden mostrar los elementos mecánicos generados por las diferentes combinaciones de carga declaradas por el usuario; finalmente, están las fuerzas máximas de diseño, que muestran el axial, cortante y momento máximo a modo de envolvente generados por todas las combinaciones previamente mencionadas.

2. **Componente/Sentido:** Cuando están seleccionadas las cargas de servicio desglosadas, el segundo recuadro de la ventana adopta las opciones de “Sentido”, esto quiere decir que el usuario habrá de seleccionar el sentido en el que quiere evaluar el sismo, ya sea paralelo al eje XX del plano o su sentido ortogonal YY. Cuando se seleccionan las fuerzas máximas de diseño o las fuerzas generadas por la combinaciones, el presente recuadro habilita la selección del tipo de elemento mecánico que se desee observar en los diagramas, ya sea: axial, cortante o momento.
3. **Aceptar:** Dibuja los diagramas actualmente seleccionados y cierra la ventana de selección
4. **Cerrar:** Cierra la ventana sin aplicar cambios.
5. **Aplicar:** Dibuja los diagramas seleccionados y deja la ventana abierta para subsecuentes selecciones.

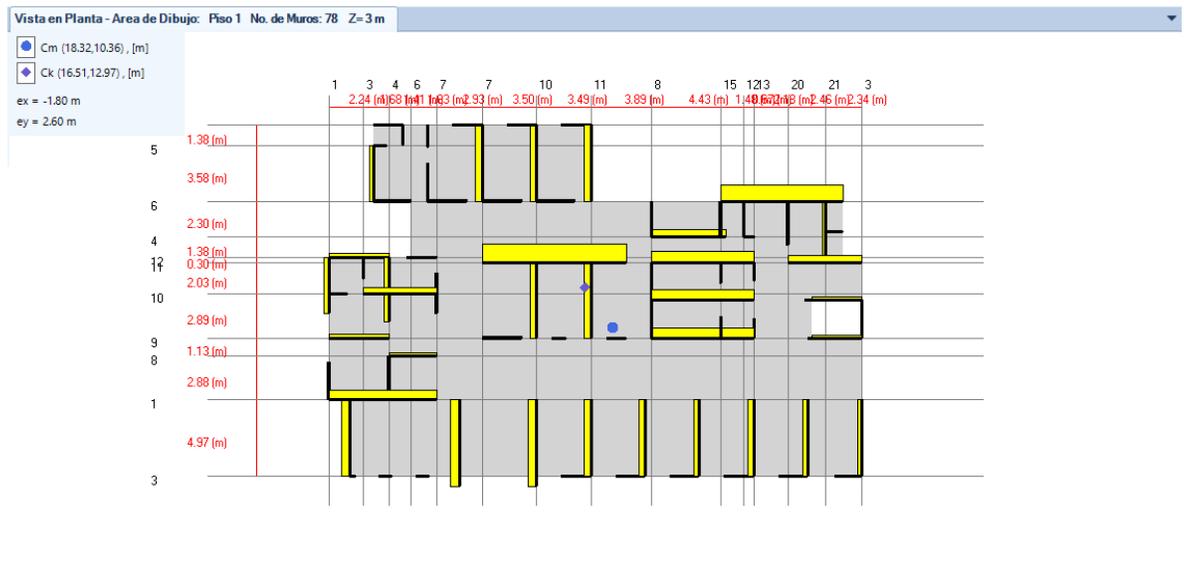


Fig. 2.39 Diagramas mostrados en planta

Con los diagramas mostrados en planta como se muestra en la figura 2.39 el usuario puede hacer clic derecho sobre alguno de ellos para mostrar de manera detallada los elementos mecánicos en una nueva ventana de información (Ver Fig. 2.40). Esta ventana tiene las mismas opciones para visualizar los elementos mecánicos que la “ventana de selección de diagramas para mostrar” de la figura 2.38, con la única diferencia de que esta nueva ventana muestra de manera detallada los diagramas de un solo muro.

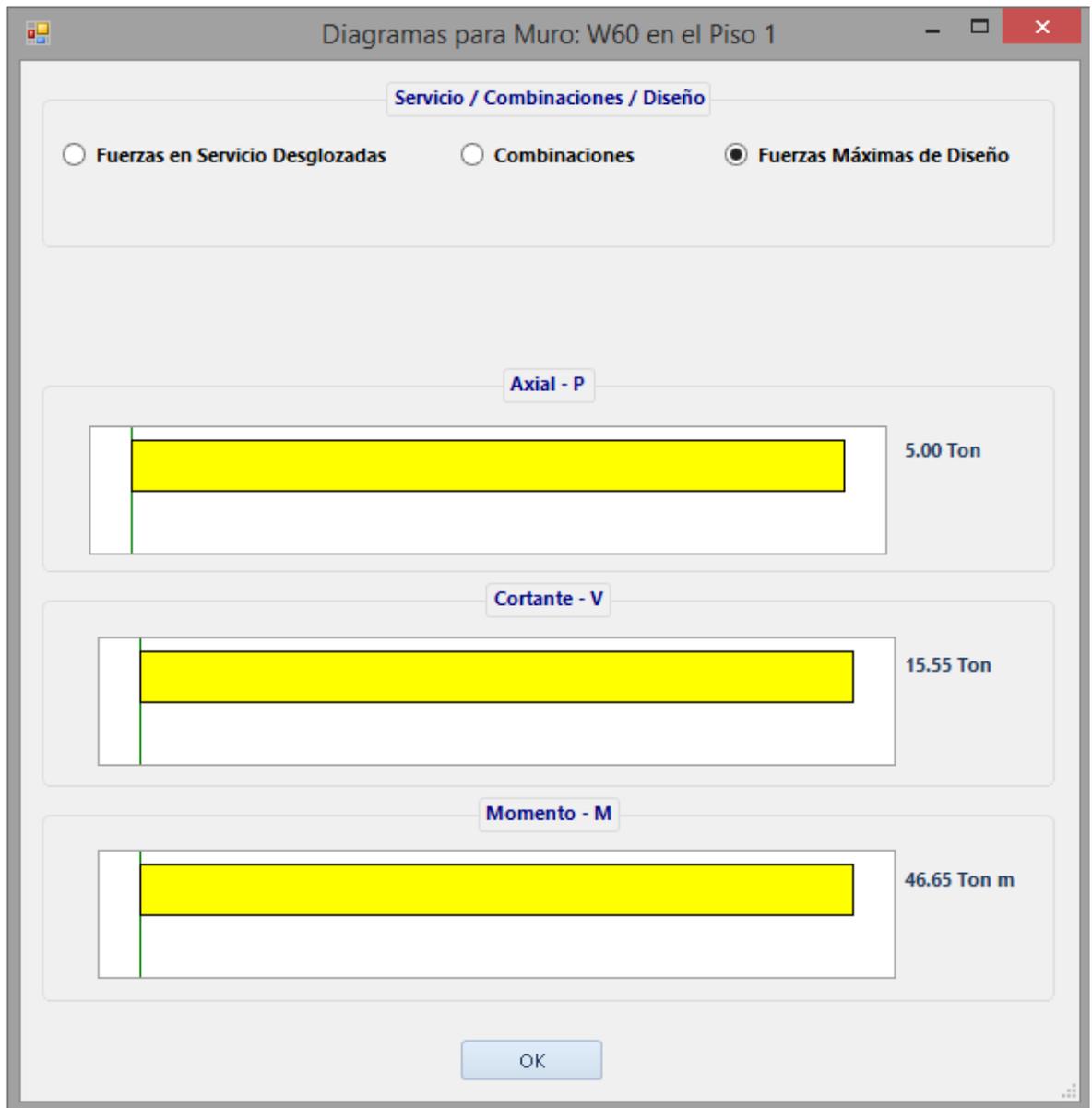


Fig. 2.40 Ventana de elementos mecánicos por muro

2.2.1.4 Herramientas de Diseño



Fig. 2.41 Barra de Herramientas de Diseño

- 1. Parámetros:** Abre la ventana de edición de parámetros de diseño.
- 2. Diseño:** Corre la siguiente fase del proceso que es el diseño de los elementos tipo muro
- 3. Revisión Axial:** Activa o desactiva la vista de revisión de axiales. Esto quiere decir que en el área de dibujo son dibujados de color verde todos aquellos muros que pasen correctamente la revisión por fuerzas axiales puras. Todos aquellos muros que no cumplan con los requerimientos de diseño por axial puro son dibujados en rojo. Ver Figura 2.46
- 4. Revisión Cortante:** De manera similar al botón anterior, se dibujan de rojo o de verde todos los muros en función de su revisión por fuerzas cortantes
- 5. Revisión Flexocompresión:** De igual manera se muestran los elementos que cumplen y los que no cumplen por colores según su condición más crítica de flexocompresión.

2.2.1.4.1 Parámetros

Los parámetros de diseño que puede modificar el usuario están clasificados en tres tipos: FR – Factores de resistencia, FE – Factores de excentricidad y Excentricidad accidental.

El primero, como se muestra en la figura 2.42, da la opción de modificar los valores de los factores de resistencia definidos en el capítulo 1.3.1. De igual manera, los valores que determinan el factor FE pueden ser modificados en la segunda pestaña (Ver Fig. 2.43).

Finalmente, la tercera pestaña da al usuario la opción de modificar el método con el que se calcula la excentricidad accidental en el programa. Son tres opciones disponibles, que son: de acuerdo al RCDF2004, de acuerdo al RCG97 o ya sea que el usuario desee fijar la excentricidad accidental como una fracción de la dimensión más grande en planta que se considera, medida perpendicularmente a la acción sísmica (Ver Fig 2.44)

Parametros de Diseño

FR - Factores de Resistencia FE - Factor de Excentricidad Excentricidad Accidental

Diseño de Muros

Muros Confinados
 Muros No Confinados

Compresión Axial

FR = 0.6

Flexocompresión

FR = 0.8 ; $P_u \leq PR/3$
FR = 0.6 ; $P_u > PR/3$

Cortante

FR = 0.7

Aceptar Cancelar

Fig. 2.42 Ventana de parámetros de diseño: FR – Factores de Resistencia.

Parametros de Diseño

FR - Factores de Resistencia FE - Factor de Excentricidad Excentricidad Accidental

Simplificado

FE = ; Muros interiores

FE = ; Muros extremos

Optativo

k - factor de altura efectiva

k = ; Muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior

k = ; Muros extremos en que se apoyan losas

k = ; Muros limitados por dos losas continuas a ambos lados del muro

Aceptar Cancelar

Fig. 2.43 Ventana de parámetros de diseño: FE – Factor de Excentricidad.

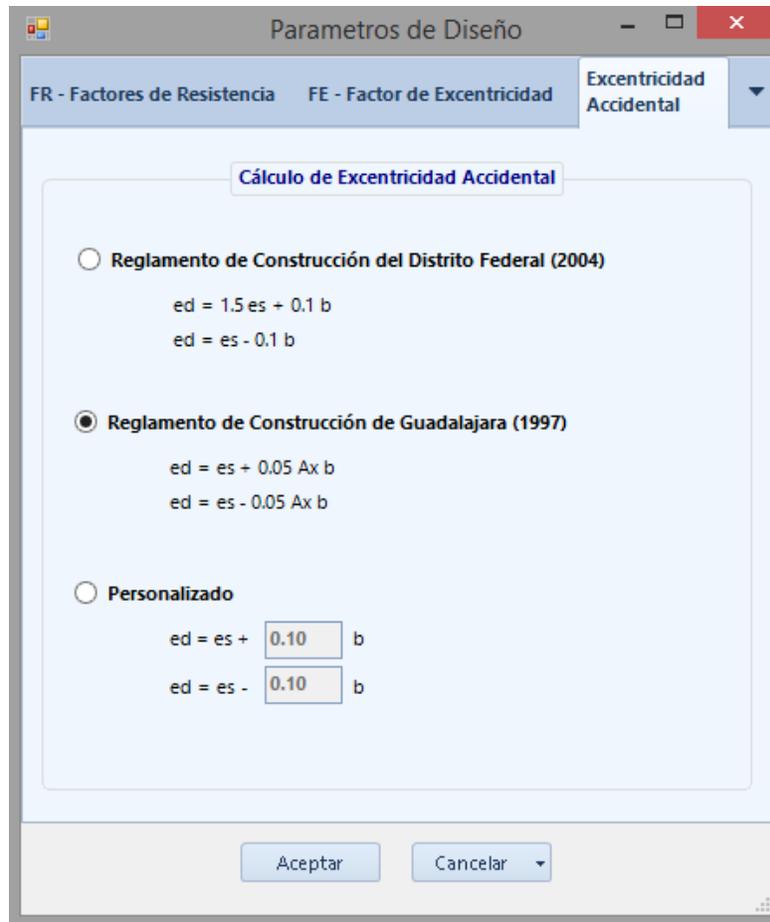


Fig. 2.44 Ventana de parámetros de diseño: Excentricidad Accidental.

2.2.1.4.2 Correr Diseño

Al correr el diseño el programa primeramente coloca castillos default en todos los muros. Los castillos son automáticamente colocados en todos los extremos de muro y en todas las intersecciones entre muros. Los castillos por default son creados para ser cuadrados con una longitud y espesor iguales al espesor del muro en cuestión.

Una vez plantados todos los castillos el software procede a calcular las resistencias a compresión, cortante y flexocompresión de todos los elementos tipo muro y calcula los “ratios” entre cargas factorizadas y resistencias.

Finalmente se muestran las tres últimas tablas en el contenedor de tablas de resultados, estas son: Resistencias [Axial, Cortante], Revisión [Flexocompresión] y Revisión Diseño.

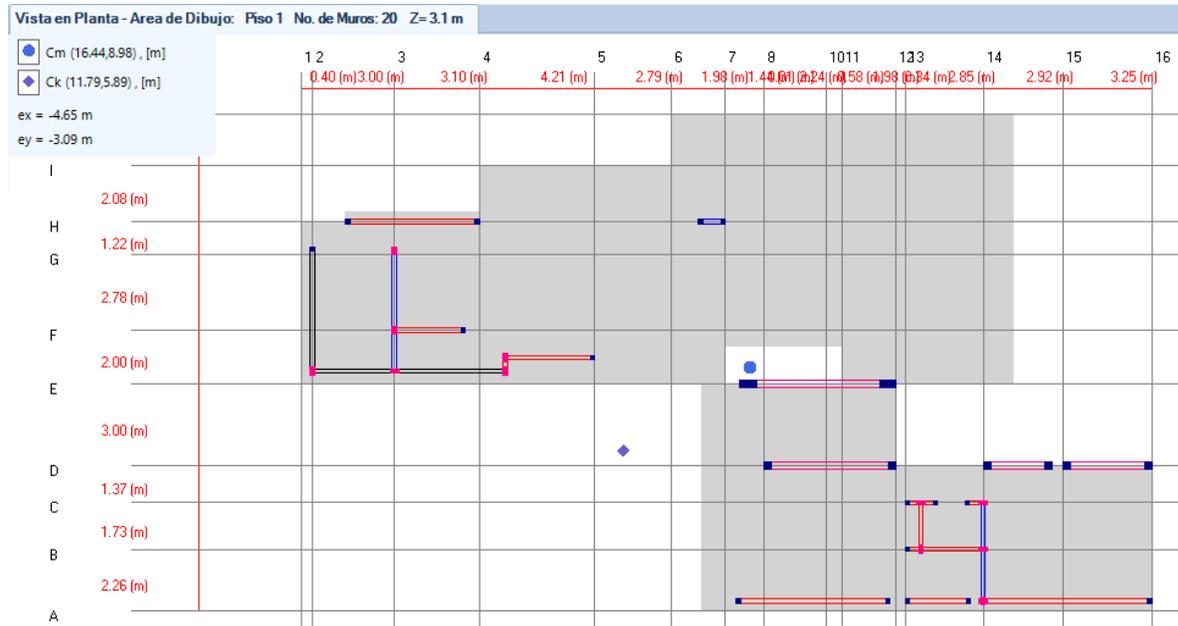


Fig 2.45 Modelo analizado y diseñado

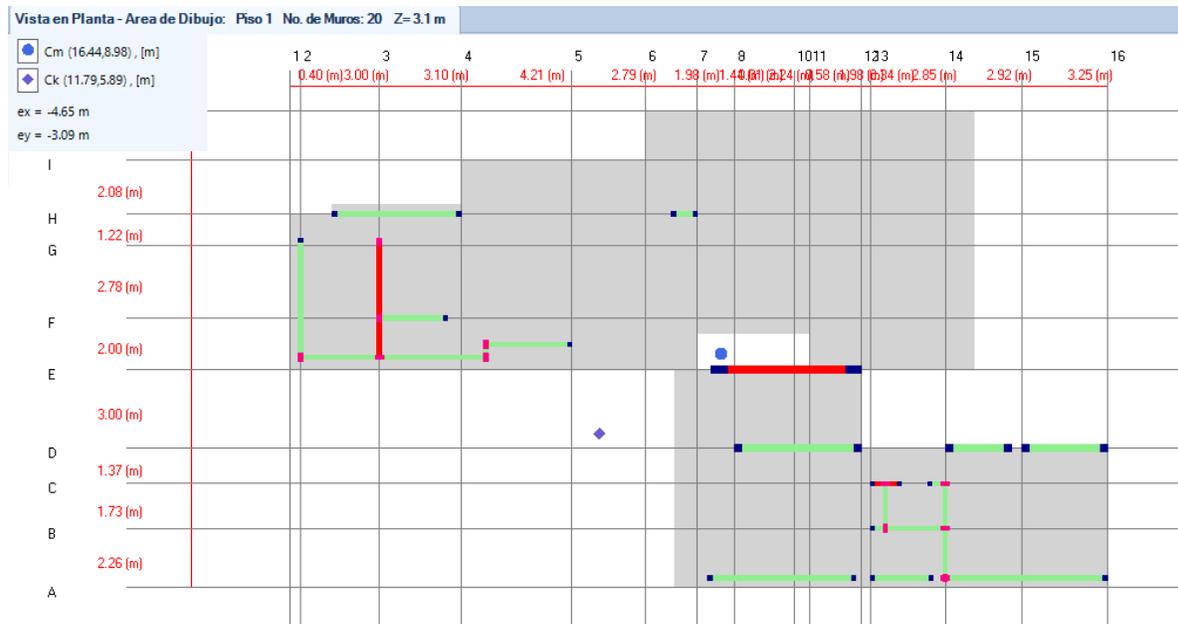


Fig 2.46 Vista de revisión de elementos tipo muro

2.2.1.4.3 Detallamiento

Una vez que el modelo se encuentra diseñado se tiene acceso a las opciones de detallamiento para especificar refuerzos de cortante y asignaciones de castillos. Para acceder al detallamiento de un muro basta con hacer clic derecho sobre dicho muro en el área de dibujo y seleccionar la opción de “Diseño” (Ver Fig 2.47).

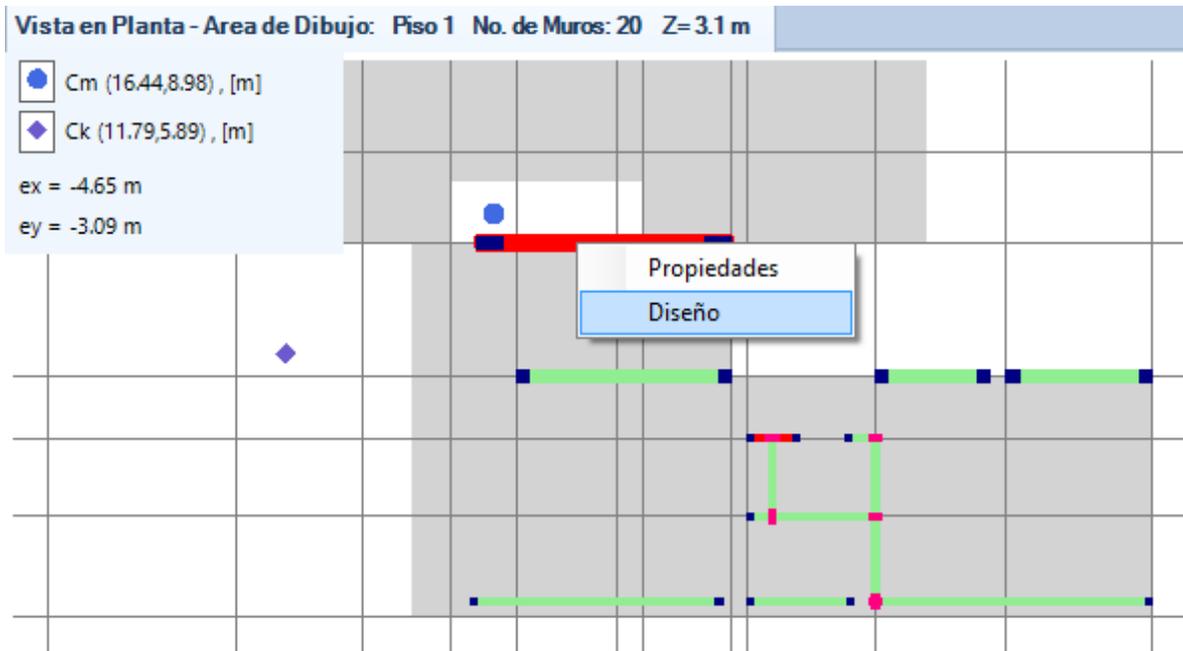


Fig. 2.47 Inicio de detallamiento de muros

La ventana de detallamiento cuenta con 4 pestañas diferentes. La primera es de castillos y es una herramienta para cambiar secciones de castillos asignadas y para crear o eleiminar castillos intermedios dentro de la longitud del muro. La segunda pestaña es el diagrama de interacción a flexocompresión donde se revisa la condición a flexocompresión más crítica. La tercer pestaña es el detallamiento de refuerzo para cortante, donde se puede reforzar el muro en cuestión ya sea con malla electrosoldada en ambas de sus caras o con varillas embebidas dentro de sus juntas. Finalmente la cuarta pestaña es para definir con precision el factor de excentricidad FE según la condición de carga particular del muro detallado.

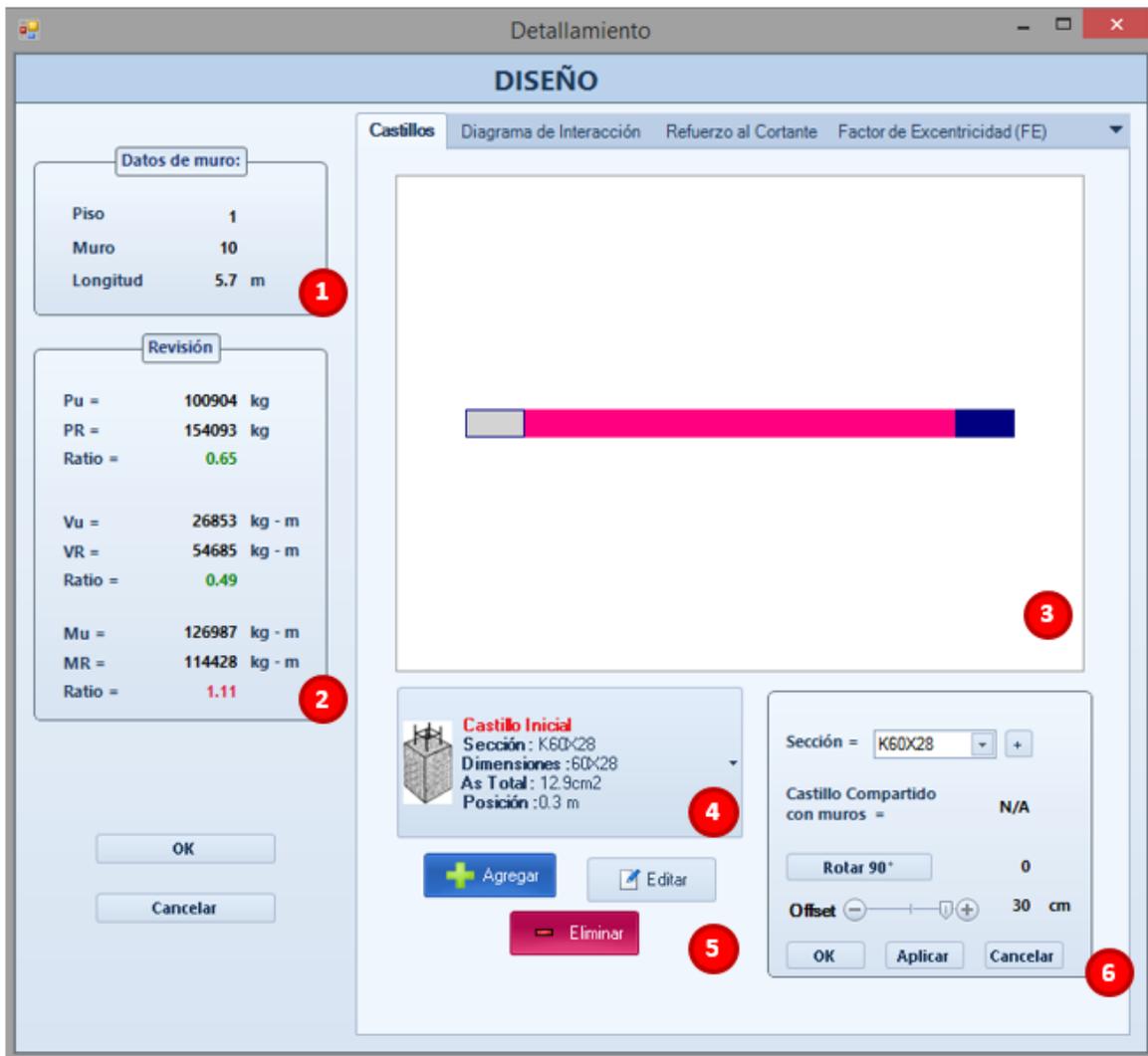


Fig. 2.48 Detallamiento: Castillos

1. **Datos de muro:** Muestra información general del muro a detallar. Esta es el piso al que pertenece, el ID de muro y su longitud medida en planta.
2. **Cuadro de revisión:** Muestra la carga axial máxima factorizada, el cortante máximo y el Momento último correspondiente a la combinación de flexocompresión más crítica. De igual manera se muestran el axial, el cortante y el momento resistente que son utilizados para calcular el “ratio” y determinar si la revisión pasa o no. Un “ratio” mayor de uno se pinta de color rojo e indica que la revisión de dicho elemento mecánico no pasa. Cada que

se hace un cambio en el detallamiento del muro las resistencias son recalculadas y los “ratios” son verificados. Cabe mencionar que las resistencias aquí presentadas ya se encuentran multiplicadas por sus correspondientes factores de reducción para ser directamente comparadas contra las fuerzas últimas.

3. **Vista en planta:** Este es un espacio donde se muestra el muro en cuestión y la ubicación de los castillos de dicho elemento. De manera interactiva los castillos se modifican visualmente con cada cambio que realice el usuario.
4. **Castillos en muro:** Al hacer clic en el botón se despliega una lista de castillos en el muro. Cada elemento de la lista contiene el nombre, las dimensiones, el área de acero total longitudinal y la posición del castillo dentro del muro. Esta última esta medida como la distancia línea entre el punto inicial o punto “I” del muro y el centro de dicho castillo.
5. **Botones de edición de castillos:** Con estos tres botones el usuario puede agregar, eliminar y editar los castillos del muro. La eliminación solo aplica para castillos que no se encuentren compartidos con otros muros y que no estén ubicados ni al principio ni al final del muro. La edición aplica para el castillo actualmente seleccionado en el botón de “Castillos en muro”.
6. **Edición de castillo:** En este cuadro se pueden editar las propiedades del castillo que se encuentre actualmente seleccionado. Lo primero que se puede editar es la sección asignada al castillo, enseguida se muestra una lista de los muros con los que dicho castillo se encuentra compartido. Luego está el botón para rotar el eje local del castillo 90°. Finalmente se encuentra una barra denominada como offset, que sirve para mover el castillo centímetro a centímetro en dirección paralela al eje del muro, de tal manera que su posición pueda ser ajustada para quedar ubicada correctamente.

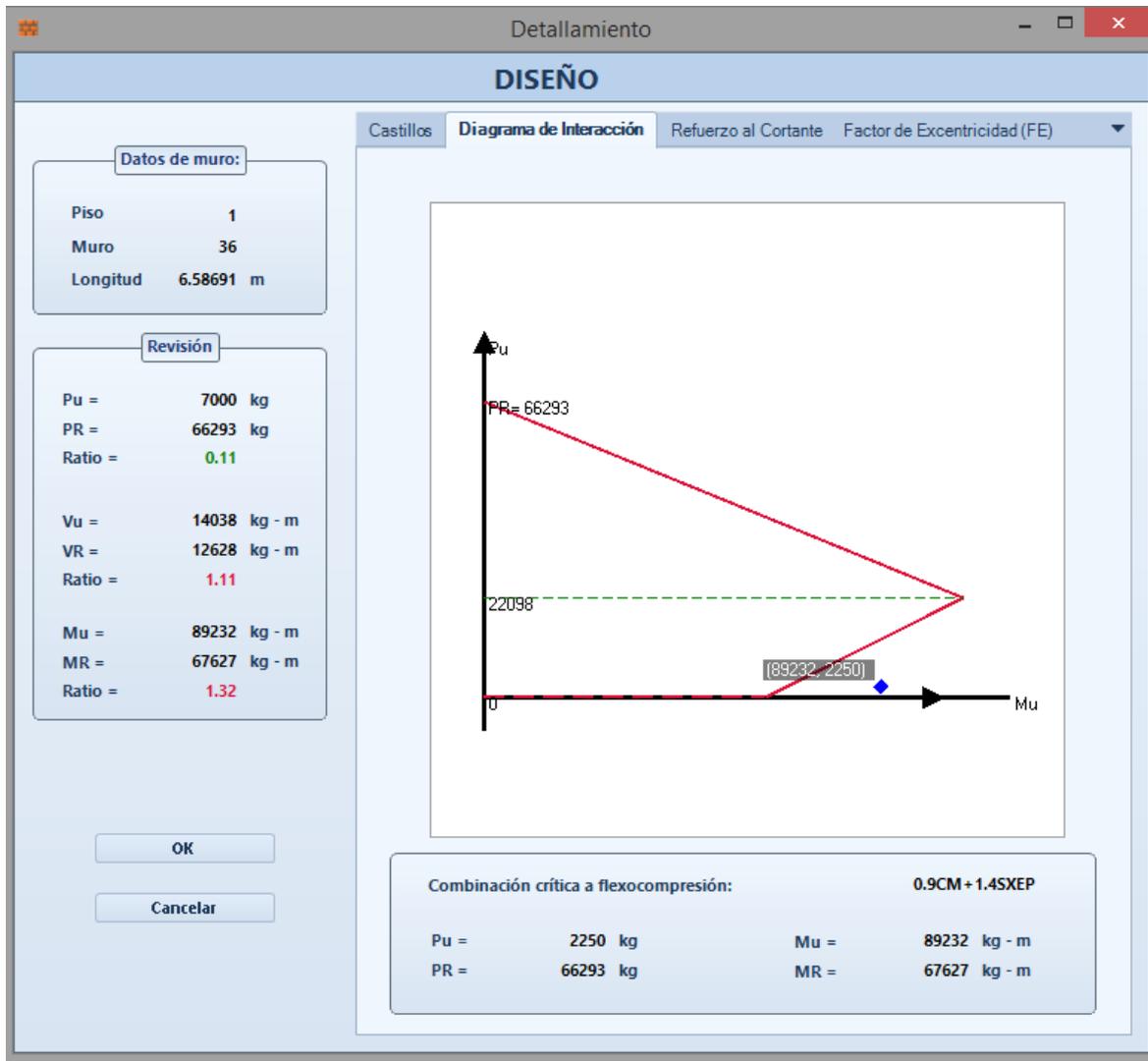
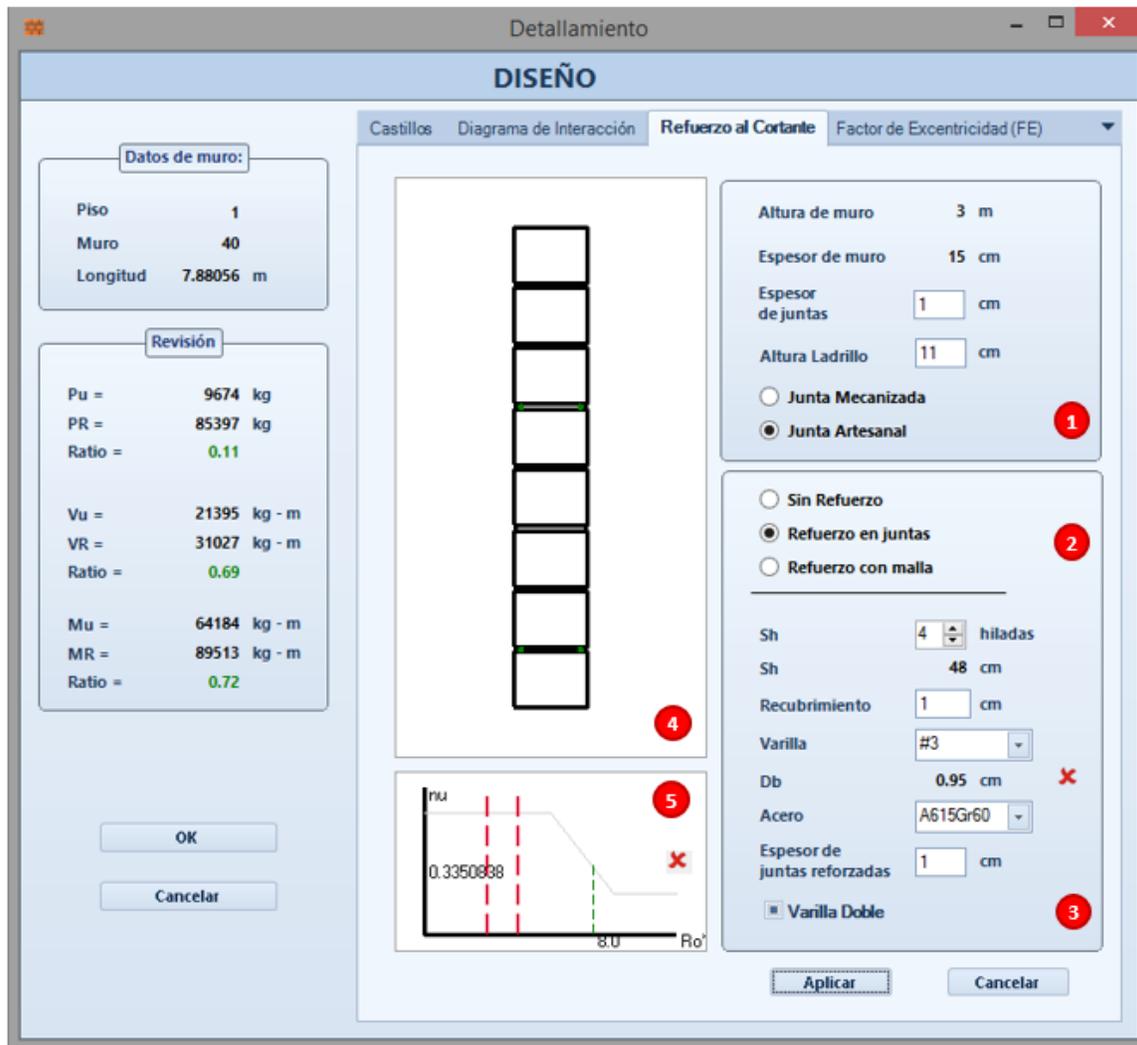


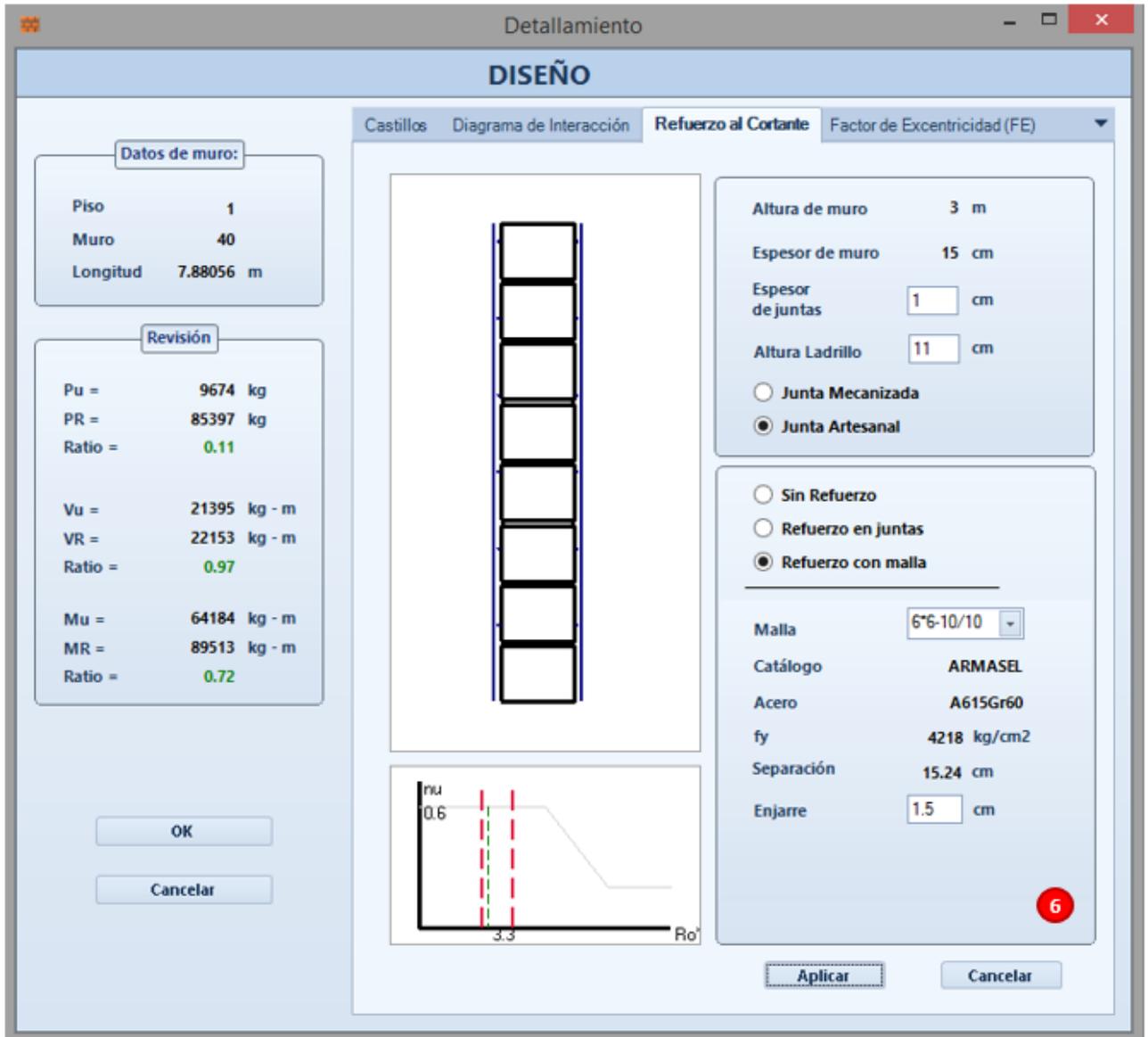
Fig. 2.49 Detallamiento: Diagrama de interacción

El Diagrama de interacción es la segunda pestaña del detallamiento de muro. Este diagrama es calculado con las fórmulas propuestas por el reglamento del DF (Ver Fig.1.7). La parte inferior del diagrama está truncada en contraste con la del diagrama de la Figura 1.7. Esta diferencia se da porque el reglamento propone una interpolación lineal entre la resistencia a la tensión pura del muro y el momento M_0 , mientras que en el programa se desprecia dicha resistencia a tensión.

El diagrama se construye en base a la combinación que a flexocompresión resulte más crítica. Dentro del recuadro de información inferior se muestran el axial y el momento factorizados de dicha combinación y además las resistencias correspondientes a dichos elementos mecánicos. Un punto por fuera del diagrama indica una falla a flexocompresión, como se puede apreciar en la figura 2.49



(a) Refuerzo en juntas.



(b) Refuerzo con malla

Fig. 2.50 Detallamiento: Refuerzo al Cortante.

1. **Datos generales:** Muestra información general del muro a detallar. Se muestra la altura del muro, su espesor, el espesor de sus juntas longitudinales y la altura vertical de los ladrillos en su posición en muro. También se define de qué tipo son las juntas, ya sea mecanizadas o artesanales.

- 2. Tipo de refuerzo:** Se selecciona si el muro tendrá refuerzo al cortante ya sea mediante varillas embebidas en sus juntas o con malla electrosoldada sujeta a sus caras. También se podrá definir si el muro no llevará ningún tipo de refuerzo para cortante.
- 3. Refuerzo en juntas:** Este es el ingreso de información para el refuerzo con varillas embebidas en juntas (Ver Fig. 2.50a). El usuario define primeramente cuál será la separación entre juntas reforzadas, medida en hiladas de mampostería. Luego se encuentra dicha medida traducida a centímetros. El recubrimiento es la distancia medida desde la superficie de la junta que está en la cara del muro hasta la superficie de la varilla de refuerzo. En el cuadro de opciones de varilla, el usuario selecciona el tamaño de las barras de refuerzo. Seguido a esto se define el tipo de acero que tendrá dicho refuerzo y finalmente se define el espesor de las juntas que contendrán varillas de refuerzo. Se tiene también la opción de definir si el refuerzo será sencillo o doble, esto es si habrá una o dos varillas por junta reforzada.

Una función que tiene esta parte de la ventana es la revisión de medidas mínimas y máximas tanto de espesores de juntas como de diámetros de varillas de refuerzo. Cada que se rebasa alguno de estos límites se muestra una pequeña cruz roja del lado derecho indicando que se excedió algún límite. La figura 2.51 muestra estos límites
- 4. Croquis de refuerzo:** Vista a escala de una sección de muro con su armado correspondiente.
- 5. Gráfica de eficiencia del refuerzo horizontal:** Cada que se aplica algún cambio al refuerzo del muro se recalcula el factor de eficiencia (Fig 1.6). Las líneas punteadas rojas indican los límites inferior y superior permisibles, la línea gris continua muestra la variación del factor de eficiencia “ ν ” en función del valor “ $R_o \cdot f_y$ ”. La línea punteada verde

6. **Refuerzo con malla:** Cuando el usuario selecciona que el muro será reforzado mediante malla electrosoldada se muestra la información de la Figura 2.50b. Se selecciona primeramente el tipo de malla para el refuerzo. Enseguida se muestra el catálogo al que pertenece dicha malla, el tipo de acero del que está fabricada y su correspondiente esfuerzo de fluencia (f_y), más aparte la separación entre varillas electrosoldadas. Por último el usuario indica el espesor del ejarre en el que estará embebida la malla.

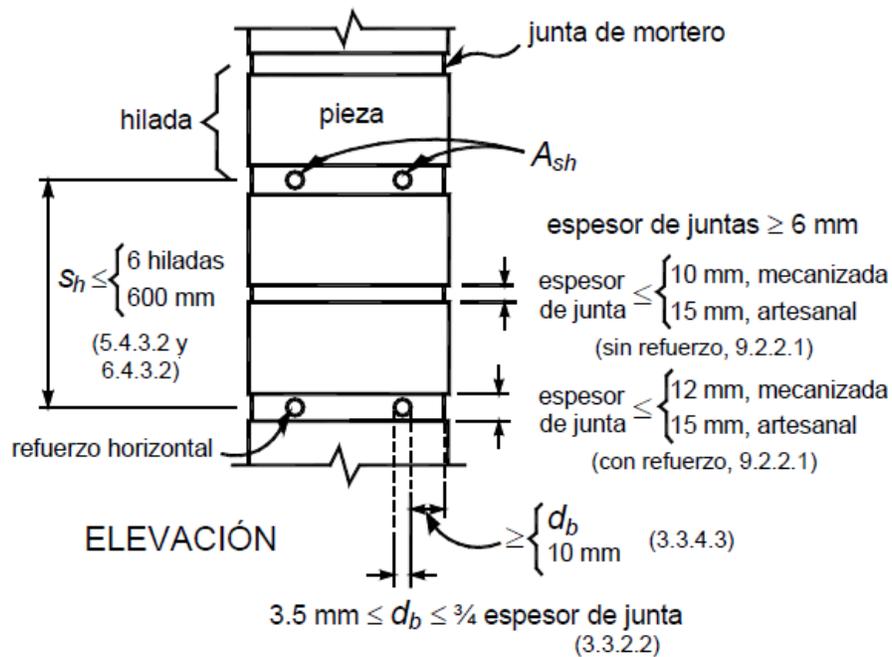


Fig. 2.51 Tamaño, colocación y protección del refuerzo (18)

(18) GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F, México, 2004. Tomo 1, Fig 3.8, pp.24

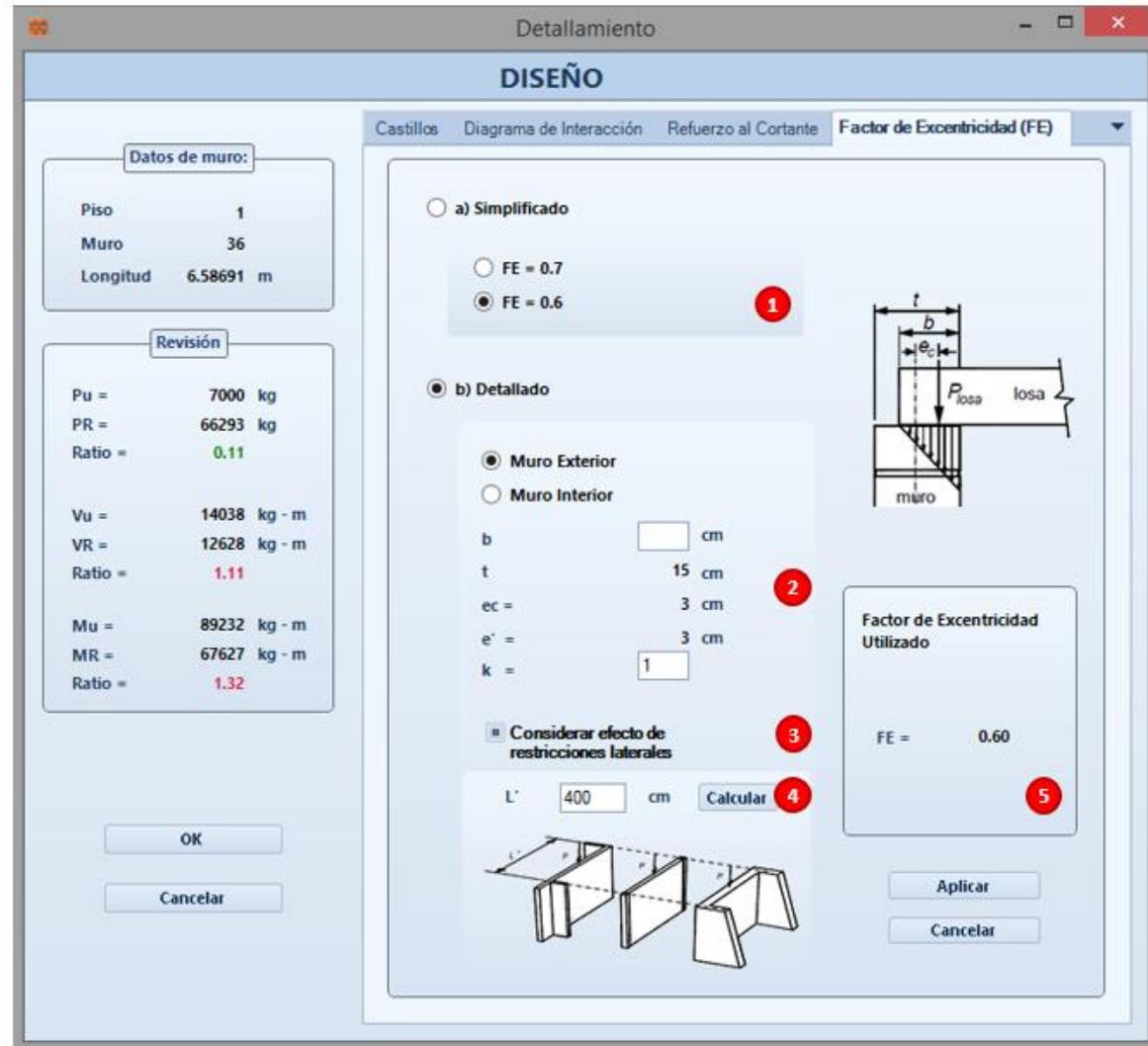


Fig. 2.52 Detallamiento: Factor de excentricidad (FE)

La cuarta pestaña permite al usuario definir con mayor grado de detalle los parámetros con los que el factor de excentricidad es calculado. Todos los muros al ser creado se definen con un factor $FE=0.6$ del método simplificado. Este factor corresponde a muros exteriores, y aunque no todos los muros son exteriores, es una manera conservadora de iniciar el análisis. Si el muro tuviera problemas de axial o flexocompresión, valdría la pena modificar el factor de excentricidad para lograr algo de resistencia adicional.

1. **Método simplificado:** Si se elige definir el factor de excentricidad con el método simplificado y cumpliendo con las restricciones especificadas en el reglamento del DF para utilizar dicho método, la opción está entre 0.6 y 0.7.
2. **Método detallado:** se definen las variables: b , t , ec , e' , k . Estas se utilizan internamente para calcular el factor FE.
3. **Restricciones laterales:** Cuando el usuario selecciona la casilla de “Considerar efecto de restricciones laterales”, se recalcula el valor de FE según la fórmula del Reglamento para considerar dicho efecto.
4. **Calcular L':** Con esta herramienta el programa analiza la fórmula de FE para cada una de las longitudes entre castillos dentro del muro en cuestión. El valor FE se toma como el más desfavorable y la longitud entre castillos L' para dicho caso es mostrada en el cuadro de texto. El usuario también es libre de modificar manualmente el valor L' .
5. **Factor FE utilizado:** a cada cambio que realice el usuario y que presione el botón aplicar, se mostrará en este recuadro el valor FE a utilizar en el cálculo de resistencias del muro.

2.2.2 Área de dibujo

El área de dibujo contiene tres tipos diferentes de objetos con los que el usuario tiene interacción directa. Dejando fuera los “grids” y acotaciones, que quedaron definidos durante la fase previa a la fase de modelado o por la importación de un proyecto generado por ETABS, tenemos: muros, losas y vacíos.

2.2.2.1 Objetos tipo Muro

Los objetos tipo muro pueden ser dibujados con ayuda de la herramienta: “Dibujar muros” de la barra de herramientas de modelado (Ver sección 2.2.1.1). Estos objetos tienen las siguientes propiedades:

- **ID:** El “ID” del muro tiene dos piezas claves de información. La primera, es el piso al que pertenece dicho muro, normalmente nomenclaturado con una “S”

seguida del número del piso, ejemplo: “S1”. La segunda, es el nombre o “label”, que no es más que una numeración que distingue al muro de los demás. El nombre del muro se indica con una “W” seguida del número de dicho muro, ejemplo: “W5”.

- **Coordenadas:** Todos los muros tiene un nodo “i” y un nodo “j”. Siendo el primero el inicial y el segundo el final. Estos nodos son siempre reacomodados independientemente del orden con que sean dibujados o como sean importados de ETABS, de tal manera que el nodo “i” siempre tenga el valor de “X” más pequeño. En el caso de muros paralelos al eje “Y”, el nodo inicial “i” es el del valor “Y” menor.
- **Centro de masa:** Es la coordenada en el plano “X-Y” global del centro de masa o centro geométrico del objeto tipo muro.
- **Longitud:** Es la distancia recta entre los nodos “i” y “j”.
- **Espesor:** Espesor del muro en función de la sección que tenga asignada.
- **Altura:** Altura del muro medida de centro a centro de entrepisos.
- **Área:** Producto de la longitud por la altura del muro.
- **Sección:** Sección tipo asignada al objeto muro.
- **Cargas:** Son los elementos mecánicos axiales del muro como resultado de la bajada de cargas. Se distinguen como “CM” o carga muerta, y “CV” o carga viva.

Estas propiedades pueden ser consultadas por el usuario ya sea haciendo clic derecho sobre el objeto tipo muro en cuestión y seleccionando la opción “Propiedades” como se muestra en la Figura 2.53, o mediante la herramienta de selección de muros del panel de controles izquierdo de “Muros y losas”. En la ventana de edición de muro (Ver Fig. 2.54) se pueden editar los elementos mecánicos axiales asignados al muro y la sección del mismo. Nótese que cuando el modelo se encuentra analizado, la edición de estas propiedades queda bloqueada.

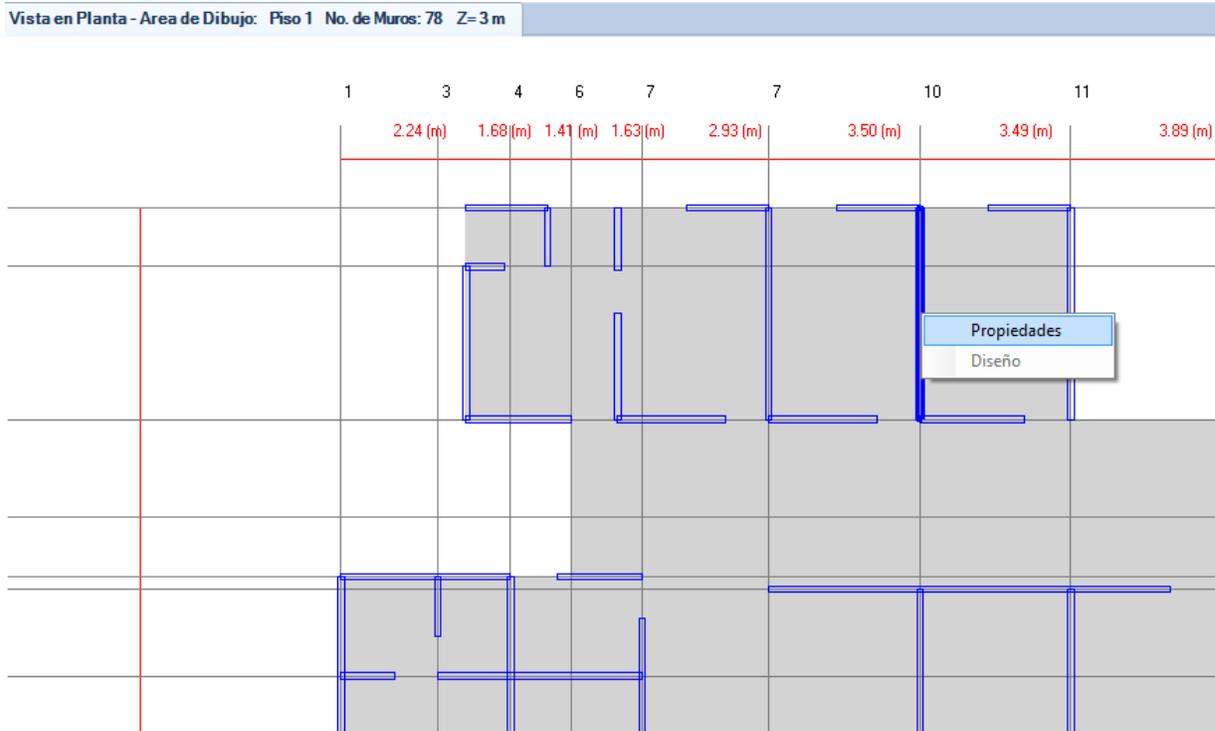


Fig. 2.53 Consulta de propiedades de objetos tipo muro.

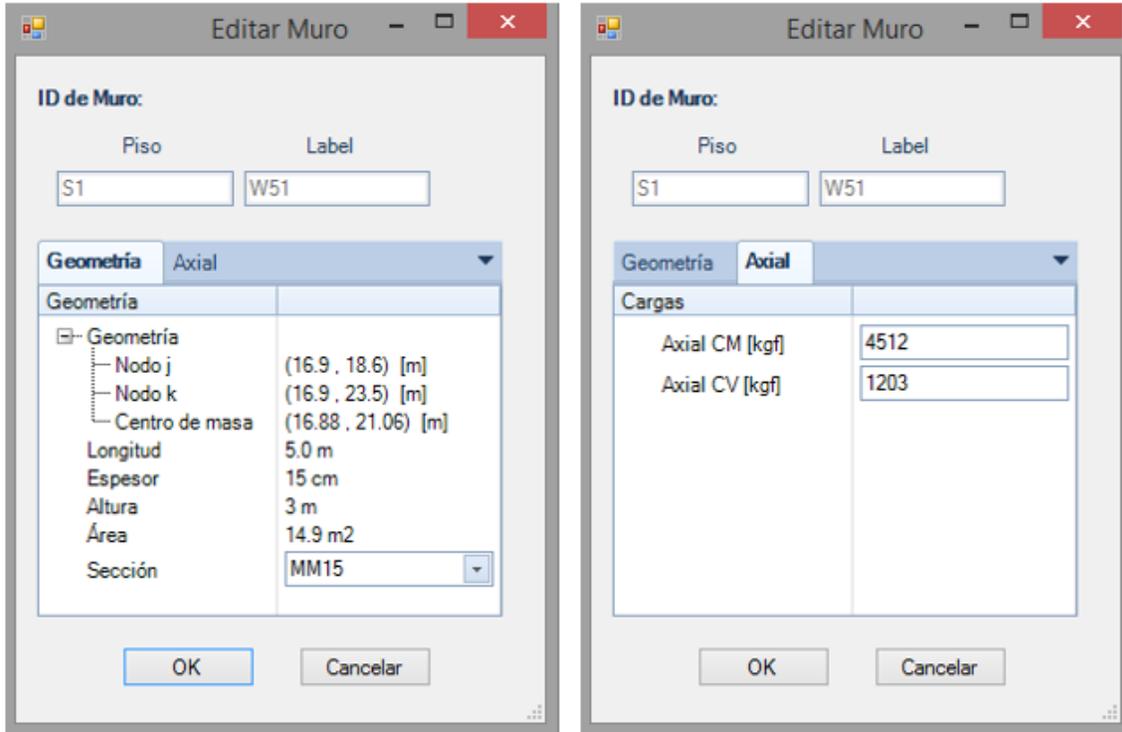


Fig 2.54 Ventana de edición de muro.

2.2.2.2 Objetos tipo Losa

Los objetos tipo losa pueden ser dibujados con ayuda de la herramienta: “Dibujar losas” de la barra de herramientas de modelado (Ver sección 2.2.1.1). Estos objetos tienen las siguientes propiedades:

- **ID:** Similar a los objetos muro, El “ID” de la losa tiene dos piezas de información. La primera, es el piso al que pertenece dicha losa, normalmente nomencaturado con una “S” seguida del número del piso, ejemplo: “S1”. La segunda, es el nombre o “label”, que corresponde a la numeración que distingue a la losa de las demás. El nombre de la losa se indica con una “F” seguida del número de dicha losa, ejemplo: “F11”.
- **Coordenadas:** Son los nodos o puntos que delimitan el polígono de la losa.
- **Centro de masa:** Es la coordenada en el plano “X-Y” global del centro de masa o centro geométrico del objeto tipo losa.
- **Área:** Es la superficie total de la losa en el plano “X-Y”
- **Espesor:** Espesor de la losa en función de la sección que tenga asignada. “H total”.
- **Sección:** Sección tipo, ya sea aligerada o llena, asignada al objeto tipo losa
- **Cargas:** Son las cargas uniformemente distribuidas por unidad de área asignadas a la losa. Dentro de la carga muerta o “CM” se pueden desglosar el peso propio de la losa misma y la carga distribuida asignada, normalmente denominada como sobrecarga. Adicionalmente se encuentran las cargas vivas o “CV”, igualmente asignadas como cargas distribuidas.

Estas propiedades pueden ser consultadas por el usuario ya sea haciendo clic derecho sobre el objeto tipo muro en cuestión, o mediante la herramienta de selección de losas del panel de controles izquierdo de “Muros y losas”. En la ventana de edición de losa (Ver Fig. 2.55) se pueden editar las cargas distribuidas asignadas a la losa y la sección de la misma. Nótese que cuando el modelo se encuentra analizado, la edición de estas propiedades queda bloqueada.

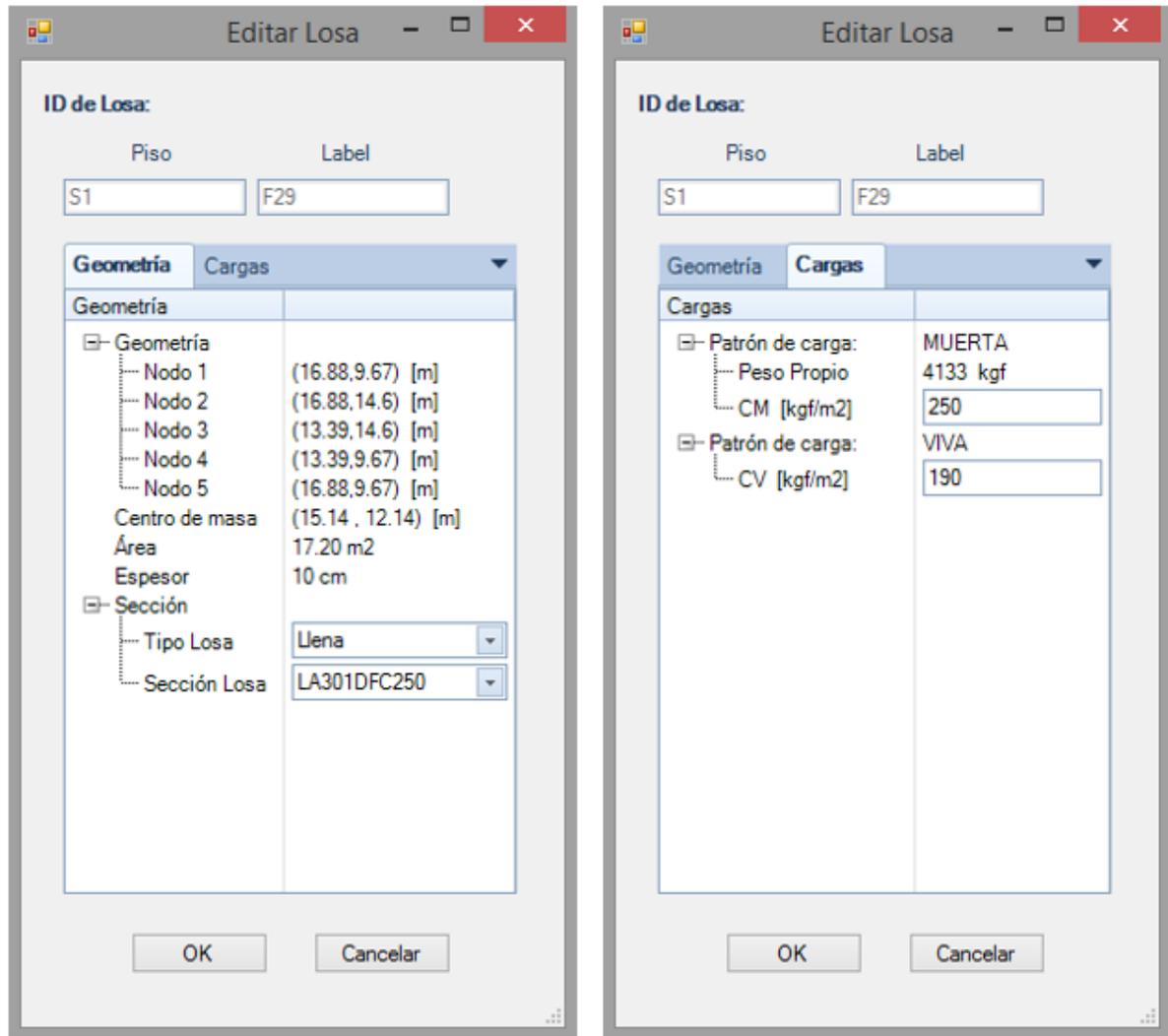


Fig 2.55 Ventana de edición de losa.

2.2.2.3 Objetos tipo Vacío

Los objetos tipo vacío pueden ser dibujados con ayuda de la herramienta: “Dibujar vacíos” de la barra de herramientas de modelado (Ver sección 2.2.1.1).

El objeto vacío representa un hueco en la losa contenedora y modifica directamente su área. Esta modificación representa una reducción en el peso propio del elemento y representa una disminución en la masa total de la estructura.

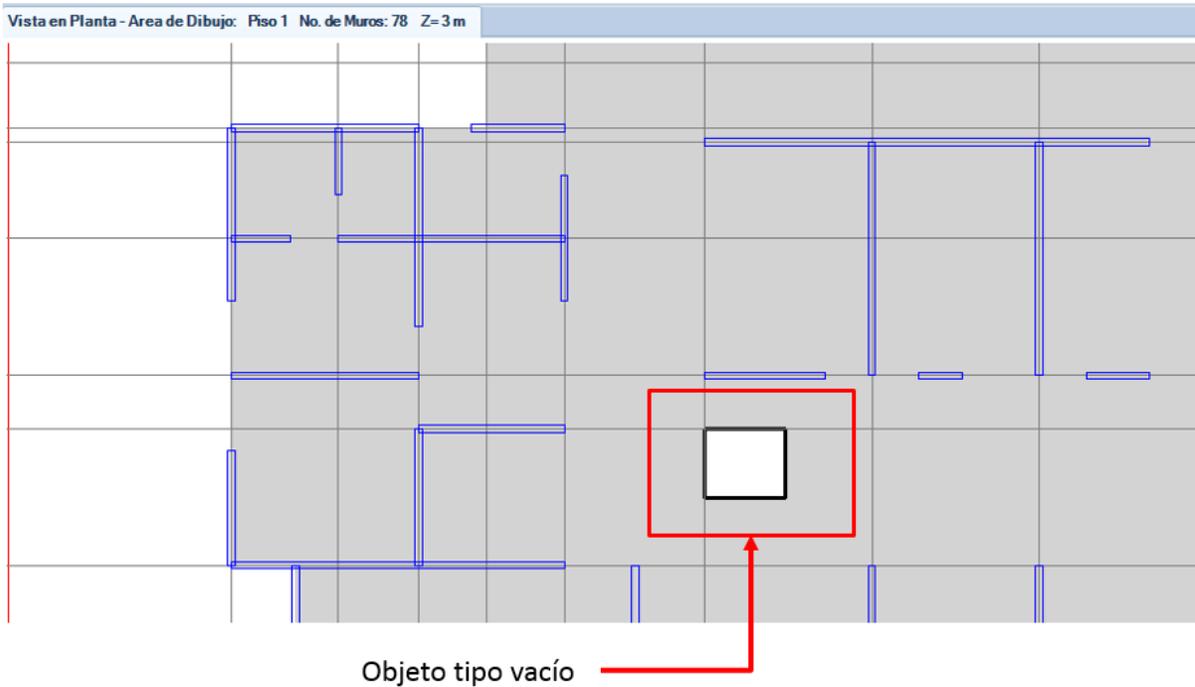


Fig. 2.56 Objeto tipo vacío seleccionado en el área de dibujo

2.2.3 Panel de Controles izquierdo

2.2.3.1 Sistemas de “grids”

El panel de controles izquierdo muestra la definición de “grids” cuando se encuentra en fase de dimensionamiento. Estas herramientas permiten la definición de nuevos sistemas de “grids” para el proyecto actual. Las herramientas presentes en dicho panel son las siguientes:

1. **Sistemas:** Muestra el sistema de “grids” actualmente en edición y permite agregar nuevos sistemas de “grids” o eliminar el actualmente editado.

2. Datos del sistema: Permite editar el nombre del sistema de “grids” que se encuentra en edición. Además, da la oportunidad de dar al sistema de “grids” una coordenada en el plano X-Y para el origen y un ángulo de rotación para desplazar el sistema en cuestión.

3. Display:

- **Mostrar información de “grids” como Ordenadas:** La edición de la información geométrica de los “grids” es presentada y manipulada a través de coordenadas exactas de inserción de los “grids”. Esto quiere decir que un “grid” en el sentido X cuya coordenada sea especificada como 24, será insertado a una distancia horizontal de 24 metros a partir del punto de origen del sistema coordinado (0,0)
- **Mostrar Información de “grids” como Espacios:** La información geométrica de “grids” es manipulada mediante la especificación de espacios existentes entre “grids” contiguos en el mismo sentido, siendo así visualmente correspondiente con las cotas impresas en el dibujo.

4. Y Grid: Los “Y “grids”” son los ejes paralelos al eje global X-X, caracterizados por su posición en el eje Y-Y. En este cuadro se puede agregar, eliminar y editar dichos “grids”. La edición permite nombrar cada eje individualmente y definir su ubicación de acuerdo a la opción de “Display” seleccionada.

5. X Grid: Los “X “grids”” son los ejes paralelos al eje global Y-Y, caracterizados por su posición en el eje Y-Y. En este cuadro se puede agregar, eliminar y editar dichos “grids”. La edición permite nombrar cada eje individualmente y definir su ubicación de acuerdo a la opción de “Display” seleccionada.

Grids Pisos

Sistemas

Nombre:

 Agregar  Eliminar **1**

Datos de Sistema

Nombre:

Global X: m

Global Y: m

Rotación: ° **2**

Display

Mostrar Información de Grids como Ordenadas

Mostrar Información de Grids como Espacios **3**

Y Grid

 Agregar  Eliminar

	Grid ID	Y [m]
▶	1	8
	2	8
	3	8
	4	0

4

X Grid

 Agregar  Eliminar

	Grid ID	X [m]
▶	A	8
	B	8
	C	8
	D	0

5

Fig. 2.57 Edición de “grids”

2.2.3.2 Pisos y alturas de entrepiso

Grids Pisos

Numero de pisos : 3

Altura default por piso : 3.5

	Piso	Altura [m]
▶	1	3.5
	2	3.5
	3	3.5

Fig. 2.58 Edición de pisos y alturas de entrepiso

- 1. Número de pisos:** Definir número de plantas en el proyecto.
- 2. Altura default por piso:** Altura asignada a cada entrepiso al modificar el número de plantas existentes.
- 3. Tabla de edición de alturas de entrepiso:** cada entrepiso puede tener asignada una altura diferente de la de los demás.

2.2.3.3 Muros y Losas

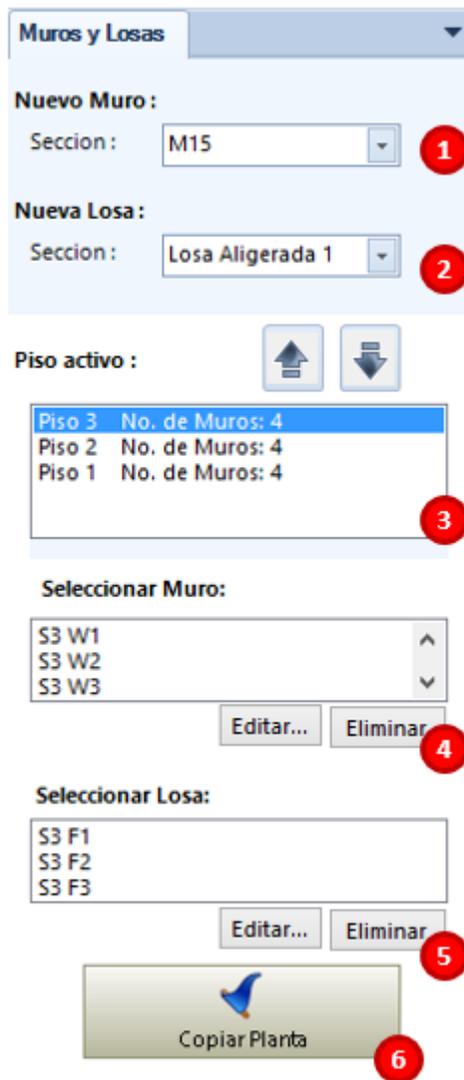


Fig. 2.59 Edición de pisos y alturas de entrecapiso

El panel de controles izquierdo muestra las herramientas de modelado y exploración de plantas después de pasar a la fase de modelado. (Ver Sección 2.2.1.1)

- 1. Nuevo muro:** Muestra la sección de muro que recibirán todos aquellos muros nuevos que sean trazados en el área de dibujo.

2. **Nueva losa:** Muestra la sección de losa que recibirán todas aquellas losas nuevas que sean trazados en el área de dibujo.

3. **Piso activo:** Permite la exploración de las diferentes plantas del edificio. Cuando el usuario hace clic en alguna de las plantas dentro de la lista de plantas, esta se convierte en el piso activo, y es inmediatamente mostrada en el área de dibujo con todos sus elementos.

4. **Seleccionar muro:** Esta herramienta permite la rápida exploración de cada uno de los muros mostrados en el piso activo. Cuando se encuentra seleccionado algún muro dentro de la lista de este controlador, se ilumina dicho muro dentro del espacio de dibujo y entonces se puede editar o eliminar con alguno de los dos botones que se encuentran inmediatamente debajo de esta lista. (De la edición de muros ver Sección 2.2.2.1)

5. **Seleccionar losas:** Así como el controlador: “Seleccionar muro”, este controlador permite la rápida exploración edición y eliminación de todos los objetos tipo losa dentro del piso activo.

6. **Copiar planta:** Esta herramienta permite al usuario copiar los elementos tipo muro, tipo losa y tipo vacío de una planta determinada a cualquiera de las demás plantas del edificio. Se permite seleccionar si solo se desean copiar determinados elementos de dicha planta en el recuadro de selección del lado izquierdo de la ventana (Ver Fig 2.60). Para copiar elementos a las demás plantas basta con colocar en la lista del lado derecho nombrada como “Copiar Planta a Pisos” todas aquellas plantas que se desea que reciban dichos elementos copiados. Entonces se hace clic en el botón “OK” y el copiado es realizado.

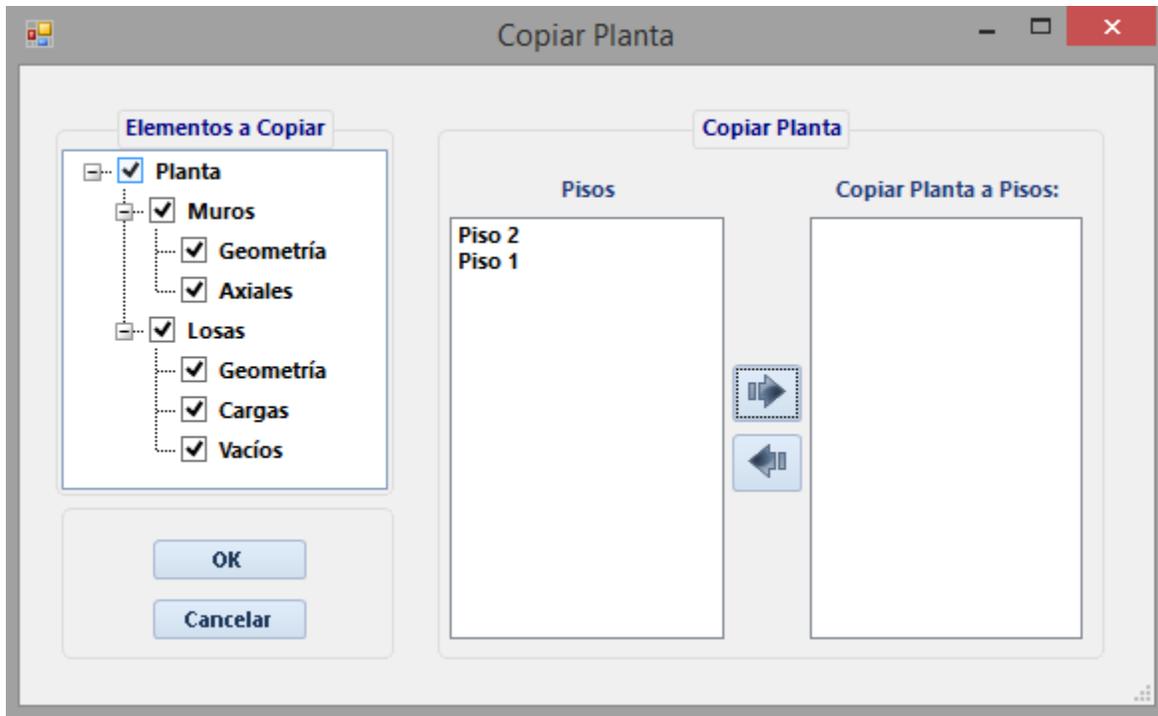


Fig 2.60 Ventana de herramienta para copiar plantas

2.2.4 Contenedor de tablas de resultados

Servicio								
Combinaciones	Fuerzas Máximas	Resistencias [Axial, Cortante]	Revisión [Flexocompresión]	Revisión Diseño	1			
3 de 226		2		Localizar Muro 3				
Piso	Muro	Sentido	P [kgf]	Vd [kgf]	Vt [kgf]	Vt(EP) [kgf]	Vt(EN) [kgf]	
Piso 2	W 1	XX	2500.00	876.19	-329.62	-572.23	-87.01	
Piso 2	W 1	YY	2500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Piso 2	W 2	XX	2500.00	857.44	-322.57	-559.99	-85.15	
Piso 2	W 2	YY	2500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Piso 2	W 3	XX	2500.00	901.63	-339.19	-588.84	-89.54	
Piso 2	W 3	YY	2500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4

Fig 2.61 Controladores del Contenedor de tablas de resultados

- Pestañas de tablas:** Muestra las 6 tablas disponibles de resultados de análisis y de diseño.
- Controles de navegación:** Nombrando los botones de izquierda a derecha. El primero manda la casilla seleccionada dentro de la tabla de información

hasta el principio de la tabla; el segundo retrocede una fila en la tabla; el tercero, avanza una fila hacia abajo la casilla seleccionada; y finalmente el cuarto botón manda la casilla seleccionada hasta el final de la tabla.

3. **Localizar muro:** Al ser presionado selecciona inmediatamente dentro del área de dibujo el objeto muro correspondiente a la casilla actualmente. Esto permite ubicar con facilidad algún muro que salte a la atención del usuario.
4. **Tabulación de información:** Contiene toda la información relevante de resultados de análisis y los llamados “ratios” de las revisiones.

2.2.4.1 Tabla “Servicio”

Piso	Muro	Sentido	P [kgf]	Vd [kgf]	Vt [kgf]	Vt(EP) [kgf]	Vt(EN) [kgf]
Piso 2	W 1	XX	2500.00	245.41	-384.70	-666.84	-102.55
Piso 2	W 1	YY	2500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Piso 2	W 2	XX	2500.00	240.16	-376.47	-652.58	-100.36
Piso 2	W 2	YY	2500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Piso 2	W 3	XX	2500.00	252.54	-395.87	-686.20	-105.53
Piso 2	W 3	YY	2500.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fig. 2.62 Tabla “Servicio” en barra de resultados

Esta tabla muestra las fuerzas en servicio desglosadas en Axial, cortantes directos e indirectos y cortantes indirectos con excentricidades accidentales. Estas fuerzas sísmicas se dividen en sismo paralelo al eje X, que se muestra como sentido XX, y sismo paralelo al eje Y, que corresponde al sentido YY.

2.2.4.2 Tabla “Combinaciones”

Servicio	Combinaciones	Fuerzas Máximas	Resistencia [Axial, Cortante]	Revisión [Flexocompresión]	Revisión Diseño	
1 de 7684						
	Piso	Muro	Caso de Carga	P [kgf]	V [kgf]	M [kgf*m]
	Piso 2	W 1	CM+CV	2500.00	N/A	N/A
	Piso 2	W 1	SX	N/A	-139.29	-417.86
	Piso 2	W 1	SXEP	N/A	-421.43	-1264.29
	Piso 2	W 1	SXEN	N/A	142.86	428.58
	Piso 2	W 1	SY	N/A	0.00	0.00
	Piso 2	W 1	SYEP	N/A	0.00	0.00

Fig. 2.63 Tabla “Combinaciones” en barra de resultados

La tabla “Combinaciones” es un concentrado de todos los elementos mecánicos (Axial, Momento y Cortante) calculados en cada uno de los elementos muro de la estructura y con cada una de las combinaciones definidas por el usuario. “P” corresponde a axial, “V” es para cortante y “M” indica momento.

2.2.4.3 Tabla “Fuerzas Máximas”

Servicio	Combinaciones	Fuerzas Máximas	Resistencia [Axial, Cortante]	Revisión [Flexocompresión]	Revisión Diseño	
1 de 226						
	Piso	Muro	Caso de Carga	Pu [kgf]	Vu [kgf]	Mu [kgf*m]
	Piso 2	W 1	1.4CM+1.4CV	7000.00		
	Piso 2	W 1	1.1CM+1.1CV+1.1SXEP		-463.57	
	Piso 2	W 1	1.1CM+1.1CV+1.1SXEP			-1390.72
	Piso 2	W 2	1.4CM+1.4CV	7000.00		
	Piso 2	W 2	1.1CM+1.1CV+1.1SXEP-0.33SYEN		-453.66	
	Piso 2	W 2	1.1CM+1.1CV+1.1SXEP-0.33SYEN			-1360.97

Fig. 2.64 Tabla “Fuerzas Máximas” en barra de resultados

La tabla “Fuerzas Máximas” muestra los valores calculados del Axial máximo (Pu), el Cortante máximo (Vu) y el Momento máximo (Mu), permitiendo además identificar fácilmente cuál fue la combinación de carga que dio lugar a dichas condiciones críticas de diseño.

2.2.4.4 Tabla “Resistencias [Axial, Cortante]”

Piso	Muro	PR [Ton]	VR [Ton]
Piso 2	W 1	24.02	4.02
Piso 2	W 2	23.89	3.99
Piso 2	W 3	24.19	4.05
Piso 2	W 4	24.03	4.02
Piso 2	W 5	24.14	4.04
Piso 2	W 6	13.57	1.65

Fig. 2.65 Tabla “Resistencias [Axial, Cortante]” en barra de resultados

Se muestran las resistencias calculadas tanto para cortante como para axial puro de todos los muros del proyecto.

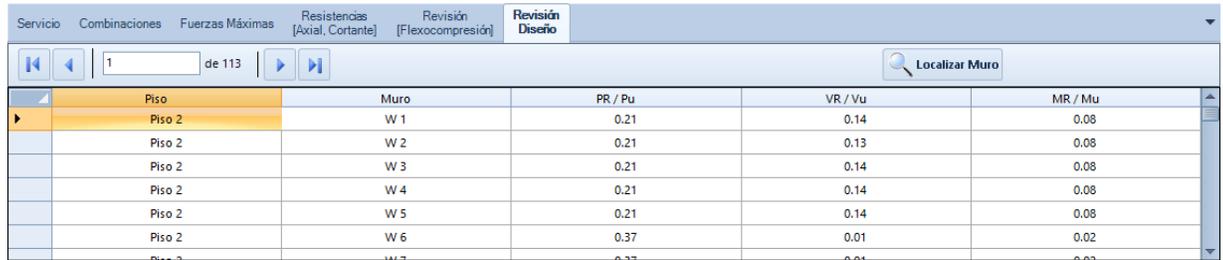
2.2.4.5 Tabla “Revisión [Flexocompresión]”

Piso	Muro	Combinación	PU [Ton]	PR [Ton]	MU [Ton*m]	MR [Ton*m]	MU/MR
Piso 2	W 1	SERVICIO	5.00	24.02	0.00	20.34	0.00
Piso 2	W 1	SISMO X	5.00	24.02	1.64	20.34	0.08
Piso 2	W 1	SISMO Y	5.00	24.02	0.00	20.34	0.00
Piso 2	W 2	SERVICIO	5.00	23.89	0.00	20.17	0.00
Piso 2	W 2	SISMO X	5.00	23.89	1.60	20.17	0.08
Piso 2	W 2	SISMO Y	5.00	23.89	0.00	20.17	0.00

Fig. 2.66 Tabla “Revisión [Flexocompresión]” en barra de resultados

Dado que la resistencia a flexocompresión es calculada en función de la carga axial y el momento, es necesario evaluar dicha resistencia para cada una de las combinaciones de carga individualmente. Esta tabla calcula dichas resistencias y en la última columna muestra el “ratio” del momento último entre el momento resistente.

2.2.4.6 Tabla “Revisión Diseño”



Piso	Muro	PR / Pu	VR / Vu	MR / Mu
Piso 2	W 1	0.21	0.14	0.08
Piso 2	W 2	0.21	0.13	0.08
Piso 2	W 3	0.21	0.14	0.08
Piso 2	W 4	0.21	0.14	0.08
Piso 2	W 5	0.21	0.14	0.08
Piso 2	W 6	0.37	0.01	0.02

Fig. 2.67 Tabla “Revisión Diseño” en barra de resultados

Aquí se muestra un concentrado de los “ratios” de cargas últimas entre resistencias. La columna del momento toma en cuenta la condición de flexocompresión con el “ratio” más crítico. Nótese que este último no necesariamente corresponde al valor más grande de momento último del envolvente de combinaciones.

2.2.5 Barra inferior



Fig 2.68 Barra inferior

- 1. Barra de progreso:** La barra de progreso muestra el avance de los procesos de análisis y de diseño.
- 2. Botón “OSNAP”:** Es una herramienta para auxiliar al dibujo. Crea puntos “sensibles” al paso del puntero del mouse para que cuando se haga clic cerca del que se encuentre activo se realice el trazo a dicho punto. Estos puntos

se crean en las intersecciones de los “grids”, en los puntos iniciales y finales de los objetos tipo muro, y en todas las esquinas de los objetos tipo losa y los objetos tipo vacío.

3. **Botón “ORTHO”:** Auxilia la labor de dibujo mediante el dibujo de líneas ortogonales. Al estar dibujando un muro, si se encuentra activada esta herramienta, la línea que definirá el desarrollo del muro se dibuja siempre paralela a los ejes globales “X” o “Y”.

2.2.6 Archivo



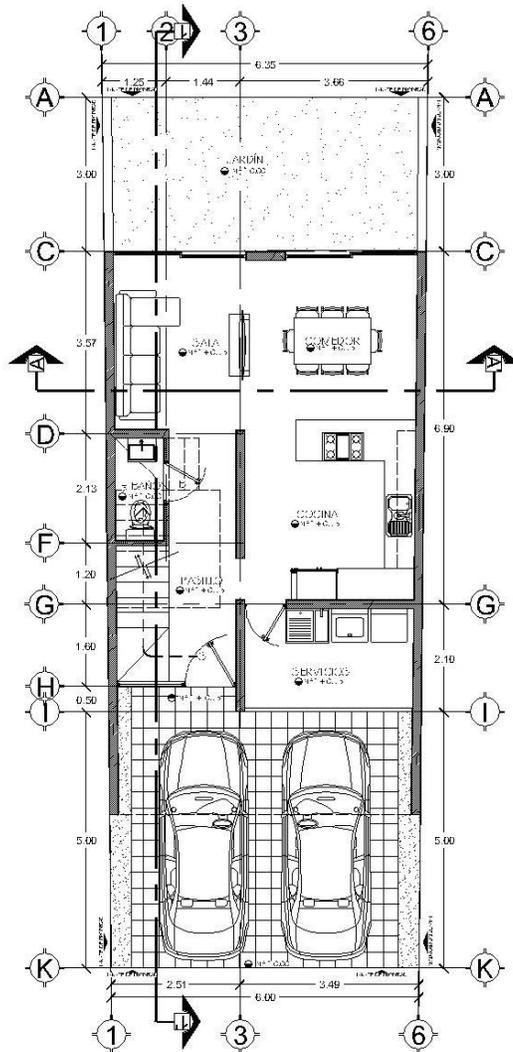
Fig 2.69 Opciones “Archivo”

1. **Guardar:** Guarda la información del proyecto en el archivo extensión .gpr previamente creado. Si todavía no existe un archivo creado, el botón hace lo mismo que “Guardar como...”
2. **Guardar como...:** Guarda la información del proyecto en un nuevo archivo extensión .gpr. El usuario debe escoger la ubicación de dicho archivo dentro de la computadora.
3. **Abrir:** Abre la información de proyecto de un archivo previamente creado.
4. **Exportar:** Contiene las opciones para generar planos de AutoCAD, Memorias de cálculo y para enviar información de proyecto por correo electrónico. Esta sección no se encuentra desarrollada en el presente, pero es una de las futuras actualizaciones que se tienen contempladas.
5. **Salir:** cierra la aplicación.

EJEMPLO

Se Tiene una casa habitación de dos niveles, cuya azotea se requiere capacitar para posible uso de terraza. La edificación se encuentra dentro de la zona metropolitana de Guadalajara.

La casa está estructurada con muros de mampostería de 12cm de espesor y losas nervadas en un sentido, de 25 cm de espesor. Hay también losas llenas de 12cm de espesor en los baños, como se puede apreciar en la planta de losa de entrepiso. Para posibles solicitudes de diseño se tiene declarado un muro de concreto de 12cm de espesor con el material "CONC250".



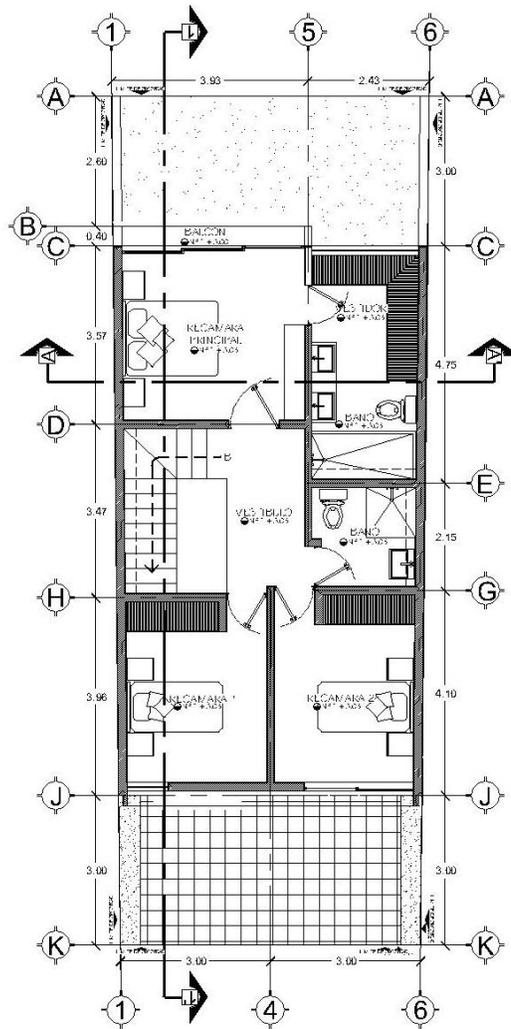
02 PLANTA BAJA

1:100

Model

0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00

Fig 3.1 Planta baja de edificación



03 PLANTA ALTA

1:100

Model

0.00

1.00

2.00

3.00

10.00

Fig 3.2 Planta alta de edificación

Lo primero que se hizo fue modelar la edificación en ETABS para tener la bajada de cargas y la geometría que se debe de importar a DWALLS.

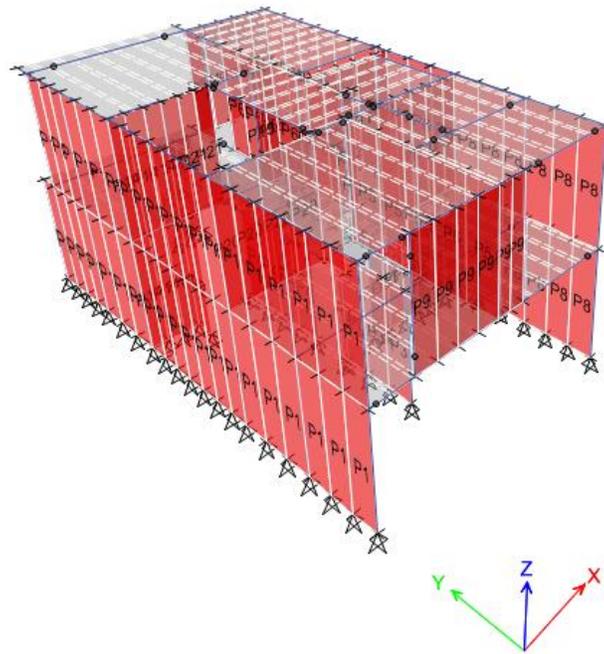


Fig 3.3 Modelo matemático en ETABS

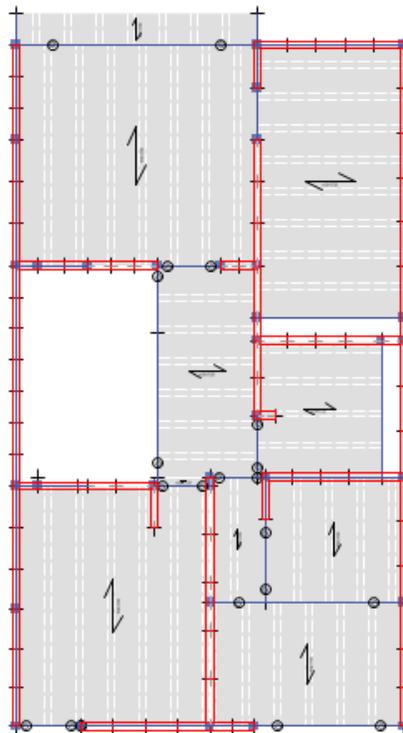


Fig 3.4 Estructuración de losa de azotea

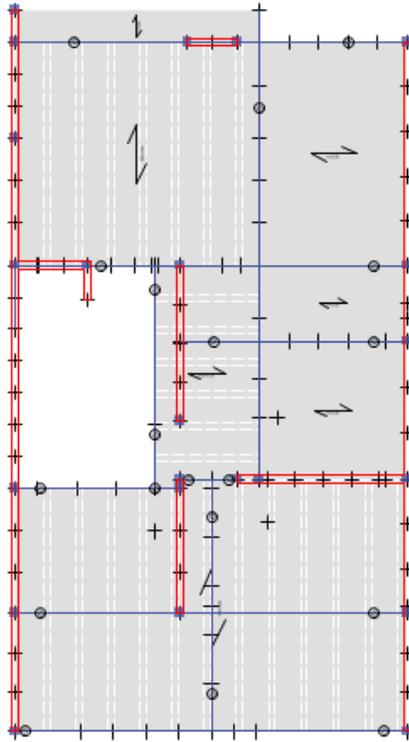


Fig 3.5 Estructuración de losa de entrepiso

Empezando con las propiedades de los materiales tenemos:

- MAMP, para mampostería. Ver figura 3.6
- MAMP – NULA, para mampostería no participante en sismo. Ver figura 3.7. A este material se le dan propiedades de rigidez: G y E_m , iguales cero. De esta forma se elimina su participación en el sistema sismo-resistente.
- CONC250, para concreto. Ver figura 3.8
- CONC150, para concreto. Ver figura 3.9
- A615Gr60, para acero de refuerzo. Ver figura 3.10

Modificar/Mostrar Material

Nombre del Material: MAMP

Valores de Diseño:

Fm* 20 kg/cm²

vm* 3.5 kg/cm²

Peso Especifico:

Peso por Unidad de Volumen 2100 kg/m³

Propiedades Mecánicas:

Módulo de Elasticidad del Tabique. Em 12000.00 kg/cm²

Módulo de Corte. G 4800.00 kg/cm²

OK Cancelar

Fig 3.6 Material de mampostería: “MAMP”

Modificar/Mostrar Material

Nombre del Material: MAMP - NULA

Valores de Diseño:

Fm* 20 kg/cm²

vm* 3.5 kg/cm²

Peso Especifico:

Peso por Unidad de Volumen 2100 kg/m³

Propiedades Mecánicas:

Módulo de Elasticidad del Tabique. Em 0.00 kg/cm²

Módulo de Corte. G 0.00 kg/cm²

OK Cancelar

Fig 3.7 Material de mampostería: “MAMP - NULA”

Modificar/Mostrar Material

Nombre del Material: CONC250

Peso Específico:

Peso por Unidad de Volumen: 2402.76966513304 kg/m³

Propiedades Mecánicas:

f_c: 250 kg/cm²

Módulo de Elasticidad E: 158000.00 kg/cm²

Relación de Poisson. U: 0.2

Módulo de Corte. G: 65833.33 kg/cm²

OK Cancelar

Fig 3.8 Material de concreto: "CONC250"

Modificar/Mostrar Material

Nombre del Material: CONC150

Peso Específico:

Peso por Unidad de Volumen: 2402.76966513304 kg/m³

Propiedades Mecánicas:

f_c: 150 kg/cm²

Módulo de Elasticidad E: 122474.49 kg/cm²

Relación de Poisson. U: 0.2

Módulo de Corte. G: 51031.04 kg/cm²

OK Cancelar

Fig 3.9 Material de concreto: "CONC150"

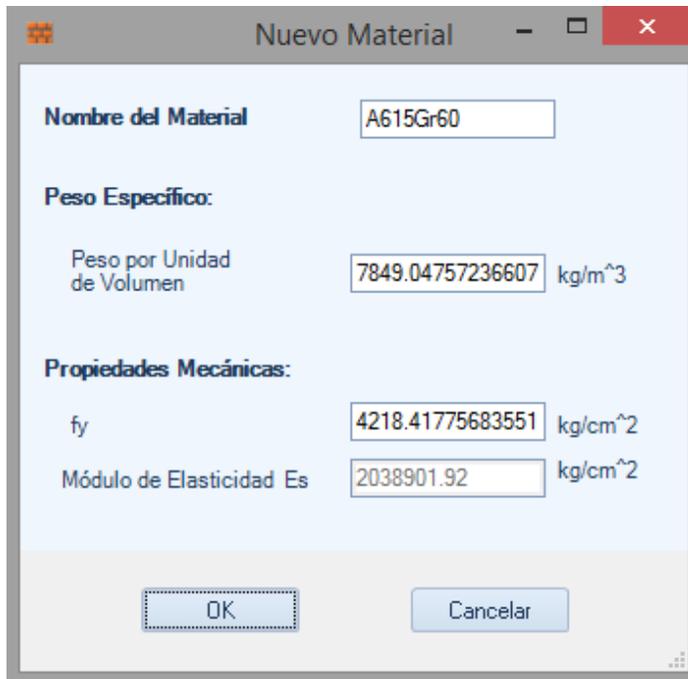


Fig 3.10 Material de acero: "A615Gr60"

La losa nervada se ilustra en la figura 3.11. En este modelo se asignó el peso del aligerante como parte de la sobrecarga asignada a la losa en cada elemento losa correspondiente.

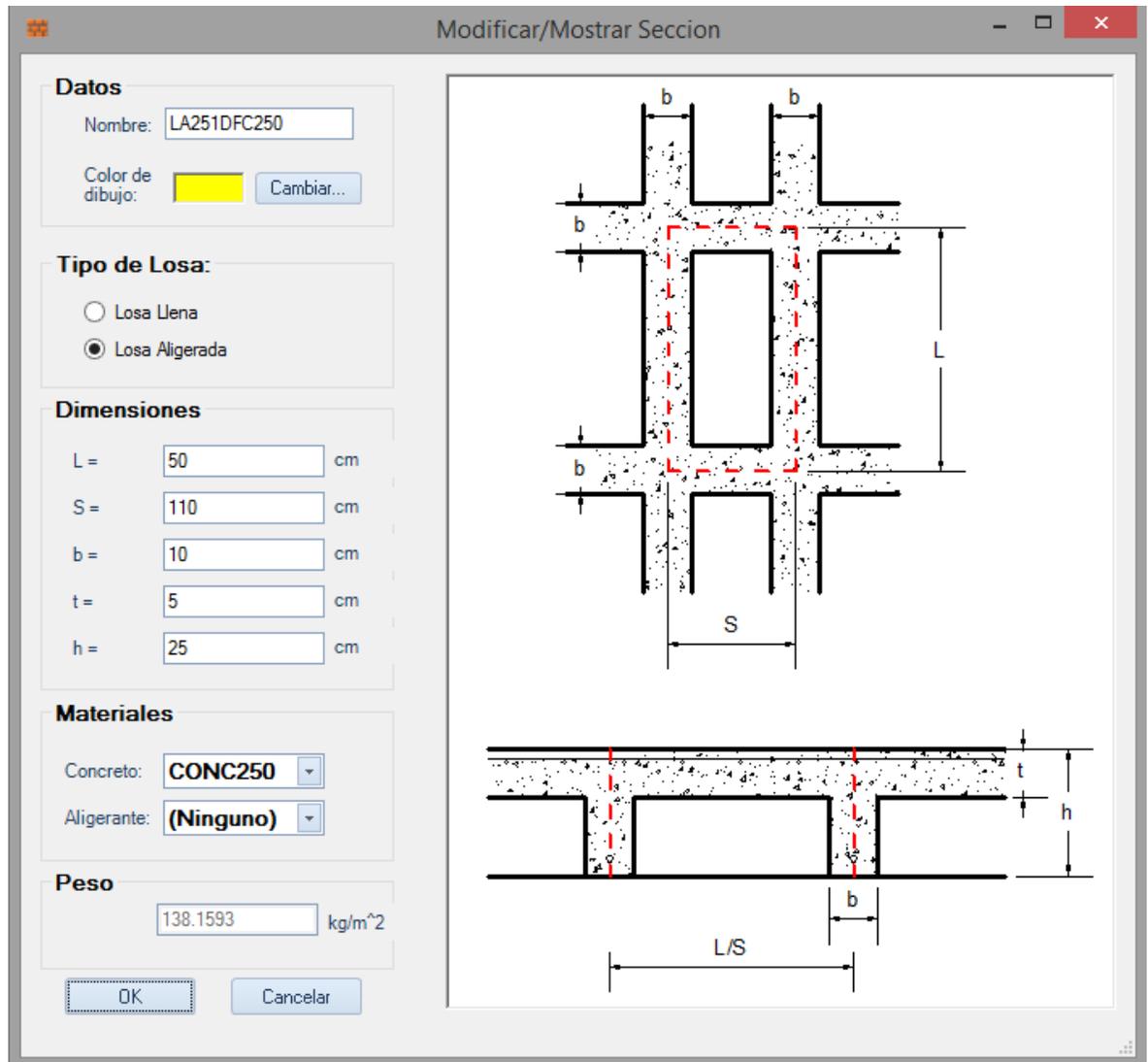


Fig 3.11 Losa nervada: "LA251DFC250"



Fig 3.12 Losa Llena: “LL12FC250”

La losa nervada se ilustra en la figura 3.11. En este modelo se asignó el peso del aligerante como parte de la sobrecarga asignada a la losa en cada elemento losa correspondiente.

Las combinaciones de carga para el diseño de los muros fueron las combinaciones Default del Reglamento de Guadalajara:

1.2DEAD + 1.6LIVE
1.4DEAD
1.2DEAD + 1LIVE

1.2DEAD
0.9DEAD
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SY
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SYEP
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SYEN
1.2DEAD + 1.4SX
1.2DEAD + 1.4SY
1.2DEAD + 1.4SXEP
1.2DEAD + 1.4SXEN
1.2DEAD + 1.4SYEP
1.2DEAD + 1.4SYEN
0.9DEAD + 1.4SX
0.9DEAD + 1.4SY
0.9DEAD + 1.4SXEP
0.9DEAD + 1.4SXEN
0.9DEAD + 1.4SYEP
0.9DEAD + 1.4SYEN
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX + 0.42SY
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX -0.42SY
1.2DEAD + 1LIVE -1.4SX + 0.42SY
1.2DEAD + 1LIVE + -1.4SX -0.42SY
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX + 0.42SYEP
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX -0.42SYEP
1.2DEAD + 1LIVE -1.4SX + 0.42SYEP
1.2DEAD + 1LIVE -1.4SX -0.42SYEP
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX + 0.42SYEN
1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SX -0.42SYEN
1.2DEAD + 1LIVE -1.4SX + 0.42SYEN

1.2DEAD + 1LIVE -1.4SX -0.42SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP + 0.42SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP + -0.42SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP + 0.42SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP -0.42SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP + 0.42SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEP -0.42SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN + 0.42SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN + -0.42SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN + 0.42SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN -0.42SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN + 0.42SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 1.4SXEN -0.42SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SX + 1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SX + 1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SX -1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SX -1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SX + 1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SX + 1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SX -1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SX -1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SX + 1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SX + 1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SX -1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SX -1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEP + 1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEP + 1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEP -1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE - 0.42SXEP -1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEP + 1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEP + 1.4SYEP

1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEP -1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEP -1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEP + 1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEP + 1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEP -1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEP -1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEN + 1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEN + 1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEN -1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEN -1.4SY
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEN + 1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEN + 1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEN -1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEN -1.4SYEP
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEN + 1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEN + 1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE + 0.42SXEN -1.4SYEN
 1.2DEAD + 1LIVE -0.42SXEN -1.4SYEN
 1.2DEAD + 1.4SX + 0.42SY
 1.2DEAD + 1.4SX -0.42SY
 1.2DEAD -1.4SX + 0.42SY
 1.2DEAD -1.4SX -0.42SY
 1.2DEAD + 1.4SX + 0.42SYEP
 1.2DEAD + 1.4SX -0.42SYEP
 1.2DEAD -1.4SX + 0.42SYEP
 1.2DEAD -1.4SX -0.42SYEP
 1.2DEAD + 1.4SX + 0.42SYEN
 1.2DEAD + 1.4SX -0.42SYEN
 1.2DEAD -1.4SX + 0.42SYEN
 1.2DEAD -1.4SX -0.42SYEN
 1.2DEAD + 1.4SXEP + 0.42SY

1.2DEAD + 1.4SXEP -0.42SY
1.2DEAD + 1.4SXEP + 0.42SYEP
1.2DEAD + 1.4SXEP -0.42SYEP
1.2DEAD + 1.4SXEP + 0.42SYEN
1.2DEAD + 1.4SXEP - 0.42SYEN
1.2DEAD + 1.4SXEN + 0.42SY
1.2DEAD + 1.4SXEN -0.42SY
1.2DEAD + 1.4SXEN + 0.42SYEP
1.2DEAD + 1.4SXEN - 0.42SYEP
1.2DEAD + 1.4SXEN + 0.42SYEN
1.2DEAD + 1.4SXEN -0.42SYEN
1.2DEAD + 0.42SX + 1.4SY
1.2DEAD -0.42SX + 1.4SY
1.2DEAD + 0.42SX -1.4SY
1.2DEAD -0.42SX -1.4SY
1.2DEAD + 0.42SX + 1.4SYEP
1.2DEAD -0.42SX + 1.4SYEP
1.2DEAD + 0.42SX -1.4SYEP
1.2DEAD -0.42SX -1.4SYEP
1.2DEAD + 0.42SX + 1.4SYEN
1.2DEAD -0.42SX + 1.4SYEN
1.2DEAD + 0.42SX -1.4SYEN
1.2DEAD + -0.42SX -1.4SYEN
1.2DEAD + 0.42SXEP + 1.4SY
1.2DEAD -0.42SXEP + 1.4SY
1.2DEAD + 0.42SXEP -1.4SY
1.2DEAD -0.42SXEP -1.4SY
1.2DEAD + 0.42SXEP + 1.4SYEP
1.2DEAD -0.42SXEP + 1.4SYEP
1.2DEAD + 0.42SXEP -1.4SYEP
1.2DEAD -0.42SXEP -1.4SYEP

1.2DEAD + 0.42SXEP + 1.4SYEN
1.2DEAD -0.42SXEP + 1.4SYEN
1.2DEAD + 0.42SXEP -1.4SYEN
1.2DEAD -0.42SXEP -1.4SYEN
1.2DEAD + 0.42SXEN + 1.4SY
1.2DEAD -0.42SXEN + 1.4SY
1.2DEAD + 0.42SXEN -1.4SY
1.2DEAD -0.42SXEN -1.4SY
1.2DEAD + 0.42SXEN + 1.4SYEP
1.2DEAD -0.42SXEN + 1.4SYEP
1.2DEAD + 0.42SXEN -1.4SYEP
1.2DEAD -0.42SXEN -1.4SYEP
1.2DEAD + 0.42SXEN + 1.4SYEN
1.2DEAD -0.42SXEN + 1.4SYEN
1.2DEAD + 0.42SXEN -1.4SYEN
1.2DEAD -0.42SXEN -1.4SYEN
0.9DEAD + 1.4SX + 0.42SY
0.9DEAD + 1.4SX -0.42SY
0.9DEAD -1.4SX + 0.42SY
0.9DEAD -1.4SX -0.42SY
0.9DEAD + 1.4SX + 0.42SYEP
0.9DEAD + 1.4SX -0.42SYEP
0.9DEAD -1.4SX + 0.42SYEP
0.9DEAD -1.4SX -0.42SYEP
0.9DEAD + 1.4SX + 0.42SYEN
0.9DEAD + 1.4SX -0.42SYEN
0.9DEAD -1.4SX + 0.42SYEN
0.9DEAD -1.4SX -0.42SYEN
0.9DEAD + 1.4SXEP + 0.42SY
0.9DEAD + 1.4SXEP -0.42SY
0.9DEAD + 1.4SXEP + 0.42SYEP

0.9DEAD + 1.4SXEP -0.42SYEP
0.9DEAD + 1.4SXEP + 0.42SYEN
0.9DEAD + 1.4SXEP -0.42SYEN
0.9DEAD + 1.4SXEN + 0.42SY
0.9DEAD + 1.4SXEN -0.42SY
0.9DEAD + 1.4SXEN + 0.42SYEP
0.9DEAD + 1.4SXEN -0.42SYEP
0.9DEAD + 1.4SXEN + 0.42SYEN
0.9DEAD + 1.4SXEN -0.42SYEN
0.9DEAD + 0.42SX + 1.4SY
0.9DEAD -0.42SX + 1.4SY
0.9DEAD + 0.42SX -1.4SY
0.9DEAD -0.42SX -1.4SY
0.9DEAD + 0.42SX + 1.4SYEP
0.9DEAD -0.42SX + 1.4SYEP
0.9DEAD + 0.42SX -1.4SYEP
0.9DEAD -0.42SX -1.4SYEP
0.9DEAD + 0.42SX + 1.4SYEN
0.9DEAD -0.42SX + 1.4SYEN
0.9DEAD + 0.42SX -1.4SYEN
0.9DEAD -0.42SX -1.4SYEN
0.9DEAD + 0.42SXEP + 1.4SY
0.9DEAD -0.42SXEP + 1.4SY
0.9DEAD + 0.42SXEP -1.4SY
0.9DEAD -0.42SXEP -1.4SY
0.9DEAD + 0.42SXEP + 1.4SYEP
0.9DEAD -0.42SXEP + 1.4SYEP
0.9DEAD + 0.42SXEP -1.4SYEP
0.9DEAD -0.42SXEP -1.4SYEP
0.9DEAD + 0.42SXEP + 1.4SYEN
0.9DEAD -0.42SXEP + 1.4SYEN

0.9DEAD + 0.42SXEP -1.4SYEN
 0.9DEAD -0.42SXEP -1.4SYEN
 0.9DEAD + 0.42SXEN + 1.4SY
 0.9DEAD -0.42SXEN + 1.4SY
 0.9DEAD + 0.42SXEN -1.4SY
 0.9DEAD -0.42SXEN -1.4SY
 0.9DEAD + 0.42SXEN + 1.4SYEP
 0.9DEAD -0.42SXEN + 1.4SYEP
 0.9DEAD + 0.42SXEN -1.4SYEP
 0.9DEAD -0.42SXEN -1.4SYEP
 0.9DEAD + 0.42SXEN + 1.4SYEN
 0.9DEAD -0.42SXEN + 1.4SYEN
 0.9DEAD + 0.42SXEN -1.4SYEN
 0.9DEAD -0.42SXEN -1.4SYEN

Tabla 3.1 Combinaciones de carga utilizadas

A continuación se muestra la distribución de muros por planta:

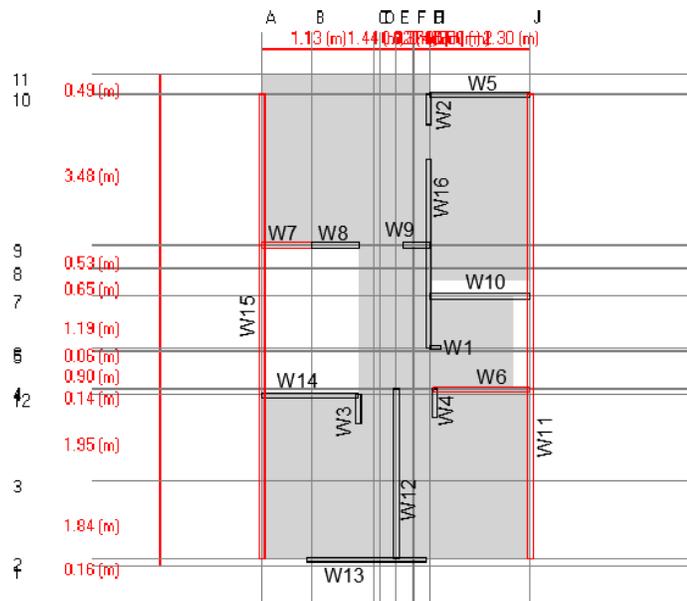


Fig 3.13 Distribución de muros en planta alta

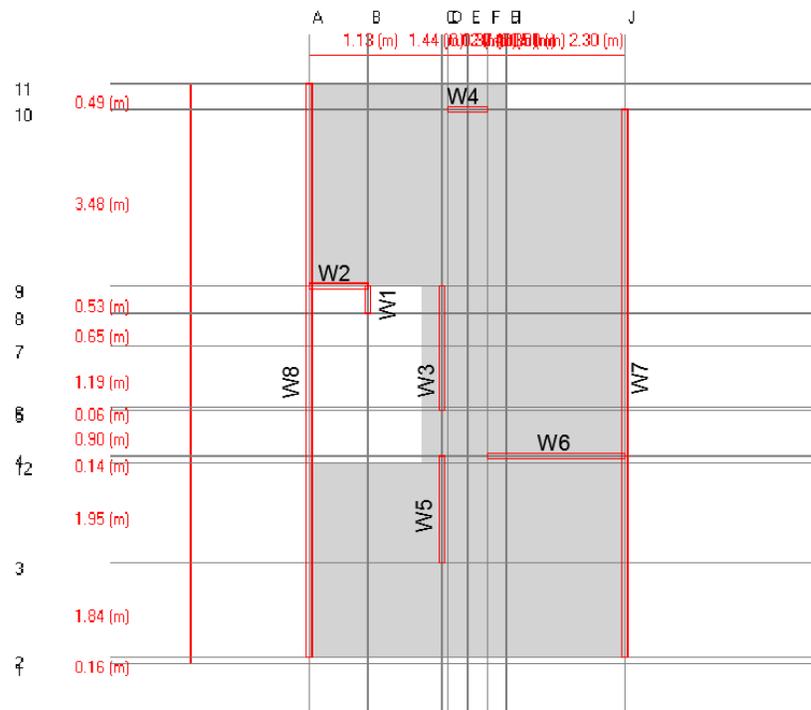


Fig 3.14 Distribución de muros en planta baja

Los muros son:

- MM12, muros de mampostería de 12cm de espesor. Ver Figura 3.15
- MM12-NULO, muros de mampostería nula de 12cm de espesor. Ver Figura 3.16
- MCONC12, muros de concreto de 12cm de espesor. Ver Figura 3.17

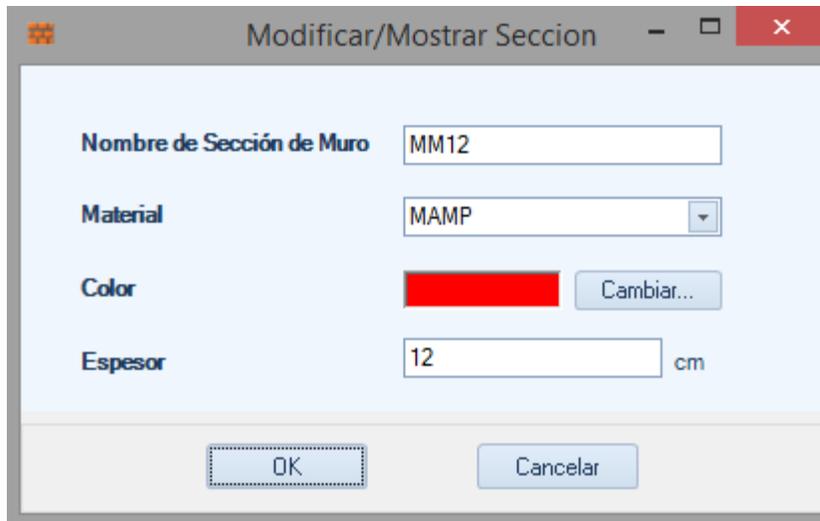


Fig 3.15 Muros: "MM12"

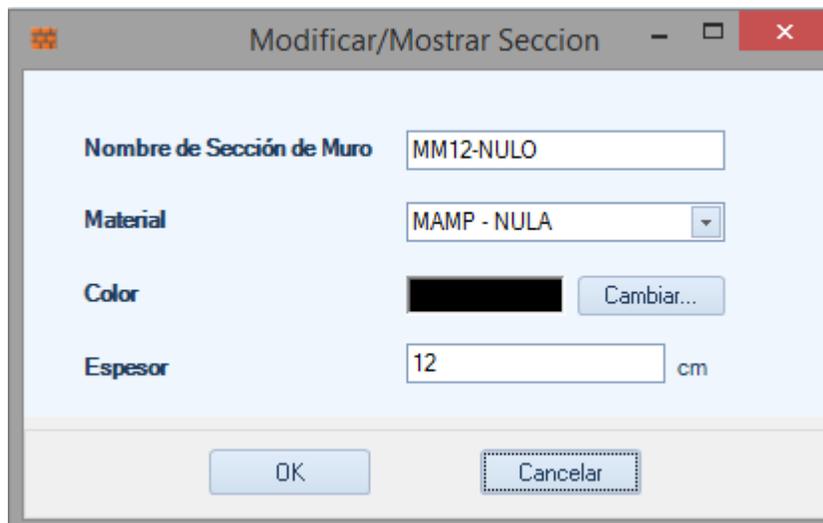


Fig 3.16 Muros: "MM12-NULO"

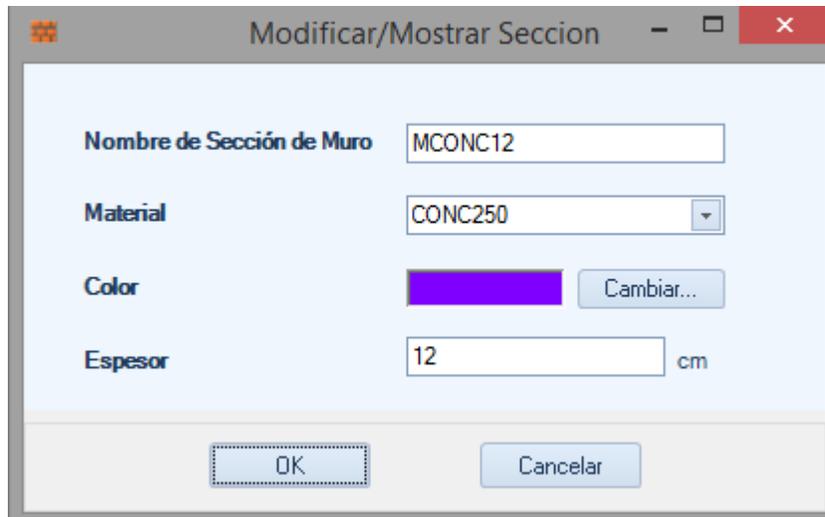
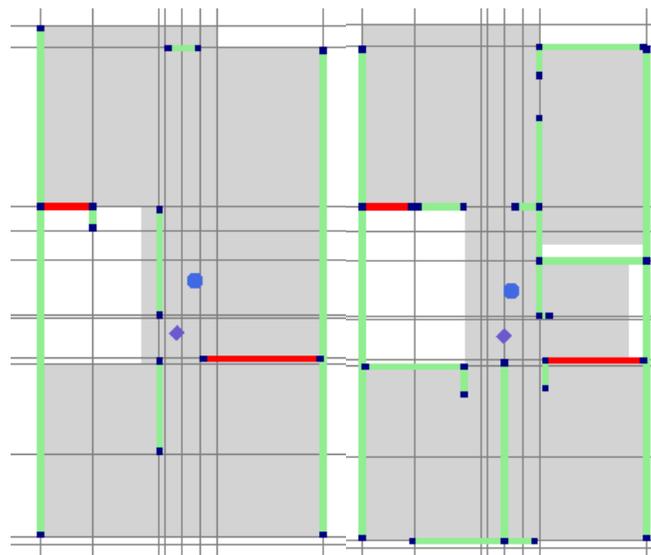


Fig 3.17 Muros: “MCONC12”

Primeramente se hace una corrida para evaluar la situación general de los muros. Se supone que los muros son todos de mampostería y que no se tiene participación de muros que coincidan con las consideraciones especiales de modelado mencionadas en el capítulo 1.2.3



PLANTA BAJA

PLANTA ALTA

Fig. 3.18. Revisión por cortante de primera corrida

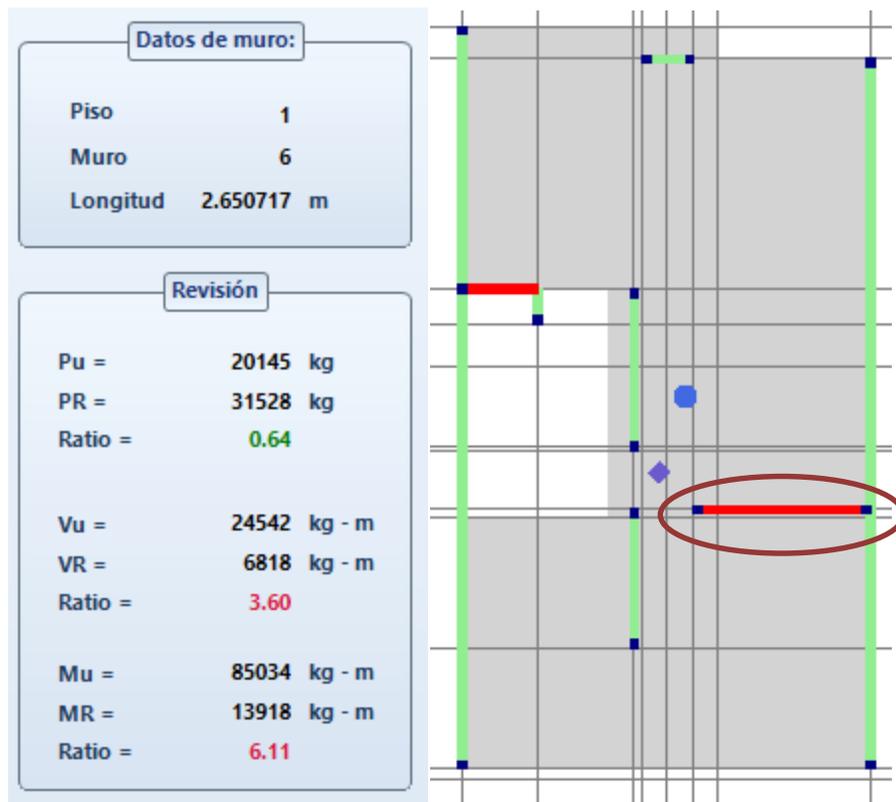


Fig 3.19 Revisión preliminar muro S1W6

Como resultado de la primera corrida, se tiene que el muro “W6” ubicado en planta baja tiene importantes problemas de cortante. Aun si se reforzara con varillas entre sus juntas o con malla electrosoldada en sus caras, el muro no pasa la revisión satisfactoriamente.

Como siguiente paso se propone cambiar los muros S1W2 y S2W7 a muros de concreto. De esta forma de “desvía” buena parte del cortante a estos muros y de esta manera se “relaja” el muro en el que teníamos problemas. También se escogió hacer de concreto estos muros porque son más cortos que el muro S1W6, de tal forma que no se eleve mucho el costo en volúmenes de concreto. A continuación se muestran los resultados de dicha corrida:

ID MURO	Axial - Carga Muerta	Axial - Carga Viva
	kgf	kgf
S2 W1	242	55
S2 W2	1290	302
S2 W3	0	0
S2 W4	0	0
S2 W5	1128	298
S2 W6	4490	629
S2 W7	1693	803
S2 W8	912	480
S2 W9	1361	261
S2 W10	2781	193
S2 W11	1071	260
S2 W12	17135	2896
S2 W13	4888	1012
S2 W14	793	169
S2 W15	1569	650
S2 W16	15299	4241
S1 W1	855	444
S1 W2	3392	1391
S1 W3	5686	1425
S1 W4	4909	1052
S1 W5	11048	2407
S1 W6	13911	2158
S1 W7	42291	6636
S1 W8	36855	8943

Tabla 3.2 Elementos mecánicos axiales en muros

Piso	Muro	Longitud	Rigidez XX	Rigidez YY	Peso Propio	Delta X	Delta Y
		m	kg/cm	kg/cm	kg	cm	cm
S2	W1	0.28	0	0	218	0	0
S2	W2	0.69	0	0	547	0	0
S2	W3	0.67	0	0	531	0	0
S2	W4	0.67	0	0	531	0	0
S2	W5	2.3	0	0	1596	0	0
S2	W6	2.18	16148	0	1509	0.0662	0
S2	W7	1.13	39091	0	784	0.1671	0
S2	W8	1.1	0	0	764	0	0
S2	W9	0.58	0	0	398	0	0
S2	W10	2.3	0	0	3805	0	0
S2	W11	10.74	0	227709	7443	0	0.0133
S2	W12	3.93	0	0	6492	0	0
S2	W13	2.74	0	0	1902	0	0
S2	W14	2.18	0	0	1513	0	0
S2	W15	10.74	0	227709	7443	0	0.015
S2	W16	4.36	0	0	3018	0	0
S1	W1	0.53	0	289	420	0	0
S1	W2	1.13	34115	0	784	0.2387	0
S1	W3	2.43	0	18598	1684	0	0.0019
S1	W4	0.77	862	0	534	0.0062	0
S1	W5	2.09	0	13014	1448	0	0.0014
S1	W6	2.65	22640	0	1837	0.1551	0
S1	W7	10.74	0	215106	17741	0	0.0193
S1	W8	11.23	0	226608	18551	0	0.0261

Tabla 3.3 Propiedades mecánicas en muros

Piso	Losa	Area	Peso Propio	CM	CV
		m2	kg	kg/m2	kg/m2
S2	F1	1.87	258	290	190
S2	F2	13.25	1831	290	190
S2	F3	11.59	1602	290	190
S2	F4	9.93	1372	290	190
S2	F5	4.2	580	290	190
S2	F6	5.98	827	290	190
S2	F7	4.29	593	290	190
S2	F8	1.72	238	290	190
S2	F9	5.24	725	290	190
S2	F10	0.12	16	290	190
S1	F1	1.87	538	290	190
S1	F2	5.47	755	290	190
S1	F3	8.02	2311	520	190
S1	F4	2.72	784	520	190
S1	F5	4.95	1427	520	190
S1	F6	23.66	3269	290	190
S1	F7	13.26	1831	290	190

Tabla 3.4 Cargas y pesos de losas

Piso	BX	BY	Ax	ex	ey	ex+acc	ex-acc	ey+acc	ey-acc
	m	m		m	m	m	m	m	m
S2	3.88	7.44	2.54	-0.19	0.99	0.30	-0.68	1.93	0
S1	6.11	3.97	2.68	-0.37	0.48	0.45	-1.19	1.01	0

Tabla 3.5 Excentricidades calculadas

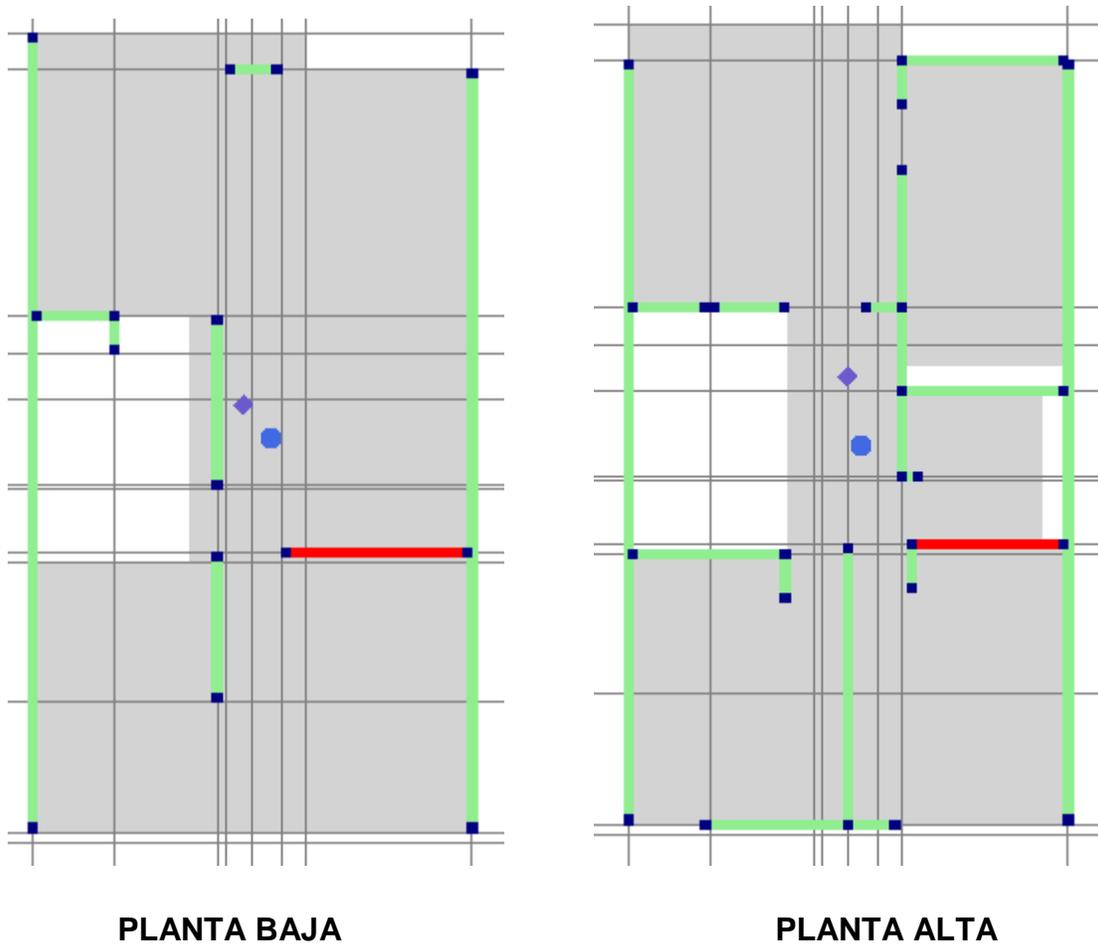


Fig. 3.20. Revisión por cortante de segunda corrida

Empezando el detallamiento del muro de planta alta “S2W6”, se observa que no existen problemas por momento de volteo con los castillos default propuestos

(Ver Fig. 3.21). Recordando que los castillos default son castillos cuadrados con dimensiones iguales al espesor del muro y con una varilla del #3 a cada esquina.

Mientras que por cortante se hace necesario aplicar un refuerzo adicional ya que el “ratio” entre el cortante actuante y el resistente supera a la unidad con un valor de 1.27.

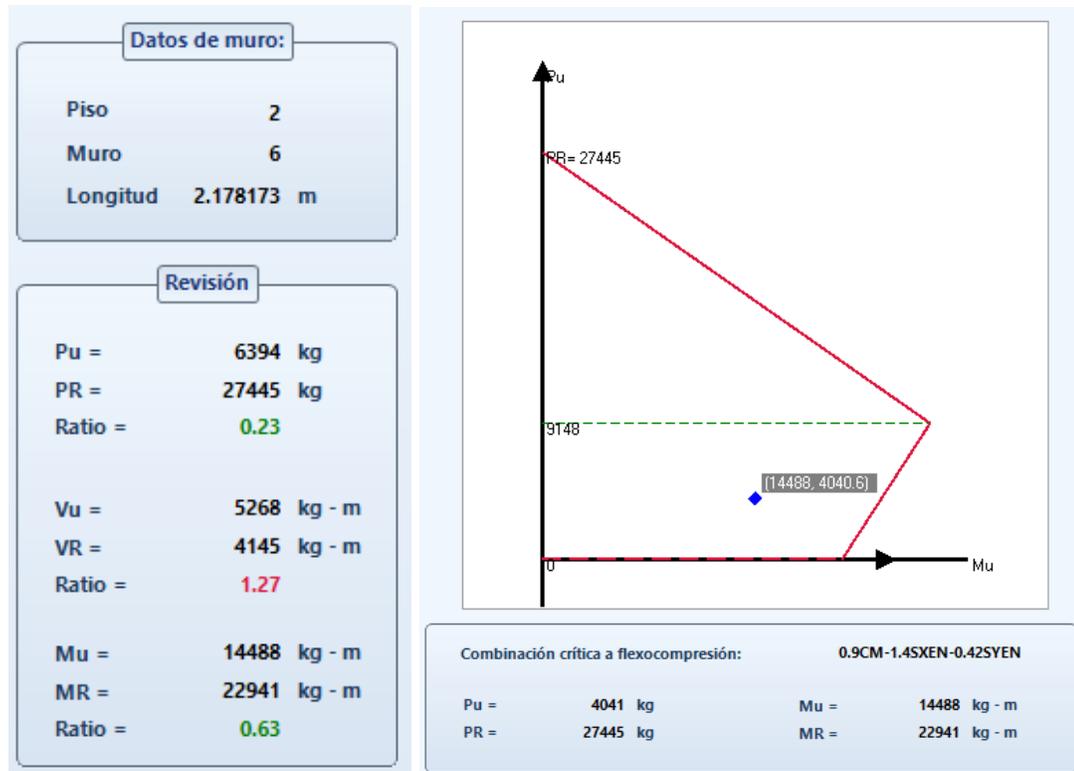


Fig. 3.21. Revisión a flexocompresión de muro S2W6

Para solucionar los problemas de cortante se propone un refuerzo de varillas embebidas en las juntas del muro. Se propone colocar una varilla del #3 de acero A615Gr60, a cada 3 hiladas. Se indica además que el espesor de las juntas reforzadas debe tener 1.5 cm de dimensión para alojar el refuerzo.

Nótese que estos son muros de “cappuccino” hechos de piezas sólidas con dimensiones 15-12-24 cm.

De esta manera el Muro S2W6 pasa la revisión a cortante con un refuerzo adicional (Ver figura 3.22). Ahora se pasa a reforzar el muro de planta baja S1W6. Se observa en la figura 3.23 que el muro tiene problemas tanto de cortante como a flexocompresión.

Fig. 3.22. Revisión a cortante de muro S2W6 (con refuerzo)

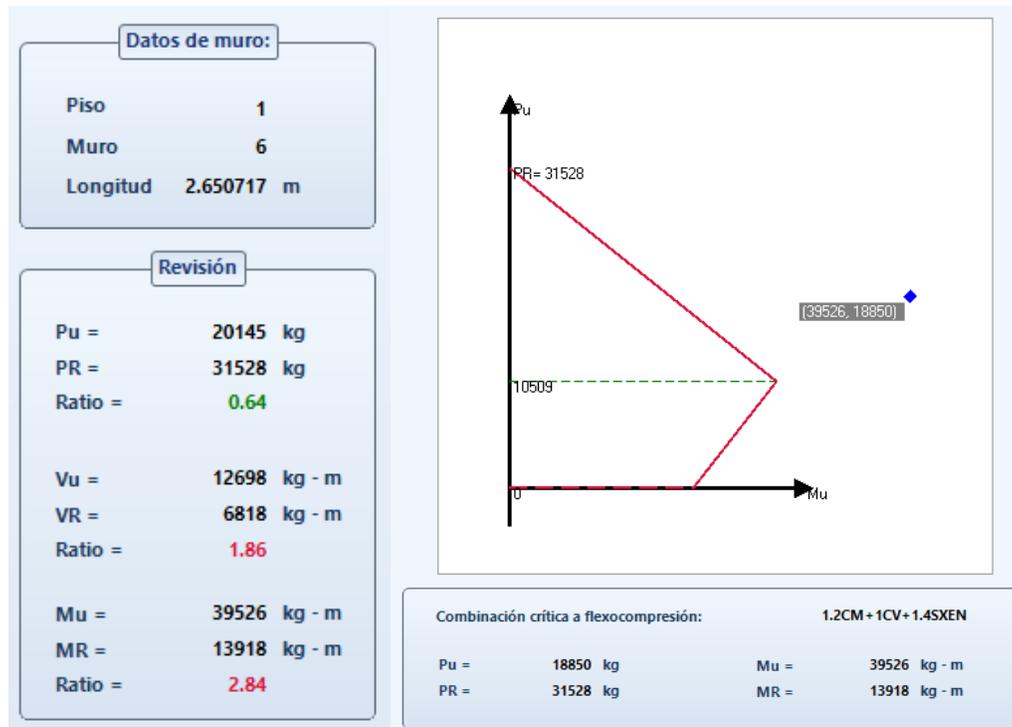


Fig. 3.23. Revisión a flexocompresión de muro S1W6 (antes de refuerzo)

Se propone un refuerzo igual al del muro anterior para dar solución al problema de cortante. Mientras que para la flexocompresión se declaran secciones nuevas de castillo para ambos de sus extremos (Ver fig 3.24, 3.25 y 3.26).

Y de esta manera quedan resueltos los muros que forman parte del sistema sismo-resistente. Cabe mencionar que los muros de concreto, por no ser parte del enfoque del presente trabajo, se tienen que diseñar por fuera. La ventaja aquí es que este software proporciona los elementos mecánicos de cortante, axial y momento para diseñar dichos elementos.

Castillos Diagrama de Interacción **Refuerzo al Cortante** Factor de Excentricidad (FE)

Datos de muro:

Piso: 1
Muro: 6
Longitud: 2.650717 m

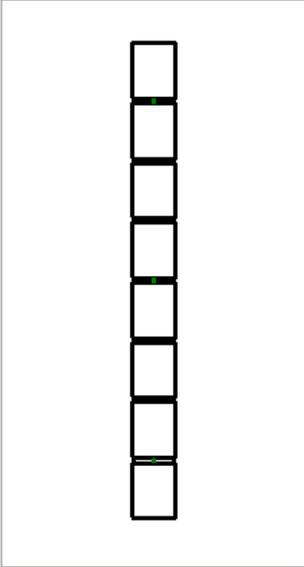
Revisión

Pu = 20145 kg
PR = 47200 kg
Ratio = 0.43

Vu = 12698 kg - m
VR = 13107 kg - m
Ratio = 0.97

Mu = 39526 kg - m
MR = 45257 kg - m
Ratio = 0.87

OK
Cancelar



Altura de muro: 2.75 m
Espesor de muro: 12 cm
Espesor de juntas: 1 cm
Altura Ladrillo: 15 cm

Junta Mecanizada
 Junta Artesanal

Sin Refuerzo
 Refuerzo en juntas
 Refuerzo con malla

Sh: 3 hiladas
Sh: 48.5 cm
Recubrimiento: 1 cm
Varilla: #3
Db: 0.95 cm
Acero: A615Gr60
Espesor de juntas reforzadas: 1.5 cm

Varilla Doble

Aplicar Cancelar

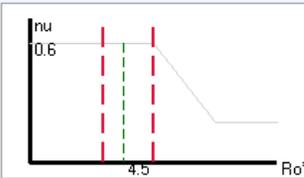


Fig. 3.24. Revisión a cortante de muro S1W6 (con refuerzo)

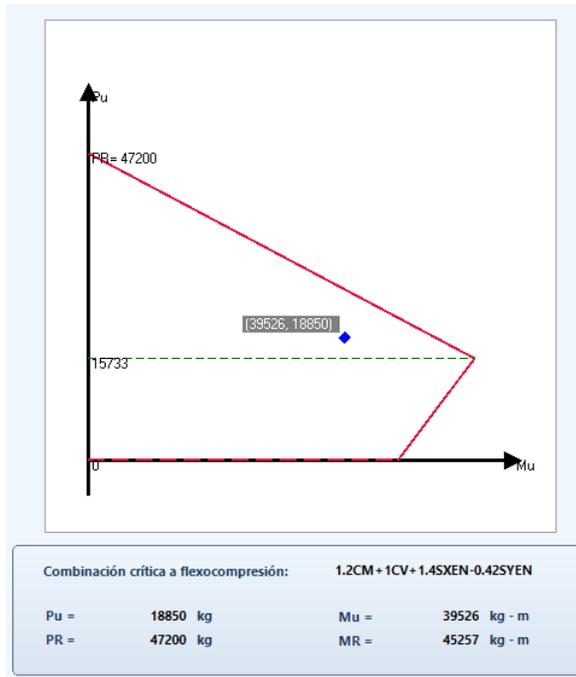


Fig. 3.25 Revisión a flexocompresión de muro S1W6 (después de refuerzo)

Información General

Nombre de Castillo: K12x30
 Material: CONC250
 Color: Cambiar...

Dimensiones de Sección

Espesor: 12 cm
 Longitud: 30 cm

Refuerzo Longitudinal

Material: A615Gr60
 Recubrimiento: 2 cm
 Número de barras Longitudinales en dirección paralela al muro: 4
 Número de barras Longitudinales en dirección normal al muro: 2
 Tamaño de Varillas Longitudinales: #3
 Tamaño de Varillas en Esquinas: #4
 Área de Acero Longitudinal: 8 cm²

Refuerzo Horizontal

Material: A615Gr60
 Tamaño de Varillas: #3
 Espacio Longitudinal entre estribos: 20 cm

Fig. 3.26 Castillo en orillas de muro S1W6 (después de refuerzo)

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM, “*Diseño y construcción de estructuras de mampostería: Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal con comentarios y ejemplos*”, 98 p., Publicación No. 403, México, 1977.

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM, “*Manual de diseño por sismo según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*”, 76 p., Publicación No. 406, México, 1977.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, “*Manual de diseño de obras civiles: Diseño por sismo*”, México, 1981.

GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F, “*Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F.*”, México, 1987

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, “*Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo para Guadalajara 1997*”, 27 p., México, 1997.

GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F, “*Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F.*”, Tomo1, México, 2004.

GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.F, “*Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D.F.*”, Tomo2, México, 2004.