

PROYECTOS:

PROYECTO DE REGENERACIÓN URBANA – SECTOR LA AURORA DEL CANTÓN DAULE.

OBRA:

CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE DE LA AURORA

MEMORIA TÉCNICA DE CÁLCULO DE EDIFICIOS

DAULE - ECUADOR

MEMORIA TÉCNICA DE CÁLCULO



PROYECTO: EDIFICIOS: ADMINISTRACIÓN, CUARTOS DE BOMBA, ELECTRICO Y ACOPIO.

UBICACIÓN: Guayas, Cantón Daule, Parroquia La Aurora, Malecón La Aurora.

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL:

PROFESIONAL: ING. PABLO LINDAO TOMALA Msc.

INGENIERO CIVIL: Reg.Prof. 09-3466

FECHA: Junio, 2022.

Guayaquil – Ecuador

TABLA DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	5
2. IMPLANTACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	6
3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	7
3.1. CÓDIGOS UTILIZADOS.....	7
3.2. MATERIALES	7
3.3. RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	8
4. SISTEMAS ESTRUCTURALES (R)	8
5. CARGAS CONSIDERADAS EN EL DISEÑO	9
5.1. CARGA MUERTA (D)	9
5.2. CARGA VIVA (L)	10
5.3. ACCIÓN SÍSMICA (EQ).	10
6. MODELO MATEMÁTICO	12
6.1. ACERO ESTRUCTURAL EN EL PROGRAMA DE CÁLCULO.....	12
6.2. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES UTILIZADAS EN CADA ELEMENTO ESTRUCTURAL	14
7. COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	15
8. DISEÑO ESTRUCTURAL, SUPERESTRUCTURA.....	17
8.1. MODOS DE VIBRAR.....	17
8.2. MASAS PARTICIPATIVAS.....	19
8.3. AJUSTE DE CORTANTE BASAL DINÁMICO	19
8.4. DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES	20
8.5. REVISIÓN POR RESISTENCIA	22
9. DISEÑO ESTRUCTURAL, SUBESTRUCTURA	24
10. CONCLUSIONES	30

Índice de figuras

Imagen 1.-	Implantación general del proyecto	6
Imagen 2.-	Modelo 3D del proyecto, (CALIPTRA, 2022).....	7
Imagen 3.-	Factores de reducción de respuesta R, fuente (NEC, 2015)	9
Imagen 4.-	Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor z.	11
Imagen 5.-	Coeficientes y espectro de aceleraciones, R=5.	11
Imagen 6.-	Modelo matemático 3D	12
Imagen 7.-	Propiedades mecánicas del acero estructural A36.....	13
Imagen 8.-	Perfiles metálicos, columnas	14
Imagen 9.-	Perfiles metálicos, vigas principales y secundarias.....	14
Imagen 10.-	Combinaciones de carga (Fuente: NEC2015).....	15
Imagen 11.-	Combinación de tipo envolvente.....	16
Imagen 12.-	Modo de vibrar No.1, traslacional en X	17
Imagen 13.-	Modo de vibrar No.2, traslacional con rotación alrededor del eje Z.	18
Imagen 14.-	Modo de vibrar No.3, traslacional en Y	18
Imagen 15.-	Masas participativas	19
Imagen 16.-	Chequeo de cortante basal dinámico	20
Imagen 17.-	Limites de derivas	20
Imagen 18.-	Chequeo de derivas	21
Imagen 19.-	Chequeo del diseño estructural, superestructura	23
Imagen 20.-	Capacidad de carga, fuente (Armas, 2022)	24

1. Antecedentes

La presente memoria técnica de cálculo muestra un resumen de los criterios utilizados para el pre dimensionamiento, análisis y diseño de los elementos estructurales proyecto **“EDIFICIOS: ADMINISTRACIÓN, CUARTOS DE BOMBA, ELECTRICO Y ACOPIO.”**. Ubicado en Guayas, Cantón Daule, Parroquia La Aurora, Malecón La Aurora.

Este proyecto consta de Administración, servicios generales (cuartos: Bomba, Eléctrico y Acopio). Las características son las siguientes:

- Elementos estructurales de columnas y vigas metálicas
- Sistema de losas, tipo Steel Deck
- Cimentación superficial de hormigón armado para Administración, servicios generales (cuartos: Bomba y Eléctrico)
- Mientras para el cuarto de acopio las columnas metálicas se anclaran a la plataforma del módulo 10 del malecón La Aurora.

Coordenadas:

Norte: 9772585.1049 m

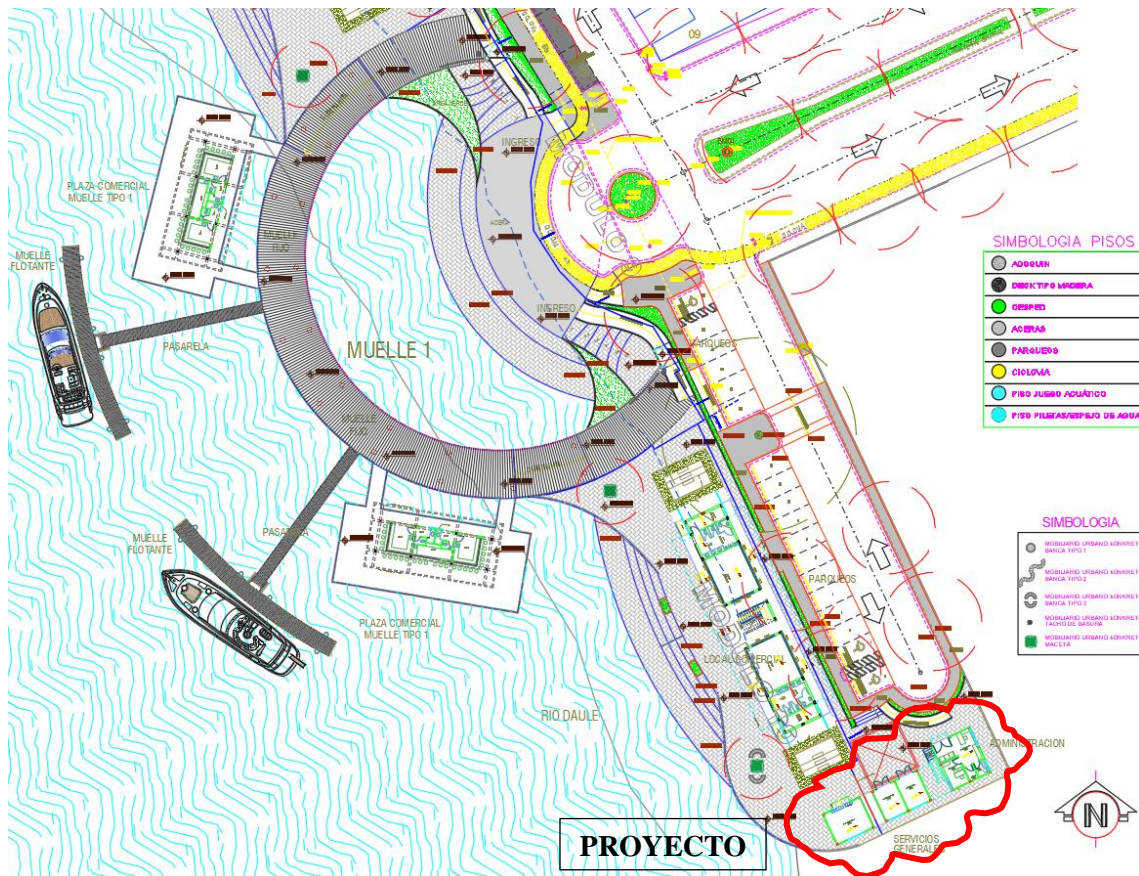


Imagen 1.- Implantación general del proyecto



Imagen 2.- Modelo 3D del proyecto, (CALIPTRA, 2022)

3. Especificaciones Técnicas

3.1. Códigos utilizados

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015
- ASCE/SEI 7-10 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)
- ANSI/AISC 360-16 (Specification for Structural Steel Buildings)
- ANSI/AISC 360-16 (Specification for Structural Steel Buildings)
- ASCE/SEI 41-13 (Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI 318-19)

3.2. Materiales

El consultor establece que ha utilizado para el análisis y diseño estructural del Malecón la Aurora las siguientes propiedades:

Material	Peso Específico
Hormigón	2.40 Ton/m ³
Acero Estructural	7.85 Ton/m ³
Acero de Refuerzo	7.85 Ton/m ³
Suelo de Relleno	2.00 Ton/m ³

Tabla 1: Materiales usados en el diseño del Malecón

Los materiales seleccionados para los diversos elementos estructurales son los siguientes:

- Hormigón armado: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Hormigón para replantillo: $f'_c = 180 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de Refuerzo: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Acero Estructural (placas y perfiles): ASTM A36 $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ (36 ksi)
- Pernos de anclaje: ASTM A307 $f_y = 3161 \text{ kg/cm}^2$ (45 ksi)

3.3. Recubrimientos mínimos para elementos de hormigón armado

Cimientos base= 5cm

Cimientos laterales= 5cm

Pedestales= 4 cm

4. Sistemas Estructurales (R)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. De acuerdo con la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica (R) para un pórtico de acero estructural, resistente a momentos.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Tabla 46.- Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada

Imagen 3.- Factores de reducción de respuesta R, fuente (NEC, 2015)

Teóricamente el valor R a utilizar de acuerdo con nuestra concepción estructural sería R=8, para nuestro proyecto y estar del lado conservador se adoptará un valor R=5.

5. Cargas consideradas en el diseño

5.1. Carga muerta (D)

Son las cargas permanentes debido al peso propio de los materiales. En esta categoría se encuentran el peso propio de los elementos estructurales (vigas, columnas, losa, muros, etc), instalaciones de servicio, paredes, etc.

Se consideró una carga muerta sobreimpuesta de 0,25 ton/m² para los entrepisos y 0.10 ton/m² para la cubierta, las cuales consideran peso de losa Steel Deck, peso por instalaciones y otros.

5.2. Carga viva (L)

Son las cargas gravitacionales que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente. Se utilizó lo indicado por la norma NEC-15, carga viva de 0,24 ton/m² destinado a uso de oficinas y 0.10 ton/m² para la cubierta.

5.3. Acción Sísmica (EQ).

La demanda sísmica en el proyecto será considerada mediante un análisis modal espectral de un modelo estructural tridimensional de elementos finitos. El espectro de aceleraciones empleado siguió las especificaciones de la norma NEC-15, y de acuerdo con las condiciones de sitio.

Para la definición de estas cargas el consultor indica que se ha sujetado a los criterios y experiencia propia y sus asesores; a los valores de aceleración en roca indicados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, Capítulo 2, numeral 5.9; a los datos obtenidos de los estudios de mecánica de suelos; a la necesidad de aplicar iguales hipótesis de cálculo para todas las unidades estructurales que componen el proyecto; y, a los espectros sísmicos indicados en la NEC 2015.

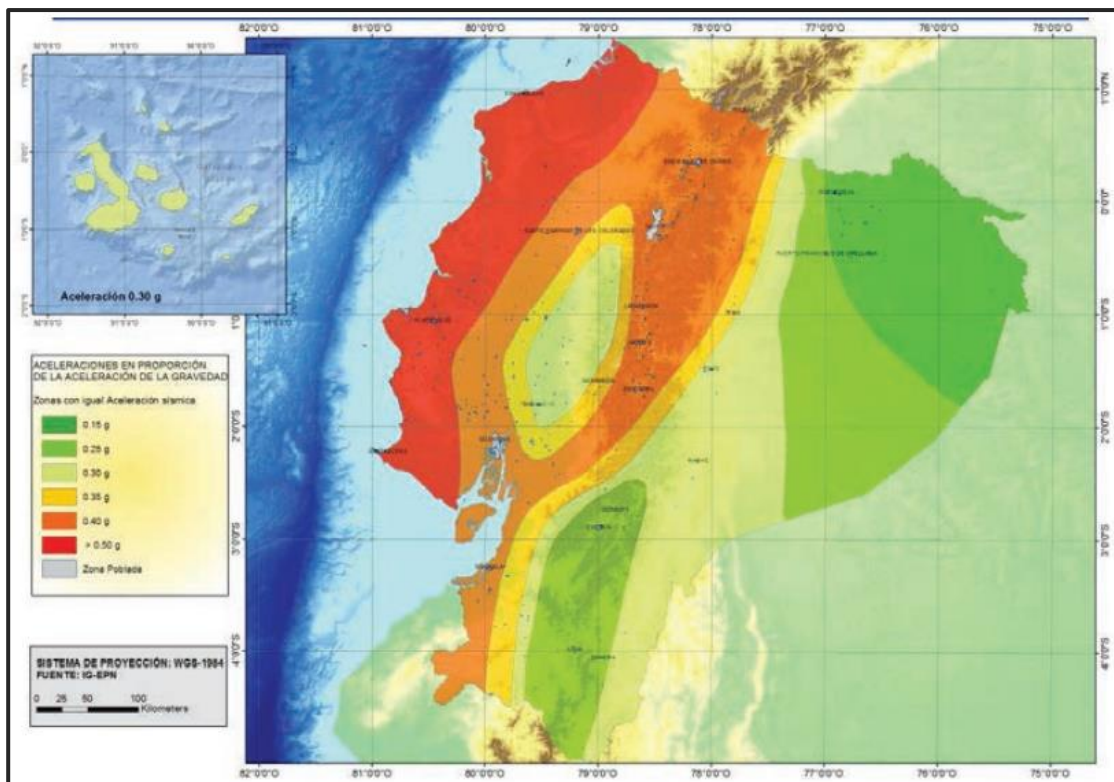


Imagen 4.- Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor z.

Para la acción sísmica se realizó el análisis modal espectral, para el cual se usó el sismo de diseño de la norma NEC-SE-DS 2015, que es un terremoto con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, es decir un periodo de retorno de 475 años, y se construyó el espectro de diseño de acuerdo con las recomendaciones de la norma.

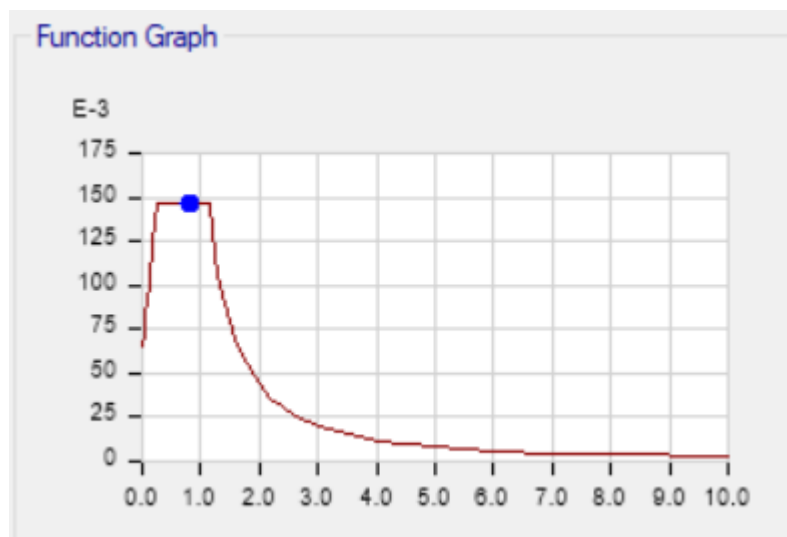


Imagen 5.- Coeficientes y espectro de aceleraciones, R=5.

6. Modelo matemático

La súper estructura fue calculada con el software de elementos finitos ETABS en la versión v20.1.0, en dicho programa se ingresó cada una de las secciones y materiales tal como consta en las especificaciones técnicas.

El programa refleja el real comportamiento de los elementos estructurales sometido a las cargas. Del análisis estructural se obtienen los máximos esfuerzos en los elementos estructurales, así como las deformaciones por diferentes estados de cargas.

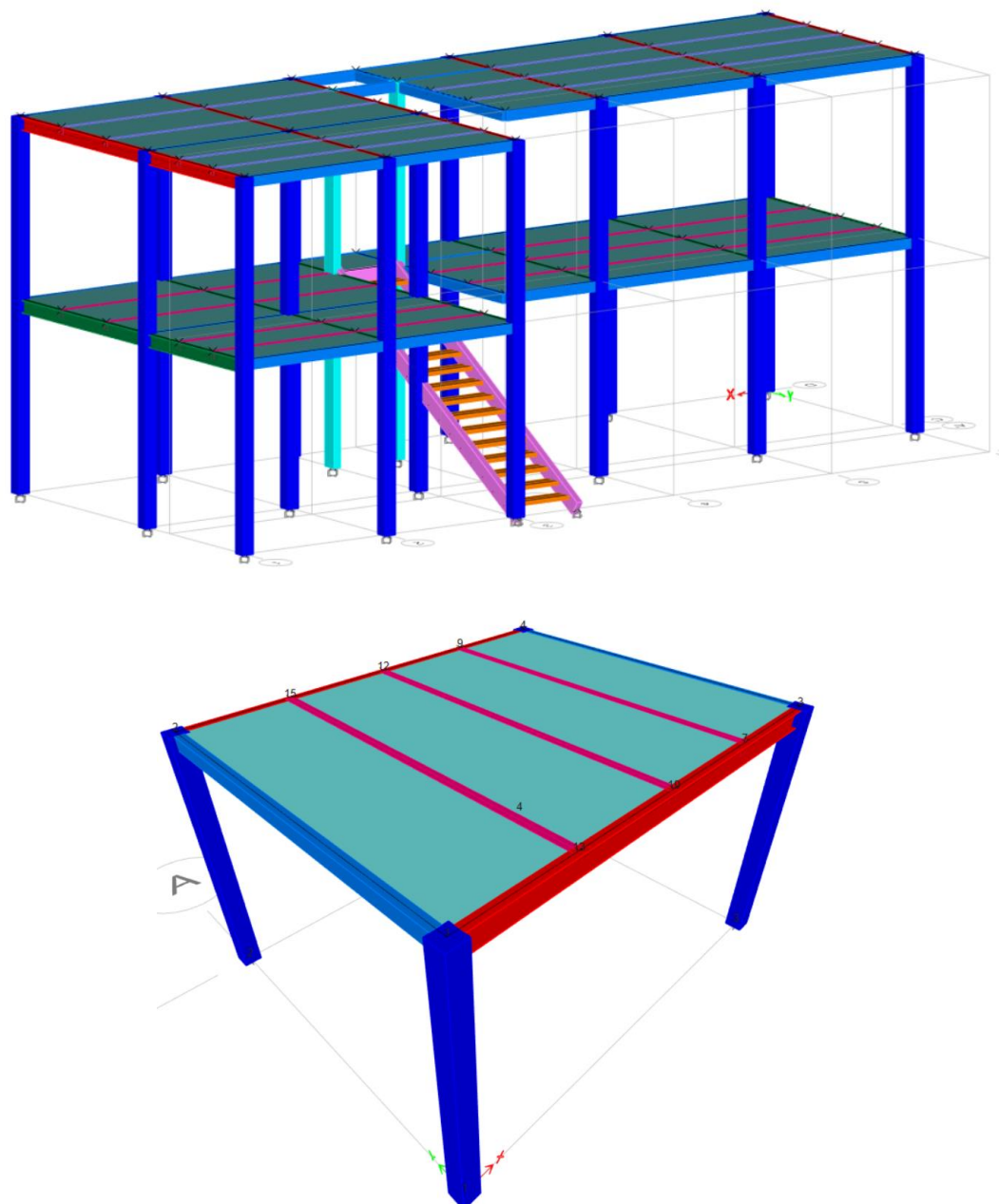


Imagen 6.- Modelo matemático 3D

6.1. Acero estructural en el programa de cálculo

S

Material Property Data

×

General Data

Material Name and Display Color

A36

Material Type

Steel

Material Grade

Grade 36

Material Notes

Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume

7.849E-03

Mass per Unit Volume

8.004E-06

Units

Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E

2038901.9

Poisson, U

0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A

1.170E-05

Shear Modulus, G

784193.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy

2531.0507

Minimum Tensile Stress, Fu

4077.8038

Expected Yield Stress, Fye

3796.576

Expected Tensile Stress, Fue

4485.5842

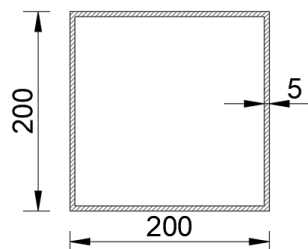
Imagen 7.- Propiedades mecánicas del acero estructural A36

6.2. Propiedades geométricas de las secciones transversales utilizadas en cada elemento estructural

COLUMNA-C1

Esc. 1:10

200x200x5



COLUMNA-C2

Esc. 1:10

2U 250x60x5

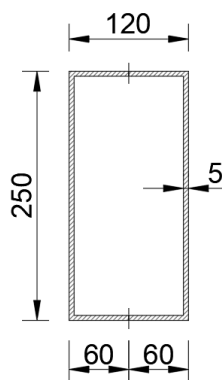
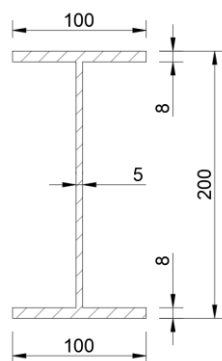


Imagen 8.- Perfiles metálicos, columnas

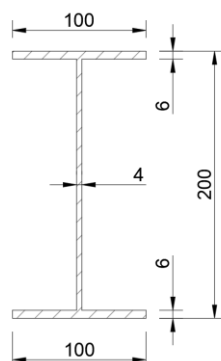
VIGA-VM1

Esc. 1:5



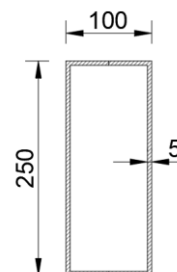
VIGA-VM2

Esc. 1:5



VIGA-VE

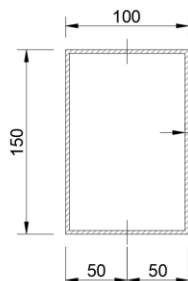
Esc. 1:10
250x100x5



VIGA-VS1

Esc. 1:5

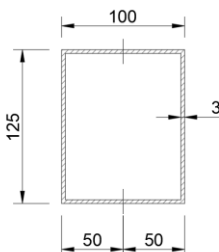
2U 150x50x3



VIGA-NR1

Esc. 1:5

2U 125x50x3



VIGA-NR2

Esc. 1:5

100x100x3

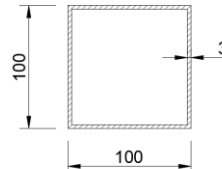


Imagen 9.- Perfiles metálicos, vigas principales y secundarias

7. Combinaciones de carga para el diseño estructural

Todas las combinaciones ingresadas al programa corresponden a la normativa NEC 2015:

<u>Combinación 1</u>
1.4 D
<u>Combinación 2</u>
1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L _r ; S ; R]
<u>Combinación 3*</u>
1.2 D + 1.6 max[L _r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]
<u>Combinación 4*</u>
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L _r ; S ; R]
<u>Combinación 5*</u>
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
<u>Combinación 6</u>
0.9 D + 1.0 W
<u>Combinación 7</u>
0.9 D + 1.0 E

Imagen 10.- Combinaciones de carga (Fuente: NEC2015)

Se creará una combinación de tipo envolvente con el objetivo de capturar todos los efectos por las distintas combinaciones de carga.

S Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
U1: 1.4D	Combination		1.
U2: 1.2D+1.6L	Combination		1.
U4: 1.2D+Wy+L	Combination		1.
U4: 1.2D+Wx+L	Combination		1.
U6: 0.9D+Wx	Combination		1.
U6: 0.9D+Wy	Combination		1.

Imagen 11.- Combinación de tipo envolvente

8. Diseño estructural, superestructura

A continuación, se detallan los diferentes chequeos de diseño.

8.1. Modos de vibrar

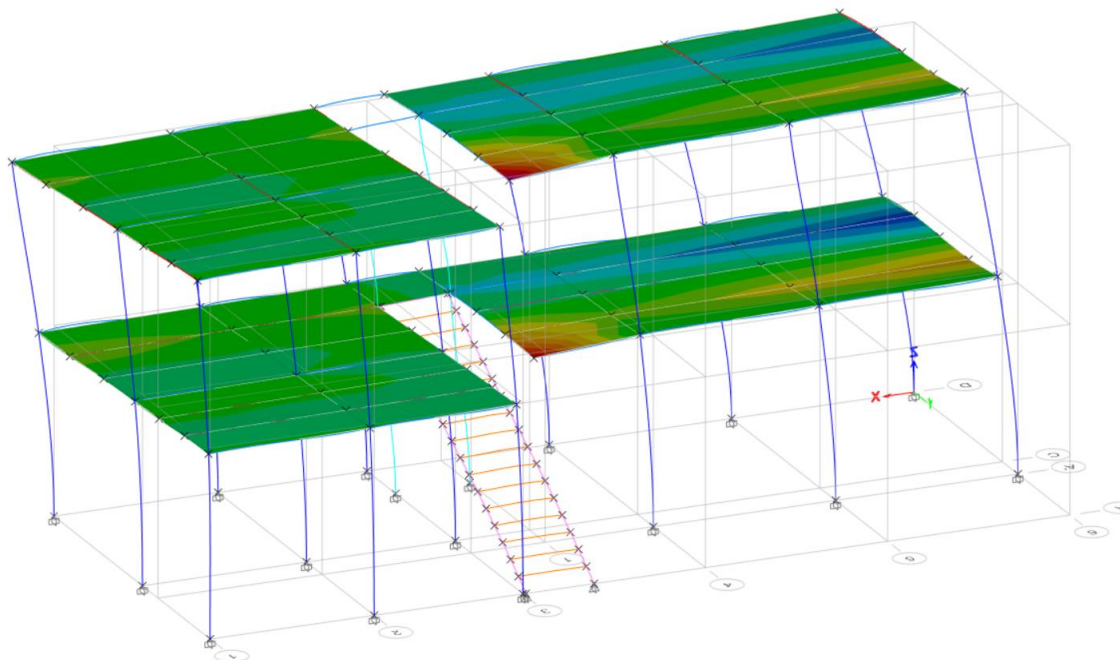


Imagen 12.- Modo de vibrar No.1, traslacional en X

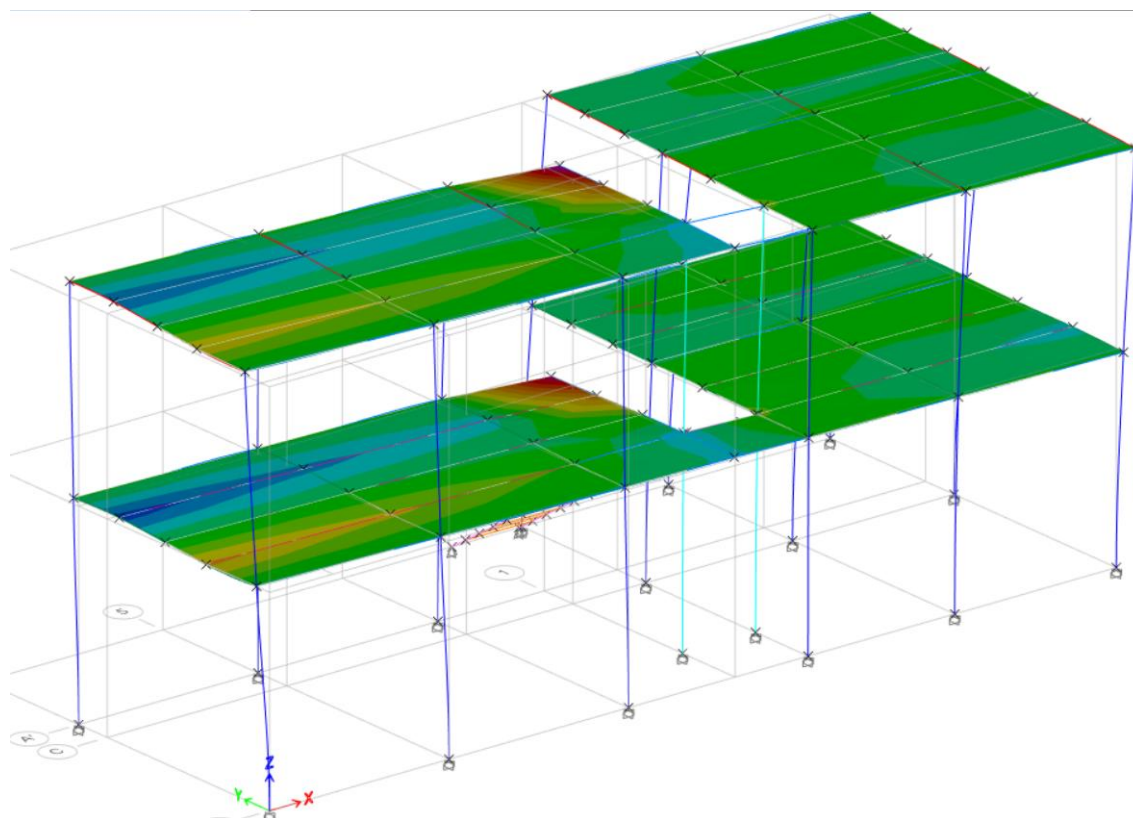


Imagen 13.- Modo de vibrar No.2, traslacional con rotación alrededor del eje Z.

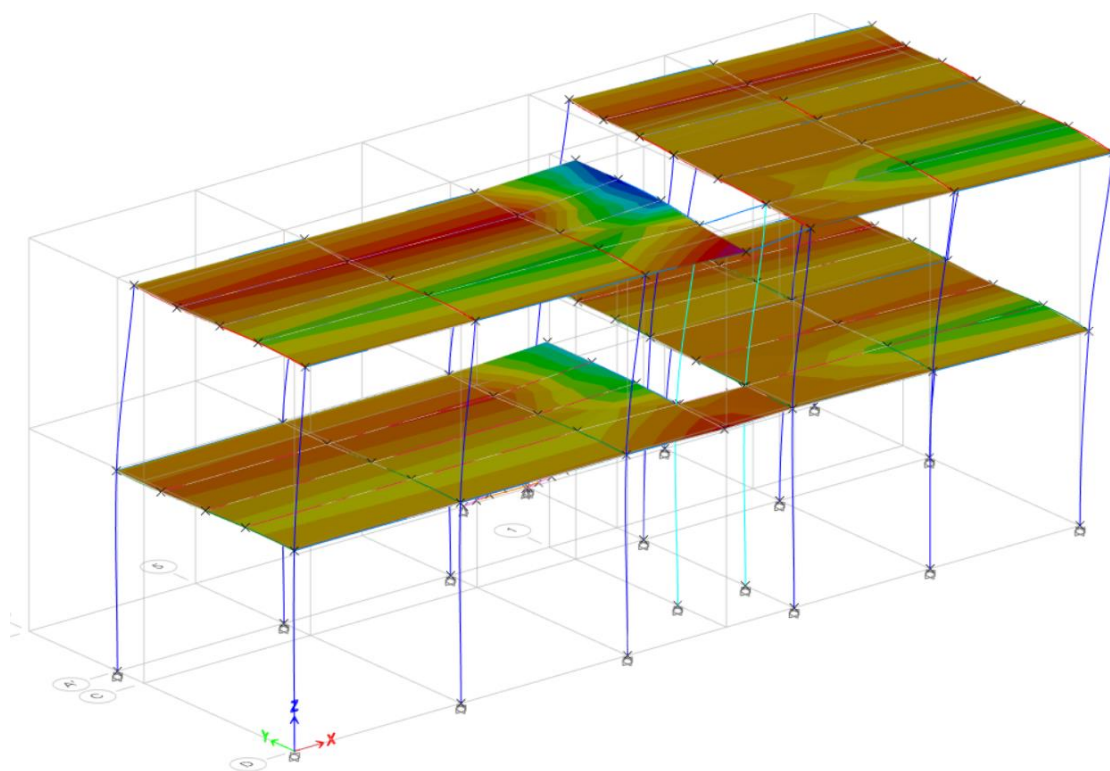


Imagen 14.- Modo de vibrar No.3, traslacional en Y

8.2. Masas participativas

El programa ETABS calcula las frecuencias naturales todos los modos de vibración considerados por ser los más representativos de la estructura y porque la suma de masas participativas sea **mayor al 90%** de la masa total. En la tabla se muestran los periodos de vibración con su porcentaje de masa participante que indicara la importancia de cada modo en su respectiva dirección.

	Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
	Modal	1	0.414	0.5421	0.0214	0	0.5421	0.0214
	Modal	2	0.394	0.2397	0.0537	0	0.7818	0.0752
	Modal	3	0.265	4.607E-05	0.5325	0	0.7819	0.6076
	Modal	4	0.144	0.0514	0.0127	0	0.8332	0.6203
	Modal	5	0.14	0.1404	0.0012	0	0.9737	0.6215
	Modal	6	0.134	0.0234	0.0341	0	0.9971	0.6556
	Modal	7	0.107	0.0022	0.1281	0	0.9993	0.7836
	Modal	8	0.101	0.0003	0.0012	0	0.9995	0.7848
►	Modal	9	0.061	2.255E-06	0.2146	0	0.9995	0.9994
	Modal	10	0.024	0.0003	0.0002	0	0.9999	0.9996
	Modal	11	0.023	9.359E-07	0	0	0.9999	0.9996
	Modal	12	0.019	0.0001	0.0001	0	1	0.9997

Imagen 15.- Masas participativas

En efecto observamos que en la dirección X cumple con al menos el 90% de la masa participativa en el quinto caso modal, luego se observa que la dirección Y cumple en el noveno caso modal con el 90% de participación de masas.

8.3. Ajuste de Cortante basal dinámico

Se debe verificar que el cortante en el base obtenido del análisis dinámico para cada una de las direcciones consideradas en el análisis sea mayor o igual al 80% del cortante en el base obtenido del análisis estático.

De esta forma se tiene que para el análisis estático y dinámico se obtuvieron las siguientes cortantes:

	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf
►	SE-X	LinStatic		-7.85	0
	SE-Y	LinStatic		0	-7.85
	SD-X	LinRespSpec	Max	6.28	0.58
	SD-Y	LinRespSpec	Max	0.79	6.28

Chequeo: $V_{din} \geq 0.80 V_{est}$

Dir. X: $6.28 \geq 0.8 * 7.85 = 6.28$ tonf **OK**

Dir. Y: $6.28 \geq 0.8 * 7.85 = 6.28$ tonf **OK**

Imagen 16.- Chequeo de cortante basal dinámico

8.4. Desplazamientos y distorsiones

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso según el tipo de material predominante.

Límites para la distorsión de entrepiso

$\Delta_M = 0.75 R \Delta_E$	
Dónde:	
Δ_M	Deriva máxima inelástica
Δ_E	Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas
R	Factor de reducción de resistencia (véase la sección 6.3.4)

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 7 : Valores de Δ_M máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Imagen 17.- Límites de derivas

En el cuadro de máxima distorsión de entrepiso ha sido incrementado en un factor de 0.75xR (para estructuras regulares), los cuales se muestran a continuación.

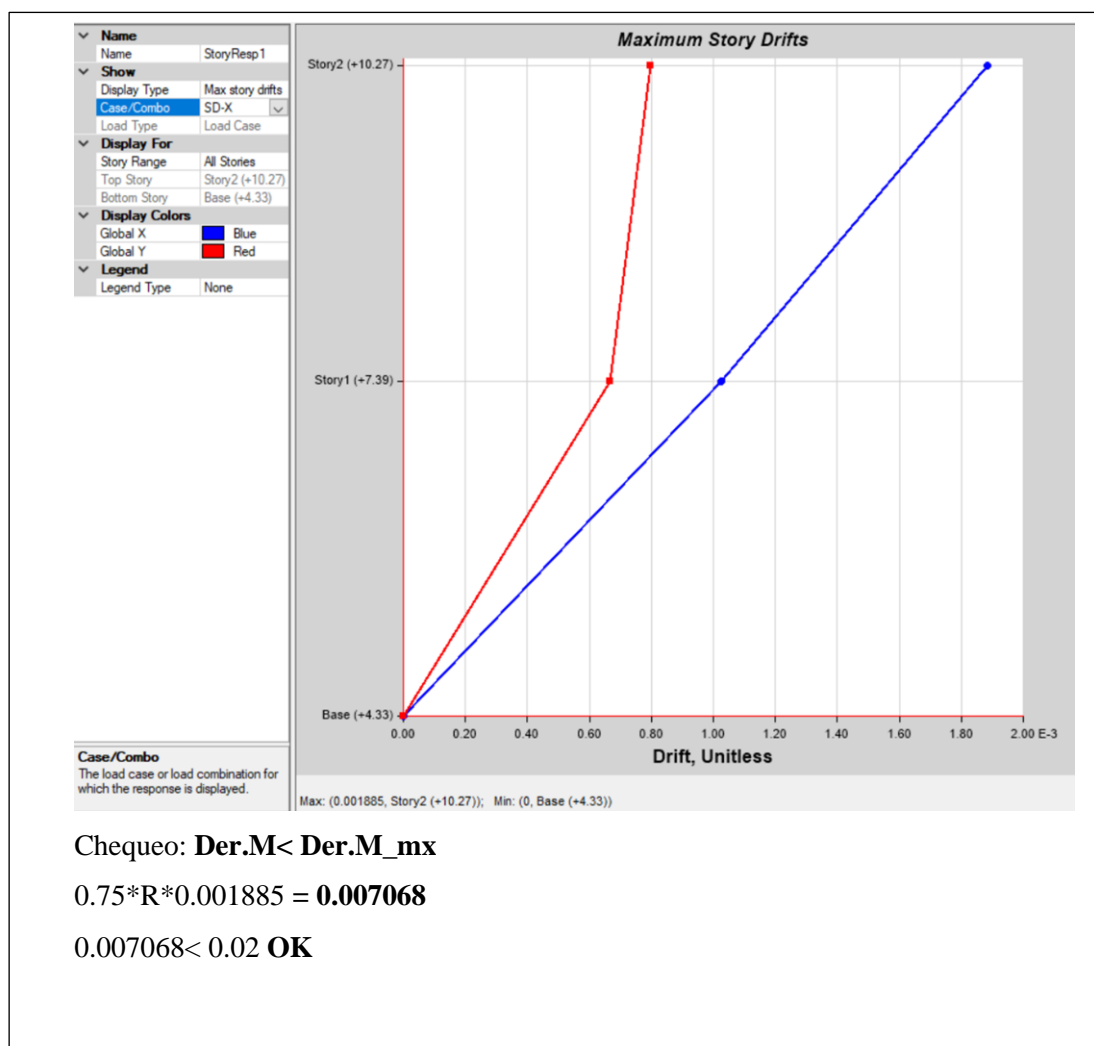
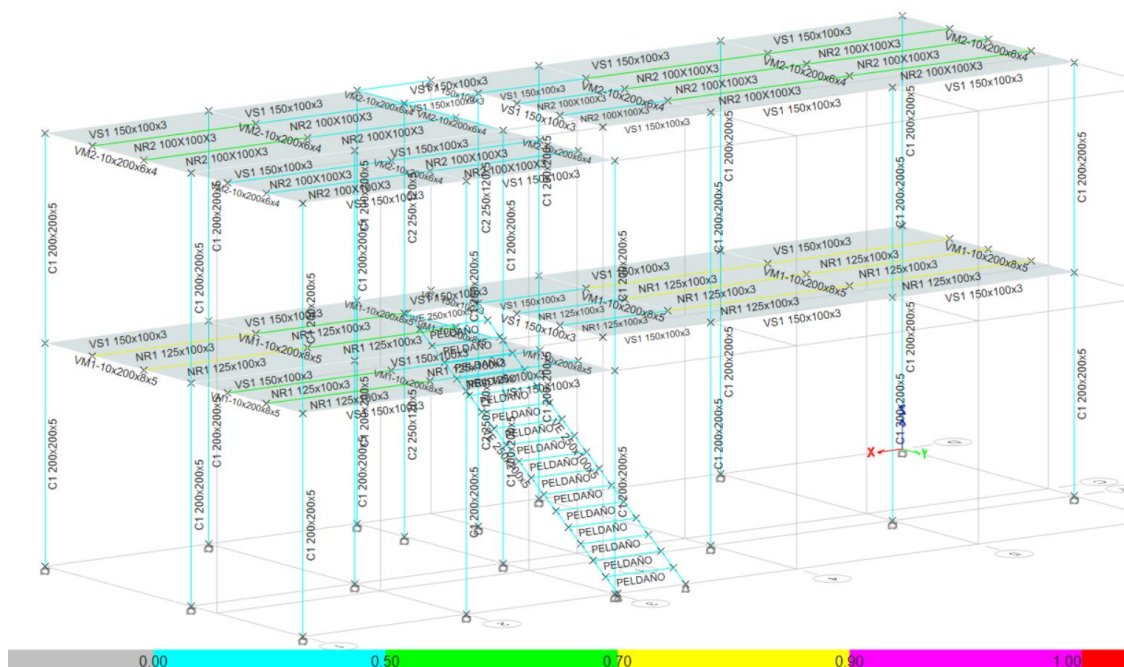


Imagen 18.- Chequeo de derivas

8.5. Revisión por resistencia

A continuación, se muestra la relación demanda capacidad para cada elemento estructural, los colores indican esta relación. Se tiene como límite máximo el valor de 1.0.



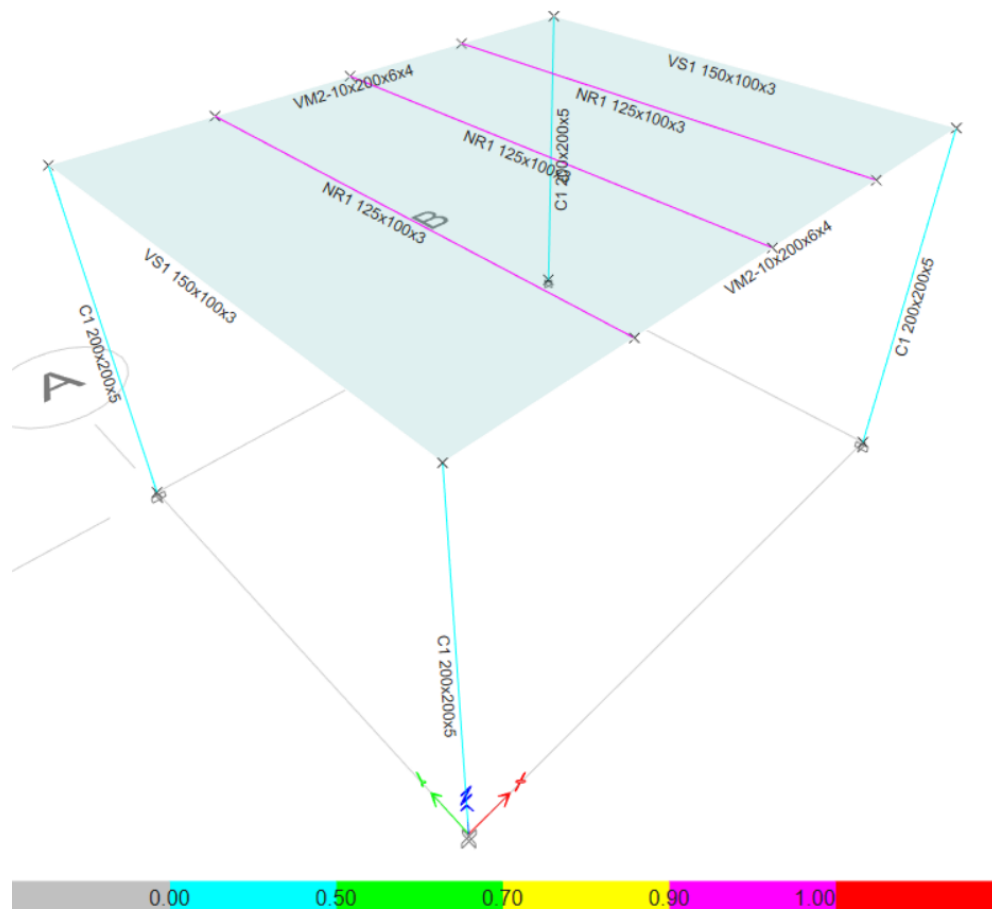


Imagen 19.- Chequeo del diseño estructural, superestructura

9. Diseño estructural, subestructura

Para este apartado se ha tomado en cuenta las consideraciones geotécnicas, las cuales son, estratos resistentes, profundidad de desplante, tipo de cimentación, capacidad portante suelo-cimentación, y otra.

Tabla 12. Resumen de capacidades de carga
Fuente: Elaboración Propia

PLITOS ANCHO b=	0.80	1.0 m	1,2 m
CAPACIDAD ADMISIBLE	38 t/m ²	42 t/m ²	46 t/m ²

Imagen 20.- Capacidad de carga, fuente (Armas, 2022)

A continuación, se detalla el diseño estructural de la cimentación tipo zapata superficial aislada, de sección 120x120x20cm.

$D := 6.37 \text{ tonnef}$	Carga muerta	$b_1 := 40 \text{ cm}$	Ancho de columna
$L := 2.74 \text{ tonnef}$	Carga viva	$b_2 := 40 \text{ cm}$	Largo de columna
$q_a := 46 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$	Capacidad admisible del suelo	$h_s := 65 \text{ cm}$	Altura de suelo por encima de la zapata
$f'_c := 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a compresión de la zapata	$\gamma_c := 2.4 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$	Peso específico del concreto
$f'_{c_{col}} := 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a compresión de la columna	$E_s := 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Módulo elástico del acero
$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Esfuerzo de fluencia del acero	$r := 5 \text{ cm}$	Recubrimiento libre
$\gamma_s := 1.9 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}$	Peso específico del suelo		
$wt_{base} := 0.4 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$	Descarga de sótano		
$h_{cp} := 10 \text{ cm}$	Altura de contrapiso		
$\beta_1 := \max \left(\min \left(0.85, 1.05 - \frac{f'_c}{1400 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \right) \right) = 0.85$			
$\phi_b := 0.9$	Factor de reducción por flexión		
$\phi_v := 0.75$	Factor de reducción por corte		

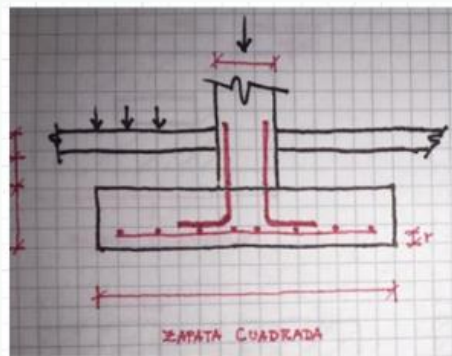
Tabla 12. Resumen de capacidades de carga
Fuente: Elaboración Propia

PLITOS ANCHO b=	0.80	1.0 m	1,2 m
CAPACIDAD ADMISIBLE	38 t/m ²	42 t/m ²	46 t/m ²

Fuente: (Armas, 2022)

Factor de conversión del bloque de compresión real al de Withney

DESARROLLO



1. Cálculo de cargas factoradas y los factores de resistencia

$$U_1 := 1.4 \cdot D = 8.92 \text{ tonnef}$$

$$U_2 := 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L = 12.03 \text{ tonnef}$$

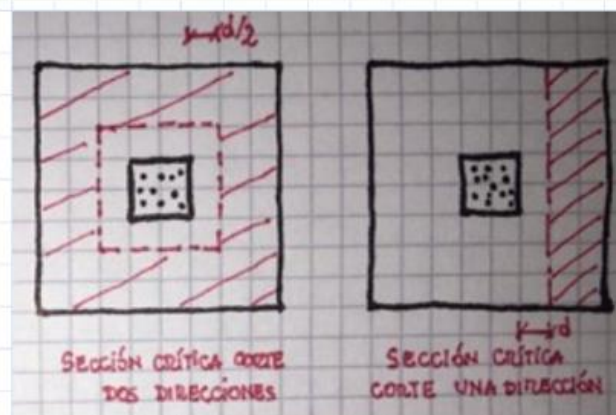
2. Estimar el tamaño de la zapata y la presión neta factorada

$$t_s := 20 \text{ cm} \quad L_f := 1.2 \text{ m}$$

3. Chequear espesor para corte en dos direcciones

$$d := t_s - r - 0.5 \cdot (10 \text{ mm}) = 14.5 \text{ cm}$$

Altura efectiva de la zapata, asumiendo el $d_b = 10 \text{ mm}$ en tracción



$$t_s := 20 \text{ cm}$$

$$wt_{soil} := \gamma_s \cdot h_s = 1.24 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$wt_{footing} := \gamma_c \cdot t_s = 0.48 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$wt_{cp} := \gamma_c \cdot h_{cp} = 0.24 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$q_{neto} := q_a - wt_{soil} - wt_{footing} - wt_{cp} - wt_{base} = 43.65 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$A := \frac{D + L}{q_{neto}} = 0.21 \text{ m}^2$$

$$L_f := \sqrt{A} = 0.46 \text{ m}$$

$$L_f := 1.2 \text{ m}$$

$$q_{nu} := \frac{1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L}{L_f \cdot L_f} = 8.35 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$d := t_s - r - 0.5 \cdot (25 \text{ mm}) = 13.75 \text{ cm}$$

$$A_{punching} := (b_1 + d) \cdot (b_2 + d) = 0.29 \text{ m}^2$$

$$V_u := (L_f^2 - A_{punching}) \cdot q_{nu} = 9.61 \text{ tonnef}$$

$$b_o := 2 \cdot (b_1 + d) + 2 \cdot (b_2 + d) = 2.15 \text{ m}$$

$$\beta_c := \frac{b_2}{b_1} = 1$$

$$\lambda := 1$$

$$\alpha_s := 40$$

$$\phi_v := 0.75$$

$$V_{c1} := 0.53 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot b_o \cdot d = 78.65 \text{ tonnef}$$

$$V_{c2} := 0.27 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot b_o \cdot d = 60.88 \text{ tonnef}$$

$$V_{c3} := 1.1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot b_o \cdot d = 54.41 \text{ tonnef}$$

$$V_c := \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3}) = 54.41 \text{ tonnef}$$

$$\phi_v \cdot V_c = 40.81 \text{ tonnef}$$

$$V_u = 9.61 \text{ tonnef}$$

$$\frac{\phi_v \cdot V_c}{V_u} = 4.24$$

Relación Capacidad/Demanda
(>1 ok)

$$\frac{V_u}{\phi_v \cdot V_c} = 0.24$$

Relación Demanda/Capacidad
(<1 ok)

if ($V_u \leq \phi_v \cdot V_c$, "OK", "NO CUMPLE, Aumentar el espesor t_s ") = "OK"

4. Diseño del refuerzo por flexión

$$r = 5 \text{ cm}$$

Recubrimiento Lateral

$$\phi_b = 0.9$$

$$L_{arm} := \frac{L_f}{2} - \frac{b_1}{2} = 0.4 \text{ m}$$

Posición crítica

$$M_u := q_{nu} \cdot L_f \cdot \frac{L_{arm}^2}{2} = 0.8 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Momento último para diseño

$$j := 0.95$$

$$As_1 := \frac{M_u}{\phi_b \cdot f_y \cdot j \cdot d} = 1.62 \text{ cm}^2$$

Área de acero calculado (prueba método
 $j_d = d - a/2 = 0.9d$)

$$As_{min} := 0.0018 \cdot L_f \cdot t_s = 4.32 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo

$$As := \max(As_1, As_{min}) = 4.32 \text{ cm}^2$$

Área de acero requerido

$$\phi_{\#10} := 10 \text{ mm}$$

$$As_{\#10} := 0.25 \cdot \pi \cdot (\phi_{\#10})^2 = 0.79 \text{ cm}^2$$

$$s_1 := 2 \cdot t_s = 40 \text{ cm}$$

$$s_2 := 45 \text{ cm}$$

$$s_{mx} := \min(s_1, s_2) = 40 \text{ cm}$$

Separación máxima

$$s := \frac{As_{\#10}}{As} \cdot \frac{L_f - 2r}{1} = 0.2 \text{ m}$$

$$s := 20 \text{ cm}$$

Separación recomendada

$$\text{if}(s \leq s_{mx}, \text{"OK"}, \text{"Tomar separación máxima"}) = \text{"OK"}$$

$$As_{def} := \frac{L_f}{s} \cdot As_{\#10} = 4.71 \text{ cm}^2$$

$$a := \frac{As_{def} \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot L_f} = 0.69 \text{ cm}$$

$$c := \frac{a}{\beta_1} = 0.82 \text{ cm}$$

$$\frac{c}{d} = 0.06$$

$$\text{if} \left(\frac{c}{d} \leq 0.375, \text{"}\phi \text{ es igual a 0.90"} , \text{"NO CUMPLE"} \right) = \text{"}\phi \text{ es igual a 0.90"}$$

$$M_n := As_{def} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 2.65 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Momento nominal resistente

$$\phi_b \cdot M_n = 2.39 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Momento nominal resistente de diseño

$$\text{if} (M_u < \phi_b \cdot M_n, \text{"OK"} , \text{"NO CUMPLE"}) = \text{"OK"}$$

Usar $\phi 10\text{mm c/ 20 cm}$

$$\rho_{real} := \frac{As_{def}}{L_f \cdot d} = 0.0029$$

Cuantía del acero real colocado

$$\rho_b := 0.85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} \right) = 0.0289$$

Cuantía de balance

$$\rho_{mx} := \text{if} \left(f_y = 2800 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, 0.591 \cdot \rho_b, \text{if} \left(f_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, 0.625 \cdot \rho_b, \text{if} \left(f_y = 5500 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, 0.652 \cdot \rho_b, 0.677 \cdot \rho_b \right) \right) \right)$$

$$\rho_{mx} = 0.0181$$

$$A_{s_{mx}} := \rho_{mx} \cdot L_f \cdot d = 29.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{if} (A_{s_{\min}} \leq A_{s_{\text{def}}} \leq A_{s_{mx}}, \text{"OK"}, \text{"NO CUMPLE"}) = \text{"OK"}$$

5. Chequeo de corte en una dirección



$$x := \frac{L_f}{2} - \frac{b_1}{2} - d = 26.25 \text{ cm}$$

Posición crítica

$$V_u := x \cdot L_f \cdot q_{nu} = 2.63 \text{ tonnef}$$

ACI 318-19 S.22.5.5.1

$$\rho_w := \rho_{\text{real}} = 0.0029$$

Cuantía del acero de refuerzo a flexión

$$V_c := 2.1 \cdot \lambda \cdot \rho_w^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot L_f \cdot d = 8.23 \text{ tonnef}$$

$$\phi_v \cdot V_c = 6.17 \text{ tonnef}$$

$$\text{if} (V_u \leq \phi_v \cdot V_c, \text{"OK"}, \text{"NO CUMPLE"}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\phi_v \cdot V_c}{V_u} = 2.34 \quad \frac{V_u}{\phi_v \cdot V_c} = 0.43$$

Relación Capacidad/Demanda (>1 ok)

10. Conclusiones

Las estructuras antes mencionadas, y cada uno de sus elementos estructurales cumplen satisfactoriamente requisitos de resistencia y servicio establecidos por la documentación técnica anexada en el apartado 3.1 de este documento.

REVISADO POR:	REVISADO POR:
<p>ING. CIV. JAVIER ELIAS PRIETO LAINA SUBDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO – OBRAS PÚBLICAS <i>CÓDIGO SERCOP: tJsbg5oV6w</i></p>	<p>ARQ. DANIEL FERNANDO SAN LUCAS MACIAS DIRECTOR GENERAL DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL <i>CÓDIGO SERCOP: 8uE1iUQsG4</i></p>
APROBADO POR:	
<p>ING. CIV. ÁNGEL WASHINGTON TAIPE VELIZ DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS <i>CÓDIGO SERCOP: 1b5qYDfpNP</i></p>	