

Análisis y diseño de una cimentación superficial de una estructura

4



Análisis y diseño de una cimentación:	46
Conclusión:	59

Análisis y diseño de una cimentación:

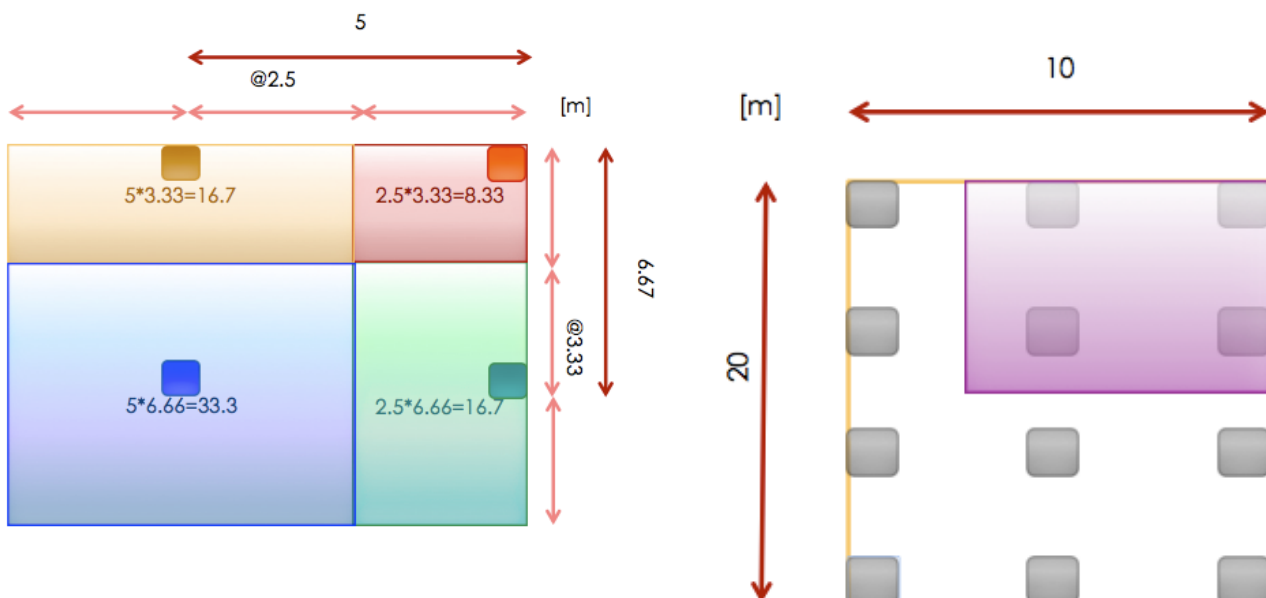
Diseño estructural

El programa de Excel CimDeCa tiene como objetivo hacer un análisis y diseño para cimentaciones superficiales. Este análisis lo realiza haciendo uso de las ecuaciones previamente descritas sobre el comportamiento de una masa de suelo, toma en cuenta nivel freático del agua y parámetros característicos del suelo (ángulo de fricción interna ϕ , Cohesión c y Módulo de deformación Me), muestra el procedimiento sobre cómo se obtuvo el resultado y recomendaciones sobre la manera en que se puede optimizar el diseño.

Se anexa el programa en Excel y se muestra su uso a través de un ejemplo, ya que existen alternativas de cimentaciones superficiales para una estructura, tales como:

1. Se plantea una zapata aislada: Deformaciones y Capacidad de carga.
2. Se plantea una zapata corrida: Deformaciones y Capacidad de carga.
3. Se plantea una losa: Deformaciones y Capacidad de carga.

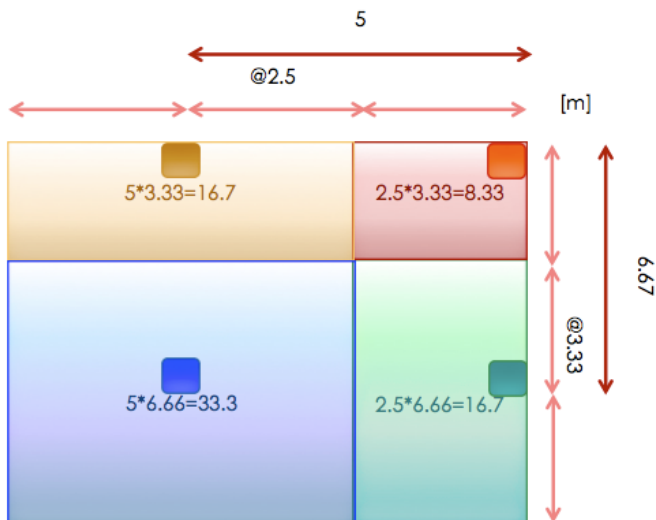
Utilizando el programa CimDeCa comenzaremos a analizar un edificio de 2 pisos construido sobre un terreno de 200 m². Al presentarse la siguiente distribución de columnas encontramos que en la esquina superior derecha tenemos la presencia de cuatro distintas áreas tributarias, las cuales se repiten a lo largo y ancho del terreno.



Debido a que es una casa habitación obtenemos la siguiente asignación de carga: muerta, viva y viva máx.

Carga del tipo

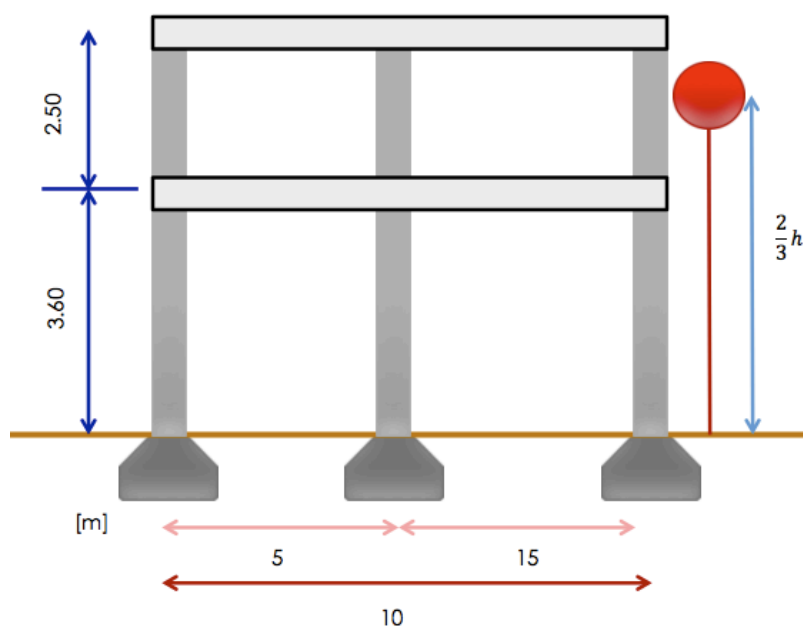
Nivel	Carga del tipo		
	Carga Muerta	Carga Viva	Carga Viva máx
[No.]	[kg/m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ²]
Piso #	800	250	180
Azotea	650	100	60



Cargas sobre la cimentación

Áreas tributarias [m ²]	Sección [No.]
$5 \times 3.33 = 16.7$	Am1
$2.5 \times 3.33 = 8.33$	Ro1
$5 \times 6.66 = 33.3$	Az1
$2.5 \times 6.66 = 16.7$	Ve1

El edificio tiene una altura 6.10 metros, cuenta con las siguientes dimensiones y características:



Ahora, el problema recae en el que aun no conocemos la dimensión de la cimentación, por lo que se siguen los siguientes pasos:

1. Abrir el programa de Excel "CimDeCa".
2. Selección opción "zapata aislada".



11	Cimentación superficial		
12	del tipo	Zapata aislada	
13	Area del terreno [m2]	200	
14			

3. Se dan las dimensiones para poder calcular el área:

17	[metros]				
18			10		
19					
20					
21					
22					
23					
24	6.66666666666667 @				20
25					
26					
27					
28					
29					
30			10		

4. Se coloca el tiempo de análisis para la consolidación primaria (98 días) y para la consolidación secundaria (1 año).

17	El análisis de consolidación Primaria se desea		
18	realizar para el tiempo	[días]	
19	El análisis de consolidación Secundaria se desea		
20	realizar para el tiempo	[años]	

17	El análisis de consolidación Primaria se desea		
18	realizar para el tiempo	102	[días]
19	El análisis de consolidación Secundaria se desea		
20	realizar para el tiempo	2	[años]

5. Se calculan e introducen los datos sobre carga muerta, viva máxima, viva reducida, áreas tributarias y número de pisos

23	Concepto	C.M.	C.V.máx	C.V.red
24		[kg/m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ²]
25				
26	Entrepiso			
27	Azotea			

23	Concepto	C.M.	C.V.máx	C.V.red
24		[kg/m ²]	[kg/m ²]	[kg/m ²]
25				
26	Entrepiso	800	250	180
27	Azotea	650	100	60

6. Se le asigna un nombre a las distintas áreas tributarias, se calculan automáticamente las magnitudes de las cuatro respectivas áreas y se introduce el número de pisos del edificio.

31	Cargas sobre la cimentación		
32	Columna	Área tributaria	
33			[m ²]
34			[m ²]
35			[m ²]
36			[m ²]
37	Numero de pisos		

46	Cargas sobre la cimentación		
47	Columna	Área tributaria	
48	Am-1	16.7	[m ²]
49	Ro-1	8.33	[m ²]
50	Az-1	33.3	[m ²]
51	Ve-1	16.7	[m ²]
52	Numero de pisos		1

7. Introducir los datos de las características del suelo, si no se tienen algunos datos simplemente se introduce "0".

Estrato inmediato a la cimentación		
Para zapatas aisladas	unidades	
Dr		[%]
φ*		[°]
γ suelo		[t/m ³]
γ saturada		[t/m ³]
C		[t/m ³]

Estrato inmediato a la cimentación		
Para zapatas aisladas	unidades	
Dr	0%	[%]
φ*	0.00	[°]
γ suelo	1.36	[t/m ³]
γ saturada	1.700	[t/m ³]
C	2.50	[t/m ³]

8. Introduciendo un nivel de aguas freáticas de :

Nivel de agua freático		
NAF	0.3	[m]
γ agua	1	[t/m ³]

9. Se introducen los datos correspondientes a los factores de seguridad.

Incertidumbre en las Cargas			
49	Fc1	1.40	[1]
50	Fc2	1.40	[1]
51	Fc3	1.10	[1]

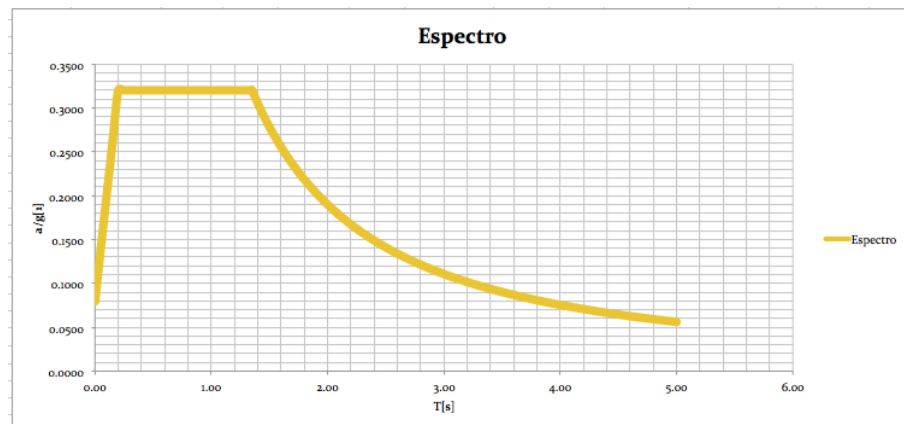
Incertidumbre en la Resistencia			
56	Fr1	0.70	[1]
57	Fr2	0.70	[1]
58	Fr3	0.70	[1]
59	Fr4	0.70	[1]
60	Fr5	0.70	[1]

10. Se comienza a introducir datos como, la zona en donde se construirá la estructura, la altura del edificio, calidad del acero y

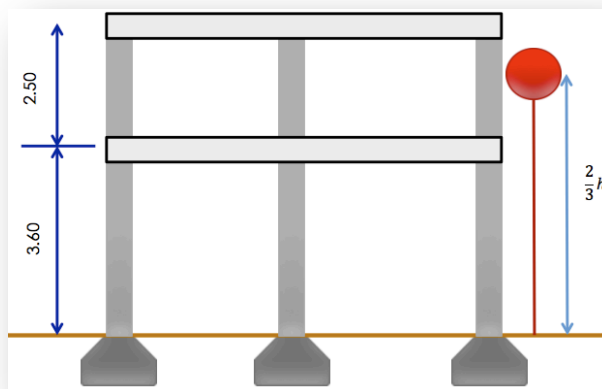
para Zona B I		
$2h/3$	4.07	[m]

66	Sismo		9					
67	Q	2.00						
68	Altura edif.[m]	6.10						
69	f_y [kg/m ²]	4200						
70	Zona sísmica de la República Mexicana	Tipo de suelo	Cs	ao	Ta	Tb	r	
71	B	I	0.28	0.08	0.2	1.35	1	
72								

66	Sismo		9					
67	Q							
68	Altura edif.[m]							
69	f_y [kg/m ²]							
70	Zona sísmica de la República Mexicana	Tipo de suelo	Cs	ao	Ta	Tb	r	
71	-	-	0.3	0.1	0.85	4.2	2	
72								



Se observa la manera en que se calcula el siguiente dato: $(\frac{2}{3}h)$



11. Se observa, a través de las combinaciones de cargas, la manera en que se distribuyen las cargas de la estructura de manera automática.

Combinaciones de cargas																	
Fuerzas Estáticas										Fuerza Sísmica							
Columna	Entepiso (ton/m ²)				Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	Columna	Entepiso (ton/m ²)			Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	
	C.M.	C.Vmáx	Área	Pisos	C.M.	C.Vmáx	Área			C.M.	C.Vreducida	Área	Pisos	C.M.	C.Vreducida		Área
Am-1	0.800	0.250	16.667	1	0.650	0.100	16.667	30.00	Am-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17
Ro-1	0.800	0.250	8.3333	1	0.650	0.100	8.3333	15.00	Ro-1	0.800	0.180	8.33	1	0.650	0.060	8.33	14.08
Az-1	0.800	0.250	33.333	1	0.650	0.100	33.333	60.00	Az-1	0.800	0.180	33.3	1	0.650	0.060	33.3	56.33
Ve-1	0.800	0.250	16.667	1	0.650	0.100	16.667	30.00	Ve-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17



Fuerzas Estáticas																	
Columna	Entepiso (ton/m ²)				Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	Columna	Entepiso (ton/m ²)			Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	
	C.M.	C.Vmáx	Área	Pisos	C.M.	C.Vmáx	Área			C.M.	C.Vreducida	Área	Pisos	C.M.	C.Vreducida		Área
Am-1	0.800	0.250	16.667	1	0.650	0.100	16.667	30.00	Am-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17
Ro-1	0.800	0.250	8.3333	1	0.650	0.100	8.3333	15.00	Ro-1	0.800	0.180	8.33	1	0.650	0.060	8.33	14.08
Az-1	0.800	0.250	33.333	1	0.650	0.100	33.333	60.00	Az-1	0.800	0.180	33.3	1	0.650	0.060	33.3	56.33
Ve-1	0.800	0.250	16.667	1	0.650	0.100	16.667	30.00	Ve-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17

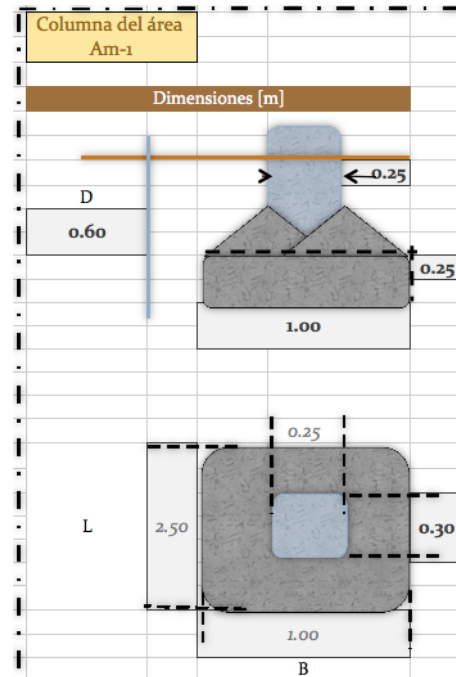


Fuerza Sísmica																	
Columna	Entepiso (ton/m ²)				Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	Columna	Entepiso (ton/m ²)			Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	
	C.M.	C.Vreducida	Área	Pisos	C.M.	C.Vreducida	Área			C.M.	C.Vreducida	Área	Pisos	C.M.	C.Vreducida		Área
Am-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17	Am-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17
Ro-1	0.800	0.180	8.33	1	0.650	0.060	8.33	14.08	Ro-1	0.800	0.180	8.33	1	0.650	0.060	8.33	14.08
Az-1	0.800	0.180	33.3	1	0.650	0.060	33.3	56.33	Az-1	0.800	0.180	33.3	1	0.650	0.060	33.3	56.33
Ve-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17	Ve-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17

12. Se llenan los datos de las dimensiones de la cimentación a través de la tabla. Se propone comenzar con una dimensión de 25 cm (se propone un ancho menor a la de la columna que soporta inmediatamente), la profundidad de desplante y se observa se acota de manera automática los siguientes diagramas.

Datos propuestos		
Columna	Am-1	unidades
ΣQ	30.00	[ton]
B(ancho)	2.50	[m]
L(largo)	3.50	[m]
Espesor	0.25	[m]
Desplante(D)	2.00	[m]
$\gamma_{concreto}$	2.40	[t/m ³]
Dado(ancho)	0.25	[m]
Dado(largo)	0.30	[m]
FR	3.00	[zapatas]
$\gamma_{Relleno}$	1.700	[t/m ³]

10



*La columna esta marcada en color azul, solo para poder diferenciar la columna del "cuerpo" de la zapata.

13. Bajo las condiciones actuales podemos utilizar la ecuación no. 15, y para los factores de forma podemos utilizar las ecuaciones 2,3,4 y 8,9 y 10 para obtener los siguientes resultados inmediatos.

*Debido a que se trata de un suelo puramente cohesivo, algunas celdas producen error, pero en el cálculo se asume un valor de "0".

Parámetros	
α_1	0.67
ϕ	0 [°]
N_q	1.000000
N_γ	0.000000
N_c	5.141593
f_q	1.000000
f_γ	0.714286
f_c	1.048148
h	1.767767
p_γ	1.020000
γ'	1.700000
$p\gamma'$	1.020000

* se sustituye de manera automática.

Zona de falla bajo el cimiento					
h	=	$\frac{B}{2}$	$\frac{\cos\phi \exp(((\pi/4)+(\phi/2))\tan\phi)}{2 \cdot \cos((\pi/4)+(\phi/2))}$	=	[m]
h	=	2.50	$\frac{1.00 \cdot 1}{2 \cdot 0.70710678}$	=	1.768 [m]

14. Bajo los resultados obtenidos con las ecuaciones correspondientes, podemos observar el siguiente proceso y su resultado.

*Se observa que para la suma de cargas se consideran las unidades a cada metro, esto porque estamos considerando a la cimentación como zapata corrida.

15. Se introducen los factores de incertidumbre para las cargas en el siguiente orden F_{c1} , F_{c2} y F_{c3} para sus respectivos parámetros cohesión c , ángulo de fricción interna ϕ y peso específico γ . Obteniendo así la capacidad de carga última.

Incertidumbre en las Cargas			$\Sigma QFc+qcimentación$						
F_{c1}	1.40	[i]	ΣQFc_1	+	Dado F_{c1}	+	Zapata F_{c2}	+	Relleno F_{c2}
F_{c2}	1.40	[i]	1.4		0.294		0.84		0.490875
F_{c3}	1.10	[i]	$\Sigma QFc+qcimentación$			=	3.024875	[ton/m]	

$$q_u = \frac{\Sigma QFc+qcim}{Area} \quad q_u = \frac{3.02}{1.00} = 3.025 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

q_{Ultima} [ton/m ²]	≤	$q_{REsistente}$ [ton/m ²]
3.0249		<input checked="" type="checkbox"/> 12.7106

*La capacidad de carga última se define como el esfuerzo transmitido a la masa de suelo.

16. Por último se sustituye y calcula de manera automática la capacidad de resistente.

Incertidumbre en la Resistencia		
F_{r1}	0.70	[i]
F_{r2}	0.70	[i]
F_{r3}	0.70	[i]
F_{r4}	0.70	[i]
F_{r5}	0.70	[i]

*La magnitud del esfuerzo cortante que un suelo puede resistir, antes de fallar, se le conoce como capacidad de carga resistente.

$q_{Resistente} =$	c	N_c	f_c	F_{r1}	+	p_v	N_q	f_q	F_{r2}	+	$\frac{1}{2}$	γ	B	N_γ	f_γ	F_{r3}	+	p_v	F_{r4}	-	p_v'	F_{r5}	=
	2.50	5.14	1.3	0.70		0.420	1	0	0.70		2	0.70	1	0	0	0.70		1.02	0.70		0.42	0.70	
						$q_{REsistente} =$			12.710596														

17. Automáticamente nos indica, bajo las características previamente descritas, con un botón verde si es la carga resistente es mayor a la carga última, naranja si es igual a la carga última o rojo en caso de ser menor a la carga última.

18. Se aprecian los cálculos de las 2 combinaciones necesarios para los análisis siguientes.

Elementos Mecánicos debidos al sismo													
Fuerza Sísmica													
Columna	Entepiso (ton/m ²)				+	Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	Coeficiente CS	V cortante [t]	Momento sísmico [t-m]	Columna
	C.M.	C.V.reducida	Área	Pisos		C.M.	C.V.reducida	Área					
Am-1	0.800	0.180	16.6666667	1	0.650	0.060	16.6666667	28.17	0.60	16.90	34.36	Am-1	
Ro-1	0.800	0.180	8.33333333	1	0.650	0.060	8.33333333	14.08	0.60	8.45	17.18	Ro-1	
Az-1	0.800	0.180	33.3333333	1	0.650	0.060	33.3333333	56.33	0.60	33.80	68.73	Az-1	
Ve-1	0.800	0.180	16.6666667	1	0.650	0.060	16.6666667	28.17	0.60	16.90	34.36	Ve-1	

19. Para poder revisar la cimentación bajo los efectos de un sismo utilizamos los parámetros provistos en el punto 7 y automáticamente obtenemos el momento generado en un sismo

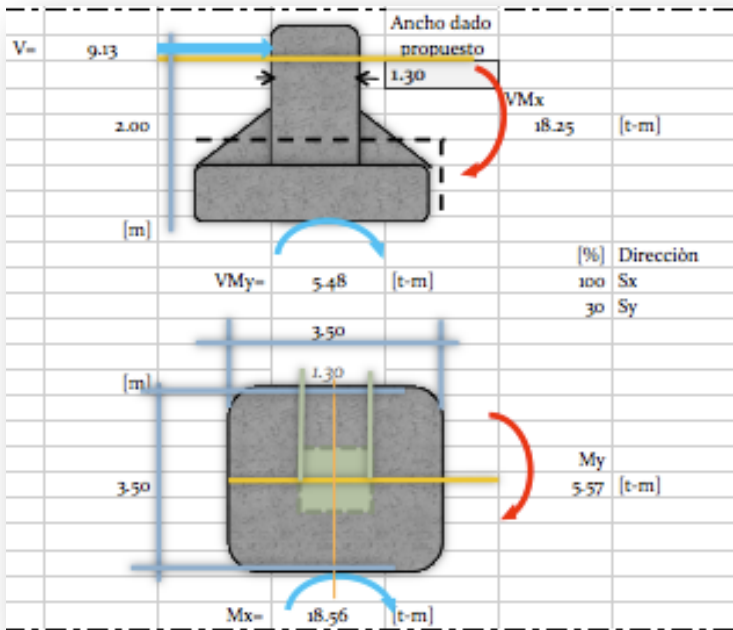
Combinaciones de cargas																	
Fuerzas Estáticas																	
Columna	Entepiso (ton/m ²)				+	Azotea (ton/m ²)			Σ [ton]	Columna	Fuerza Sísmica						
	C.M.	C.V.máx	Área	Pisos		C.M.	C.V.máx	Área			C.M.	C.V.reducida	Área	Pisos	Σ [ton]		
Am-1	0.800	0.250	16.667	1	0.650	0.100	16.667	30.00	Am-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17
Ro-1	0.800	0.250	8.3333	1	0.650	0.100	8.3333	15.00	Ro-1	0.800	0.180	8.33	1	0.650	0.060	8.33	14.08
Az-1	0.800	0.250	33.333	1	0.650	0.100	33.333	60.00	Az-1	0.800	0.180	33.3	1	0.650	0.060	33.3	56.33
Ve-1	0.800	0.250	16.667	1	0.650	0.100	16.667	30.00	Ve-1	0.800	0.180	16.7	1	0.650	0.060	16.7	28.17

20. Si se encuentra en la etapa de diseño se pueden tomar como valores iniciales las dimensiones proporcionadas (celdas color "lila"). Si se encuentra en la etapa de revisión simplemente hay que introducir las dimensiones de las zapatas en este momento (celdas color "lila").

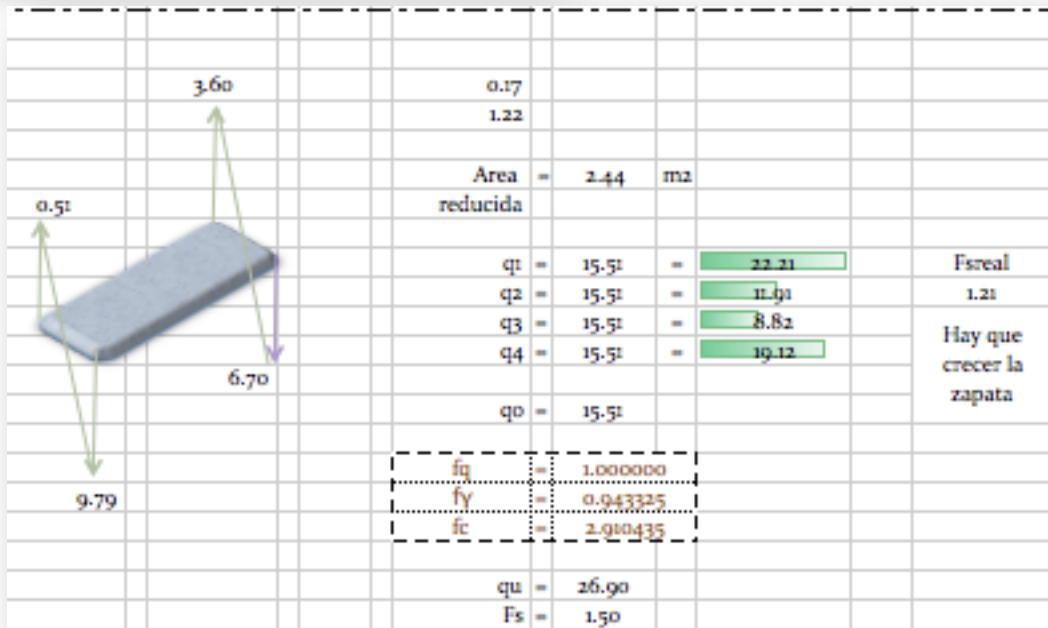
Dimensionamiento de zapatas										
Columna	Azapata [m ²]	Ladoteorico	Ladoreal	Dimensiones propuestas		Combinación 1				
	Σ/qu	vAzapata [m]	L [m]	B [m]	L [m]	C.M.+C.Vred	Cim+Relleno	ΣQ	Aprop [m ²]	qo=ΣQ/A
Am-1	1.70	1.30	1.30	3.50	3.50	20.28	17.64	37.92	12.25	3.10
Ro-1	3.40	1.84	1.80	4.50	4.50	40.56	29.16	69.72	20.25	3.44
Az-1	3.40	1.84	1.80	4.30	4.30	40.56	26.63	67.19	18.49	3.63
Ve-1	6.80	2.61	2.60	5.50	5.50	81.12	43.56	124.68	30.25	4.12

21. El análisis sobre los esfuerzos que tendrán que soportar las esquinas de la zapatas correspondientes a cada área tributaria se realizarán de manera automática. Podemos modificar el sentido en que el sismo hace contacto con la cimentación al indicar la dirección en que éste llega al área de estudio, ya sea 100% en dirección Sx con 30% en Sy o 100% en dirección Sy con 30% dirección Sy.

Para la zapata inmersa en el área tributaria Am:



Am-1								
q1	=	3.10	+	$\frac{64.41}{12.51}$	+	$\frac{10.32}{12.51}$	=	9.79
q2	=	3.10	-	5.15	+	1.55	=	-0.51
q3	=	3.10	-	5.15	-	1.55	=	-3.60
q4	=	3.10	+	5.15	-	1.55	=	6.70

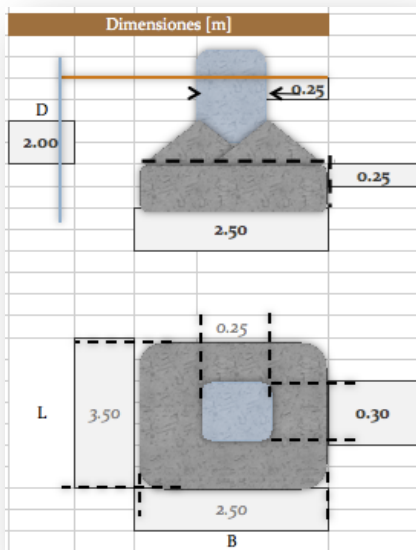


Tensión diagonal eje y						
q'	=	$\frac{\Sigma Q}{B'L'}$	=	$\frac{30.00}{6.56}$	=	4.57 [t/m ²]
Reacción total del terreno a nivel de desplante'						
q'	=	4.57	-	9.442	=	-4.8719 [t/m ²]
Acero mínimo						
p_{min}	=	0.7	$\sqrt{\frac{f_c}{f_y}}$	=	0.7	$\sqrt{\frac{200}{4200}} = 0.0023570$
$p_{balanceado}$	=	$\frac{f_c''}{f_y}$	$\frac{4800}{f_y+6000}$	=	$\frac{136}{4200}$	$\frac{4800}{10200} = 0.01524$
$p_{máx}$	=	$p_{balanceado}$	0.75	=	0.01143	
Para la sección crítica						
V	=	-4.8719	(0.57)	= -2.777 [t]
Vu	=	1.4	(-2.78)	= -3.888 [t]
		VUltima [ton/m ²]			≤	VREsistente [ton/m ²]
		-2.7770				-3.8877

Flexión eje y						
q'	=	$\frac{\Sigma Q}{B'L'}$	=	$\frac{30.00}{6.56}$	=	4.57 [t/m ²]
Reacción total del terreno a nivel de desplante'						
q'	=	4.57	-	9.442	=	-4.8719 [t/m ²]
M	=	-4.8719	($\frac{1.25}{2}$) ²	= -3.806 [t/m ²]
Mu	=	1.4	(-3.8061)	= -5.329 [t/m ²]
Para poder soportar el momento último se necesita						
q	=	1	$\sqrt{1 - \frac{2Mu}{Frbd^2fc''}}$	=	1	$\sqrt{1 - \frac{-10.66}{2439.36}} = -0.0022$
p	=	$\frac{qfc''}{f_y}$	=	$\frac{-0.3491}{4200}$	=	-0.0001
Area de acero						
As	=	pbd	=	-0.0064	[cm ²]	
Separación de varillas						
s	=	$\frac{asg}{A_e}$	=	$\frac{127.0000}{-0.0064}$	=	-19841.6939 [cm]

Temperatura						
As	=	$\frac{66000 \cdot 1.5 \cdot 0.5h}{f_y(0.5h+100)}$	=	$\frac{12375.0000}{420525}$	=	0.0294 [cm ² /m]
Separación de varillas						
s	=	$\frac{asg}{As}$	=	$\frac{127.0000}{0.0294}$	=	4315.6909 [cm]

22. Concluyendo con los cálculos anteriores observamos el desarrollo de las deformaciones: Comenzando con la recapitulación de los datos de una zapata más crítica y el incremento de cargas; a continuación se introduce la siguiente división de los estratos colocando sus respectivos parámetros característicos de cada tipo de suelo, tal y como se muestra en la imagen.



Por zapata		
Carga por piso	=	150.00 [t]
Pisos	=	1.00 [No.]
B	=	2.50 [m]
L	=	3.50 [m]
qomedia	=	6.5420 [t/m ²]
qomáxima	=	8.0420 [t/m ²]

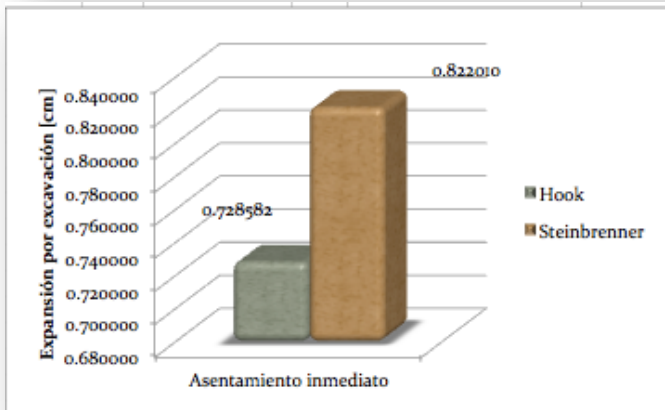
La "barra" azul indica el nivel de agua freática, es dinámico, sube y baja de acuerdo a la magnitud que si indique en la hoja de cálculo "capacidad de carga" al principio del ejemplo.

Descarga por excavación														
Q= 4.5420 [t/m ²]														
Profundidad														
Estrato [m]														
NAF = 0.3	A	0	ysuelo [t/m ²]	ysaturada [t/m ²]	W [%]	eo [i]	Crc [i]	Cv [cm ² /s]	v [t/m ²]	Mf [t/m ²]	Mv [t/m ²]	Me [t/m ²]	Mu [t/m ²]	Me' [t/m ²]
	*		1.55	1.9	46.20%			0	0.5	0.5	0.5	500	0	0
	B	2	0	1.4	46.20%	6	0.96	0.002	0.5	0.5	0.5	500	700	450
	C	3	0	1.43	46.20%				0.5	0.5	0.5	500	700	450
	D	3.5	0	1.43	75.10%				0.5	0.5	0.5	500	700	450
	E	4	0	1.32	75.10%				0.5	0.5	0.5	500	400	300
	F	4.5	0	1.39	147.80%				0.5	0.5	0.5	500	400	300
	G	5	0	1.18	46.20%				0.5	0.5	0.5	500	400	400
		6												

23. Cuando no tengamos datos de algún parámetro característico del suelo se debe de dejar la “casilla” vacía para evitar cae en errores de cálculo. Recordando que para calcular la deformación del suelo debemos conocer la distribución de esfuerzos bajo una esquina de la cimentación, por lo que a partir de este punto el programa realiza los cálculos de manera automática.

Las letras “x” y “y” representan la mitad del largo y ancho respectivamente de la zapata; el cálculo de deformaciones se realizó por dos ecuaciones distintas y luego se comparará a través de una gráfica, esta en el usuario elegir los resultados que favorezcan al proyecto.

Influencia a X distancia			Asentamiento inmediato							
X=	8.3	m	Esfuerzos			Expansión por excavación				
Y=	19.9	m	σ_z	σ_x	σ_y	Hook	Steinbrenner			
ξ	Z	D	Pvo'	Pco'		δe_1	δe_1			
[i]	[m]	[m]	[t/m2]	[t/m2]	[t/m2]	[m]	[m]			
0.5		2	3.8							
0.5	0.50	1.00	5.2		1.135390	1.047816	1.081179	0.000142		
0.5	1.25	0.50	5.915		1.133818	0.919045	1.000493	0.000174	A	H
									21.910557	4.000000 [m]
0.5	1.75	0.50	5.915		4.523996	3.346846	3.790947	0.000955	$H^*(\tan-LB/HA)$	352.3562
									$1-V-2V2$	0
									$q/2\pi Me$	0.001446
0.5	2.25	0.50	5.915		4.504962	3.033255	3.584677	0.001196	$((B^2+H^2))^{1/2}$	9.16856
									$L+(((L^2+B^2))^{1/2})$	41.44234
									B (L+A)	344.9371
									Bln(todo lo anterior)	0.797951
0.5	2.75	0.50	5.915		4.476999	2.738300	3.384223	0.001416	$((L^2+H^2))^{1/2}$	20.29803
									$B+(((L^2+B^2))^{1/2})$	29.79234
									L (B+A)	600.1951
									Lln(todo lo anterior)	0.149657
0.5	3.5	1.00	5.915		4.417168	2.334869	3.096310	0.003403	$q(1-v^2)/(\pi Me)$	0.002169
									$\Sigma \delta e =$	0.007286 [m]
										0.728582 [cm]
									$\Sigma \delta e =$	0.008220 [m]
										0.822010 [cm]



Los resultados del asentamiento se presentan tanto en metros como en centímetros.

Ahora, para asentamiento por compresión

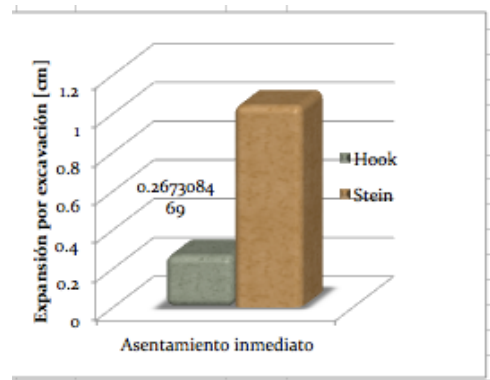
Incremento neto de presión		Esfuerzos					Asentamiento por compresión		
Estrato	Prof [m]	Q= 3.500 [t/m2]	σ_z [t/m2]	σ_x [t/m2]	σ_y [t/m2]	Hook δe_1 [m]	Steinbrenner δe_1 [m]		
		Mu [t/m2]					A	H	
A	0	0					21.91055682	4.00	
B	2	700	0.874915	0.807432	0.833141	7.80408E-05	$H^*(\tan-LB/HA)$	352.3562241	
C	3	700	0.873704	0.708203	0.770966	0.000096	$1-V-2V_2$	0	
D	3.5	700	3.486126	2.579031	2.921249	0.000525704	$q/2\pi Mu$	0.001392606	
E	4	400	3.471459	2.337383	2.762300	0.001152	$((B^2+H^2))^{1/2}$	9.16856041	
F	4.5	400	3.449911	2.110094	2.607834	0.001363684	$L+(((L^2+B^2))^{1/2})$	41.44234203	
G	5	400	3.403806	1.799216	2.385972	0.003278	$B(L+A)$	344.9370937	
H	6						$Bln(\text{todo lo anterior})$	0.797951005	
							$((L^2+H^2))^{1/2}$	20.29802946	
							$B+(((L^2+B^2))^{1/2})$	29.79234203	
							$L(B+A)$	600.1950806	
							$Lln(\text{todo lo anterior})$	0.149657058	
							$q(1-v^2)/(\pi Mu)$	0.002088909	
						$\Sigma \delta e =$	0.00649 [m]	0.007917867 [m]	
							0.64933 [cm]	0.791786664 [cm]	



Los resultados del asentamiento se presentan tanto en metros como en centímetros.

Para el asentamiento diferido observamos

Incremento neto de presión		Q= 2.000 [t/m ²]		Esfuerzos			Asentamiento diferido
Estrato	Prof [m]	Me' [t/m ²]	v [t/m ²]	σ _z [t/m ²]	σ _x [t/m ²]	σ _y [t/m ²]	Hook δe1 [m]
A	0	0	0				
B	2	450	0	0.874915	0.461390	0.476081	0.001944256
C	3	450	0	0.499259	0.919045	1.000493	0.000555
D	3.5	450	0	1.992072	1.473732	1.669285	0.002213413
E	4	300	0	1.983691	1.335647	1.578457	0.003306
F	4.5	300	0	1.971378	1.205768	1.490191	0.00328563
G	5	300	0	1.945032	1.028124	1.363412	0.004863
H	6						
							Σδe= 0.016166764 [m]
							1.616676376 [cm]



Para la consolidación primaria tenemos lo siguiente.

Incremento neto de presión		Q= 2.000 [t/m ²]		Esfuerzos			Terzaghi δe1 [m]					
Estrato	Prof [m]	Cv [cm ² /s]	e [t/m ²]	Z (centro del estrato) [m]	σ _z [t/m ²]	σ _x [t/m ²]	σ _y [t/m ²]	segundos	He[cm]	Fac. tiempo T	U[%]	δe2
A	0			2	0.497087	0.350934	0.405895					
B	4	0.00027	6	5.50	0.458044	0.164728	0.265894	8812800	150	0.1057536	0.378665233	0.27057444
								10540800	150	0.1264896	0.413683398	0.29559659
								11404800	150	0.1368576	0.429185564	0.30667363
								12268800	150	0.1472256	0.44360005	0.31697348
C	7											
D	0											
E	0											
F	0											
G	0											
H	0											
											Σδe= 0.00270574 [m]	
											0.27057444 [cm]	

Para finalmente obtener la consolidación secundaria

Incremento neto de presión										Consolidación secundaria			
Prof Estrat [m]	Q= 2.000 8.25 [t/m2]	M _t [t/m2]	M _v [t/m2]	ξ [t]	C _v [cm2/s]	Z (centro del estrato) [m]	Esfuerzos			Zeevaert			
							σ _z [t/m2]	σ _x [t/m2]	σ _y [t/m2]	δ _{e1} [m]	δ _{e2} [m]	Fac. tiempo T	δ _{e2} [m]
A	0	0.5	0.5			2	0.497087	0.350934	0.405895				
B	4	0.0048	0.005	0.46	0.00027	5.50	0.458044	0.164728	0.265894	157680000	150	1.89216	0.1793623
										252288000	150	3.027456	0.24989971
										409968000	150	4.919616	0.33877497
C	7									630720000	150	7.56864	0.42967233
D	0	0.5	0.5										
E	0	0.5	0.5										
F	0	0.5	0.5										
G	0	0.5	0.5										
H	0												
										Σδ _e =		0.00179362 [m]	
												0.1793623 [cm]	

Para poder tener un panorama general de las deformaciones observamos la siguiente gráfica.

