



En las siguientes páginas se desarrolla un ejemplo explicativo de cada hoja de cálculo con el objetivo de mostrar el procedimiento de trabajo en el análisis y/o diseño de cada elemento de concreto armado correspondiente.

A.1 VIGAS CONTINUAS

Se procede a analizar una viga continua de 3 tramos con las propiedades y cargas indicadas en la figura A-1. Se agregarán automáticamente brazos rígidos en los extremos de dos tramos de viga debido al ancho de las columnas. Asimismo se considerará la influencia de rigidez a la flexión de las columnas. Se asume que la columna que nace en el centro del segundo tramo no tiene ninguna rigidez a la flexión y solo produce una carga puntual viva y muerta.

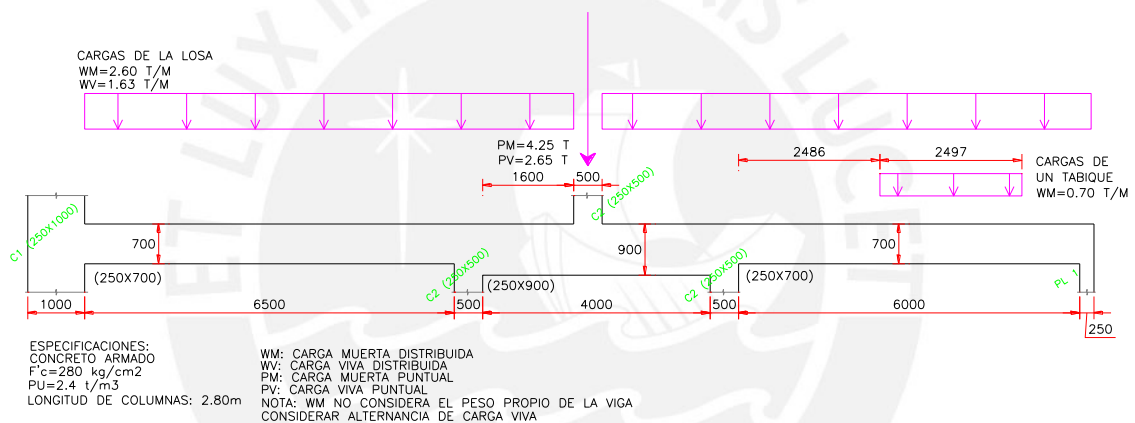




Figura A-1 Viga continua de tres tramos.

- Presionar el botón **VIGA NUEVA** para borrar toda la información de un trabajo anterior
- Se define las secciones transversales de las columnas y las vigas. Presionar el botón **Secciones**.
- En la casilla **Nombre** escribir V250X700
- En **Tipo de sección** escoger **Rectangular**
- En casilla **b=** y **h=** colocar 0.25 y 0.70 respectivamente.
- Presionar el botón **+** para agregar la nueva sección a la lista. En caso se desea editar la sección colocar los nuevos datos y presionar . En caso se desea quitar una sección de la lista, escoger la sección y presionar 
- Realizar los mismos pasos para la sección de viga V250x900, así también para las secciones de columnas C250X1000, C250X500, C1000X250 (b=1.00m y h=0.25m)

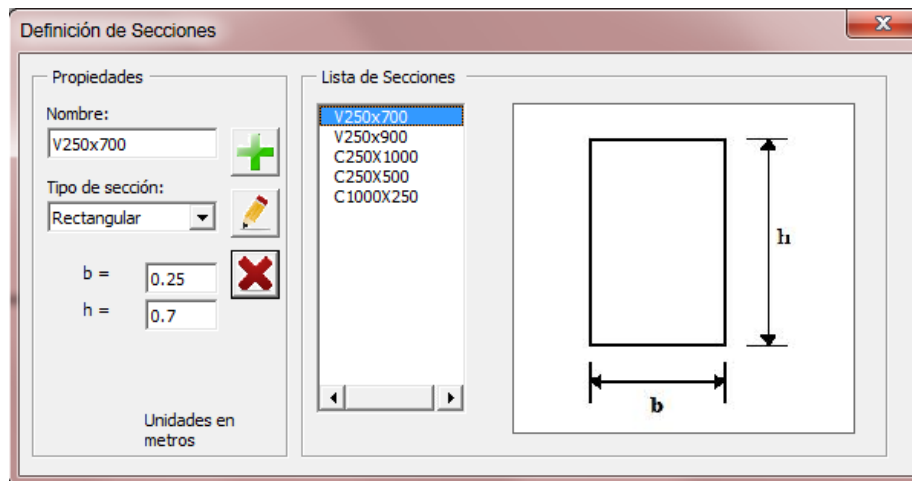


Figura A-2 Formulario de Definición de Secciones transversales.

Para definir la resistencia del concreto de la viga presionar el botón **Materiales** del menú principal.

- En la casilla $f'c$ = escribir 280
- Las demás casillas se rellenan automáticamente
- Presionar el botón **OK** para cerrar la ventana

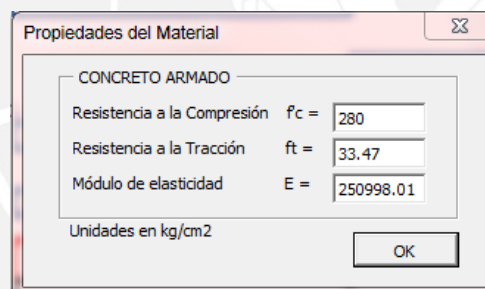








Figura A-3 Formulario de Propiedades del Material.

Para definir la geometría de la viga a analizar presionar el botón **Longitud y secciones** del menú principal.

- Verificar que en el cuadro **Aplicación** este seleccionada la opción **Por tramo**
- Verificar que en el cuadro **Selecciona el tramo** se encuentre el número **1**
- En el cuadro **Editar tramos**, escoger en la lista desplegable **Sección transversal** la sección **V250x700**.
- En la casilla **Longitud del tramo** escribir 7.25 (longitud del primer tramo de viga medido desde los centros de las columnas)
- Presionar el botón  para editar el primer tramo con los datos que acabamos de ingresar.

- Presionar el botón  para seleccionar el segundo tramo de la viga, el número sobre el botón ahora cambia a **2**. Una flecha verde señala ahora el tramo correspondiente en la imagen.
- En **Sección transversal** escoger **V250x900** y en **longitud de tramo** escribir 4.5, luego presionar .
- Ahora la viga solo tiene dos tramos, para agregar el tercer tramo presionar el botón  en el cuadro **Agregar o quitar tramos** de la misma ventana.
- Presionar el botón  para seleccionar el tercer tramo de la viga, el número sobre el botón ahora cambia a **3**.
- En **Sección transversal** escoger **V250x700** y en **longitud de tramo** escribir 6.375, luego presionar .
- Con esto se termina de definir el número y longitud de los tramos de la viga, así como sus secciones transversales. Cerrar la ventana con el botón tradicional de la esquina superior derecha.

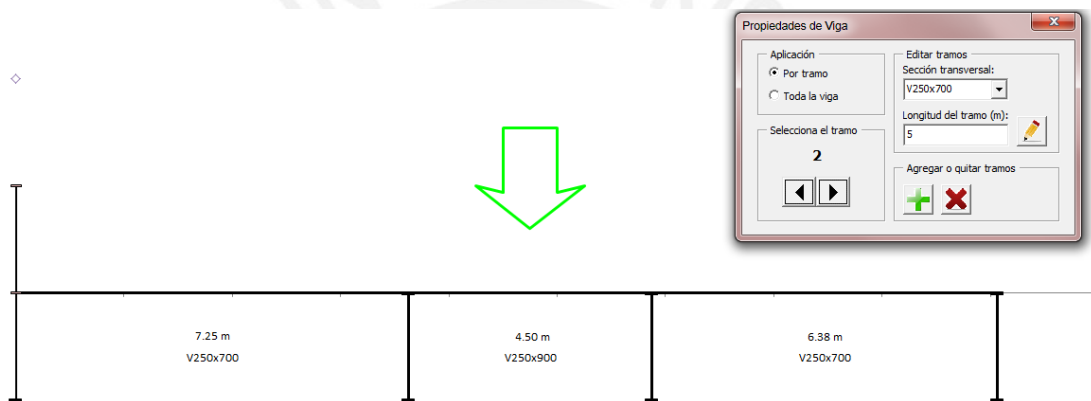









Figura A-4 Asignación de propiedades de viga.

A continuación se definirá las propiedades de las columnas en los apoyos.

- Presionar el botón Columnas y Apoyos del menú principal
- Verificar que en el cuadro **Elegir nudo** se encuentre el número **1**
- En la casilla **Longitud** escribir 2.8 (altura de columna) y en la lista desplegable **Sección** escoger **C250x1000**
- Colocar **check** en la casilla Superior para agregar una columna sobre la viga en el mismo apoyo
- Llenar los datos de **Longitud** y **Sección** igual que la columna inferior
- Presionar el botón  para agregar la columna en ese apoyo.
- Presionar el botón  para elegir el segundo nudo, verificar que sobre el botón se encuentre el número **2** y en la imagen un cuadro verde señale el nudo correspondiente.
- Rellenar los datos de **Longitud** y **Sección** con 2.8 y C250X500 respectivamente. Luego presionar .

- Presionar el botón  para elegir el tercer nudo, introducir los datos de **Longitud** y **Sección** con 2.8 y C250X500 respectivamente. Luego presionar .
- Presionar el botón  para elegir el cuarto nudo, introducir los datos de **Longitud** y **Sección** con 2.8 y C1000X250 respectivamente. Luego presionar .
- Con esto se termina de introducir los datos de las columnas, cerrar la ventana con el botón tradicional de la esquina superior derecha.

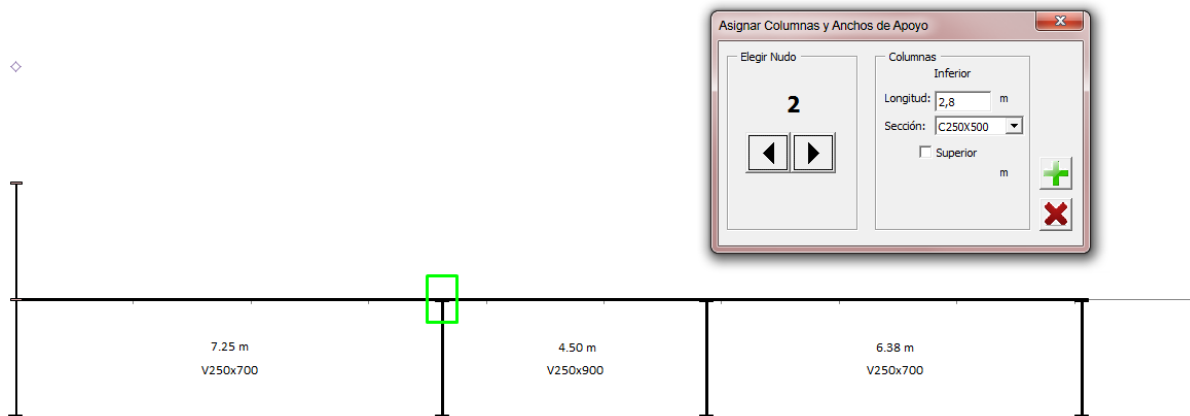









Figura A-5 Asignación de columnas.

El siguiente paso ahora es introducir las cargas distribuida y puntual. Para realizar esto presionar el botón **Distribuida** del menú principal

- En el cuadro **Aplicación** seleccionar la opción **Todos los tramos**
- En el cuadro **Tipo** seleccionar **Uniforme**
- Verificar que la lista desplegable **Casos de carga** este en **Muerta**
- En el cuadro **W=** colocar 2.60
- Presionar el botón  para agregar la carga muerta a todas las vigas
- Presionar el botón **Agregar o Quitar peso propio** para agregar el peso propio de la viga. Presionar el mismo botón en caso se desea quitarlo.
- En la lista desplegable **Casos de carga** escoger **Viva**
- En el cuadro **W=** colocar 1.63
- Presionar el botón  para agregar la carga viva a todas las vigas
- En el cuadro **Aplicación** escoger **Tramo actual**
- Presionar el botón  dos veces para elegir el tercer tramo
- En el cuadro **Tipo** elegir la opción **No uniforme**
- Llenar las casillas con los siguientes valores **W1=0.7**, **Xa=2.736**, **W2=0.7**, **X2=5.233**
- Seleccionar **Muerta** en la lista desplegable de **Caso de Carga**, luego presionar .
- Presionar el botón **Agregar o quitar alternancia de carga viva**

- Cerrar la ventana con el botón tradicional de la esquina superior derecha.

El siguiente paso ahora es introducir las cargas distribuida y puntual. Para realizar esto presionar el Ahora se introduce las cargas puntuales en el centro del segundo tramo

- Presionar el botón **Puntual** del menú principal
- Presionar el botón  para seleccionar el segundo tramo
- Verificar que en **Caso de Carga** este en **Muerta**
- Rellenar las casillas con los siguientes datos **P=4.25**, **X=2.1**, luego presionar 
- Cambiar en la lista desplegable **Casos de Carga** a Viva
- Rellenar las casillas con los siguientes datos **P=2.65**, **X=2.1**, luego presionar 
- Cerrar la ventana con el botón tradicional de la esquina superior derecha.

Luego de este procedimiento la viga debe estar como la figura A-6, solo queda iniciar el análisis con el botón **INICIAR ANALISIS** en la esquina inferior derecha.

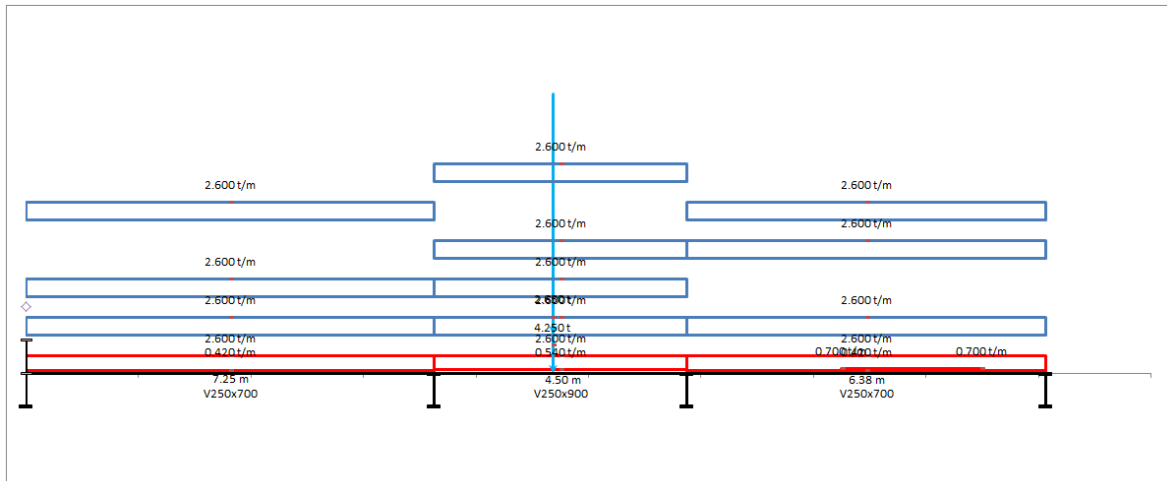


Figura A-6 Viga con las cargas aplicadas y propiedades asignadas.

A.2 MUROS DE CORTE

En esta sección utilizaremos la hoja de cálculo de muros de corte para diseñar una placa con las dimensiones y solicitaciones presentadas en la figura A-7. El procedimiento de diseño es iterativo, iremos cambiando la cantidad y diámetro en las barras de refuerzo ya sea distribuido o concentrado en los extremos hasta alcanzar una combinación que satisface todos los requerimientos de la norma. Se asume que la geometría de la placa es fija y cumple con los requerimientos de predimensionamiento.

Se define un muro de corte simétrico de concreto armado con las dimensiones de la figura A-7 y las cargas de la tabla A-1. La geometría del muro es constante a lo largo de toda la altura de la edificación, es decir no hay cambio de sección en ningún nivel. Se muestran también las propiedades de los materiales, f_c es la resistencia a compresión del concreto, f_y es el esfuerzo de fluencia de las barras de refuerzo, H es la altura total del muro, que en este caso es la altura de la edificación, h_m es la altura de entrepiso, D_u es el desplazamiento absoluto de la parte superior del muro ante el sismo predominante, en este caso el sismo 1.

Tabla A-1 Cargas de servicio aplicadas en la placa

Caso	P (t)	V (t)	M (t.m)		
Muerta	-487.69	51.69	-149.1	$f_c = 210$	kg/cm ²
Viva	-73.95	7.29	-22.82	$f_y = 4200$	kg/cm ²
Sismo 1	-151.41	173.77	-769.01	$H = 31.5$	m
Sismo 2	66.99	-65.06	276.42	$h_m = 2.5$	m
				$D_u = 0.1519$	m

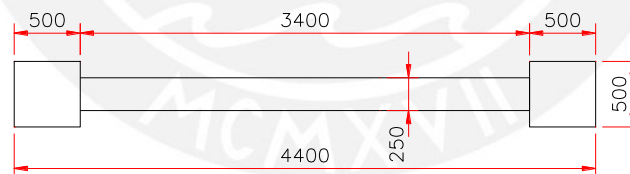


Figura A-7 Sección transversal de placa de concreto armado.

También se define que la junta de construcción no está intencionalmente escarificada (no rugosa) y que la edificación a la cual el muro pertenece tiene un sistema sismorresistente de muros de concreto armado irregular.

En esta verificación solo diseñaremos el muro en los primeros niveles por lo que se aumentará la resistencia al cortante para buscar una falla dúctil por flexión. Asimismo se verificará la necesidad de elementos de borde y se evaluará si la longitud de los núcleos (50cm en nuestro ejemplo) es suficiente.

Iniciamos el diseño del muro de corte ingresando los datos de entrada en la hoja de cálculo, incluyendo las dimensiones de la placa, tal como se muestra en la figura A-8. Las verificaciones son automáticas por lo que las ignoraremos por ahora.

DATOS DE ENTRADA:

<i>Resistencia de los materiales</i>	<i>Altura total del muro:</i>	<i>Datos de la edificación</i>
$f'c =$ 210 kg/cm ²	H= 31.5 m	Sistema sismorresistente: Muros
$f_y =$ 4200 kg/cm ²	<i>Altura de entrepiso:</i>	Clasificación: Irregular
	hm= 2.5 m	<i>¿Amplificar cortante?:</i> Sí
	<i>Junta de construcción:</i> No Rugosa	

Figura A-8 Datos de entrada de hoja de cálculo de muros de corte, parte1.

<i>¿Hacer verificación de necesidad de elementos de borde?:</i> Sí	CARGAS DE SERVICIO (toneladas, metros)
<i>¿Geometría continua a lo largo de toda la altura del muro?:</i> Sí	
<i>Datos adicionales:</i>	
$\delta u =$ 0.15188 m	
Sismo: Sismo 1	

Comb.	P	V ₂	M ₂
Muerta	-487.69	51.6965	-149.1
Viva	-73.9482	7.291	-22.815
Sismo 1	-151.41	173.77	-769.01
Sismo 2	66.996	-65.0588	276.416

Figura A-9 Datos de entrada de hoja de cálculo de muros de corte, parte2.

En la primera iteración del diseño, colocaremos una cantidad de refuerzo que cumpla las cuantías mínimas tanto para los núcleos como para el alma de la placa. En el caso de los núcleos asumimos que tiene un comportamiento de columna debido a que recibe cargas puntuales de vigas por lo que usamos una cuantía mínima de 1%, Para el alma, las cuantías mínimas se calculan según el art. 11.10.10 y usualmente tiene el valor de 0.0025, esta verificación se realiza en la parte inferior izquierda del bloque “Desarrollo” de la hoja de cálculo. Los refuerzos escogidos que cumplen solo con estas condiciones de cuantía mínima se observa en la figura A-10.

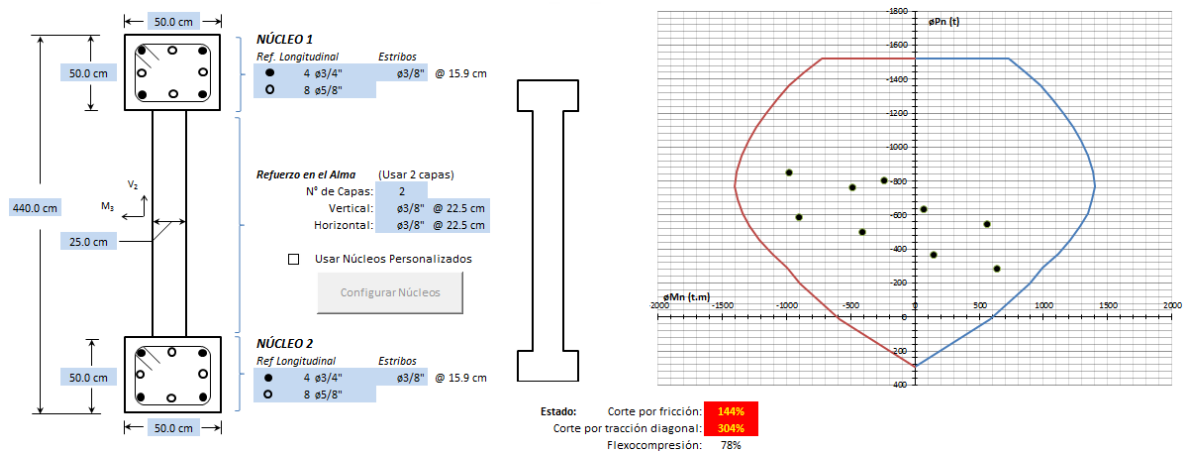


Figura A-10 Dimensiones, refuerzo y diagrama de interacción de muro de corte.

En las verificaciones se observa que el factor de uso de la flexocompresión está en 78%, efectivamente en la gráfica de la derecha de la figura A-10 se muestra que el diagrama de interacción encierra todos los puntos de las cargas amplificadas, por lo tanto el refuerzo colocado en los núcleos de placa son suficientes.

Por otro lado, la verificación de “Corte por tracción diagonal” está en 316% por lo que será necesario aumentar el refuerzo horizontal hasta alcanzar la resistencia requerida.

Las figuras A-11 y A-12 muestran partes del bloque “Desarrollo” de la hoja de cálculo. La figura A-11 muestra los tres factores de uso “Fu” por cada combinación de carga, la figura A-12 muestra una leyenda con el significado de todos los símbolos de la tabla. Si observamos la tabla de los factores de uso para el corte por tracción diagonal “FU2” observamos que este es máximo en la combinación 1.25(M+V)-S2, y la resistencia requerida al corte amplificada por requerimiento de la norma “Vud” es de 540.09 t.

La figura A-12 también muestra parámetros intermedios para encontrar la resistencia al corte por tracción diagonal, uno de ellos es la resistencia al corte máxima que está definido en el art. 11.10.4 y depende únicamente de las dimensiones de la placa y la resistencia a compresión del concreto. En nuestro ejemplo este valor es 352.29 t, que es mayor a Vud que es de 540.09 t. Esto quiere decir que no importa que tanto se aumente el refuerzo horizontal, la resistencia al cortante nunca va a alcanzar la resistencia requerida amplificada.

Cargas amplificadas										
Combinaciones	Pu	Vu ₂	Mu ₃	Mn	Vud	ϕVn1	ϕVn2	Fu1	Fu2	Fu3
1.4M+1.7V	-808.48	84.77	-247.53	-	84.77	392.70	170.95	22%	50%	53%
1.25 (M+V)+S1	-853.46	247.50	-983.90	-1901.53	478.34	392.70	170.95	122%	280%	78%
1.25 (M+V)-S1	-550.64	-100.04	554.12	1606.39	290.00	312.22	170.95	93%	170%	47%
0.9M+S1	-590.33	220.30	-903.20	-1653.96	403.41	330.44	170.95	122%	236%	66%
0.9M-S1	-287.51	-127.24	634.82	1202.82	241.09	191.45	170.95	126%	141%	47%
1.25 (M+V)+S2	-635.05	8.68	61.52	1707.56	39.04	350.97	170.95	11%	23%	42%
1.25 (M+V)-S2	-769.04	138.79	-491.31	-1840.65	519.98	392.70	170.95	132%	304%	54%
0.9M+S2	-371.92	-18.53	142.23	1343.83	83.39	230.19	170.95	36%	49%	24%
0.9M-S2	-505.92	111.59	-410.61	-1545.88	420.11	291.70	170.95	144%	246%	39%

Figura A-11 Captura de tabla de diseño para muros de corte

Leyenda:

- Mn: Momento resistente relacionado con cada Pu usado para amplificar el cortante (Art. 21.9.5.3)
- Vud: Fuerza cortante amplificada (Art. 21.9.5.3)
- ϕVn1: Resistencia al corte por fricción (Art. 11.10.10.6)
- ϕVn2: Resistencia al corte por tracción diagonal (Art. 11.10.3)
- FU1: Factor de uso corte por fricción (Vud/ϕVn1)
- FU2: Factor de uso corte por tracc. diagonal (Vud/ϕVn2)
- FU3: Factor de uso para flexocompresión

Resistencia a la Tracción diagonal (ϕVn2):			
Acw=	11000 cm ²	Vc=	84.48 t
αc=	0.53	Vs=	116.63 t
		ϕVn _{max} =	352.29 t

Figura A-12 Capturas de leyenda y cálculos intermedios para hallar la resistencia al corte por tracción diagonal.

La norma no da ninguna salida para estos casos por lo que se deja al criterio del ingeniero estructural proponer una solución razonable. En este trabajo la solución que tomaremos será no amplificar el cortante y dar una resistencia al corte de 1.33 veces

la resistencia requerida solo por las cargas. Para esto buscamos en los datos de entrada y cambiamos la opción “¿Amplificar cortante?” a “No”. Una vez realizado aumentamos el refuerzo horizontal en el alma hasta alcanzar un factor de uso menor que 75%, ya que este valor es equivalente a una sobrerresistencia de 1.33. El refuerzo que cumple con esta condición son barras de ½” de diámetro espaciado cada 15cm.

Cargas amplificadas

Combinaciones	Pu	Vu ₂	Mu ₂	Mn	Vud	ϕVn1	ϕVn2	Fu1	Fu2	Fu3
1.4M+1.7V	-808.48	84.77	-247.53	-	84.77	392.70	341.99	22%	25%	53%
1.25 (M+V)+S1	-853.46	247.50	-983.90	-	247.50	392.70	341.99	63%	72%	78%
1.25 (M+V)-S1	-550.64	-100.04	554.12	-	100.04	312.22	341.99	32%	29%	47%
0.9M+S1	-590.33	220.30	-903.20	-	220.30	330.44	341.99	67%	64%	66%
0.9M-S1	-287.51	-127.24	634.82	-	127.24	191.45	341.99	66%	37%	47%
1.25 (M+V)+S2	-635.05	8.68	61.52	-	8.68	350.97	341.99	2%	3%	42%
1.25 (M+V)-S2	-769.04	138.79	-491.31	-	138.79	392.70	341.99	35%	41%	54%
0.9M+S2	-371.92	-18.53	142.23	-	18.53	230.19	341.99	8%	5%	24%
0.9M-S2	-505.92	111.59	-410.61	-	111.59	291.70	341.99	38%	33%	39%

Figura A-13 Captura de tabla de diseño para muros de corte.

La figura A-13 muestra los factores de uso con la última configuración de refuerzos. Se observa que la columna Vud es igual al Vu₂ debido a que ya no se está amplificando el cortante. Los factores de uso del cortante por tracción diagonal (Fu2) máximo es de 72% < 75% y el de corte por fricción Fu1 máximo es de 66% < 75% por lo que el diseño es satisfactorio.

VERIFICACIÓN DE NECESIDAD DE BORDES CONFINADOS

PARA MUROS CONTINUOS EN TODA SU ALTURA
(Si cumple con Art. 21.9.7.4)

Altura total del muro hm= 31.5 m Ejes neutro mínimo para confinar bordes: Carga axial aplicada para el cálculo del eje neutro
 Longitud total del muro lm= 440 cm $c \geq \frac{lm}{600 (\delta u / hm)}$ Pu = -853.46 t
 Desplazamiento lateral δu = 0.15188 m c = 147 cm

Núcleo 1
Eje neutro calculado 174.38 > 146.7 cm
Sí requiere núcleo confinado

Altura min. del elemento confinado de borde:
Hn= 4.4 m
a partir de la cimentación

Núcleo 2
Eje neutro calculado 174.38 > 147 cm
Sí requiere núcleo confinado

LONGITUD MÍNIMA DE NÚCLEOS

Núcleo 1: 130 cm Longitud actual del nucleo es insuficiente
 Núcleo 2: 130 cm Longitud actual del nucleo es insuficiente

Figura A-14 Captura de la verificación de necesidad de bordes confinados.

Lo último que queda por verificar es la necesidad de núcleos confinados, en este ejemplo los núcleos funcionan como columnas por lo que sí tendrán estribos de todas maneras.

La figura A-14 muestra la evaluación de necesidad de núcleos confinados según el art. 21.9.7.4. El eje neutro calculado en cada extremo del muro se realiza con cálculos internos. El programa concluye que sí es necesario confinamiento de núcleos y que la

longitud mínima del núcleo es 130cm. Debido a que la longitud del núcleo es de 50 cm, será necesario extender el confinamiento 80cm en el alma en ambos extremos. En esta extensión cambiaremos el refuerzo distribuido vertical de 3/8" a 5/8" para conservar la misma separación de estribos. La hoja de cálculo nos da esta separación de estribos máxima de 15.90 cm (figura A-15). El diseño final de la placa se muestra en la figura A-16. La hoja de cálculo mostrando el diseño final se muestran de la figura A-17 a la figura A-19.

Con bordes confinados especiales

	Núcleo1	Núcleo2
10 $D_{b_{long}}$	15.90	15.90
25 cm	25.00	25.00
Mínima dimensión	50.00	50.00
	15.90	15.90

Figura A-15 Captura de tabla para calcular separación de estribos en bordes confinados.

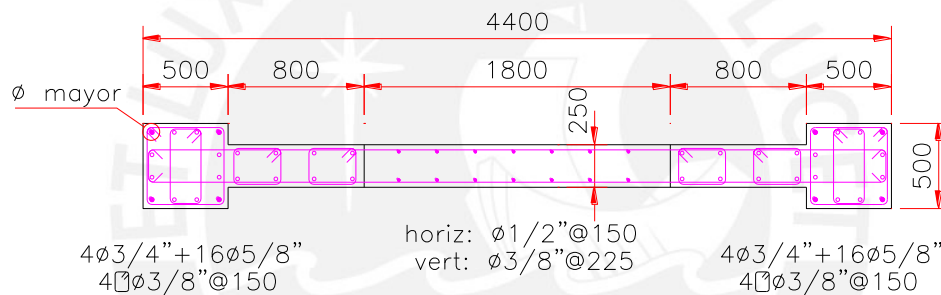


Figura A-16 Diseño final de placa de concreto armado.

En la figura A-19 nos indican que la altura del núcleo confinado debe ser 4.4m, siendo el entrepiso de 2.5 bastara con indicar que este diseño es para los dos primeros pisos. Para el diseño a partir del 3er piso se tendría que colocar las cargas para ese nivel y realizar el mismo procedimiento.

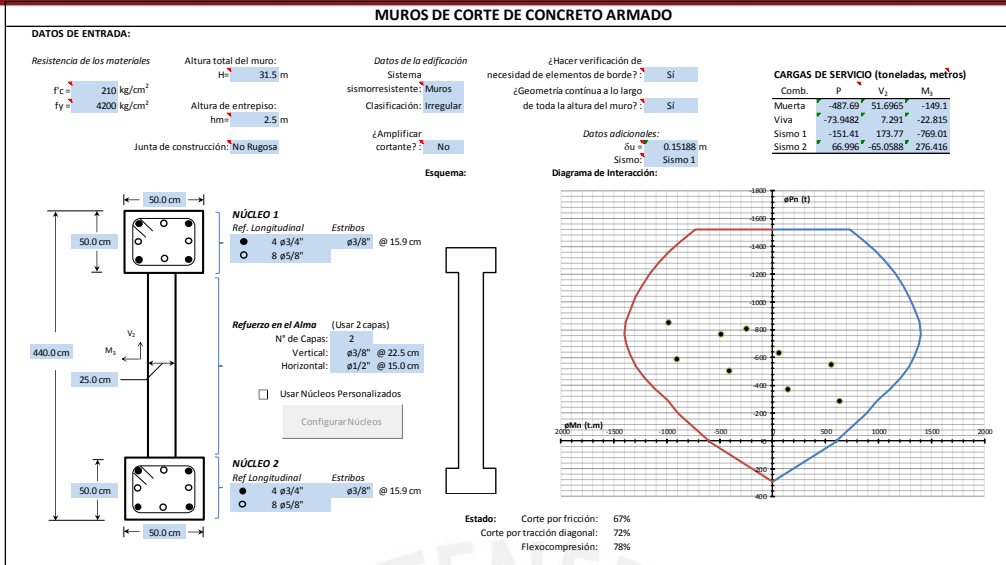


Figura A-17 Captura de la sección Datos de Entrada.

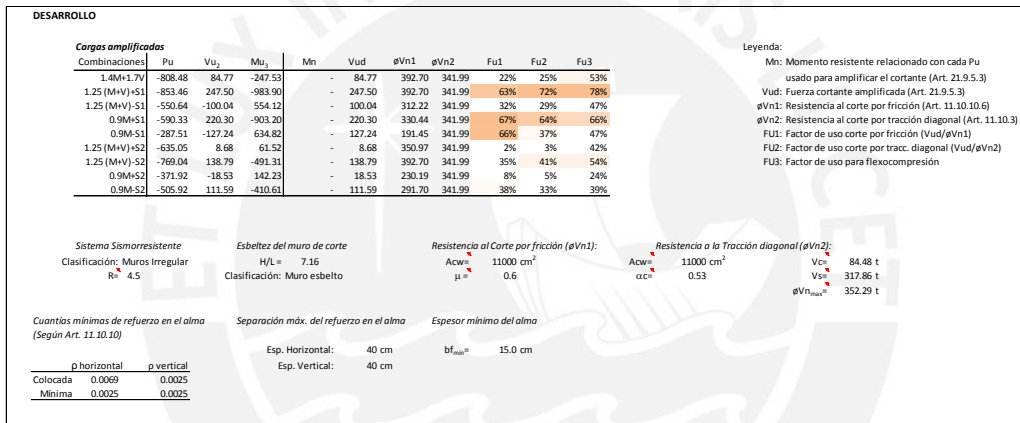


Figura A-18 Captura de la sección Desarrollo.

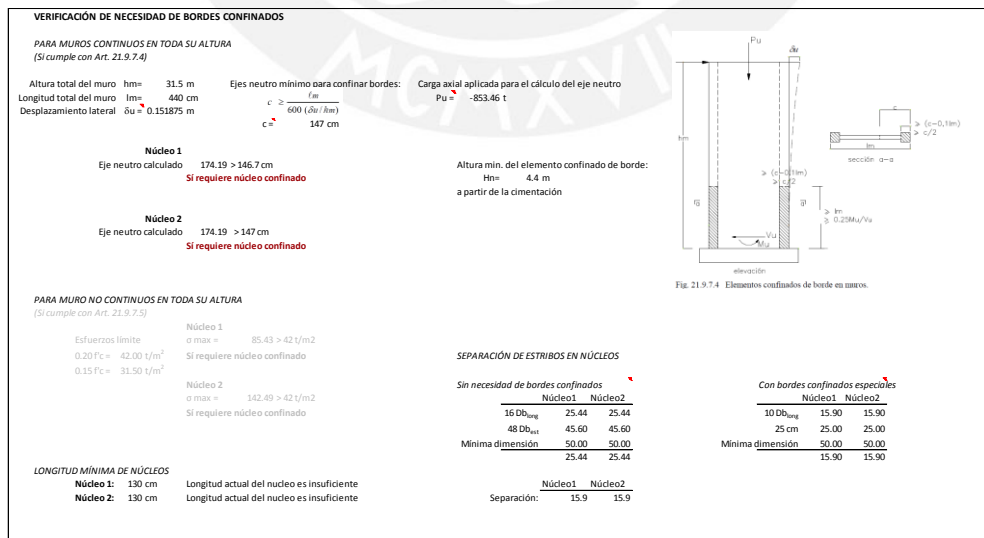
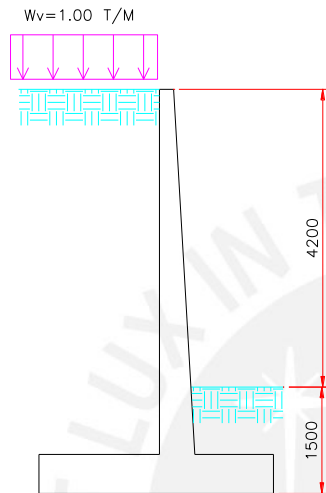


Figura A-19 Captura de la sección verificación de necesidad de bordes confinados.

A.3 MUROS DE CONTENCIÓN

En esta sección diseñaremos un muro de contención en voladizo de concreto armado usando la hoja de cálculo desarrollada en la tesis. Se define el muro de la figura A-20 que debe salvar un desnivel de 4.2 m y en el nivel superior se encuentra un almacén cuya sobrecarga es 1 t/m². El suelo es granular y sus parámetros geotécnicos son los siguientes: PU es el peso unitario, ϕ es el ángulo de fricción interna, μ es el coeficiente de fricción de la interfase suelo-concreto, q_{adm} es el esfuerzo admisible del suelo y Df es la profundidad de cimentación.



Parámetros del suelo:

- PU = 1.97 t/m³
- ϕ = 35 °
- μ = 0.55
- q_{adm} = 35 t/m²
- Df = 1.50 m

Figura A-20 Esquema de muro de contención a diseñar.

En primer lugar ingresamos los datos de entrada en la hoja de cálculo (figura A-21), en nuestro diseño no hay talud en el terreno de la parte izquierda por lo que $\omega=0$, incluimos el peso del almacén en la parte izquierda en la casilla de S/C1. Ingresamos los valores del desnivel Hd y de la profundidad de cimentación Df. Adicionalmente definimos los valores de factor de seguridad mínimos al volteo y deslizamiento.

Peso Unitario del concreto armado	PU = 2.4 t/m ³	Geometría del muro
<i>Material de Relleno</i>		Hd = 4.20 m
Peso unitario	PU = 1.97 t/m ³	Df = 1.50 m
Ángulo de fricción interna	ϕ = 35 °	H _z = 0.40 m
Coeficiente de fricción	μ = 0.55	b1 = 1.40 m
Capacidad portante	q_{adm} = 35 t/m ²	b2 = 0.30 m
Talud del relleno	ω = 0 °	T = 0.20 m
Sobrecarga sobre el relleno	S/C 1 = 1.00 t/m ²	t1 = 0.00 m
	S/C 2 = 0.00 t/m ²	t2 = 0.10 m
		T' = 0.30 m

Figura A-21 Captura de sección Datos de Entrada.

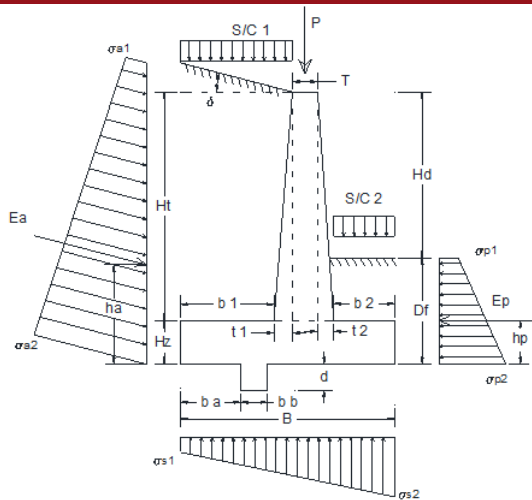


Figura A-22 Esquema general de muro de contención.

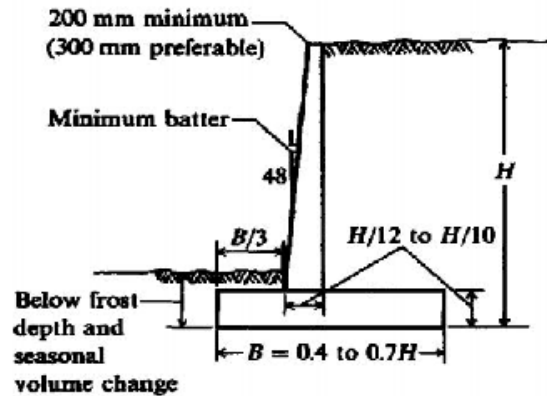


Figura A-23 Esquema de dimensiones recomendadas.

La columna “Geometría del muro” en la figura A-21 define las dimensiones de los elementos del muro de contención según el esquema de la figura A-22. Estos valores son de entrada y el usuario puede jugar con estos libremente para conseguir la combinación que satisfaga los requerimientos de estabilidad. Sin embargo en este ejemplo usaremos las dimensiones recomendadas en el libro Joseph E. Bowles Foundation Analysis and Design y que se encuentran en la figura A-23.

Para esto damos click al botón **Opciones** en la parte superior de la hoja de cálculo y en el bloque de **Opciones para dimensionar muro** escogemos **Dimensiones recomendadas**. Si damos click en el botón **Ver dimensiones recomendadas** vemos la imagen de la figura A-23. Esta opción acomoda todas las dimensiones automáticamente según el gráfico a excepción del tamaño de la zapata B, que será obtenida más adelante.

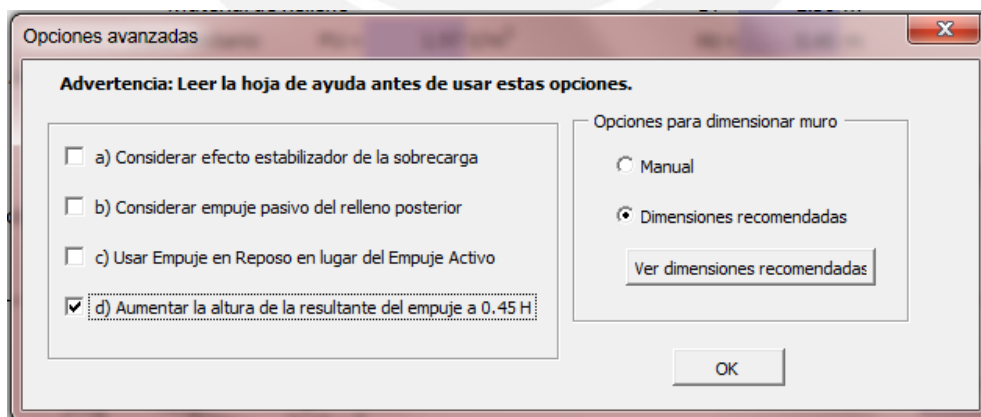


Figura A-24 Formulario de opciones de diseño.

En la parte izquierda de la ventana de la figura A-24 se encuentra una serie de opciones para configurar el diseño. En nuestro ejemplo hay una posibilidad de que el suelo de la parte derecha del muro se retire ya sea por lluvias torrenciales o alguna

actividad humana, por lo que no se confía la existencia del empuje pasivo durante la vida útil del muro. Además se desea hacer un diseño conservador por lo que es prudente aumentar la altura de la resultante del empuje del suelo a 0.45H. Por lo tanto acomodamos el cuadro de manera que solo haya un check en la opción d.

Una vez realizado estas configuraciones lo único que queda por hacer es dar click al botón **Dimensionar** y el programa automáticamente rellena las dimensiones del muro de contención que satisfagan los requerimientos de estabilidad y resistencia del suelo. La figura A-25 muestra toda la hoja de cálculo ya resuelta.

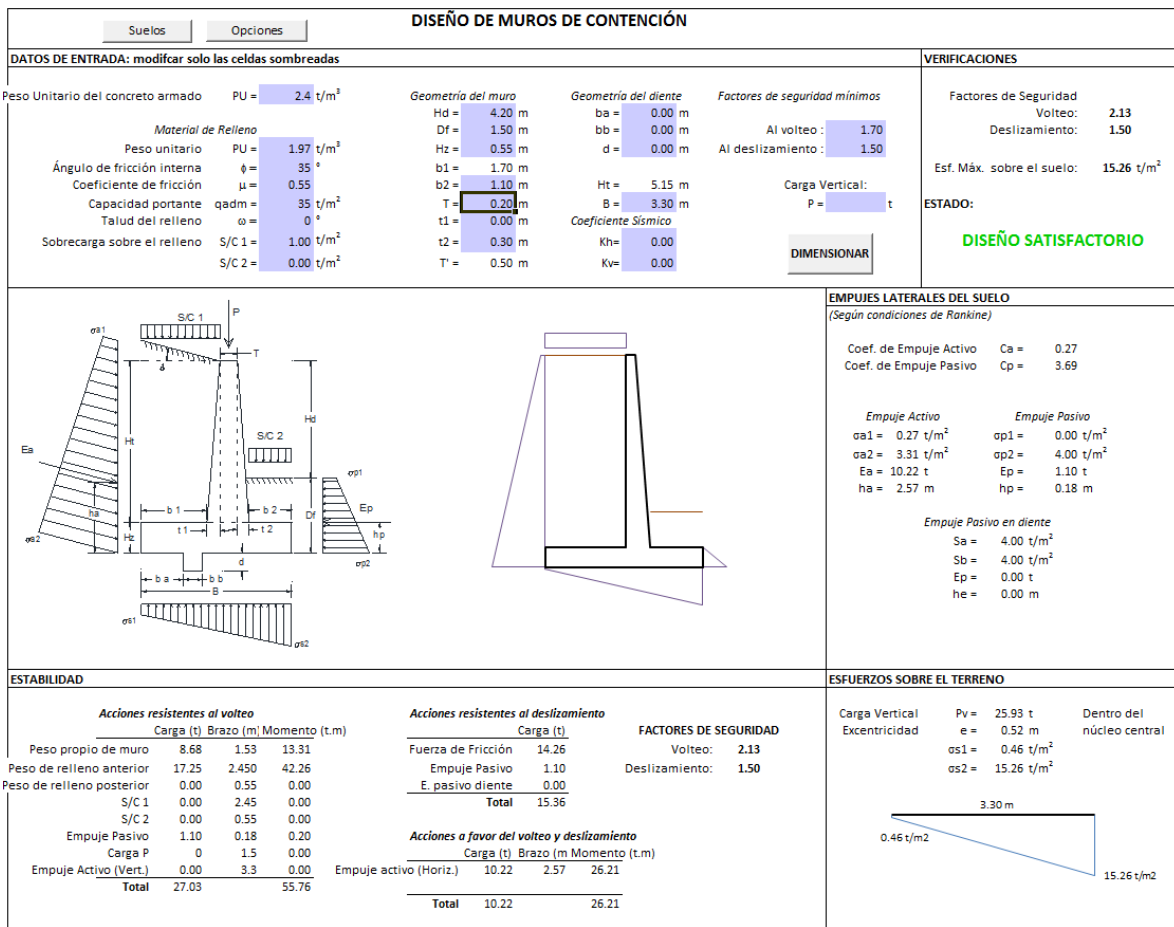


Figura A-25 Hoja de cálculo con en dimensionamiento final del muro.

Luego de haber dimensionado el muro vamos a la pestaña **Diseño en CA** para definir los refuerzos en el voladizo y la cimentación. La figura A-26 muestra la hoja de cálculo ya completada, el único trabajo del usuario es modificar los diámetros y separación de los refuerzos (celdas sombreadas) hasta alcanzar la resistencia a flexión requerida para el voladizo, talón y puntal del muro de contención. El diseño final del muro de contención se muestra en la figura A-27.

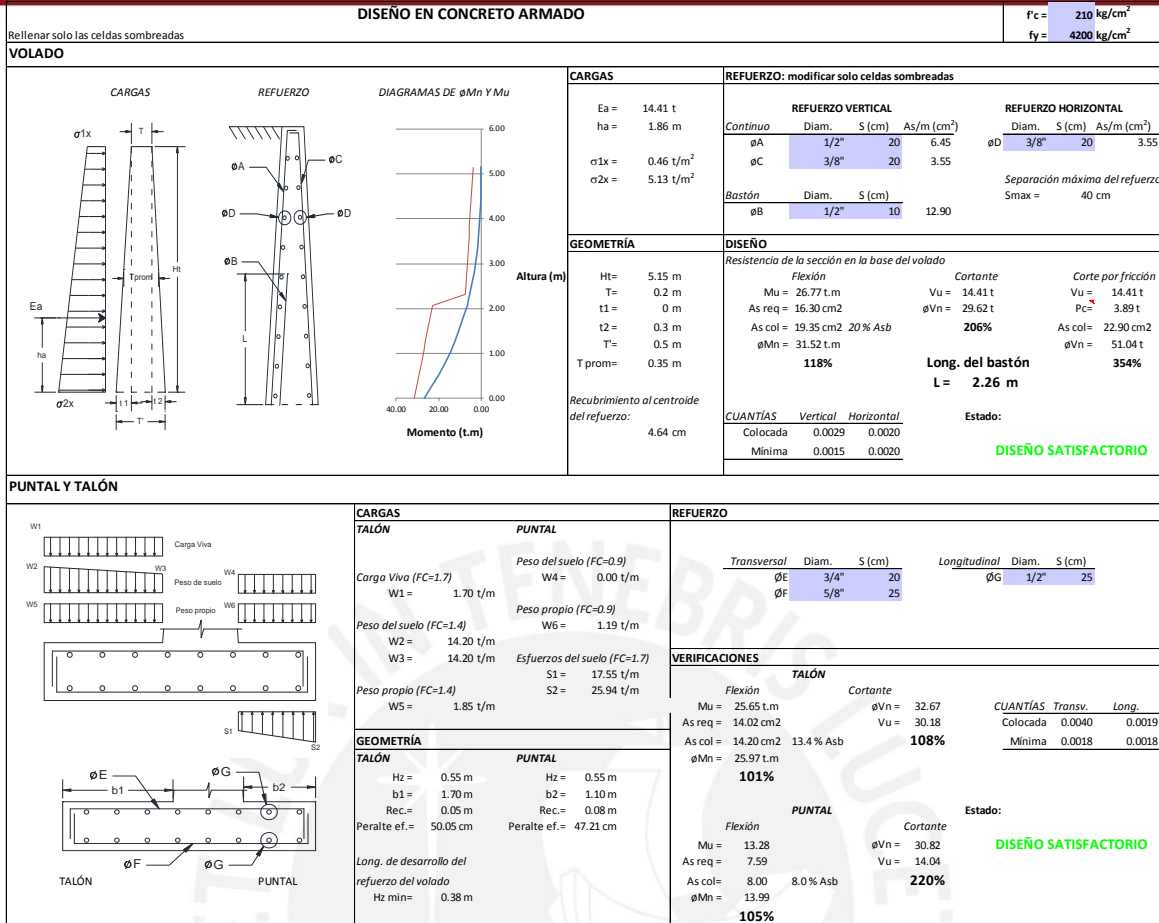


Figura A-26 Hoja de cálculo donde se determina el refuerzo del muro de contención.

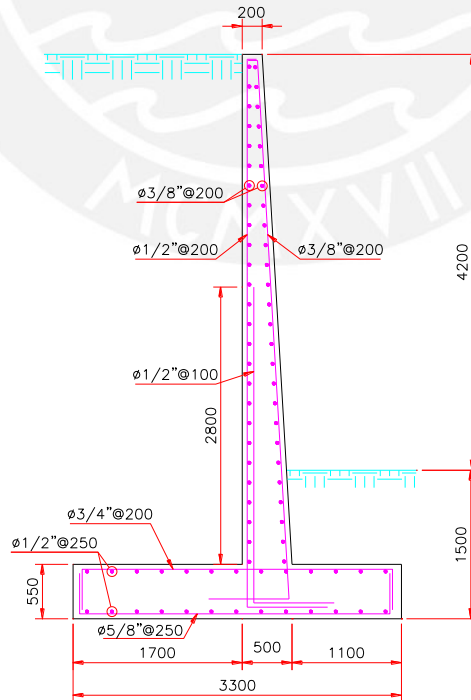


Figura A-27 Diseño final del muro de contención.

A.4 LOSAS MACIZAS

La hoja de cálculo de losas macizas son en realidad tres hojas de cálculo independientes que diseñan losas de tres formas distintas. La primera diseña losas macizas rectangulares mediante el método de los coeficientes de la norma peruana; la segunda hoja diseña losas macizas rectangulares mediante el método de las líneas de rotura; y la tercera hoja también usa el método de las líneas de rotura, pero esta no se limita a las formas rectangulares sino que abarca polígonos de varios lados con algunas condiciones (ver sección 5.3.3 de la tesis).

El primer ejemplo será una losa maciza rectangular con las propiedades descritas en la figura A-28. Se asume que está apoyada en los cuatro bordes con vigas suficientemente peraltadas. La losa es continua solo en tres de sus lados con paños de dimensión similar. Esta losa pertenece al entrepiso de un centro comercial.

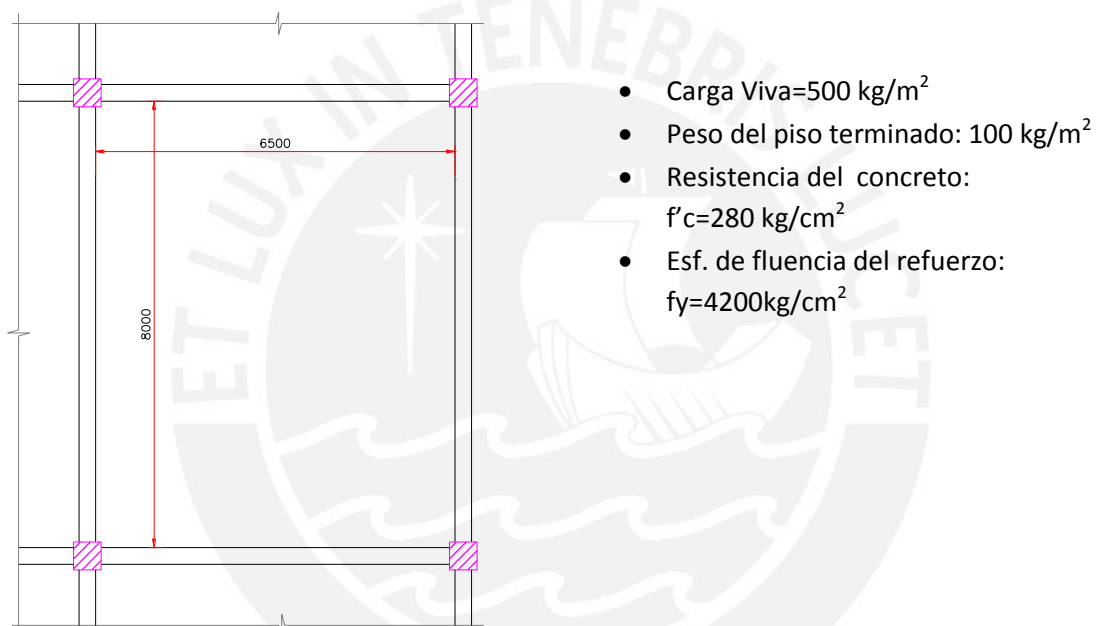


Figura A-28 Losa maciza a diseñar.

Usamos primero la hoja de cálculo llamada **Coefficientes** que diseña losas macizas según el método de coeficientes de la norma. Ingresamos los datos correspondientes en las casillas sombreadas de azul, escogemos la opción **Empotrado** en los lados con paños adyacentes y la opción **Apoyado** en el lado restante. Para predimensionar el espesor de la losa usamos el cociente perímetro entre 180, redondeamos el valor y usamos 20cm. A partir de este espesor calculamos el peso propio de la losa, sumando el peso del piso terminado obtenemos el valor de la carga muerta.

En el diseño del refuerzo se inicia colocando refuerzo continuo superior e inferior de manera que cumplan con el refuerzo mínimo en losas (0.0018) y luego colocando bastones superiores o inferiores si son necesarios. La figura A-30 muestra colocado los refuerzos distribuidos e indica que son necesarios bastones en el centro y en los extremos, menos en el extremo derecho.

DATOS DE ENTRADA:
Rellenar solo celdas sombreadas

Propiedades material
 $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Empotrado \downarrow

6.50 m

Empotrado \downarrow 8.00 m Apogado \downarrow

Espeor
 $h = 0.20 \text{ m}$

Cargas distribuidas
 Muerta $W_m = 0.58 \text{ t/m}^2$
 Viva $V_v = 0.50 \text{ t/m}^2$

Empotrado \downarrow

VERIFICACIONES:
 Refuerzo mínimo: OK Relación de lados: 0.81
 Sep. máxima del refuerzo: OK
 As corrido > 1/3 x As total: OK
 Flexión: **Error**
 Cortante: OK
 Estado: **ERROR**

Notas:
 - Los apoyos deben ser muros o vigas con peralte 1/15 de la luz libre o 1.5 veces el espesor de la losa
 - Longitud de lados es de centro a centro de apoyos

Figura A-29 Captura de datos de entrada, hoja de método de coeficientes.

<p>Mu= 4.49 t.m $\phi M_n = 1.50 \text{ t.m}$ FU= 0.33</p> <p>Mu= 3.76 t.m $\phi M_n = 1.50 \text{ t.m}$ FU= 0.40</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p>	<p><input type="checkbox"/> Bastón negativo</p> <p>Mu= 0.87 t.m $\phi M_n = 1.50 \text{ t.m}$ FU= 1.72</p>
<p><input type="checkbox"/> Bastón negativo <input type="checkbox"/> Bastón positivo <input checked="" type="checkbox"/> Refuerzo continuo superior</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p> <p>Mu= 2.62 t.m $\phi M_n = 1.50 \text{ t.m}$ FU= 0.57</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p> <p>Mu= 4.49 t.m $\phi M_n = 1.50 \text{ t.m}$ FU= 0.33</p> <p>5</p> <p>x</p>	<p><input type="checkbox"/> Bastón negativo</p> <p>Mu= 1.88 t.m $\phi M_n = 1.50 \text{ t.m}$ FU= 0.80</p> <p><input type="checkbox"/> Bastón negativo <input type="checkbox"/> Bastón positivo <input checked="" type="checkbox"/> Refuerzo continuo superior</p>

Figura A-30 Captura de definición del refuerzo en la losa, hoja de método de coeficientes.

Para agregar bastones negativos o positivos colocamos un check en la opción correspondiente y rellenas las celdas sombreadas del diámetro y separación de refuerzo hasta alcanzar un factor de uso **FU** mayor que la unidad. La figura A-31 muestra el diseño terminado, la figura A-32 muestra toda la hoja de cálculo.

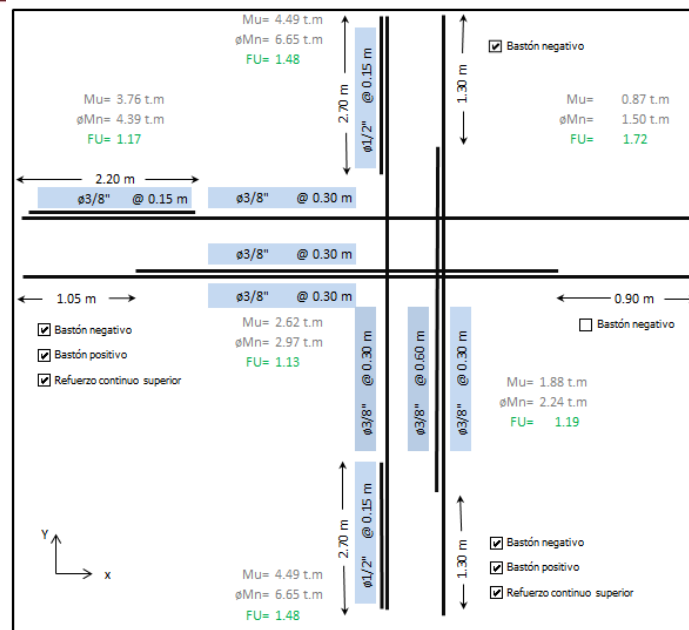


Figura A-31 Captura de definición del refuerzo en la losa, hoja de método de coeficientes.

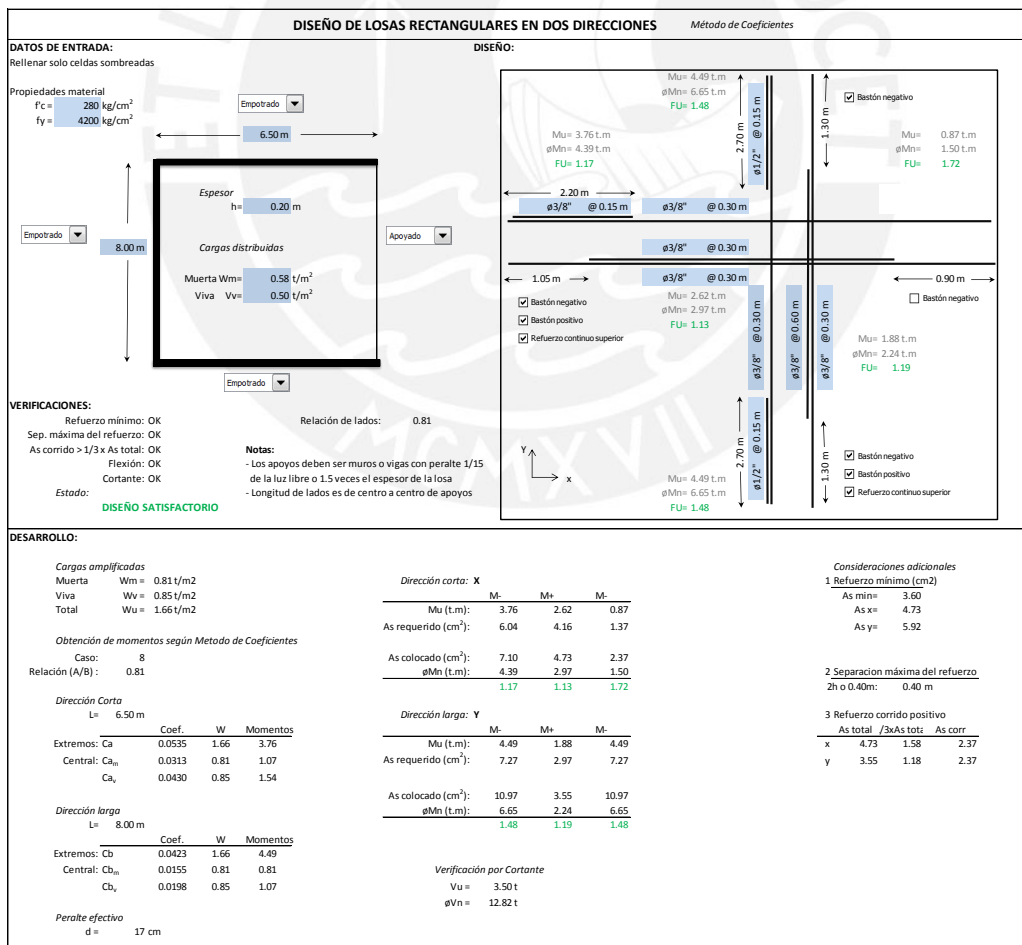


Figura A-32 Captura de hoja de cálculo con el diseño final, hoja de método de coeficientes.

Ahora diseñaremos la misma losa maciza usando la segunda hoja de cálculo **L. Rotura Rect.**, esta usa el método de líneas de rotura para determinar aquella carga distribuida que produce el colapso de la losa. Esta carga distribuida se divide entre la carga distribuida amplificada (1.4 de la carga viva más 1.7 de la muerta) para calcular el factor de seguridad. Este método toma en cuenta la reserva de resistencia de la losa al distribuir cargas una vez que una parte de ella ha fallado por flexión, por lo tanto se espera un diseño más económico que el anterior.

DATOS DE ENTRADA:
Rellenar solo las celdas sombreadas

Propiedades material
 $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Empotrado \downarrow 6.50 m

Empotrado \downarrow 8.00 m Apoyado \downarrow

Espesor
 $h = 0.20 \text{ m}$

Cargas distribuidas
 Muerta $W_m = 0.58 \text{ t/m}^2$
 Viva $V_v = 0.50 \text{ t/m}^2$

Empotrado \downarrow

VERIFICACIONES:
 Refuerzo mínimo: OK
 Separación máx. del ref.: OK
 As corrido > 1/3 x As total: OK
 $W_u < W_{m\acute{a}x}$: **Error**
 Adicionales: **Aumentar valor de Mn-**
 Estado: **ERROR**

$W_u = 1.66 \text{ t/m}^2$
 $W_{m\acute{a}x} = 1.18 \text{ t/m}^2$
 $FS = 0.71$

Figura A-33 Captura de datos de entrada, hoja de líneas de rotura para losas rectangulares.

<p>As col= 2.37 cm² $\phi Mn = 1.50 \text{ t.m}$</p> <p>As col= 2.37 cm² $\phi Mn = 1.50 \text{ t.m}$</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p>	<p><input type="checkbox"/> Bastón negativo</p> <p>As col= 2.37 cm² $\phi Mn = 1.50 \text{ t.m}$</p>
<p><input type="checkbox"/> Bastón negativo <input checked="" type="checkbox"/> Refuerzo continuo superior</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p> <p>As col= 2.37 cm² $\phi Mn = 1.50 \text{ t.m}$</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p> <p>Y x</p> <p>As col= 2.37 cm² $\phi Mn = 1.50 \text{ t.m}$</p>	<p><input type="checkbox"/> Bastón negativo</p> <p>As col= 2.37 cm² $\phi Mn = 1.50 \text{ t.m}$</p> <p>$\phi 3/8'' @ 0.30 \text{ m}$</p> <p><input type="checkbox"/> Bastón negativo <input checked="" type="checkbox"/> Refuerzo continuo superior</p>

Figura A-34 Captura de definición de refuerzo, hoja de líneas de rotura para losas rectangulares.

Las figuras A-33 y A-34 muestran la hoja de cálculo con los datos ingresados, solo se está colocando por el momento refuerzo distribuido mínimo en la parte superior e inferior de la losa. La hoja de cálculo me advierte que el factor de seguridad es inferior a 1 por lo que el diseño no es adecuado, además me indica que debo aumentar el valor del momento resistente nominal negativa (en los extremos de la losa), por lo que procedemos a agregar bastones negativos agregando un check correspondiente en la opción **Bastón negativo** en ambas direcciones, menos en el lado apoyado (no empotrado) ya que no se va a desarrollar rótulas plásticas negativas. Luego agregamos el diámetro y separación del refuerzo suficiente para alcanzar un factor de seguridad mayor que 1. El programa también realiza otras verificaciones, si todas son satisfechas aparece el mensaje **Diseño satisfactorio**.

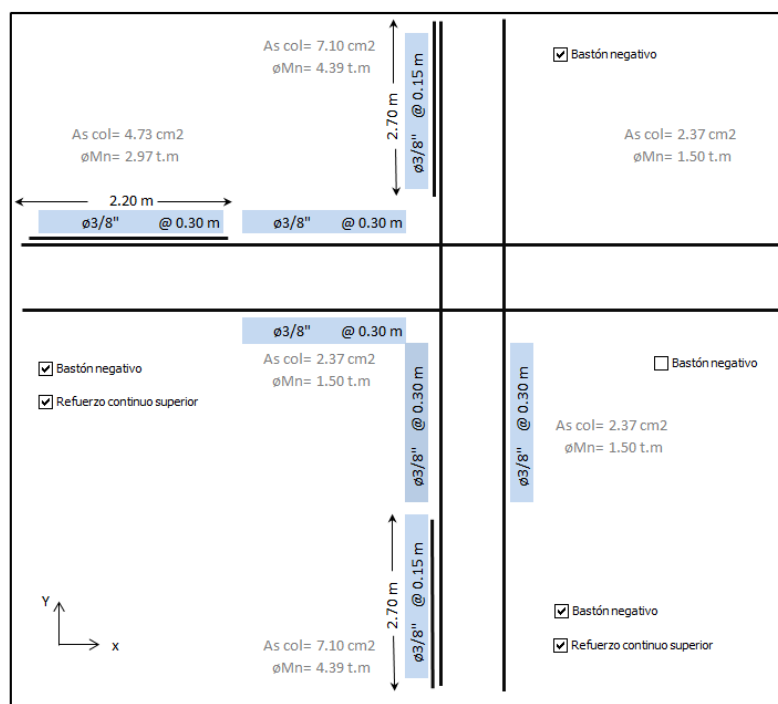


Figura A-35 Captura de definición de refuerzo, hoja de líneas de rotura para losas rectangulares.

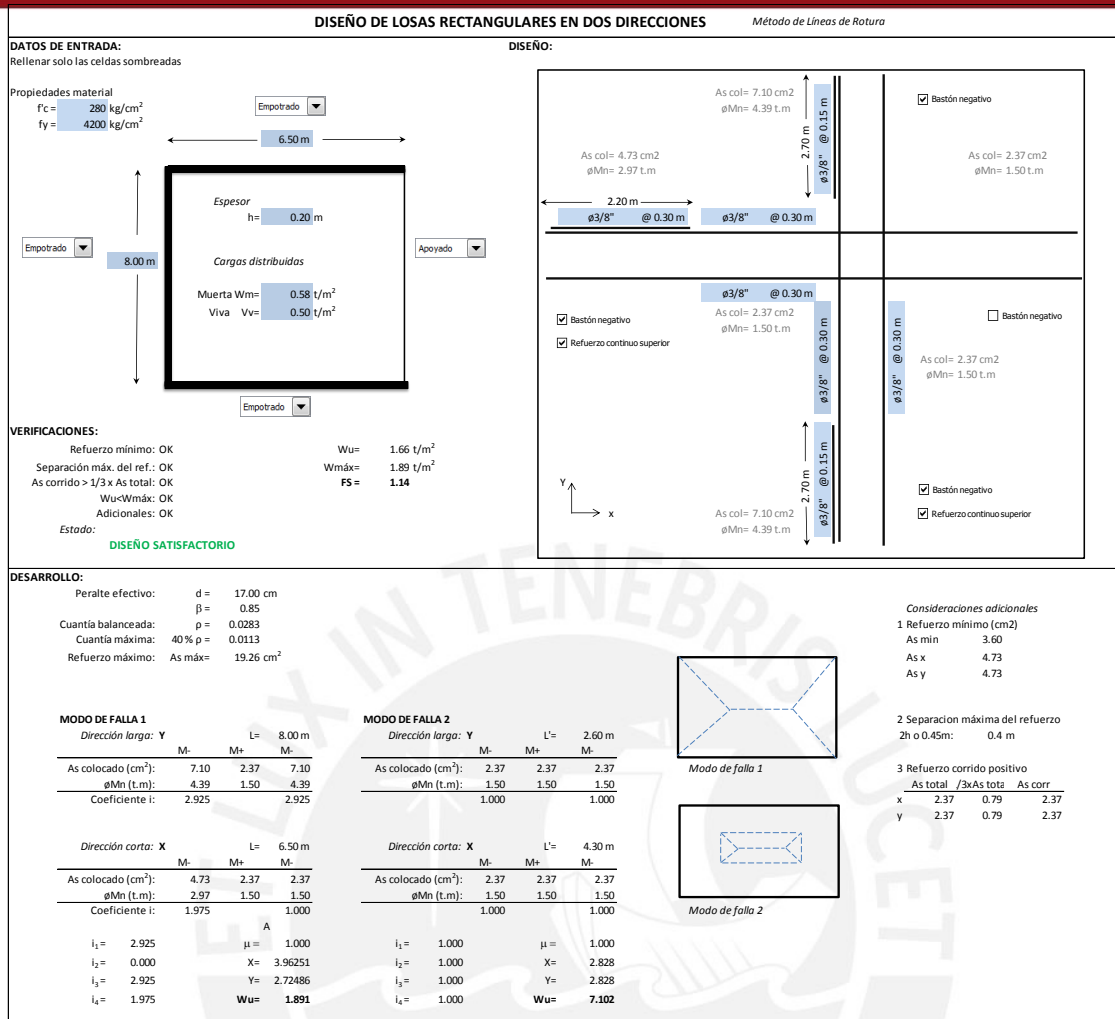


Figura A-36 Captura de hoja de cálculo con diseño final, hoja de líneas de rotura para losas rectangulares.

La tercera y última hoja de cálculo también usa el método de líneas de fluencia, pero esta vez se puede analizar losas con mayor número de lados, además toma en cuenta el caso de lados no apoyado por un muro o viga peraltada (lados libres).

En esta oportunidad analizaremos losas de tres, cuatro y cinco lados (ver figura A-37). Los refuerzos distribuidos y bastones serán siempre paralelos a las direcciones X o Y. No hay posibilidad de colocar bastones inferiores al centro de la losa, solo existen aquellos superiores en los bordes que toman los momentos negativos. La resistencia del concreto es 280kg/cm^2 . El espesor de losa es 20cm, las cargas vivas y muertas son iguales a los ejemplos anteriores.

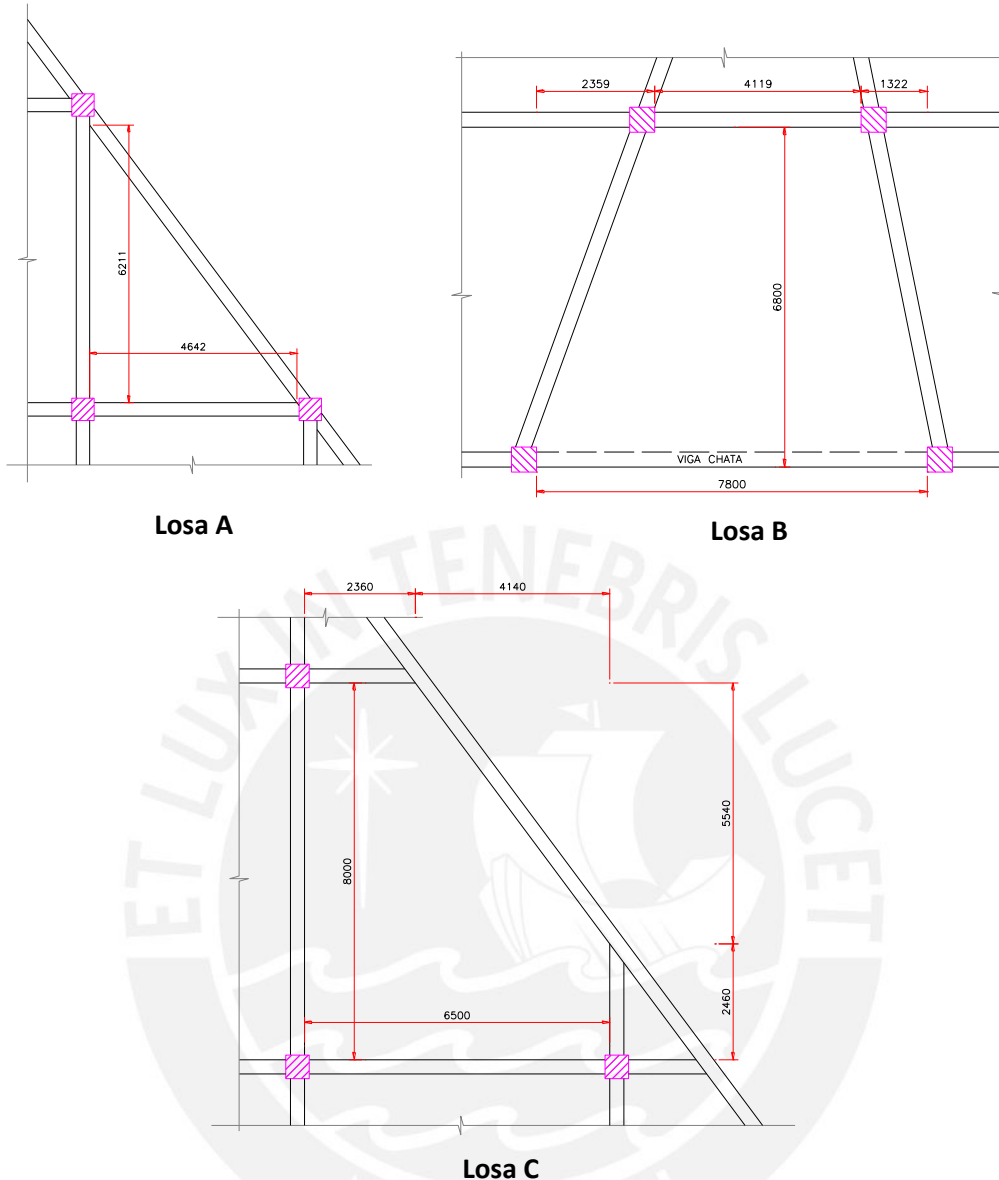


Figura A-37 Losas macizas a diseñar con la hoja de cálculo usando método de líneas de rotura o fluencia.

Empezamos con la losa A, rellenamos los datos de las propiedades de la losa como la resistencia del concreto, es esfuerzo de fluencia del acero, las cargas vivas y muertas y el espesor de la losa. Luego ingresamos las coordenadas en los vértices de la losa en sentido antihorario en la sección **Geometría**, que en el caso de la losa triangular sería los puntos (0;0), (4.642;0), (0;6.211),(0,0) observar que el último punto debe ser igual al primero para formar un polígono cerrado.

Colocamos luego los refuerzos, en este caso probaremos con un refuerzo distribuido de 3/8" cada 30 cm superior e inferior, iguales en ambas direcciones, además colocaremos bastones negativos de 3/8" cada 15cm solo en los dos lados continuos. Se debe tomar especial atención al **tipo de borde**, en este caso se tiene dos lados

empotrados y uno apoyado y esto se ingresa en la columna **Tipo** con las letras E, A y L que corresponden a **Empotrado, Apoyado y Libre** respectivamente.

Una vez ingresados todos estos datos de entrada hacer click en el botón **Calcular** para correr el programa. En este caso el factor de uso **FU** es 5.58, por lo que estamos aportando 5.58 veces más resistencia que la requerida (ver figura A-38). Se debe tomar en cuenta que se debe verificar adicionalmente las condiciones de servicio, como los desplazamientos y la fisuración.

Para la losa B se realiza un procedimiento similar, esta vez la losa tiene cuatro lados y en uno de ellos se encuentra una viga chata. Esta no puede ser considerada como apoyo debido a su poca rigidez a la flexión, por lo tanto en la columna **Tipo** se coloca la letra **L**, que corresponde a **Libre** en el borde correspondiente. Luego de hacer click en **Calcular** obtenemos un factor de uso **FU** de 1.05, debido a que es muy cercano a la unidad se recomienda aumentar las cuantías del refuerzo para evitar posibles problemas de fisuración o desplazamientos. La figura A-39 muestra la hoja de cálculo para este caso, se observa que el patrón de líneas de fluencia (gráfica inferior derecha) corresponde a la forma típica para un lado libre.

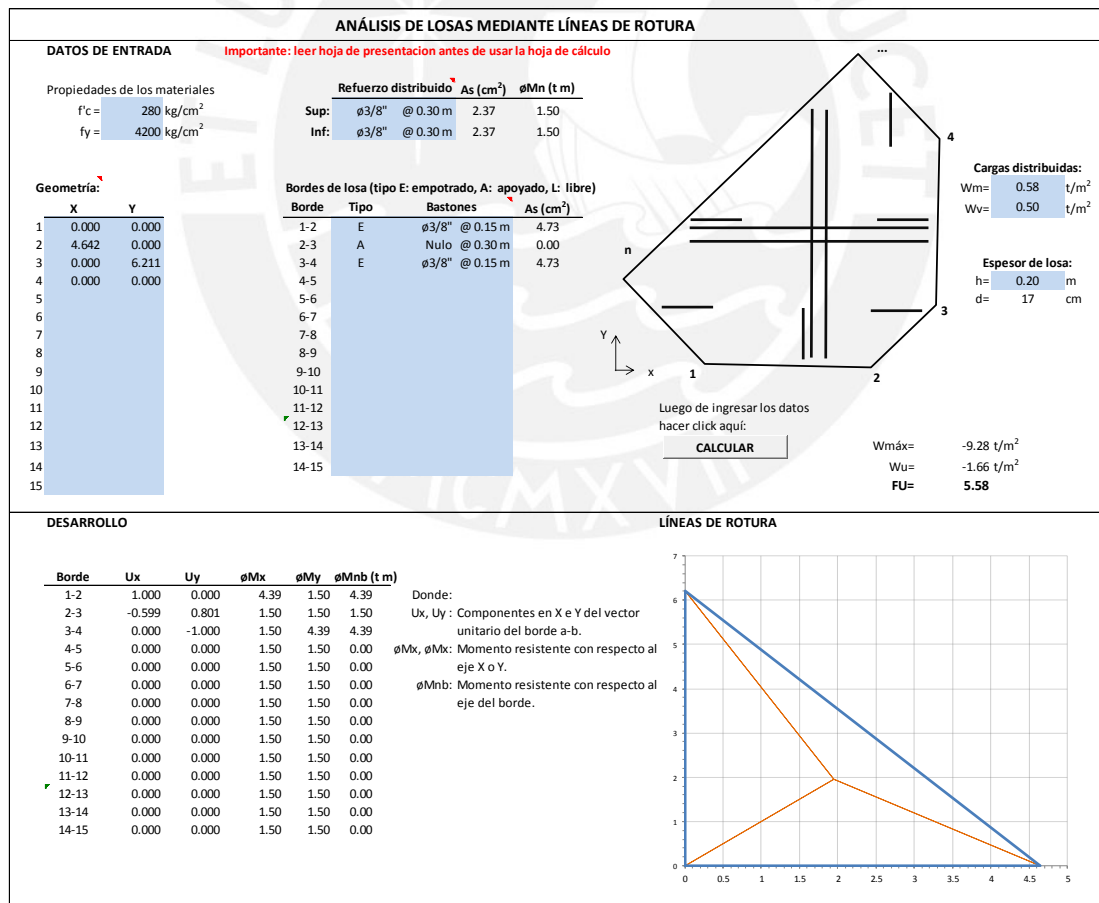


Figura A-38 Captura del diseño final para losa A.

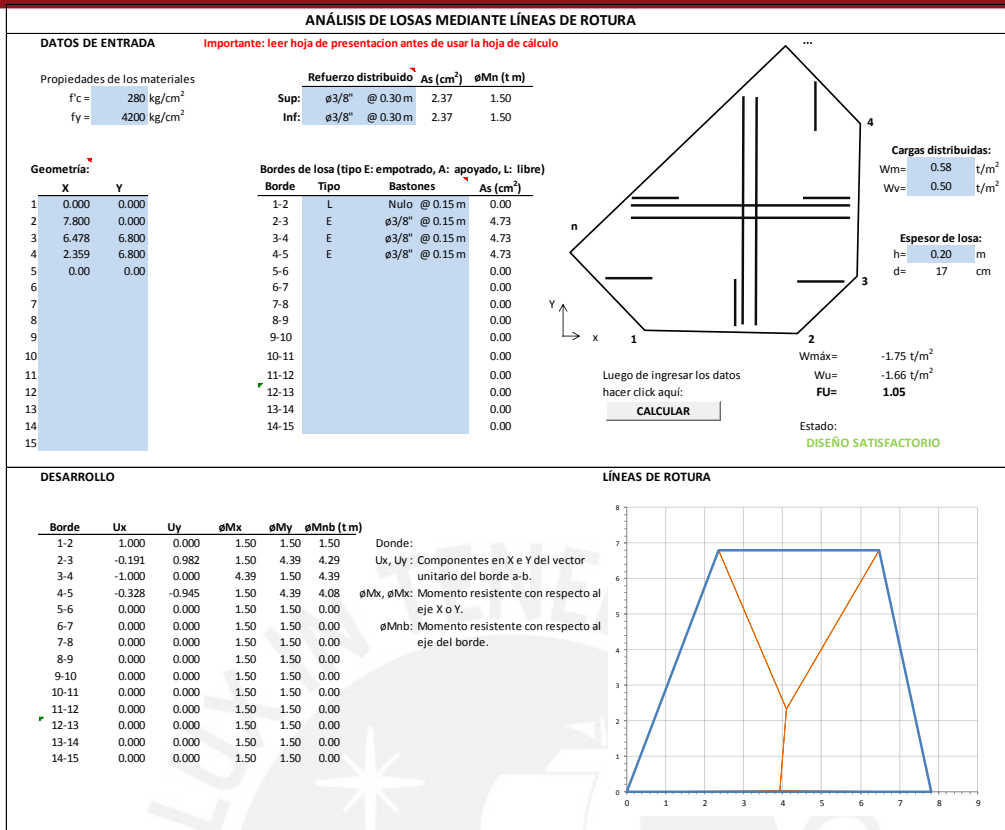


Figura A-39 Captura del diseño final para losa B.

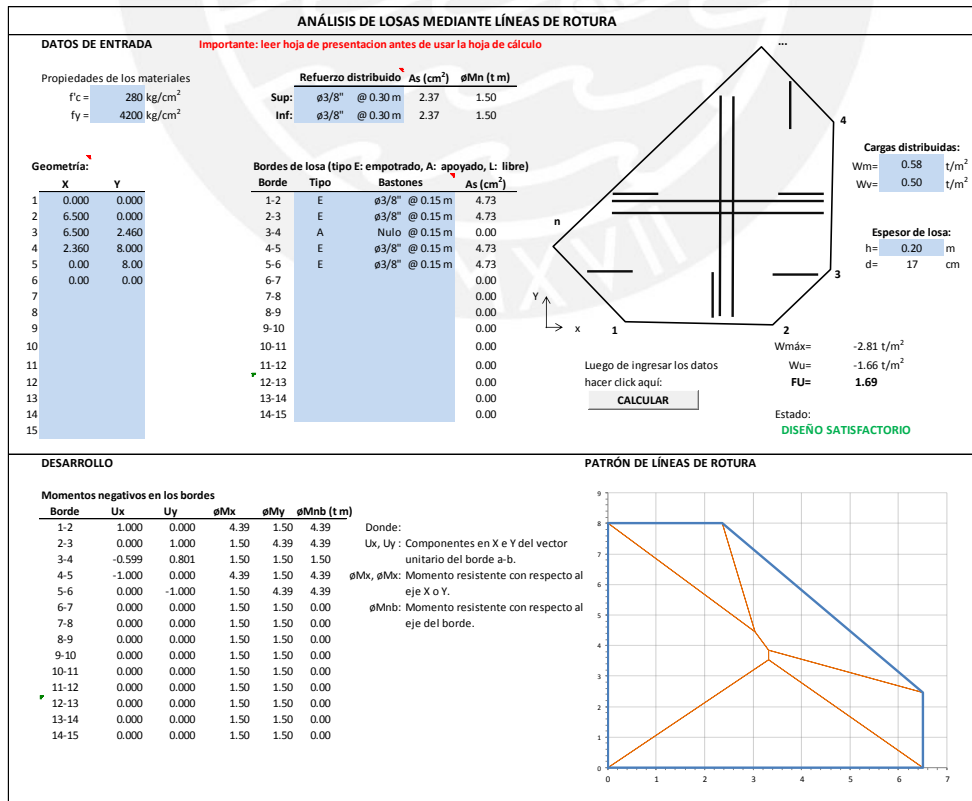
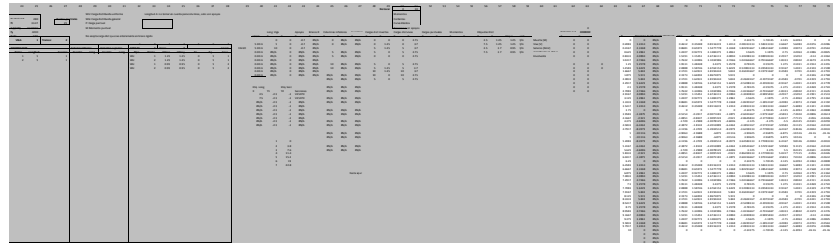
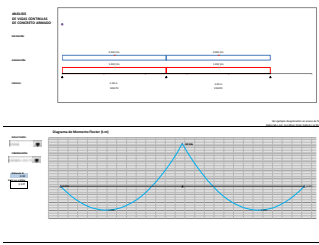


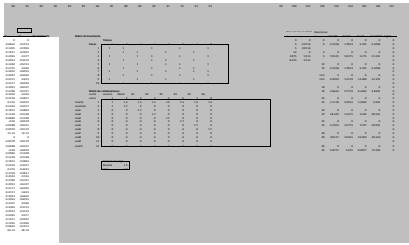
Figura A-40 Captura del diseño final para losa C.

Finalmente tomamos el caso de la losa C de la figura A-37, seguimos el mismo procedimiento para las otras losas. En este caso todos los lados están empotrados a excepción del lado inclinado, que está simplemente apoyado. Colocamos un refuerzo distribuido de 3/8" cada 30cm superior e inferior y bastones de 3/8" cada 15cm en todos los lados empotrados. Luego de dar click en **Calcular** obtenemos un factor de uso de 1.69 por lo que el diseño es satisfactorio (ver figura A-40).

Por último, vale la pena comentar sobre la dirección de los bastones. En los bordes paralelos a los ejes X e Y es obvio que los bastones se colocarán en dirección perpendicular al borde, sin embargo en bordes inclinados esto ya no es posible ya que los bastones no pueden seguir la inclinación del borde. Para estos casos se debe escoger la orientación del bastón (dirección X o Y) que aporte más al momento resistente con respecto al eje del borde, la hoja de cálculo realiza esto automáticamente. Como regla práctica podemos decir que si el borde tiene un ángulo de inclinación menor que 45° (ángulo con respecto al eje X), el bastón debe colocarse en dirección Y; y si el borde tiene un ángulo de inclinación mayor que 45° , entonces colocar el bastón en dirección X. Si el borde tiene un ángulo de 45° entonces no habrá diferencia si se coloca el bastón en dirección X o en Y.







HOJA DE CÁLCULO DISEÑO POR FLEXIÓN DE VIGAS RECTANGULARES v 3.0		Código:
Proyecto:		Revisión: A
Obra:		Material: Concreto armado
Elaborado por:		Fecha: 26/06/2017
		Elemento:
		V-101

DATOS GENERALES

Propiedades de los materiales:
 Resistencia del concreto $f'c = 310 \text{ kg/cm}^2$
 Esfuerzo de fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Dimensiones de la sección:
 Base $b = 30 \text{ cm}$
 Altura $h = 60 \text{ cm}$
 Recubrimiento al centroide de As $t = 6 \text{ cm}$

Peralte efectivo $d = 54 \text{ cm}$
 $\beta_1 = 0.83$

Fórmula de la resistencia a la flexión de vigas rectangulares:
 $\phi Mn = \phi As f_y (d - (As f_y) / (2 \times 0.85 f' c \times b))$

Sistema sismorresistente Muros estructurales **... (a)**

DISEÑO POR FLEXIÓN

ACERO MÍNIMO (cm²) = 4.75 ... (b)		ACERO MÁXIMO (cm²) = 37.14 ... (c)		ACERO CORRIDO		As (cm²)	ϕMn (t.m)
SUP.	2	ϕ	3/4"	=		5.68	11.27
INF.	2	ϕ	3/4"	=		5.68	11.27

EJES	Mu (t.m)	BASTONES						As (cm ²)	ϕMn (t.m)	FU (%)		
1	M-	14.67	1	ϕ	5/8"	+	ϕ	5/8"	=	7.68	15.08	97%
	M+	12.00	1	ϕ	5/8"	+	ϕ	3/4"	=	7.68	15.08	80%
2	M-			ϕ	5/8"	+	ϕ	5/8"	=			0%
	M+			ϕ	5/8"	+	ϕ	5/8"	=			0%
3	M-			ϕ	5/8"	+	ϕ	5/8"	=	5.68		0%
	M+			ϕ	3/4"	+	ϕ	5/8"	=			0%
4	M-			ϕ	1"	+	ϕ	5/8"	=	5.68		0%
	M+			ϕ	5/8"	+	ϕ	5/8"	=	5.68		0%
5	M-			ϕ	1"	+	ϕ	5/8"	=			0%
	M+			ϕ	5/8"	+	ϕ	5/8"	=	5.68		0%
6	M-			ϕ	1"	+	ϕ	5/8"	=			0%

Refuerzo distribuido en una capa en todas las secciones

VERIFICACIONES **PROPIEDADES DE LAS BARRAS DE ACERO**

<p>1) En todas las secciones se cumple que $Mu < \phi Mn$ BIEN</p> <p>2) En todas las secciones se cumple $As_{min} < As_{colocado} < As_{max}$ BIEN</p> <p>3) El acero corrido es mayor que 1/3 que el acero en secciones críticas. BIEN</p> <p>4) $Mn+$ en la cara del nudo es mayor o igual que 1/3 del $Mn-$ en dicha cara BIEN ... (d)</p> <p>5) $Mn-$ y $Mn+$ en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento son mayores que 1/4 Mn_{max} proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos. BIEN ... (d)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Diámetro nominal</th> <th>Diámetro (cm)</th> <th>Área (cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>6 mm</td> <td>0.6</td> <td>0.28</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3/8"</td> <td>0.95</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1/2"</td> <td>1.27</td> <td>1.29</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5/8"</td> <td>1.59</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3/4"</td> <td>1.91</td> <td>2.84</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1"</td> <td>2.54</td> <td>5.1</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>1 3/8"</td> <td>3.58</td> <td>10.06</td> </tr> </tbody> </table>	#	Diámetro nominal	Diámetro (cm)	Área (cm ²)		6 mm	0.6	0.28	3	3/8"	0.95	0.71	4	1/2"	1.27	1.29	5	5/8"	1.59	2	6	3/4"	1.91	2.84	8	1"	2.54	5.1	11	1 3/8"	3.58	10.06
#	Diámetro nominal	Diámetro (cm)	Área (cm ²)																														
	6 mm	0.6	0.28																														
3	3/8"	0.95	0.71																														
4	1/2"	1.27	1.29																														
5	5/8"	1.59	2																														
6	3/4"	1.91	2.84																														
8	1"	2.54	5.1																														
11	1 3/8"	3.58	10.06																														

REFERENCIAS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES

- (a) NTE E.060 21.1
- (b) NTE E.060 10.5.2
- (c) NTE E.060 10.3.4
- (d) NTE E.060 21.4.4.3

LOSAS EN DOS DIRECCIONES DE CONCRETO ARMADO

Las presentes hojas de cálculo forman parte del trabajo de tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Estas permiten diseñar losas de concreto armado en dos direcciones usando distintos métodos. Son tres hojas de cálculo independientes: COEFICIENTES, L. ROTURA RECT., L. ROTURA GENERAL.

COEFICIENTES

En esta hoja de cálculo se diseñan losas de concreto armado rectangulares usando el **método de coeficientes** según la norma peruana NTP E.060 Concreto Armado. La losa a diseñar debe tener las siguientes condiciones:

- La carga viva distribuida debe ser menor que el doble de la carga muerta distribuida.
- La losa debe apoyarse en sus cuatro lados, estos apoyos pueden ser muros o vigas. Si los apoyos son vigas, estas debe tener un peralte mínimo de 1/15 de la luz libre de la viga o 1.5 veces el espesor de la losa, la que sea mayor.
- La relación de lados (lado menor/lado mayor) no puede ser menor que 0.5, de lo contrario trabajaría en una sola dirección.
- Se asume que en los lados considerados empotrados, se encuentra adyacente un paño de losa similar a la losa diseñada.

L. ROTURA RECT.

En esta hoja de cálculo se diseñan losas de concreto armado rectangulares usando el **método de líneas de rotura o fluencia**. La losa a diseñar debe tener las siguientes condiciones:

- La losa debe apoyarse en sus cuatro lados, estos apoyos pueden ser muros o vigas.
- No se admite tener bastones positivos en el centro de la losa.

L. ROTURA GENERAL

En esta hoja de cálculo se diseñan losas de concreto armado usando el **método de líneas de rotura o fluencia** bajo las siguientes condiciones:

- La losa puede ser un polígono cerrado de hasta 15 lados. Este polígono debe ser convexo (sin esquinas entrantes)
- No se permite el uso de bastones positivos en el centro de la losa.
- El refuerzo distribuido en toda el área de la losa son iguales en las dos direcciones. Si se desea diseñar con refuerzos ortogonales diferentes, modificar la geometría de la losa haciendo uso del **teorema de la afinidad**.
- La hoja permite el diseño de losas con lados libres, es decir que no estén apoyados ni en vigas peraltadas ni en muros

Esta hoja de cálculo usa un complemento de Excel llamada SOLVER. Para el correcto funcionamiento se debe verificar lo siguiente:

- El complemento SOLVER debe estar cargado en el programa Excel.
- Las funciones del SOLVER deben estar habilitadas para ser usado en VBA (Visual Basic for Applications)

Las instrucciones a seguir para realizar estos dos pasos se puede encontrar en el enlace :

<https://msdn.microsoft.com/es-es/library/office/ff196600.aspx>

Elaborado por Jonathan Omar Galindo La Matta



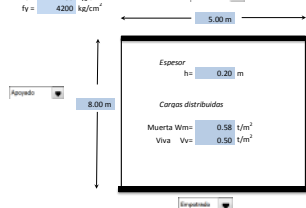
DISEÑO DE LOSAS RECTANGULARES EN DOS DIRECCIONES

Método de Coeficientes

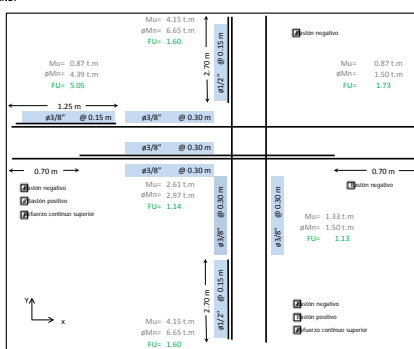
DATOS DE ENTRADA:

Reellenar solo celdas sombreadas

Propiedades material
 $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$



DISEÑO:



VERIFICACIONES:

Refuerzo mínimo: OK
 Sep. máxima del refuerzo: OK
 As corrido > 1/3 x As total: OK
 Flección: OK
 Cortante: OK
 Estado: OK

Relación de lados: 0.63

Notas:

- Los apoyos deben ser muros o vigas con peralte 1/15 de la luz libre o 1.5 veces el espesor de la losa
 - Longitud de lados es de centro a centro de apoyos

DISEÑO SATISFACTORIO

DESARROLLO:

Caracas amplificador
 Muerta $W_m = 0.81 \text{ t/m}^2$
 Viva $W_v = 0.85 \text{ t/m}^2$
 Total $W_u = 1.66 \text{ t/m}^2$

Obtención de momentos según Método de Coeficientes

Caso: 3
 Relación (A/B): 0.63

Dirección Corta

L = 5.00 m	Coef.	W	Momentos
Extremos: Ca	0.0000	1.66	0.00
Central: C _a	0.0560	0.81	1.18
C _b	0.0675	0.85	1.43

Dirección larga

L = 8.00 m	Coef.	W	Momentos
Extremos: Cb	0.0390	1.66	4.15
Central: C _b	0.0125	0.81	0.65
C _c	0.0125	0.85	0.68

Peralte efectivo
 $d = 17 \text{ cm}$

Dirección corta: X

Mu (t.m)	M _a	M _b	M _c
0.87	2.61	0.87	
As requerido (cm ²):	1.36	4.15	1.36
As colocado (cm ²):	7.10	4.73	2.37
øMin (t.m):	4.39	2.97	1.50
	5.05	1.14	1.73

Dirección larga: Y

Mu (t.m)	M _a	M _b	M _c
4.15	1.33	4.15	
As requerido (cm ²):	6.69	2.09	6.69
As colocado (cm ²):	10.97	2.37	10.97
øMin (t.m):	6.65	1.50	6.65
	1.50	1.13	1.60

Verificación por Cortante

$V_u = 2.66 \text{ t}$
 $\phi V_n = 12.82 \text{ t}$

Consideraciones adicionales

1 Refuerzo mínimo (cm²)

As mín = 3.60
 As $x = 4.73$
 As $y = 4.73$

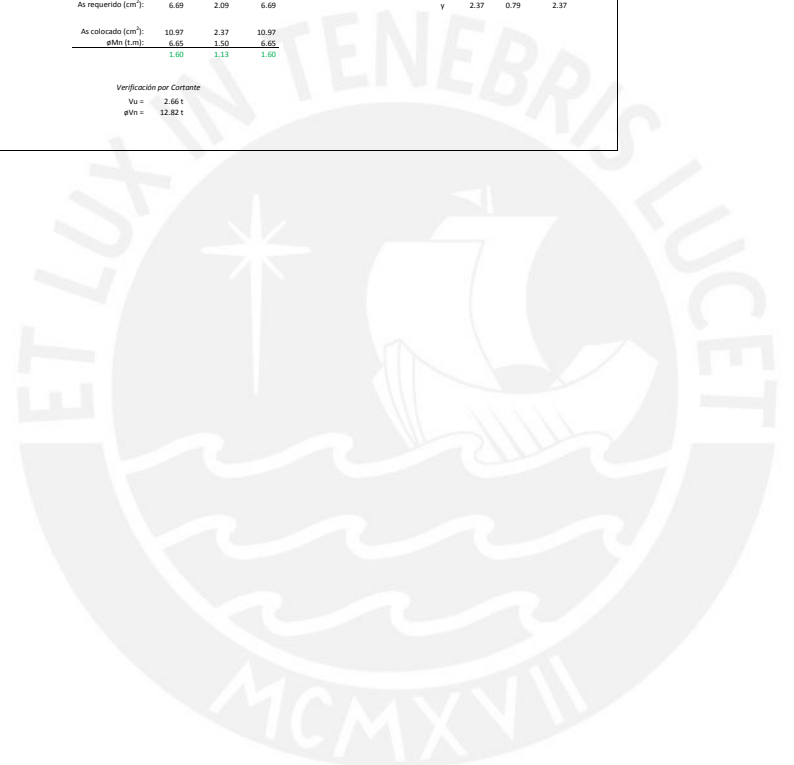
2 Separación máxima del refuerzo

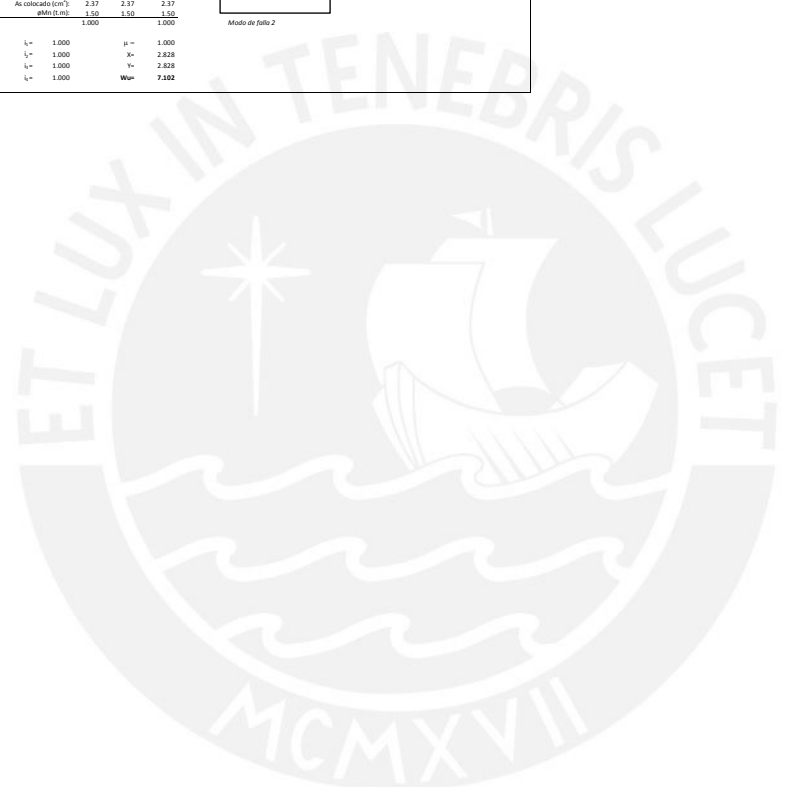
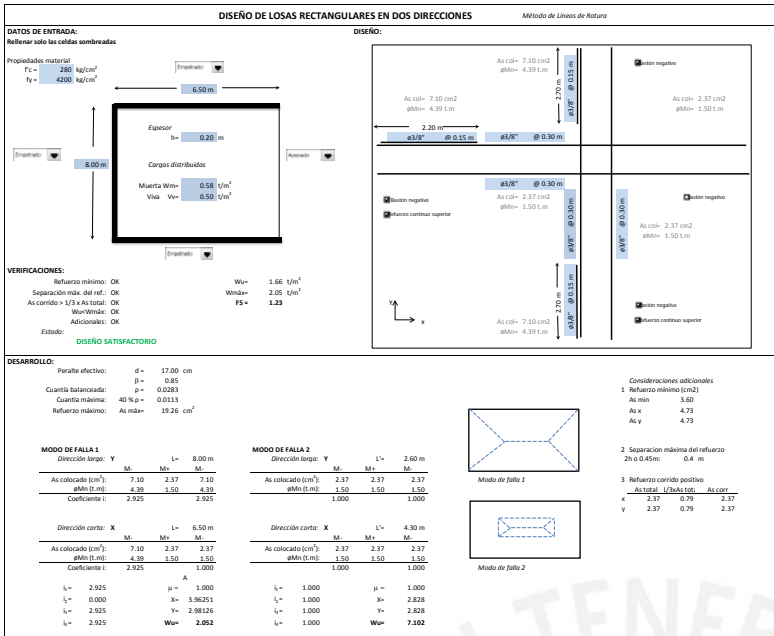
Z_h o 0.40m: 0.40 m

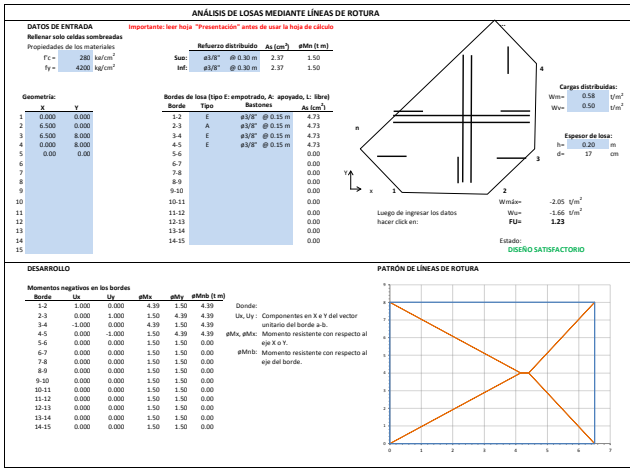
3 Refuerzo corrido positivo

As total / l/Bus tot. As corr

x 4.73 1.58 2.37
 y 2.37 0.79 2.37

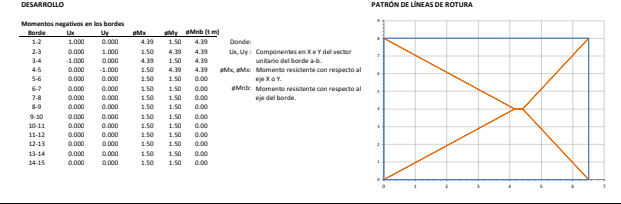






n	ROTACIONES	Lineas Rotunda		
5	0.814874	6.5	0	1112
	1.555473	4.404	4	1213
	0.814874	4.152	4	1314
	0.784949	0	0	1541
	0.814796	6.5	8	2223
	1	4.404	4	1223
	1	6.5	0	2221
	1	0	8	3334
	1	4.152	4	1334
	1	4.404	4	1323
	1	6.5	8	3332
	1	0	0	4441
	4.152	4	1434	
	0	8	4443	

As: beton	Mn c/bast	Auxiliar	Mn
7.10	4.39 A	4.39	
7.10	4.39 A	0.00	
7.10	4.39 A	4.39	
7.10	4.39 A	4.39	
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00
2.37	1.50	0	0.00



Tesis de Maestría

Asignatura:

Investigación

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	15
3. METODOLOGÍA	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5. CONCLUSIONES	45
6. REFERENCIAS	55
7. ANEXOS	65

TABLA DE RESUMEN

Resumen	70
Abstract	71
Palabras clave	72
Keywords	73
Resumen	74
Abstract	75
Palabras clave	76
Keywords	77



DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN

GENERALIDADES

Este programa fue desarrollado como parte de la Tesis para la obtención del Título Profesional. Permite el diseño de muros de contención en voladizo de concreto armado. También puede ser utilizado para verificar la estabilidad de un muro de gravedad de cualquier material.

En la pestaña "Dimensionamiento" se ingresan la geometría del muro y los parámetros de suelo, y la hoja de cálculo realiza las verificaciones de estabilidad (volteo y deslizamiento) y que los esfuerzos del suelo no superen la capacidad admisible.

En la pestaña "Diseño en C.A." el usuario ingresa los refuerzos en el voladizo, puntal y talón y el programa verifica si las resistencias a la flexión y corte son suficientes. Además se verifica longitud de bastones, anclajes y cuantías mínimas. Para esto se utiliza las dimensiones de la pestaña "Dimensionamiento".

La pestaña "M Okabe" es una copia de la pestaña "Dimensionamiento" y se utiliza para tomar en cuenta las cargas sísmicas según el método de Monobe-Okabe y compararlo con el diseño anterior. La pestaña "Dimensionamiento" también puede tomar en cuenta las cargas sísmicas calculadas por el método de Monobe-Okabe.

INDICACIONES

- El usuario solo puede modificar las celdas sombreadas del cuadro DATOS DE ENTRADA, y verificar su diseño según las indicaciones del cuadro VERIFICACIONES.
- Se indicará con el mensaje DISEÑO SATISFACTORIO si el muro cumple con todas las verificaciones. En caso hay algún estado límite que no se cumpla se sombreada con rojo cuál es ese estado.
- El botón DIMENSIONAR cambia la celda M12 correspondiente al valor del ancho de la cimentación B de manera que busca el mínimo valor que cumple con un diseño satisfactorio.
- El botón SUELO muestran parámetros del suelo para cada tipo de suelo. Estos valores se deben usar solo para fines de predimensionamiento. Para un diseño definitivo los parámetros de deben obtener de un Estudio de Mecánica de Suelos.
- El botón OPCIONES da la posibilidad al usuario a configurar algunos aspectos del diseño
- Los empujes laterales de suelo se obtienen usando la teoría de Rankine, que solo se aplica a suelos granulares. Para suelos cohesivos se debe ingresar un valor de ϕ modificado, que tome en cuenta los efectos de la cohesión.

OPCIONES

Los cálculos necesarios para el diseño pueden ser configurados mediante el botón de comando OPCIONES de la siguiente manera:

a) Considerar efecto estabilizador de sobrecarga

La carga viva o sobrecarga sobre el relleno anterior del muro produce dos efectos simultáneos. El primero es una carga vertical que estabiliza al muro contra el volteo y contra el deslizamiento, aumentando la fuerza de fricción. El segundo efecto es el aumento del empuje lateral del suelo. Se observa que ambos efectos son antagónicos, el primero está a favor de la falla del muro mientras que el segundo está en contra. Tomando en cuenta la incertidumbre de los valores de las cargas vivas, no resulta conservador considerar un efecto favorable de estas cargas, cuyo valor puede llegar a ser nulo en la realidad.

La hoja de cálculo por defecto no toma en cuenta el primer efecto que es favorable para el muro, sin embargo si el criterio del ingeniero le indica que sí es razonable considerar ambos efectos de la sobrecarga (tal vez si se tiene mayor certeza en la carga viva), se puede lograr esto activando esta casilla.

Vale la pena mencionar que si la carga viva distribuida no llega a la punta del talón, es decir que no hay carga sobre el relleno por encima del talón, sino solamente detrás de este, entonces el efecto estabilizador de la sobrecarga siempre es nulo.

b) Considerar el empuje pasivo del relleno posterior

Debido a que este empuje ayuda a la estabilidad total del muro tanto en volteo como en deslizamiento, se debe estar seguro de que el relleno posterior no se retire durante la vida útil del muro. Se pueden tomar medidas en contra la socavación por las lluvias o colocar un pavimento para asegurar la presencia del relleno posterior.

De debe activar esta casilla solo si se toman estas medidas y se asegura la presencia del relleno posterior.

La casilla desactivada indica la ausencia del relleno posterior.

c) Usar el empuje en reposo en lugar del empuje activo

El empuje activo es el valor mínimo que puede tomar un empuje lateral de un suelo, y se desarrolla solo si se presenta una rotación o desplazamiento en el muro de contención.

Hay casos en que no se desea el desplazamiento o rotación del muro ya sea por estética (que también puede ser resuelto si se hace una pendiente en la cara expuesta del voladizo) o por funcionalidad. Si el muro soporta una carga vertical en su corona, como el caso de estribos de puentes, no se recomienda permitir una rotación del muro debido a que puede ocasionar inestabilidad o desarrollar efectos P-delta no contemplados en el diseño. En todos estos casos se debe usar un empuje en reposo en lugar del empuje activo.

d) Aumentar la altura del empuje a 0.45 H

Experimentos en muros de contención han demostrado que los valores de las resultantes del empuje activo del suelo son similares a los teóricos, sin embargo la ubicación de estas resultantes son superiores a $H/3$. Esto se debe a que el empuje activo se desarrolla solo en la zona superior del muro, donde los desplazamientos son mayores. En la zona inferior donde los desplazamientos son más pequeños o nulos el empuje se encuentra en un intermedio entre el activo y el reposo.

Activando esta casilla aumenta la altura de la resultante a un valor obtenido de los experimentos: $0.45 H$ (siendo H la altura total donde se desarrolla el empuje)

La casilla desactivada indica que se está utilizando el valor teórico de la altura de la resultante ($H/3$)

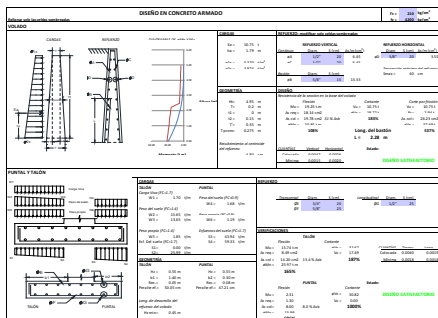
Esta modificación solo se aplica al empuje activo (o en reposo si la casilla 3 está activada) del relleno anterior al muro.

CARGAS SÍSMICAS POR ECUACIONES DE MONOBE OKABE

Para coeficiente sísmico horizontal (k_h) se recomienda colocar la mitad del factor de zona Z según la norma sismorresistente E.030

El coeficiente sísmico vertical (k_v) es $2/3$ de k_h

Elaborado por Jonathan Omar Galindo La Matta



Clase	Resistencia característica f_{yk} (MPa)	Resistencia de cálculo f_{td} (MPa)
B460	460	300
B500	500	333

Clase	Resistencia característica f_{yk} (MPa)	Resistencia de cálculo f_{td} (MPa)
B460	460	300
B500	500	333

Resistencia característica del concreto: $f_{cd} = 30$ MPa

Clase	Resistencia característica f_{yk} (MPa)	Resistencia de cálculo f_{td} (MPa)
B460	460	300
B500	500	333

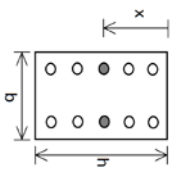


CONFIGURACIÓN DEL REFUERZO EN NÚCLEOS

NÚCLEO 1		Dimensiones	
X (cm)	Reinzo	b _x	b _y
3	500/2	800 cm	500 cm
15	2. 63/4"	5.68	5.68
43	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00

NÚCLEO 2		Dimensiones	
X (cm)	Reinzo	b _x	b _y
3	500/2	500 cm	500 cm
15	1. 63/2"	1.20	1.20
43	1. 63/2"	2.00	2.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00
	0 Nulo	0.00	0.00

Indicaciones:
 Esta hoja de cálculo permite configurar los refuerzos colocados en el diámetro y abastecido del refuerzo mayor de X₁ y menor de barras. Rellenar la tabla de cada núcleo de manera que los valores de X estén ordenados de menor a mayor. Se debe tomar en cuenta también que ningún valor de X deba superar el parámetro H del núcleo, de lo contrario el valor se encontrará fuera de este en el diagrama. Asegure que los valores de X del eje Y de la tabla que no se utilizan estén totalmente vacíos.



Una vez terminada la configuración, hacer click en:

OK

Diámetros	N1	N2	N3
	1.59	1.59	1.59
	1.905	1.27	1.27
	1.905	1.59	1.59
Diámetros	N1	N2	N3
	1.59	1.59	1.59
	1.905	1.27	1.27
	1.905	1.59	1.59
Diámetros	N1	N2	N3
	1.59	1.59	1.59
	1.905	1.27	1.27
	1.905	1.59	1.59

