

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CIMENTACIONES

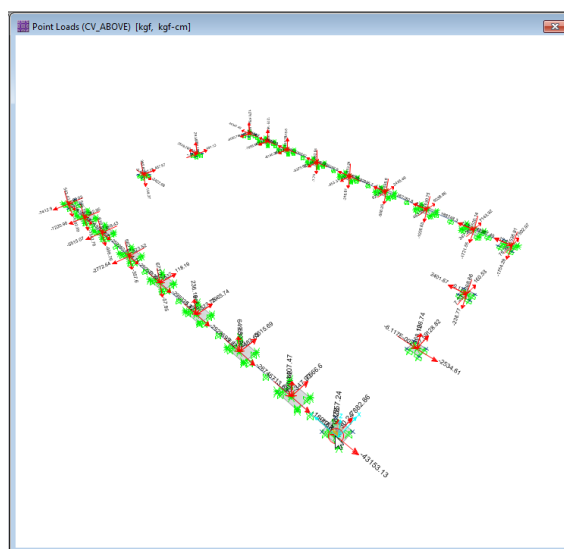
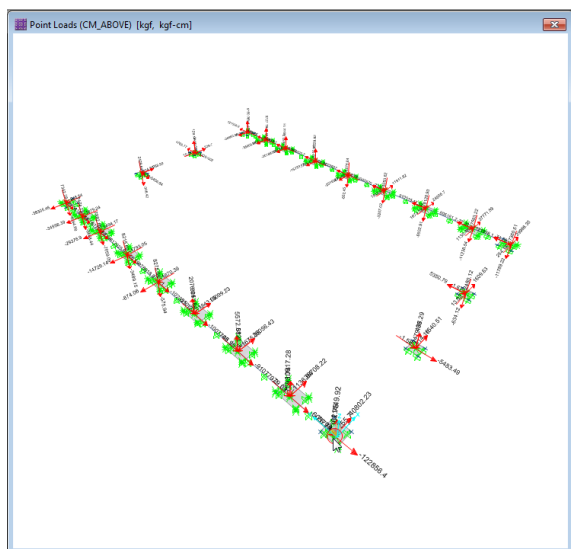
Proyecto: Cobertizo de losa deportiva Chaquipampa

1. GENERALIDADES

En el programa SAP2000 se ha modelado todos los elementos estructurales que componen al proyecto (cobertizo y columnas), con las consideraciones sísmicas de la normatividad vigente (RNE, ACI 318), y una vez logrado el diseño final de cada elemento se ha procedido a la exportación de las cargas de diseño al programa SAFE v12, para su posterior análisis y diseño de las cimentaciones por el método de elementos finitos, lográndose de esta manera absorber los esfuerzos de corte y flexión, además de las verificaciones por punzonamiento, adherencia y anclaje. Durante la exportación de las cargas desde SAP2000 se ha ignorado el peso de vigas de cimentación ya que este elemento fue posteriormente cargado con todas sus propiedades en el programa SAFE para el análisis completa de la cimentaciones.

2. CARGAS EXPORTADAS A SAFE

Las cargas de servicio exportadas de SAP2000 e importadas a SAFE se muestran en la siguiente imagen:



3. DEFINICIÓN DE PROPIEDADES

- **Propiedades del suelo**

El programa SAFE requiere la propiedad del coeficiente de Balastro o Módulo de Winkler, llamado también como Subgrade Modulus.

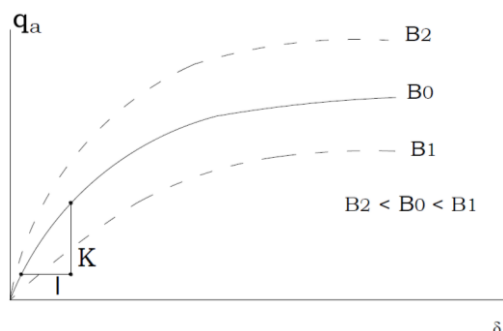
Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modelar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos, muelles o bielas biarticuladas, cuya rigidez denominada *módulo o coeficiente de balasto* (K_s), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q_a) y el asentamiento (δ)

$$K = \frac{q_a}{\delta}$$

Donde:

K: Coeficiente de balasto (Winkler)

El coeficiente de balasto para una pequeña superficie cargada en terreno homogéneo se deduce directamente de la pendiente de la curva presión-asentamiento en un ensayo de carga con placa.



Sin embargo, al aumentar la superficie cargada los asentamientos serán mayores para la misma presión (la carga afecta a un mayor volumen de terreno) y, por tanto, K disminuirá. Esto plantea el problema que el coeficiente de balasto no es una constante del terreno, sino que depende del nivel de presiones alcanzado y de las dimensiones del área cargada. Existe, por tanto, una clara desventaja frente a los modelos elásticos, ya que los parámetros E y ν si constituyen características del terreno independientes del área cargadas. Terzaghi* (1955) hizo un amplio estudio de los parámetros que influyen en el coeficiente de reacción del subsuelo. Determinó que el valor del coeficiente disminuye con el ancho de la cimentación. En el campo deben llevarse a cabo pruebas de cargas por medio de placas cuadradas de 30cm x 30cm para calcular el valor de K_{30} ; que es lo que se puede denominar un valor de referencia.

De manera teórica el coeficiente de balasto puede calcularse con las consideraciones anteriores; sin embargo en la práctica Morrison & Morrison Ingenieros, Coordinadores del CSI Latinoamérica, proporcionan la tabla para uso con el SAFE. Ésta es una tabla con diferentes valores del Coeficiente de Balasto en función de la resistencia admisible del terreno en cuestión. Los valores de esta tabla son para una superficie de apoyo (área), estos valores son los que hay que introducirle al SAFE (no requieren ninguna modificación). Estos Valores de la constante elástica del terreno están dados en Kg/cm^3 y la resistencia del suelo debe ser en Kg/cm^2 . Esta tabla es un resumen de diferentes trabajos en mecánica de suelos que han realizado Terzaghi y otros autores (en diferentes épocas).

Tabla de Valores del módulo de reacción del suelo (conocido también como Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler) en función de la resistencia admisible del terreno.

Modulo de Reaccion del Suelo Datos para SAFE					
Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		



- Propiedades de los materiales

4. DEFINICIÓN DE SECCIONES Y ELEMENTOS

- Definición del suelo

Considerando la capacidad portante del terreno de 1.30Kg/cm2, se tiene el valor del coeficiente de balasto o módulo de Winkler de 2.74

- Definición de la rigidez del suelo en las vigas de cimentación



- Definición del peralte de la zapata

Según lo establecido en la norma E.060 del RNE, la altura de las zapatas, medida sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 300 mm para zapatas apoyadas sobre el suelo. El peralte de la zapata deberá ser compatible con los requerimientos de anclaje de las armaduras de las columnas, pedestales y muros que se apoyen en la zapata.

Además se tiene en consideración la longitud de desarrollo de los refuerzos en las zapatas, el cual se definirá con la siguiente expresión del reglamento:

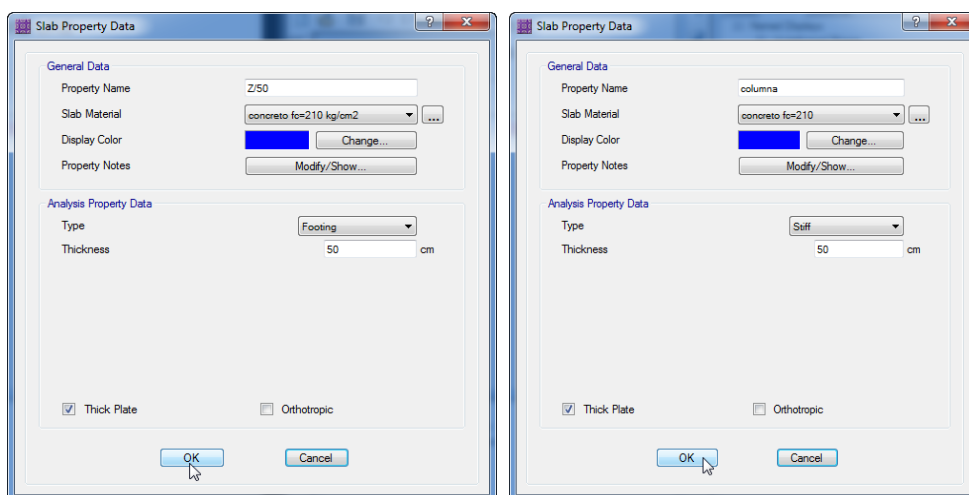
$$ld = \frac{0.08dbfy}{\sqrt{f'c}}$$

Considerando: Acero Ø 5/8", db= 1.588cm
f'y= 4200Kg/cm2
f'c=210Kg/cm2

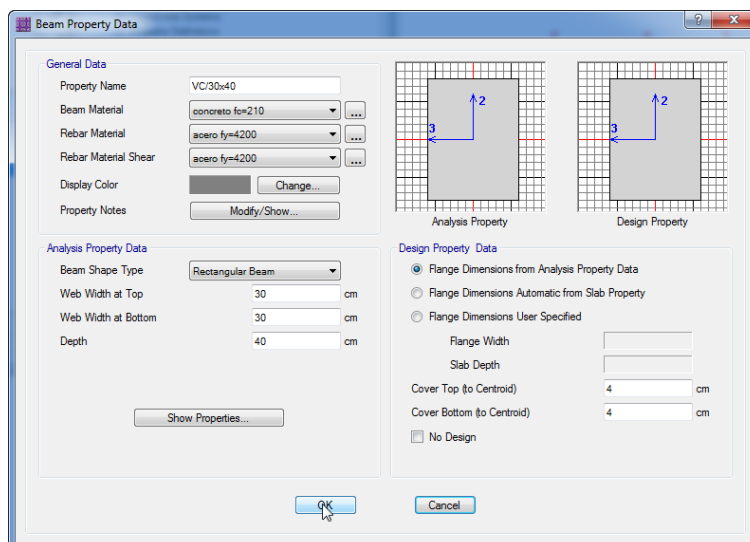
Se tiene: ld= 36.82

Además: Se considera el recubrimiento 5cm y el diámetro de la varilla 1.588cm

Por lo tanto: Se tendrá una altura mínima de 43.4cm, sin embargo se asumirá una altura de **hz=50cm**



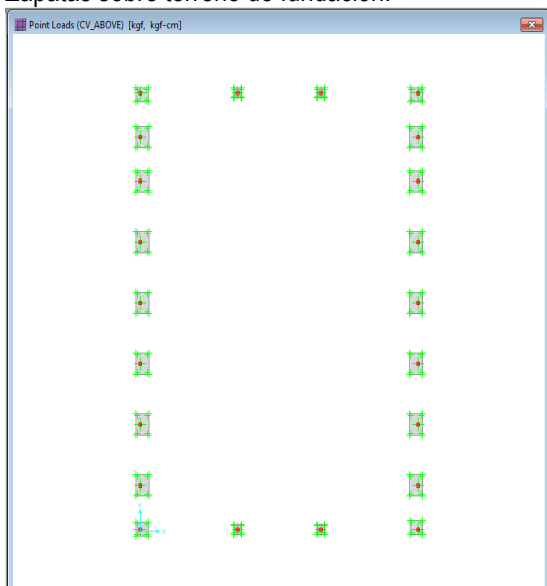
- Definición del peralte de la Viga de cimentación:



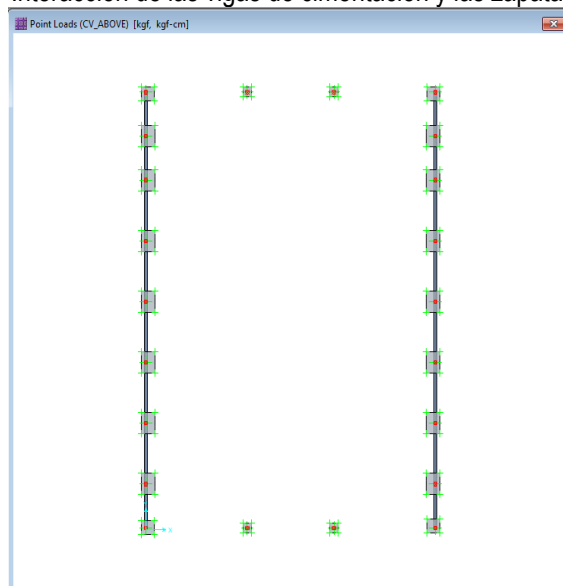
5. DEFINICIÓN DE DIMENSIONES Y DIBUJO DE LOS ELEMENTOS:

El área de la base de la zapata se determina a partir de las **fuerzas y momentos no amplificados** (cargas de servicio) transmitidos al suelo a través de la zapata. El área de la zapata debe determinarse a partir de la resistencia admisible del suelo ($q_{adm} = 1.30 \text{ Kg/cm}^2$), establecida en el estudio de mecánica de suelos, además se considera el peso propio de la zapata, del terreno y la sobrecarga que afectará en los esfuerzos del terreno.

Zapatas sobre terreno de fundación:

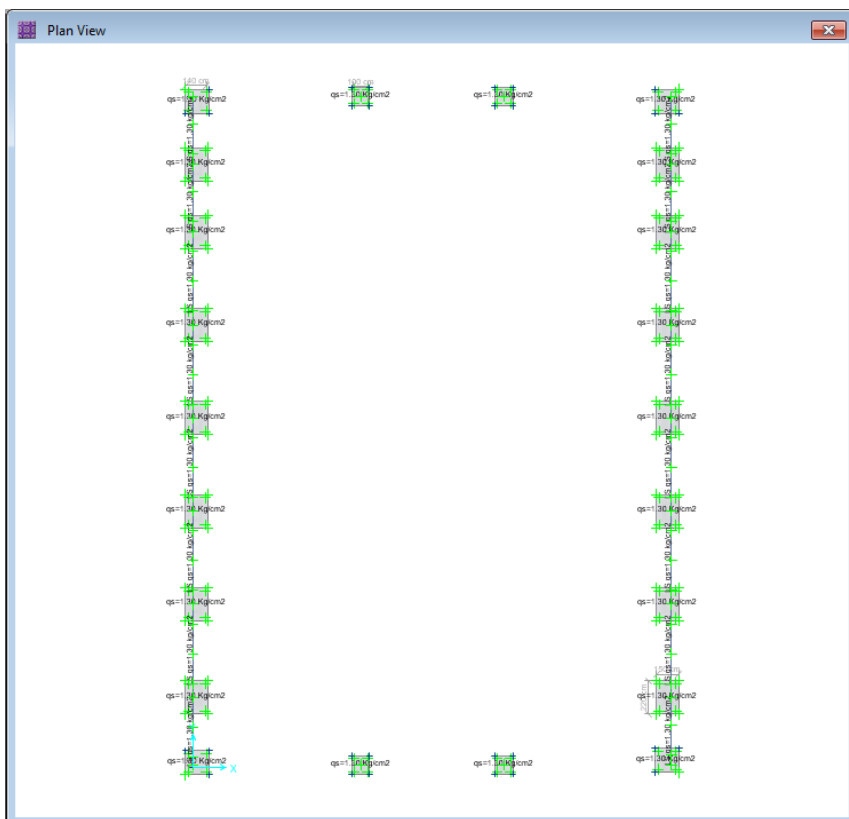


Interacción de las vigas de cimentación y las zapatas:

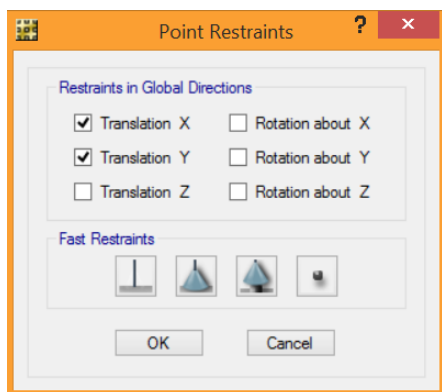


6. ASIGNACIÓN DE PARÁMETROS:

- Asignando las propiedades del suelo a las zapatas y vigas de cimentación:



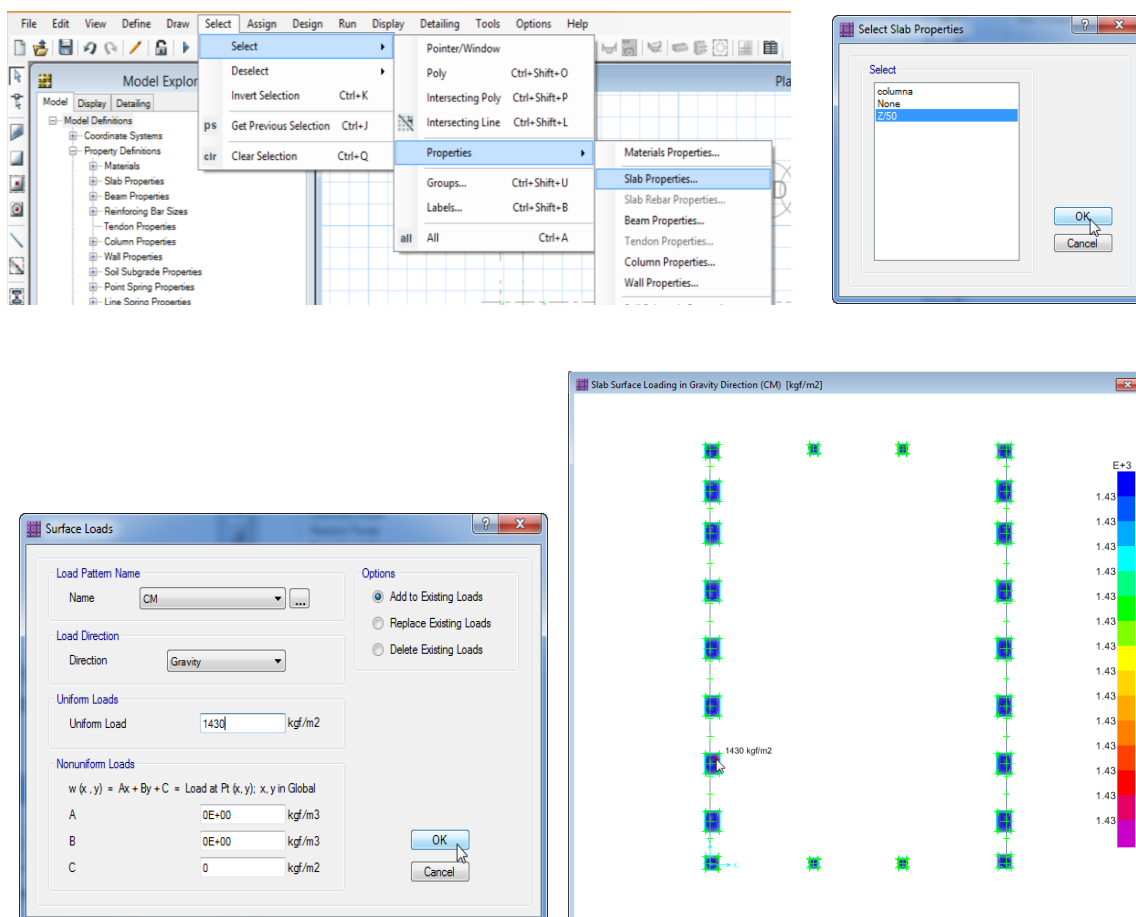
- Asignando restricciones de traslación de los puntos en direcciones “x” e “y”:



7. ASIGNACIÓN DE CARGAS:

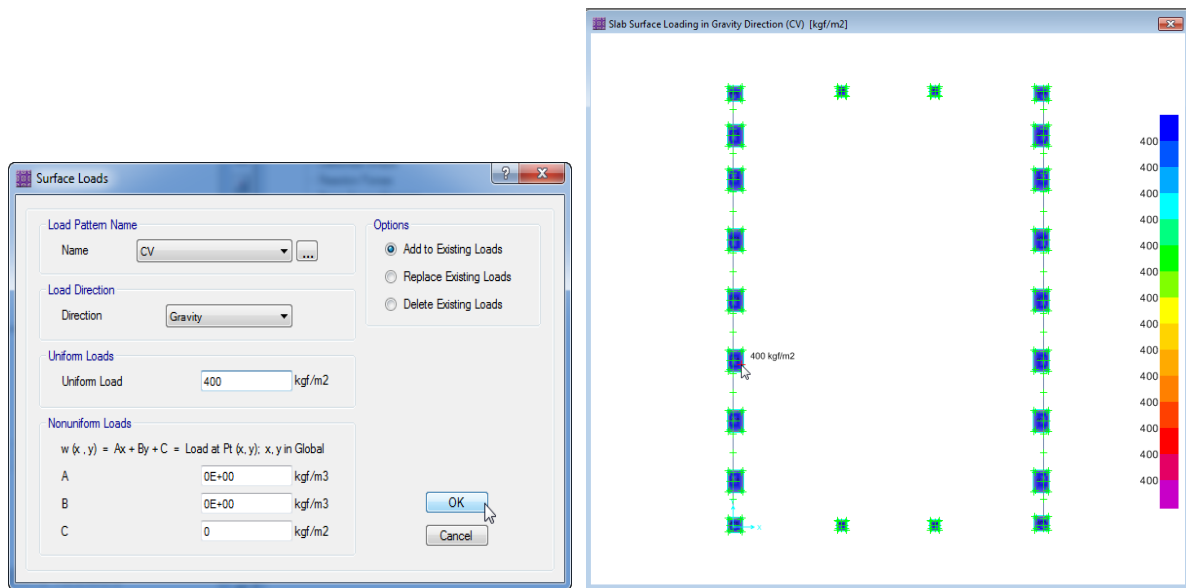
- Asignando de cargas de terreno (CARGA MUERTA):

Se tiene el peso específico del terreno: $\gamma = 1.43 \text{ tn/m}^3$, $h = 1.0\text{m}$, el cual ejercerá una presión de: 1430 Kg/m^2





- Asignando de carga Viva: 400 Kg/m²



8. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS:

- Desplazamiento o asentamiento de los elementos:

En el estudio de Mecánica de Suelos se indica el asentamiento tolerable que se ha considerado para la edificación o estructura del presente proyecto, NO debe ser mayor a 0.83 cm.

Por lo tanto se ve en los resultados por cargas de servicio un asentamiento máximo de **0.54 cm**

	Node Text	Point Text	OutputCase	CaseType Text	Ux cm	Uy cm	Uz cm	Rx Radians	Ry Radians	Rz Radians
▶	~164		D+L	Combination	-7.922E-08	-4.201E-07	-0.541612	-1.162E-06	0.005805	5.499E-07
	~141		D+L	Combination	8.09E-08	2.823E-07	-0.541562	-4.759E-07	-0.005804	3.505E-07
	~204		D+L	Combination	8.974E-08	-1.028E-06	-0.535206	3.649E-06	-0.005713	-1.281E-06
	~199		D+L	Combination	-8.561E-08	-1.686E-06	-0.535165	2.88E-06	0.005712	2.125E-06
	181	181	D+L	Combination	0	0	-0.529877	0.00019	0.005838	-4.732E-07
	154	154	D+L	Combination	0	0	-0.529762	0.000191	-0.005837	-2.216E-07
	151	151	D+L	Combination	0	0	-0.529668	-0.000192	-0.005837	-3.157E-07
	180	180	D+L	Combination	0	0	-0.529652	-0.000192	0.005838	-3.811E-07
	~171		D+L	Combination	-9.392E-08	9.861E-07	-0.525274	6.976E-06	0.005576	-1.234E-06
	~190		D+L	Combination	9.104E-08	1.695E-06	-0.525128	7.63E-06	-0.005574	2.15E-06
	155	155	D+L	Combination	0	0	-0.523756	-0.000188	-0.005745	9.303E-07
	184	184	D+L	Combination	0	0	-0.523641	-0.000188	0.005745	-1.586E-06
	185	185	D+L	Combination	0	0	-0.52319	0.000191	0.005745	-1.685E-06
	158	158	D+L	Combination	0	0	-0.523157	0.000192	-0.005745	1.035E-06
	176	176	D+L	Combination	0	0	-0.514459	-0.00018	0.005609	1.002E-06
	147	147	D+L	Combination	0	0	-0.514377	-0.000179	-0.005607	-1.71E-06
	177	177	D+L	Combination	0	0	-0.512664	0.000198	0.005609	8.932E-07

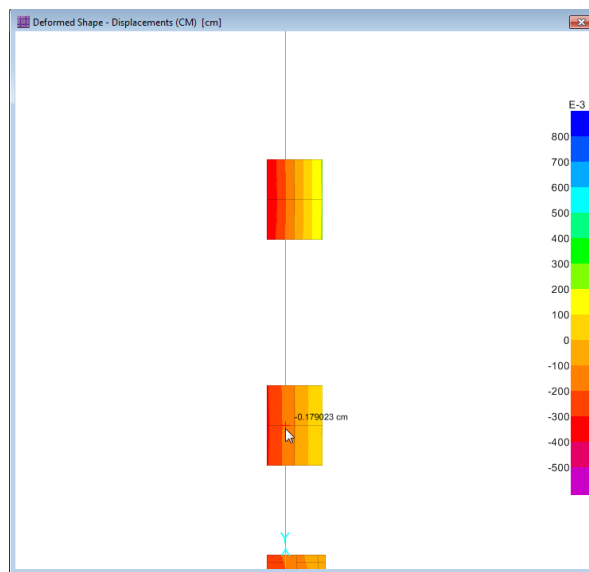
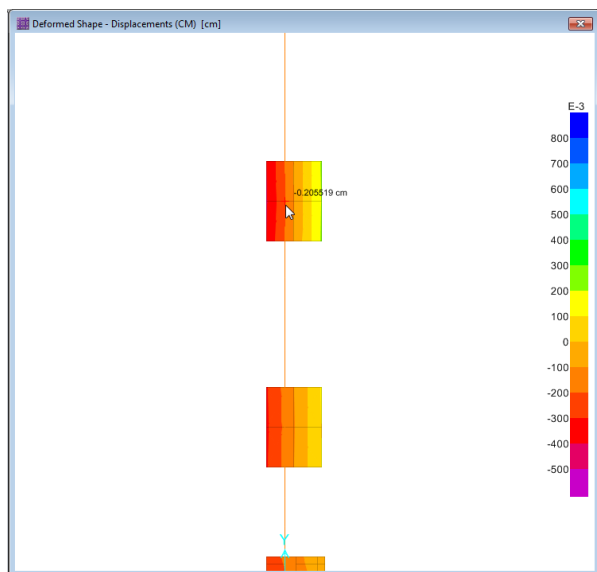
Además se considera que no debe ocasionar una distorsión angular mayor a lo indicado en la siguiente tabla de la Norma E.050, artículo 14:

TABLA N° 8 DISTORSIÓN ANGULAR = α	
$\alpha = d/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1,20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

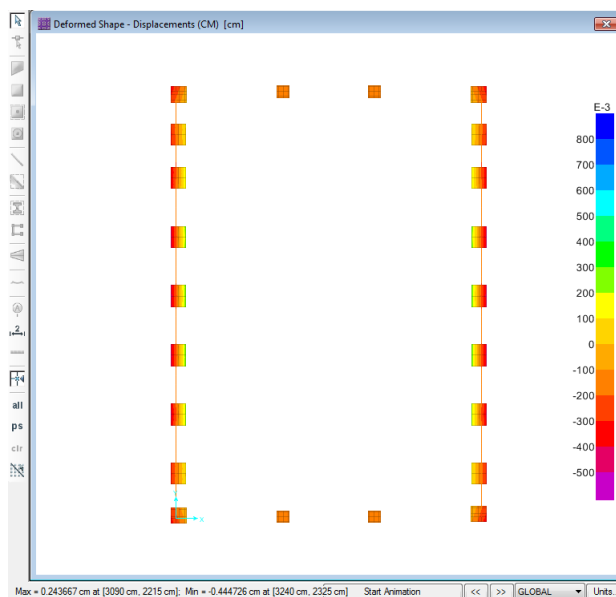
Para ello se considerarán los puntos 2262 (entre eje 2 y eje A) y 2515 (entre eje 3 y eje A), en donde se tiene asentamientos de: $0.20 - 0.17 = 0.03\text{cm}$, por lo tanto $d = 0.03$, $L = 620\text{cm}$, entonces:

$$\alpha = 0.03/620 = 0.00004 < 1/500 = 0.002 \quad \text{.....ok}$$

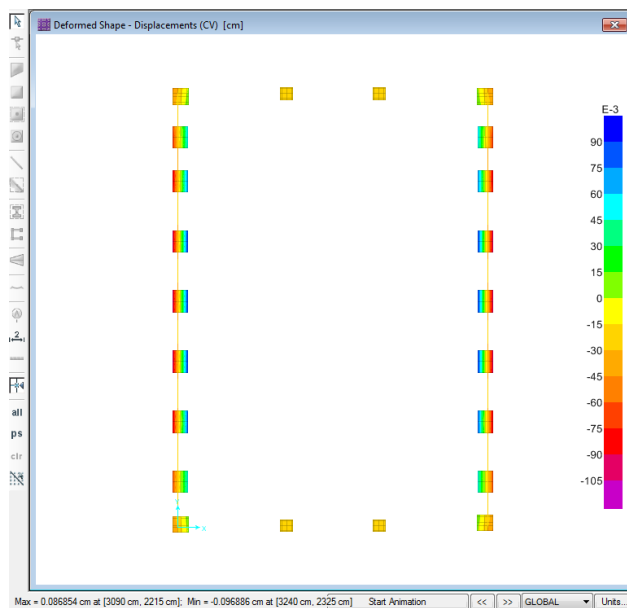
➤ Desplazamientos o asentamientos de los elementos Slab (CM+CV):



- Desplazamientos o asentamientos de los elementos Slab (carga muerta):



- Desplazamientos o asentamientos de los elementos Slab (carga viva):



• Verificación de las presiones sobre el terreno:

Se deberán verificar las presiones sobre el terreno en consideración de las cargas de servicio y excentricidades, bajo la siguiente expresión:

$$e_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{P}, \quad q = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right)$$

Cuyo valor q debe ser menor que el q_{adm} (1.30 Kg/cm²), sin embargo en el siguiente cuadro de presiones se ve que el máximo valor es **1.484** Kg/cm², por lo que No se cumple con la condición.

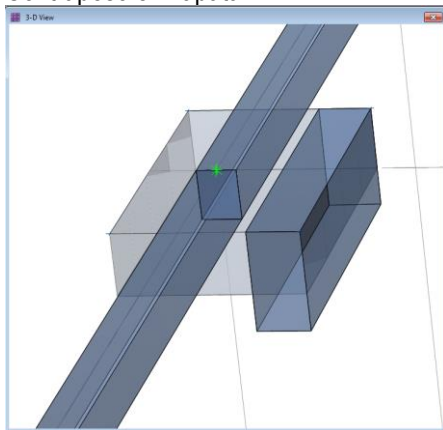
Los valores son calculados por el programa SAFE, mostrados en el siguiente gráfico y cuadro:



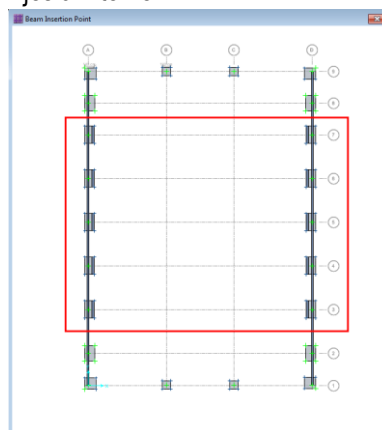
Area Text	AreaElem Text	Node Text	OutputCase	CaseType Text	SurfPress kgf/cm2	GlobalX cm	GlobalY cm
12	5	~141	D+L	Combination	-1.484	-50	2325
12	7	~141	D+L	Combination	-1.484	-50	2325
19	30	~164	D+L	Combination	-1.484	3240	2325
19	32	~164	D+L	Combination	-1.484	3240	2325
13	77	~204	D+L	Combination	-1.466	-50	1705
13	79	~204	D+L	Combination	-1.466	-50	1705
20	70	~199	D+L	Combination	-1.466	3240	1705
20	72	~199	D+L	Combination	-1.466	3240	1705
12	7	154	D+L	Combination	-1.452	-50	2435
19	32	181	D+L	Combination	-1.452	3240	2435
12	5	151	D+L	Combination	-1.451	-50	2215
19	30	180	D+L	Combination	-1.451	3240	2215
11	61	~190	D+L	Combination	-1.439	-50	2945
11	63	~190	D+L	Combination	-1.439	-50	2945
18	38	~171	D+L	Combination	-1.439	3240	2945
18	40	~171	D+L	Combination	-1.439	3240	2945
13	77	155	D+L	Combination	-1.435	-50	1595

Las zapatas de los ejes 2, 3, 4, 5, 6 y 7 son las que transmiten la carga al terreno mayor a lo permisible, por lo que requiere mayor sección, y específicamente un ancho mayor a lo propuesto. Sin embargo esto no debe ser mayor a 1.40m, ya que por lado lo impide el perímetro de tribuna y por el otro lado la del cerco perimétrico existente, por lo que se ha visto por conveniente colocar contrapeso a lo largo del pie de este elemento a fin de evitar la volcadura de las zapatas ubicados en los ejes 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Siendo los resultados los siguientes:

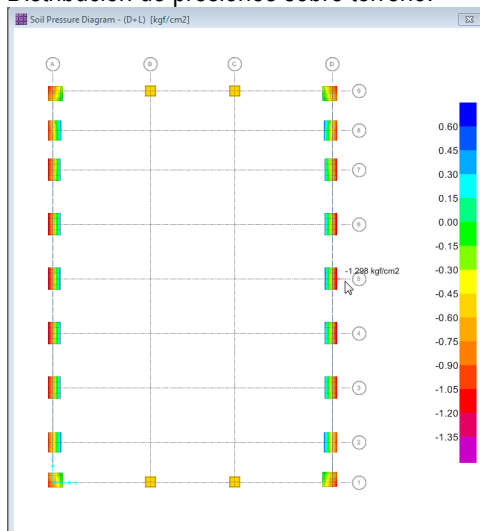
Contrapeso en zapata:



Ejes a intervenir:



Distribución de presiones sobre terreno:



Cuadro de presiones de zapatas con contrapeso:

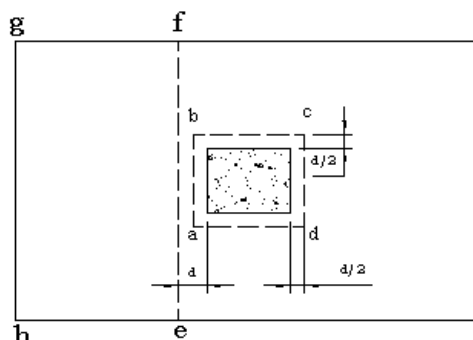
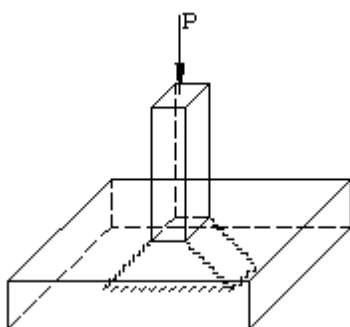
Area Text	AreaElem Text	Node Text	OutputCase	CaseType Text	SurfPress kgf/cm2	GlobalX cm	GlobalY cm
12	57	~222	D+L	Combination	-1.298	-50	2325
12	59	~222	D+L	Combination	-1.298	-50	2325
19	178	~319	D+L	Combination	-1.298	3240	2325
19	180	~319	D+L	Combination	-1.298	3240	2325
12	57	~219	D+L	Combination	-1.286	-50	2262.5
12	59	~225	D+L	Combination	-1.286	-50	2387.5
12	65	~219	D+L	Combination	-1.286	-50	2262.5
12	67	~225	D+L	Combination	-1.286	-50	2387.5
19	178	~316	D+L	Combination	-1.286	3240	2262.5
19	180	~322	D+L	Combination	-1.286	3240	2387.5
19	186	~316	D+L	Combination	-1.286	3240	2262.5
19	188	~322	D+L	Combination	-1.286	3240	2387.5
13	33	~203	D+L	Combination	-1.284	-50	1705
13	35	~203	D+L	Combination	-1.284	-50	1705
20	154	~300	D+L	Combination	-1.284	3240	1705
20	156	~300	D+L	Combination	-1.284	3240	1705
13	33	~200	D+L	Combination	-1.273	-50	1642.5

La máxima presión transmitida al terreno es de **1.298 kg/cm²**, lo que es ligeramente menor a la máxima carga admisible del terreno (**q_{adm}=1.30 kg/cm²**). Por tanto, se acepta la propuesta de contrapeso en las zapatas de ejes mencionados.

9. VERIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO:

• Verificación por punzonamiento:

Una columna sostenida por una zapata tiende a punzonar la zapata a causa de los esfuerzos cortantes que actúan en la zapata alrededor del perímetro de la columna. Al mismo tiempo, los esfuerzos de compresión concentrados que provienen de la columna se distribuyen en la zapata de modo que el concreto adyacente a la columna queda sometido a una compresión vertical o ligeramente inclinada, adicional al cortante. En consecuencia, si la falla ocurre, la fractura adopta la forma de la pirámide truncada que aparece en la figura (o de cono truncado si la columna es circular), con lados que se extienden hacia afuera a un ángulo que se aproxima a los 45°. El esfuerzo cortante promedio en el concreto que falla de esta manera puede tomarse equivalente al que actúa en planos verticales a través de la zapata y alrededor de la columna sobre un perímetro a una distancia $d/2$ desde las caras de la columna (Sección 11.12.1.2 ACI 318-08), que es la sección vertical a través de abcd en la figura, el concreto sometido a este esfuerzo cortante $V_u/2$ también está sometido a la compresión vertical que generan los esfuerzos que se distribuyen desde la columna, y a la compresión horizontal en las dos direcciones principales producida por los momentos de flexión biaxial en la zapata; la presencia de estos esfuerzos triaxiales aumenta la resistencia al cortante del concreto. Ensayos realizados en zapatas y losas planas demuestran en correspondencia con esto que, para fallas por punzonamiento, el esfuerzo cortante calculado en el área del perímetro crítico es mayor que en la acción en una dirección (por acción de viga).



La norma E.060 presenta las ecuaciones para el cálculo de la resistencia a cortante por punzonamiento nominal en el perímetro indicado en la figura anterior, estipulados en el ítem 11.2.2.1, del siguiente modo:

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f'_c} b_o d$$

Donde β es la relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna

$$V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f'_c} b_o d$$

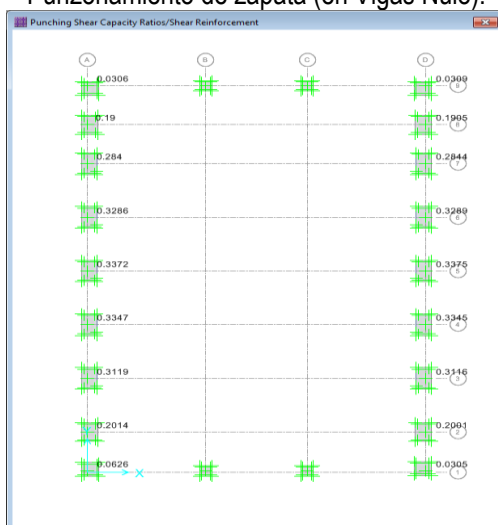
Donde α_s es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde, y 20 para columnas en esquina

$$V_c = 0.33 \sqrt{f'_c} b_o d$$

Se deberá tomar el menor valor de las ecuaciones anteriores y la resistencia de diseño ϕV_c , donde $\phi=0.75$.

El programa Safe toma estas consideraciones y realiza la verificación por punzonamiento cuyo resultado es la relación entre $V_u/\phi V_c$, por lo tanto si es menor a 1.00, la verificación cumple, así como se muestra en el siguiente cuadro:

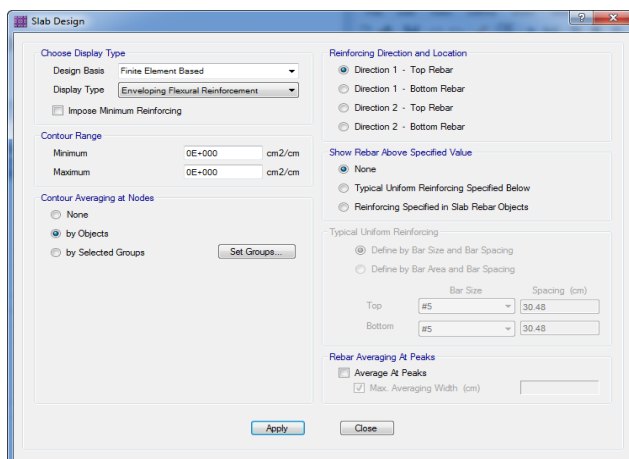
Punzonamiento de zapata (en Vigas Nulo):



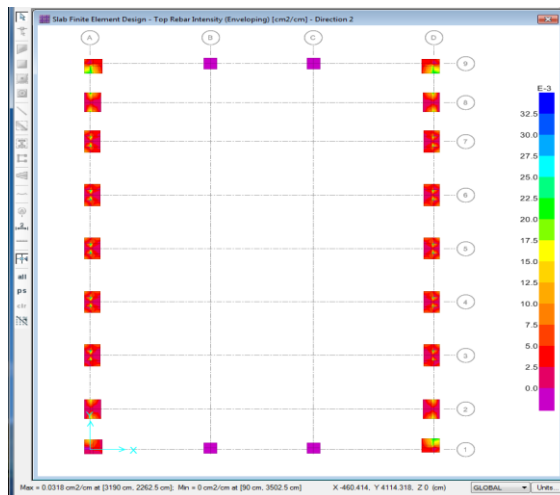
10. CÁLCULOS DE LOS REFUERZOS EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO:

El programa realiza los cálculos de refuerzos de acero, según los parámetros del ACI 318-08, y cuyos resultados se muestran en los siguientes cuadros:

- Parametros para el Diseño de concreto armado en las zapatas basado en elementos finitos:



- Refuerzo requerido en la parrilla superior de la zapata (Eje X o Dirección 1, y eje Y o Dirección 2):





(*): El area de acero minimo de zapata o losa es $A_{smin}=0.0018bd$. Sin embargo el programa SAFE conservadoramente considera al peralte igual a altura de zapata, por lo que $A_{smin}=0.0018 \times 1 \times 50 = 0.09 \text{ cm}^2/\text{cm}$.

El presente proyecto contempla zapatas de tipo esquinera y medianera, por lo que hay necesidad de acero en la cara superior de las zapatas de los ejes A y D, no obstante las zapatas de los ejes B y C, son de tipo centrado por lo que solo requieren acero en cara inferior de la misma. Y esto es lo que corroboramos en las imágenes mostrados anteriormente, donde la cantidad de acero requerido de zapatas (ejes A y D) es de **0.1009 cm²/cm** en dirección X, de **0.0318 cm²/cm** en dirección Y. La separación de varillas de 1/2" (#4), considerando área de acero mínimo es de 12cm en X y 14cm en Y.

Acero requerido en X (cm²/cm) : 0.1009

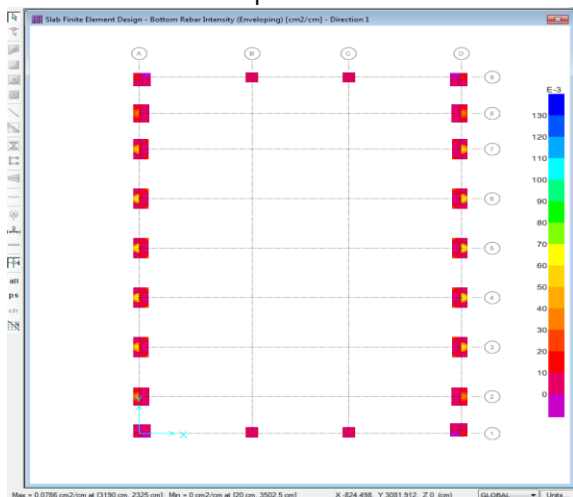
Varilla	Area de varilla (cm ²)	Separacion de varillas (cm)
1/2"	1.27	12.55
5/8"	1.98	19.62
3/4"	2.85	28.25
7/8"	3.88	38.45
1"	5.07	50.22

Acero requerido en Y (cm²/cm) : 0.0900

Varilla	Area de varilla (cm ²)	Separacion de varillas (cm)
1/2"	1.27	14.08
5/8"	1.98	21.99
3/4"	2.85	31.67
7/8"	3.88	43.11
1"	5.07	56.30

- **Refuerzo requerido en la parte inferior en la direccion 1 (X):**

Refuerzo requerido sin acero minimo:



Acero requerido en X (cm²/cm) : 0.0900

Varilla	Area de varilla (cm ²)	Separacion de varillas (cm)
1/2"	1.27	14.08
5/8"	1.98	21.99
3/4"	2.85	31.67
7/8"	3.88	43.11
1"	5.07	56.30

La cantidad real de acero requerido en direccion X es de 0.0786 cm²/cm, lo que es menor a A_{smin} . Por lo que trabajaremos con A_{smin} . Por tanto, para varilla de acero corrugado de 1/2" (#4) la separacion entre varillas sera de 14cm.

- **Refuerzo requerido en la parte inferior en la direccion 2 (Y):**

Los resultados muestran la necesidad de 0.0711 cm²/cm, que es menor a A_{smin} , por lo que trabajaremos con este ultimo, siendo su separacion de acero similar a la de direccion X.



Acero requerido en Y (cm2/cm) : **0.0900**

Varilla	Area de varilla (cm2)	Separacion de varillas (cm)
1/2"	1.27	14.08
5/8"	1.98	21.99
3/4"	2.85	31.67
7/8"	3.88	43.11
1"	5.07	56.30

Finalmente, la cantidad de acero requerido en las zapatas es conforme al siguiente cuadro:

DISTRIBUCION DE ACEROS EN ZAPATA, recubrimiento r=7.5cm									
ZAPATA	L (cm)	B (cm)	d (cm)	CANT.	Acero Superior		Acero Inferior		Comentario
					Varilla en (X)	Acero en (Y)	Acero en (X)	Acero en (X)	
Z1	120	120	42.5	04	-	-	9 #4 @ 14cm	9 #4 @ 14cm	Parrilla simple
Z2	160	160	42.5	03	13 #4 @ 12cm	12 #4 @ 14cm	12 #4 @ 14cm	12 #4 @ 14cm	Parrilla doble
Z3	150	220	42.5	04	18 #4 @ 12cm	11 #4 @ 14cm	16 #4 @ 14cm	11 #4 @ 14cm	Parrilla doble
Z4	140	250	42.5	10	21 #4 @ 12cm	10 #4 @ 14cm	18 #4 @ 14cm	10 #4 @ 14cm	Parrilla doble
Z5	135	190	42.5	01	16 #4 @ 12cm	10 #4 @ 14cm	14 #4 @ 14cm	10 #4 @ 14cm	Parrilla doble

Se considera además que la longitud de desarrollo de varilla de 1/2" es:

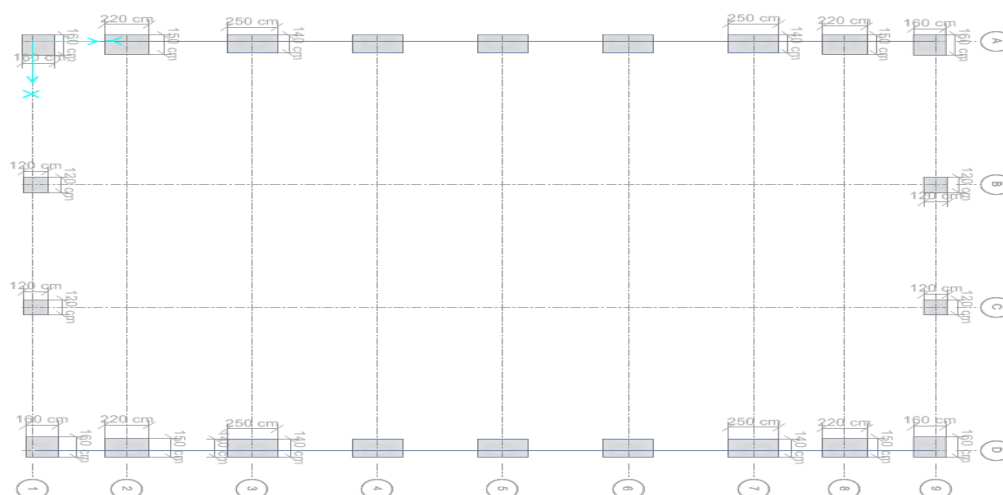
$$L_d = 0.06 A_b f_y / \sqrt{f'_c} = 0.06 (1.29) (4200) / \sqrt{210} = 22.43 \text{ cm}$$

Se considera además la longitud de anclaje del acero longitudinal de la columna de 5/8" es:

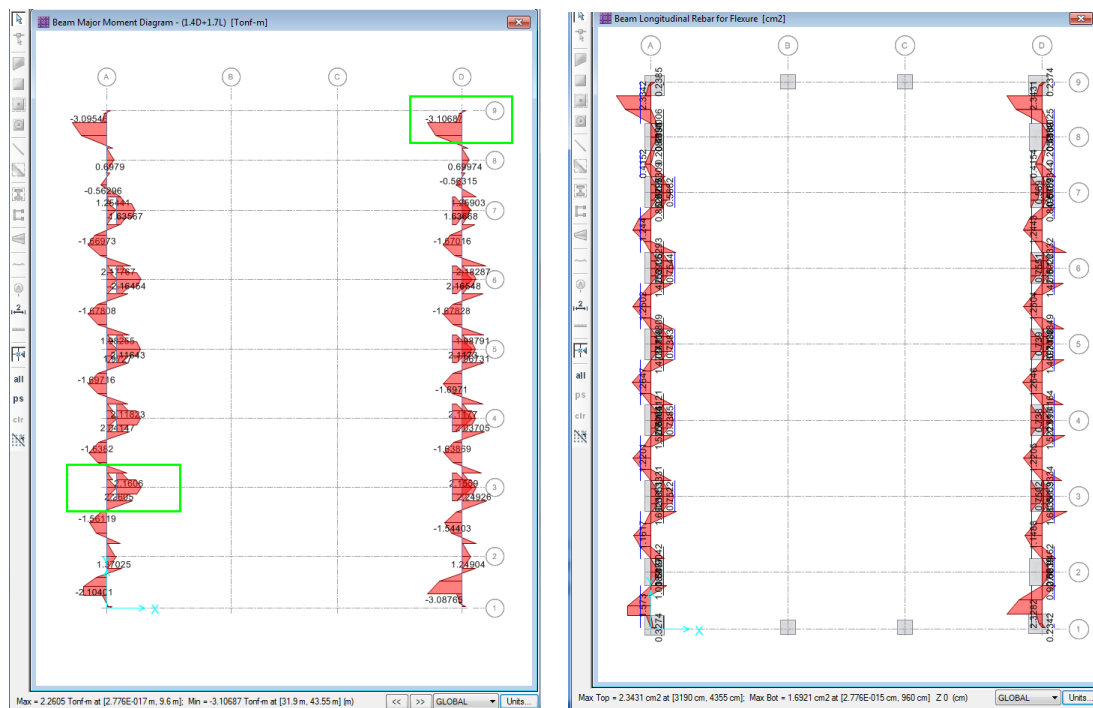
$$L_d = 12 d_b = 12 (1.27) = 15.24 \text{ cm}$$

Entonces considerando la mayor longitud que es 22.43cm x 2 más el largo de la columna de 30cm y 0.75cm x2 de recubrimiento, entonces el largo mínimo de la zapata será 89.86cm, considerando por lo tanto **L=80cm**.

- Dimensiones Finales de las zapatas:



- Analisis de vigas de cimentacion de concreto armado:



El resultado de analisis y diseño de viga de cimentacion (seccion 30x40cm) en programa SAFE, para una combinacion ultima de carga (1.4CM+1.7CV), reporta momentos flectores maximos y area de acero requerido de:

$$\begin{aligned} \text{Mu}(+) &= 2.26 \text{ tn-m} & \rightarrow & \text{As}(+) = 1.69 \text{ cm}^2 \\ \text{Mu}(-) &= 3.11 \text{ tn-m} & \rightarrow & \text{As}(-) = 2.34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Sin embargo, este diseño no toma en consideracion el area de acero minimo ni area de acero maximo para vigas en flexion, razon por el cual solo se tomara el reporte de momentos flectores y el diseño se realizara con mas detalle en su respectivo hoja de calculo, la misma que se anexara al presente proyecto.