



---

## **CAPÍTULO 4.**

### **ANÁLISIS DE CARGAS GRAVITACIONALES.**

#### **4.1 Descripción del procedimiento**

El análisis de cargas gravitacionales es un procedimiento que permite conocer las cargas que se ejercen sobre los distintos elementos estructurales que integran la construcción debido a su funcionamiento. Es decir, las cargas vivas y muertas que en ella actúan durante la operación usual del edificio.

Para ello, se recurre a un procedimiento llamado bajada de cargas. Éste consiste en cuantificar y acumular las cargas que se generan desde el último nivel de la estructura, el más alto, hasta el primero. Con ello se consigue conocer el peso total que el edificio comunica a su cimentación y a su vez, las cargas que la cimentación transmite al terreno en el cual se desplanta.

#### **4.2 Bajada de cargas**

En este método se consideran todos los elementos estructurales del edificio; algunos, como las escaleras y el cubo de elevadores, no se predimensionaron; sin embargo, durante el proceso se detalla el cálculo de sus dimensiones.



Para fines de este análisis, la distribución de las cargas en la estructura se considera como lo muestran las figuras 4.1 a 4.3.

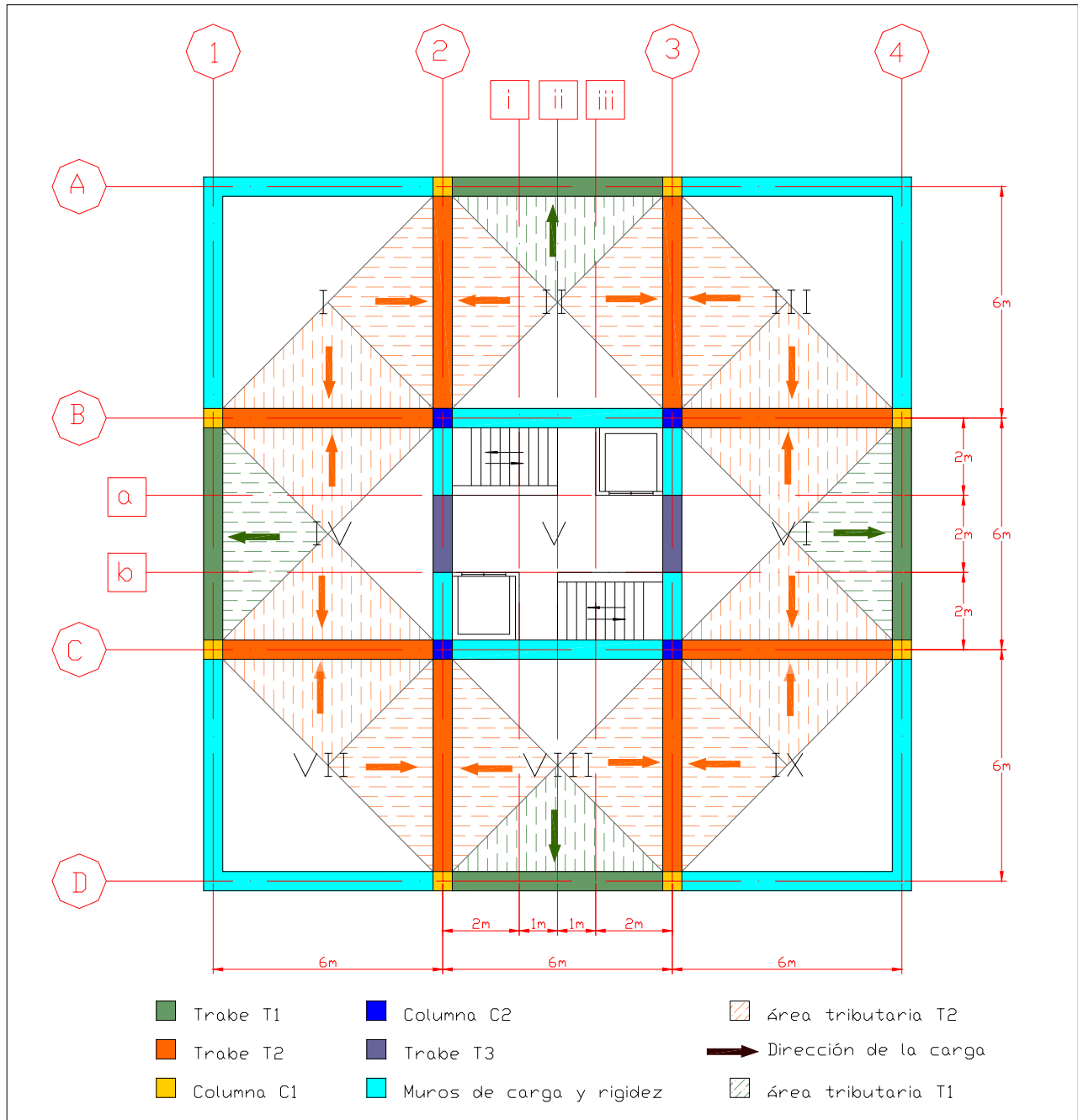


Figura 4.1 Distribución de carga a traves

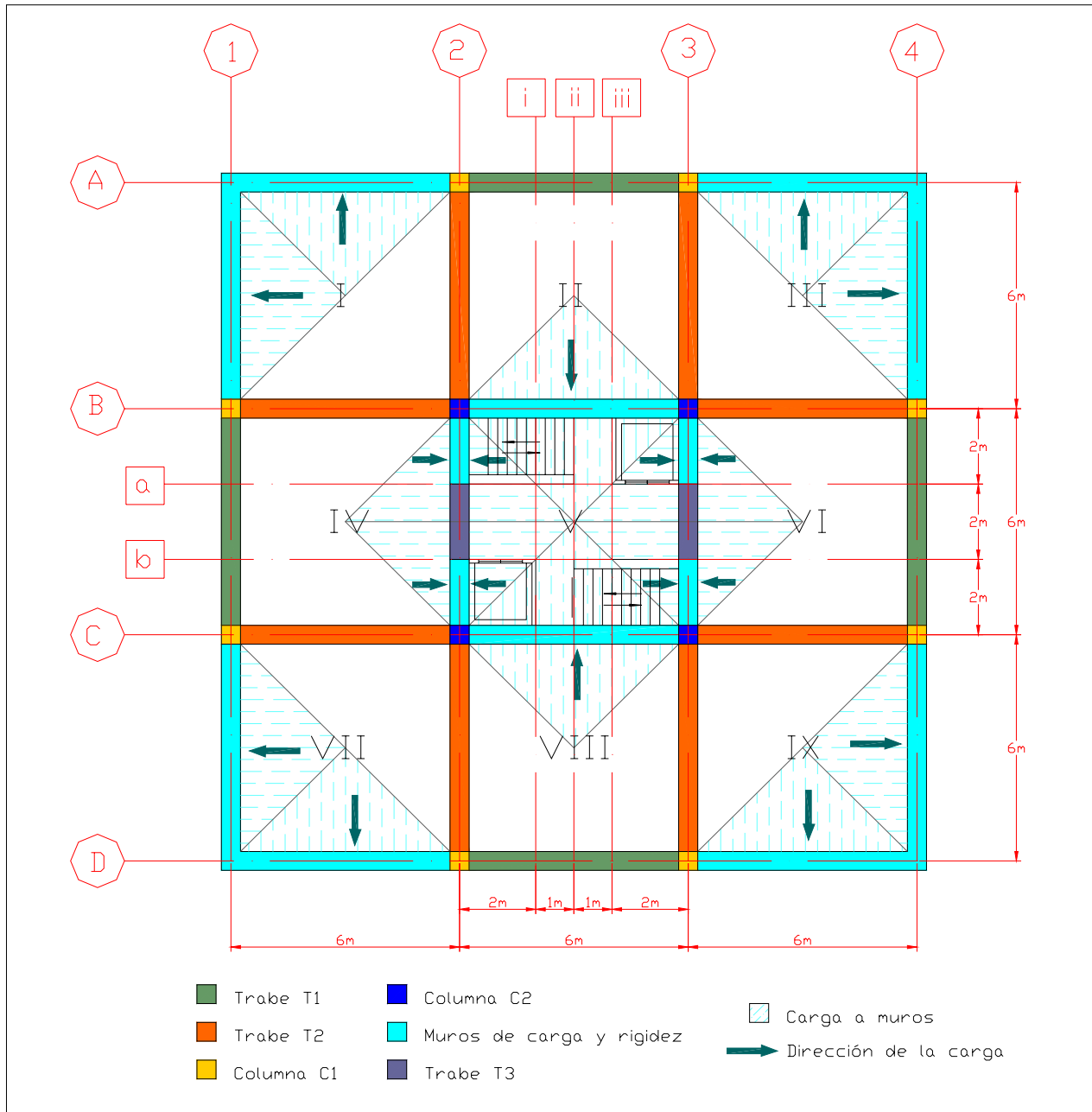


Figura 4.2 Distribución de carga a muros de carga y de rigidez

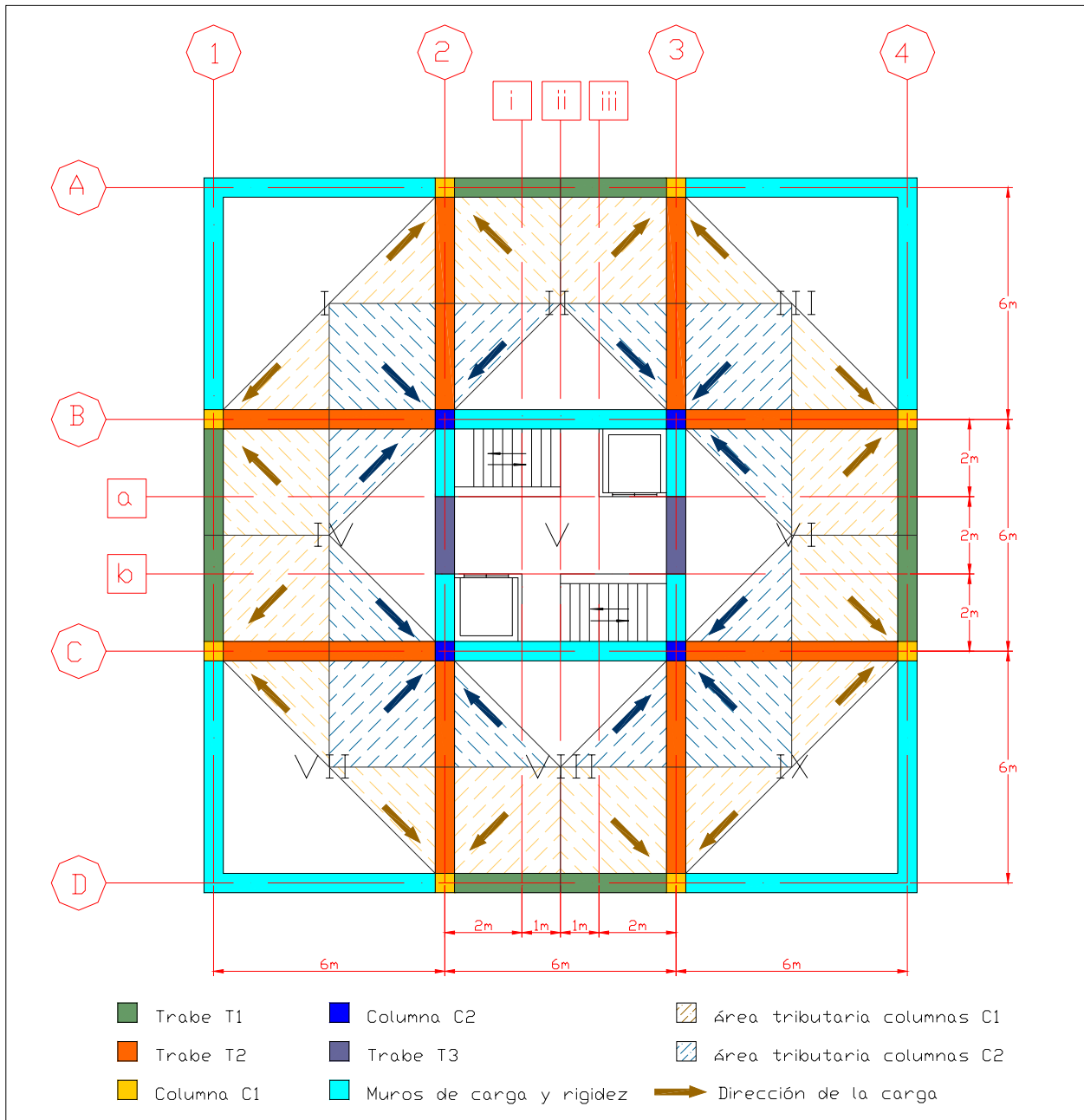


Figura 4.3 Distribución de carga a columnas

### 4.2.1 Peso de traves

En este inciso, se presenta el cálculo realizado para conocer el peso de las traves y cadenas propuestas para la estructura en cuestión. Cabe recordar que estos valores, propuestos en el capítulo 3, no son los indicados para el diseño, sino que forman parte del proceso iterativo de ajuste.

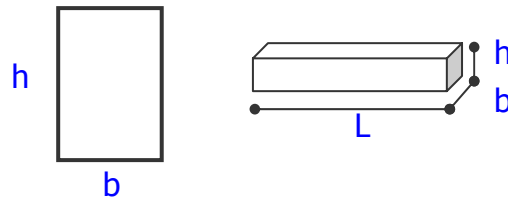


Figura 4.4 Diagrama de dimensiones de traves

$$\text{Peso} = \gamma_c * (b * h * L)$$

$$\gamma_c = 2440.00 \text{ Kg/m}^3$$

Trabe Tipo	b (m)	h (m)	b*h (m <sup>2</sup> )	W <sub>propio</sub> (Kg/ml)	L (m)	W <sub>propio</sub> (kg)	W <sub>propio</sub> (ton)
T1	0.30	0.50	0.15	366.00	6.00	2,196.0	2.20
T2	0.40	0.60	0.24	585.60	6.00	3,513.6	3.51
T3	0.20	0.20	0.04	96.00	2.00	192.0	0.19

Tabla 4.1 Cálculo del peso de traves

**Nota:**

En el diagrama de distribución de cargas se observa que las traves se clasifican en T1 y T2 como sigue:

Tipo	Traves							
T1	A2-A3	D2-D3	B1-C1	B4-C4				
T2	B1-B2	B3-B4	C1-C2	C3-C4	A2-B2	C2-D2	A3-B3	C3-D3
T3	a2-b2	a3-b3						

Tabla 4.2 Clasificación de traves



### 4.2.2 Peso de losas

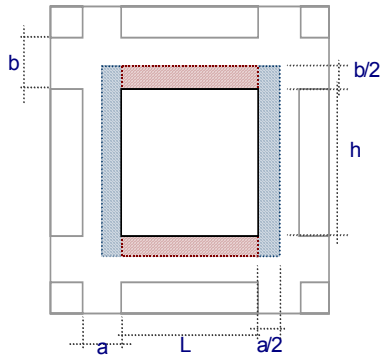
Para el caso en estudio, se consideran dos tipos de losas: una maciza para el nivel de azotea y otra aligerada para los niveles de entrepiso. La constitución geométrica de las losas fue determinada anteriormente en el Capítulo 2; en este capítulo, se describen las propiedades físicas de estos elementos y se muestra también el cálculo realizado para la obtención de su peso propio. Cabe mencionar que también se obtienen las cargas vivas y muertas que soportan las losas.

En las tablas 4.3 y 4.4 se muestra el cálculo de los pesos propios de ambos tipos de losas, con todos los elementos que incluye su conformación.

#### Losa de azotea:

Elemento	Catindad (m)	$\gamma_{mat}$ (kg/m <sup>3</sup> )	C.Muerta (Kg/m <sup>2</sup> )
Impermeabilizante	*Según proveedor (imperquimia)		3.50
Enladrillado	0.02	1,500	30.00
Mortero cemento-arena	0.02	2,100	42.00
Terrado (tezontle)	0.1	1,350	135.00
Losa maciza	0.1	2,440	244.00
Instalaciones y plafón			45.00
<b>Total:</b>			<b>499.50</b>

Tabla 4.3 Peso propio unitario de losa de azotea

**Losa de entrapiso:**


$$\begin{aligned}
 a &= 0.15 \text{ m} \\
 b &= 0.15 \text{ m} \\
 h &= 0.40 \text{ m} \\
 L &= 0.40 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Nervaduras:**

$$\begin{aligned}
 \text{peralte de nervadura:} & \quad 20 \quad \text{cm} \\
 \text{Peso de nervadura} &= \\
 & \quad \left( \left[ (a \cdot (h+b)) + (b \cdot L) \right] \cdot \text{peralte} \right) / \left[ (a+L) \cdot (b+h) \right] \cdot \gamma_c \\
 \text{Peso de nervadura} &= 229.88 \quad \text{Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

**Casetón de poliuretano:**

$$\begin{aligned}
 \text{Peso del casetón:} & \quad 0.2 \quad \text{Kg} \\
 \text{Peso unitario} &= \text{Peso/área} \\
 \text{Peso unitario} &= 1.25 \quad \text{Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Elemento	Cantidad (m)	$\gamma_{\text{mat}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	C.Muerta (Kg/m <sup>2</sup> )
Mosaico de piso	0.02	3,000	60.00
Mortero cemento-arena	0.02	2,100	42.00
Nervadura de concreto		2,440	229.88
Capa de concreto	0.06	2,440	146.40
Casetón de poliuretano			1.25
Instalaciones y plafón			45.00
<b>Total:</b>			<b>524.53</b>

Tabla 4.4 Peso propio unitario de losa de entrapiso

Como parte del peso que aportan las losas a los elementos de soporte, se estima la carga viva que cada tablero recibe. Para ello se recurre al RCDF, el cual define, en el Art. 199 del capítulo V y considerando el uso al que está destinado el elemento, la cantidad correspondiente de cargas vivas que deben tomarse en cuenta para cada caso.

Para fines de este documento se tienen tres tipos de uso para las losas: losa de azotea, losa de entrapiso y comunicación para peatones (escaleras, pasajes de



acceso, pasillos, etc.). A continuación se presentan las cargas vivas que corresponden a las losas de azotea y entrepiso.

**Estimación de cargas vivas por unidad de área:**

**Carga viva máxima sobre losa de azotea:**

Según Art. 199 del RCDF:

Pendiente	< 5%	$C_v = 100 \text{ Kg/m}^2$
	> 5%	$C_v = 40 \text{ Kg/m}^2$

Pendiente: < 5%       $C_v = 100 \text{ Kg/m}^2$

**Carga viva máxima sobre tableros de entrepiso:**

Según Art. 199 del RCDF:

$C_v = 250 \text{ Kg/m}^2$

Como parte de las cargas muertas que soportan las losas se encuentran las ocasionadas por los muros divisorios; en seguida se cuantifica el peso que aportan a los tableros.

**Peso de muros divisorios:**

Tipo de muro:	Paneles de yeso de 10 cm de espesor
Peso unitario :	$\frac{65.00}{1} \text{ Kg/m}^2$
Altura de paneles:	$\frac{3}{1} \text{ m}$
Distribución de muros divisorios:	$\frac{0.10}{1} \text{ m /m}^2 \text{ de losa}$

$\text{Peso}_{\text{muros divisorios}} = \text{Peso unitario} * \text{Área}$

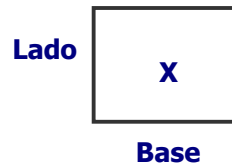
$\text{Peso}_{\text{m.divisorios}} = 19.50 \text{ Kg/ m}^2$





Considerando los elementos ya calculados anteriormente, el peso que los tableros de losa transmiten a los elementos de soporte queda como se muestra en las tablas siguientes:

**Peso por tablero:**



LOSAS DE ENTRESPISO*								
Tableros Losa	Base (m)	Lado (m)	Área (m <sup>2</sup> )	W <sub>propio</sub> (kg)	W <sub>viva</sub> (kg)	W <sub>mdiv</sub> (kg)	W <sub>total</sub> (kg)	W <sub>total</sub> (Ton)
I a IV y VI a IX	6.00	6.00	36.00	18,883.2	9,000.00	702.00	28,585.2	28.59

\* El tablero V no se considera en este inciso debido a que es el correspondiente a los cubos de escaleras y elevadores; éste se analiza más adelante.

Tabla 4.5 Peso por tablero para losas de entrepiso

LOSA DE AZOTEA							
Tableros Losa	Base (m)	Lado (m)	Área (m <sup>2</sup> )	W <sub>propio</sub> (kg)	W <sub>viva</sub> (kg)	W <sub>total</sub> (kg)	W <sub>total</sub> (Ton)
I a IX	6.00	6.00	36.00	17,982.0	3,600.00	21,582.0	21.58

Tabla 4.6 Peso por tablero para losa de azotea



### 4.2.3 Peso de muros estructurales

En la estructura propuesta intervienen muros estructurales de carga y rigidez. Estos elementos, junto con las columnas, son los responsables de transmitir el peso del edificio desde el nivel más alto hasta la cimentación. Por sus características y los esfuerzos que soportan, ayudan a resistir los esfuerzos cortantes originados en el edificio por acciones como sismo y viento.

El cálculo realizado para obtener el peso propio de estos elementos se muestra a continuación.

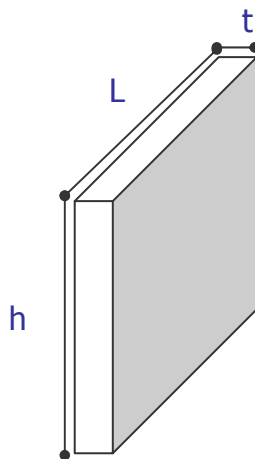


Figura 4.5 Diagrama de dimensiones de muros

**Peso de muros de carga:**

Tipo de muro: De concreto armado

Dimensiones:

$$\begin{aligned}h &= 3.00 \text{ m} \\L &= 6.00 \text{ m} \\ \text{Espesor} &= 0.20 \text{ m} \\ \text{Área del panel : } h * L &= 18.00 \text{ m}^2 \\ \text{Volumen: } \text{área} * t &= 3.60 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$W_{\text{panel}} = (\text{Volumen} * \gamma_c) / L = 1,464.00 \text{ Kg/m}$$

$W_{\text{murocarga}} = 1.46 \text{ Ton/m}$
---

**4.2.4 Peso de fachadas**

Los acabados de las fachadas se consideran también dentro del peso muerto del edificio. Para la estructura analizada, se propone una fachada compuesta por dos secciones: una parte de aplanado de acabado aparente y la otra parte de cristal. El aplanado de acabado aparente corresponde a los claros en los que se encuentran los muros, y el cristal a los claros en los cuales no existen muros, distribución que se mostró en el capítulo 2. La obtención del peso de las fachadas se realiza como sigue:

**Tipo de fachada:****Cristal**

Espesor:	10 mm	=	1.0	cm
Peso unitario:	40.0	Kg/m <sup>2</sup>	(incluye elementos de soporte)	
Altura de paneles:	3.0	m		
Crujias correspondientes:	B1-C1, B4-C4, A2-A3, D2-D3			

Peso de fachada = Peso unitario \*Área

<b>Fachada de cristal = 120.00 Kg/m</b>
---

**Tipo de fachada:****Aplanado de acabado aparente**

Material:	Mortero cemento - arena 1:3			
$\gamma =$	1,900.0	Kg/m <sup>3</sup>		
Espesor:	2.0	cm		
Peso unitario:	38.0	Kg/m <sup>2</sup>		
Altura de paneles:	3.0	m		
Crujias correspondientes:	A1-B1, C1-D1, A4-B4, C4-D4, A1-A2, A3-A4, D1-D2, D3-D4			

Peso de fachada = Peso unitario \*Área

<b>Fachada aplanado = 114.00 Kg/m</b>
---------------------------------------

**4.2.5 Peso de cubos de escaleras y elevadores**

Un porcentaje considerable del peso de la estructura es debida a las cargas generadas por el cubo de escaleras y elevadores. Tanto las cargas vivas como las cargas muertas que aportan son importantes y de magnitud diferente a la carga debida a un tablero de losa; por lo tanto, el tablero de losa V, que corresponde a estos elementos, se analiza en este apartado.

Como parte del peso que aportan los cubos de escaleras y elevadores se encuentra la carga viva; ésta es tomada del RCDF en el Capítulo V del Título Sexto,



dentro del inciso correspondiente a comunicación para peatones. La carga viva que se considera para este caso es la siguiente:

**Carga viva máxima sobre escaleras y ascensores:**

Según Art.199 del RCDF:

$$W_{\text{Viva}} = 350.00 \text{ Kg/m}^2$$

Esta sección del RCDF también menciona que debe fijarse una carga no menor de 100 Kg/ml en pretilas y barandales para escaleras, pasillos, rampas y balcones.

En el caso de comunicaciones para peatones, el RCDF establece algunas características mínimas para el diseño de los sitios de paso común. En el Capítulo IV del Título Quinto, se especifican las dimensiones requeridas por cuestión de seguridad en la estructura en caso de emergencia. Para la edificación en cuestión, las indicaciones que competen son las siguientes:

- Art. 98. Los accesos, intercomunicaciones y salidas deberán tener una altura de por los menos 2.10 m y un ancho de 0.60 m por cada 100 usuarios o fracción, sin disminuir las dimensiones mínimas indicadas en las NTC de este reglamento.

- Art. 99. Las circulaciones horizontales (corredores, pasillos y túneles) deben cumplir con las dimensiones mencionadas en el Art. 98.
- Art. 100. Las edificaciones deben contar con escaleras con ancho mínimo de 0.75 m, que comuniquen todos sus niveles aun cuando cuenten con elevadores, escaleras eléctricas o montacargas.
- Art. 105. Las edificaciones que tengan más de 4 niveles además de la planta baja o una altura o profundidad mayor de 12 m deben contar con un sistema de elevadores para pasajeros.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, a continuación se proponen y dimensionan las características de los elementos de comunicación para peatones elegidos para el caso de estudio, esto es: escaleras, elevadores y pasillos.

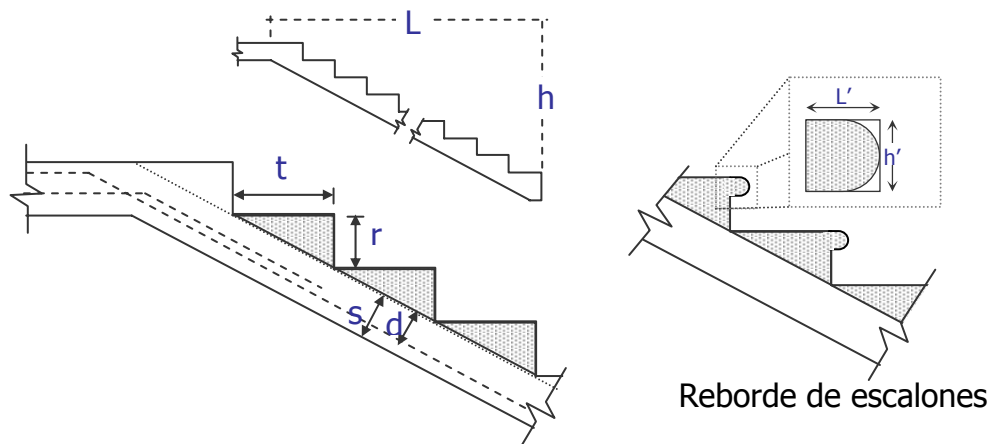


Figura 4.6 Diagrama de dimensiones de escalera



Tipo de escalera: De losa continua

Dimensiones propuestas:

L =	3.00	m	
b =	2.00	m	(Ancho)
t =	0.20	m	(Huella)
r =	0.20	m	(Peralte)
s =	0.12	m	(Espesor de losa)
r' =	0.02	m	(recubrimiento)
h =	3.00	m	
# escalones =	15.00		

Para aumentar la longitud de la huella, se propone un reborde en los escalones.

Donde:

L' =	0.05	m
h' =	0.05	m

A partir de estas dimensiones, se puede conocer la carga aportada por el peso propio de las escaleras mediante el siguiente proceso de análisis numérico.

### Peso de escaleras:

$$W_{\text{escalones}} = [(L/t) * ((t*r)/2) * b * \gamma_c]$$

$$W_{\text{escalones}} = 1,464.00 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{losa}} = (s * (h^2 + L^2)^{1/2} * b * \gamma_c)$$

$$W_{\text{losa}} = 2,484.49 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{reborde}} = ((L' * h' * b * \#_{\text{escalones}}) * \gamma_c)$$

$$W_{\text{reborde}} = 183.00 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{unitario}} = W_{\text{escalones}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{reborde}} + (100 * L_{\text{escalera}})$$

$$\boxed{W_{\text{escaleras}} = 4,431.5 \text{ Kg}}$$

\* Donde el último término representa la sobrecarga por barandal establecida en el RCDF

$$W_{\text{Tescaleras}} = (W_{\text{escalera}} + W_{\text{vivas}}) * 2 \text{ escaleras}$$

$$\boxed{W_{\text{Tescaleras}} = 13,063.0 \text{ Kg}}$$



Para el caso de los ascensores, las características geométricas y técnicas son proporcionadas por el proveedor. En el caso que se analiza se tomó en cuenta una propuesta de la empresa Ascensores Neuquen. Se eligió una unidad con pistón central con una capacidad de carga de 675 Kg (9 personas aproximadamente) y puertas automáticas. El peso aproximado por unidad colocada y en servicio es de 1,275.00 Kg. La instalación del sistema requiere de una casa de máquinas, instalada por debajo del nivel de la superficie; tanto las dimensiones de ésta como las del cubo y el ascensor mismo son indicadas por el proveedor. Con estos datos tenemos que el peso de los elevadores queda como sigue:

$$W_{\text{elevadores}} = 2 \text{ unidades} * (W_{\text{propio}} + W_{\text{viva}})$$

$$W_{\text{elevadores}} = 2*( 1,275.00 + (350*4) ) = 5,350.00 \text{ Kg}$$

El área libre entre elevadores y escaleras, considerada como pasillos y pasos peatonales, está formada por una losa con las características de la losa de entrepiso analizada anteriormente. El área útil considerada para esta comunicación peatonal se observa en el diagrama detallado del cubo de escaleras y elevadores de la figura 4.10.



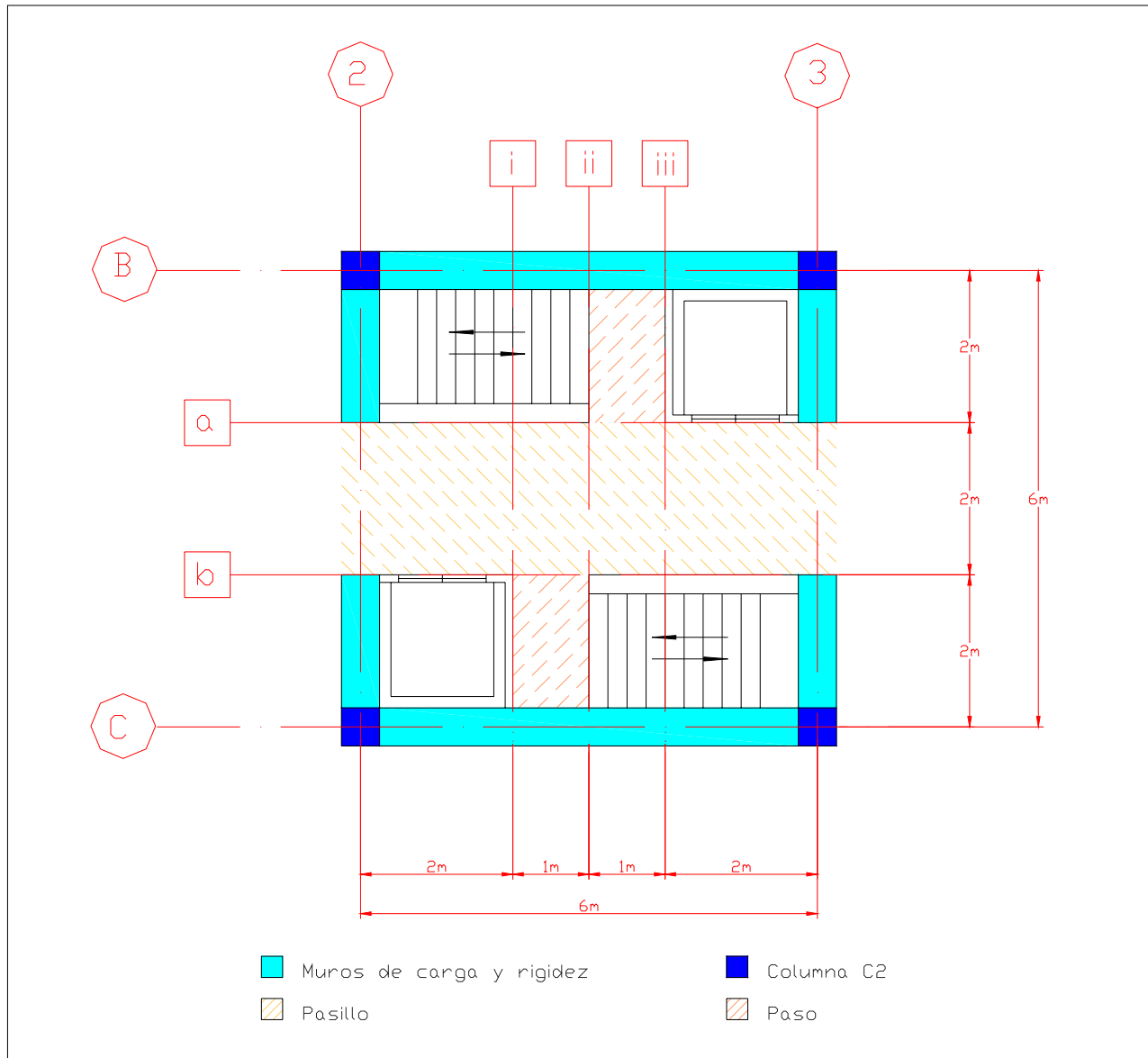


Figura 4.7 Detalle de cubo de escaleras y elevadores



El peso que estos elementos aportan se cuantifica de la manera siguiente:

### Peso de pasillos y pasos peatonales:

#### a) Peso de pasillo:

Dimensiones:

$$L = 6.00 \text{ m}$$

$$b = 2.00 \text{ m}$$

$$\text{Área} = L * b = 12.00 \text{ m}^2$$

$$*W_{\text{Losa}} = 524.53 \text{ Kg/m}^2$$

\*Se toma el mismo que la losa de entrepiso por poseer las mismas características.

$$W_{\text{pasillo}} = (W_{\text{losa}} + W_{\text{viva}}) * A_{\text{pasillo}} + (100 * L_{\text{pasillo}})$$

$W_{\text{pasillo}} =$	<b>11,094.41</b>	<b>Kg</b>
------------------------	------------------	-----------

\*El último término representa la sobrecarga debida a barandales dada en el RCDF

#### b) Peso de paso:

Dimensiones:

$$L = 2.00 \text{ m}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Área} = L * b = 2.00 \text{ m}^2$$

$$*W_{\text{Losa}} = 524.53 \text{ Kg/m}^2$$

\*Se toma el mismo que la losa de entrepiso por poseer las mismas características.

$$W_{\text{paso}} = (W_{\text{losa}} + W_{\text{viva}}) * A_{\text{paso}}$$

$W_{\text{paso}} =$	<b>1,749.07</b>	<b>Kg</b>
---------------------	-----------------	-----------

### Peso total de paso peatonal:

$$W_{\text{total}} = W_{\text{pasillo}} + 2 * W_{\text{paso}}$$

$W_{\text{total}} =$	<b>14,592.5</b>	<b>Kg</b>
----------------------	-----------------	-----------

Con las cantidades anteriormente calculadas, se obtiene el peso total que aportan los cubos de escaleras al peso de la estructura.

### Peso total de cubos de escaleras y elevadores:

$$W_{\text{cubos}} = W_{\text{escaleras}} + W_{\text{elevador}} + W_{\text{pasos peatonales}}$$

$$W_{\text{escaleras}} = 13,062.98 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{elevador}} = 5,350.00 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{pasos peatonales}} = 14,592.55 \text{ Kg}$$

$W_{\text{cubos}} =$	<b>33,005.53</b>	<b>Kg</b>	$=$	<b>33.01</b>	<b>Ton</b>
----------------------	------------------	-----------	-----	--------------	------------



#### 4.2.6 Cargas transmitidas a trabes

Esta parte del procedimiento consta de identificar, cuantificar y acumular las cargas que son transmitidas hacia las trabes en cada nivel de la estructura. En el diagrama 4.1 se muestra la distribución de carga correspondiente a este procedimiento.

Los elementos que generan carga para las trabes son las losas y fachadas; en el peso de las losas ya se incluye la carga viva y los muros divisorios. Para conocer la aportación de carga que realizan estos elementos se emplean los siguientes términos:

a)  $W_{propio} = W_{trabe} * L$

b) Para trabes tipo T1 :  $W_{losas} = 1/4 W_{losa}$

Para trabes tipo T2 :  $W_{losas} = 2/4 W_{losa}$

Para trabes tipo T3 :  $W_{losas} = (W_{losa}/36)*5$

c) Para trabes tipo T1:  $W_{fachada} = W_{fachada\ cristal} * L$

d)  $W_{trabes} = \Sigma_{cargas} / L$

En las tablas siguientes, se presenta el proceso numérico mencionado para las trabes de la estructura. Debido a que el peso que soportan las trabes de los niveles 4 a Planta Baja es el mismo, el cálculo y los valores no varían.

**Nivel 5 (Azotea)**

Trabe	Tipo	L (m)	W propio (kg)	W losas (kg)	W fachada (kg)	Suma (kg)	W trabes (Kg/m)
A2-A3	T1	6.00	2,196.0	5,396	720.0	8,312	1,385
B1-B2	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
B3-B4	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
C1-C2	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
C3-C4	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
D2-D3	T1	6.00	2,196.0	5,396	720.0	8,312	1,385
B1-C1	T1	6.00	2,196.0	5,396	720.0	8,312	1,385
A2-B2	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
a2-b2	T3	2.00	195.2	5,995		6,190	3,095
C2-D2	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
A3-B3	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
a3-b3	T3	2.00	195.2	5,995		6,190	3,095
C3-D3	T2	6.00	3,513.6	10,791		14,305	2,384
B4-C4	T1	6.00	2,196.0	5,396	720.0	8,312	1,385

Tabla 4.7 Carga por trabe nivel de azotea

**Niveles 4 a PB**

Trabe	Tipo	L (m)	W propio (kg)	W losas (kg)	W fachada (kg)	Suma (kg)	W trabes (Kg/m)
A2-A3	T1	6.00	2,196.0	7,146	720.0	10,062	1,677
B1-B2	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
B3-B4	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
C1-C2	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
C3-C4	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
D2-D3	T1	6.00	2,196.0	7,146	720.0	10,062	1,677
B1-C1	T1	6.00	2,196.0	7,146	720.0	10,062	1,677
A2-B2	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
a2-b2	T3	2.00	195.2	3,970		4,165	2,083
C2-D2	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
A3-B3	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
C3-D3	T2	6.00	3,513.6	14,293		17,806	2,968
a3-b3	T3	2.00	195.2	3,970		4,165	2,083
B4-C4	T1	6.00	2,196.0	7,146	720.0	10,062	1,677

Tabla 4.8 Carga por trabe niveles 4 a Planta Baja

### 4.2.7 Cargas transmitidas a columnas

El siguiente paso del análisis consiste en acumular las cargas generadas en cada nivel que, junto con su peso propio, las columnas soportan y transmiten hasta la cimentación. Para ello, primero se calcula el peso propio de las columnas de la manera siguiente:

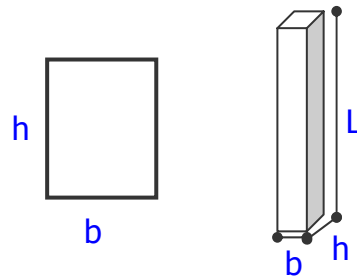


Figura 4.8 Diagrama de dimensiones de columnas

$$\text{Peso} = \gamma_c * (b * h * L)$$

$$\gamma_c = 2440.00 \text{ Kg/m}^3$$

Columna Tipo	b (m)	h (m)	L (m)	a*b (m <sup>2</sup> )	W <sub>propio</sub> (Kg/ml)	W <sub>propio</sub> (Kg)
C1	0.30	0.30	3.00	0.09	219.60	658.80
C2	0.35	0.35	3.00	0.12	298.90	896.70

Tabla 4.9 Cálculo de peso propio de columnas

En las tablas siguientes se muestra la acumulación de cargas por cada nivel hacia a las columnas. Es decir, se consideran todas las cargas que actúan de manera directa o indirecta sobre las columnas y se cuantifican. Para obtener las cargas sobre cada columna se realizaron las siguientes operaciones:

a)  $W_{\text{propio}} = W_{\text{columna}} * L$

b) Para columnas tipo C1 :  $W_{\text{trabes}} = 1/2 W_{T1L1} + 1/2 W_{T2L2}$

Para columnas tipo C2 :  $W_{\text{trabes}} = 1/2 (1/2 W_{T2L2})$



La nomenclatura de las columnas puede consultarse en los diagramas de distribución de cargas presentados al inicio del procedimiento de bajada de cargas.

**Nivel 5**

<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>W<sub>propio</sub> (kg)</b>	<b>W<sub>trabes</sub> (kg)</b>	<b>SUMA (kg)</b>	<b>Acumulado (Ton)</b>
A2	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
A3	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
B1	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
B2	C2	896.7	14,305	15,201	15.201
B3	C2	896.7	14,305	15,201	15.201
B4	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
C1	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
C2	C2	896.7	14,305	15,201	15.201
C3	C2	896.7	14,305	15,201	15.201
C4	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
D2	C1	658.8	11,308	11,967	11.967
D3	C1	658.8	11,308	11,967	11.967

Tabla 4.10 Carga por columna nivel 5

**Nivel 4**

<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>W<sub>propio</sub> (kg)</b>	<b>W<sub>trabes</sub> (kg)</b>	<b>SUMA (kg)</b>	<b>Acumulado (Ton)</b>
A2	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
A3	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
B1	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
B2	C2	896.7	17,806	18,703	33.904
B3	C2	896.7	17,806	18,703	33.904
B4	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
C1	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
C2	C2	896.7	17,806	18,703	33.904
C3	C2	896.7	17,806	18,703	33.904
C4	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
D2	C1	658.8	13,934	14,593	26.560
D3	C1	658.8	13,934	14,593	26.560

Tabla 4.11 Carga por columna nivel 4

**Nivel 3**

<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>W<sub>propio</sub> (kg)</b>	<b>W<sub>trabes</sub> (kg)</b>	<b>SUMA (kg)</b>	<b>Acumulado (Ton)</b>
A2	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
A3	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
B1	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
B2	C2	896.7	17,806	18,703	52.607
B3	C2	896.7	17,806	18,703	52.607
B4	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
C1	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
C2	C2	896.7	17,806	18,703	52.607
C3	C2	896.7	17,806	18,703	52.607
C4	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
D2	C1	658.8	13,934	14,593	41.153
D3	C1	658.8	13,934	14,593	41.153

Tabla 4.12 Carga por columna nivel 3

**Nivel 2**

<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>W<sub>propio</sub> (kg)</b>	<b>W<sub>trabes</sub> (kg)</b>	<b>SUMA (kg)</b>	<b>Acumulado (Ton)</b>
A2	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
A3	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
B1	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
B2	C2	896.7	17,806	18,703	71.310
B3	C2	896.7	17,806	18,703	71.310
B4	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
C1	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
C2	C2	896.7	17,806	18,703	71.310
C3	C2	896.7	17,806	18,703	71.310
C4	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
D2	C1	658.8	13,934	14,593	55.746
D3	C1	658.8	13,934	14,593	55.746

Tabla 4.13 Carga por columna nivel 2

**Nivel 1**

<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>W<sub>propio</sub> (kg)</b>	<b>W<sub>trabes</sub> (kg)</b>	<b>SUMA (kg)</b>	<b>Acumulado (Ton)</b>
A2	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
A3	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
B1	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
B2	C2	896.7	17,806	18,703	90.013
B3	C2	896.7	17,806	18,703	90.013
B4	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
C1	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
C2	C2	896.7	17,806	18,703	90.013
C3	C2	896.7	17,806	18,703	90.013
C4	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
D2	C1	658.8	13,934	14,593	70.339
D3	C1	658.8	13,934	14,593	70.339

Tabla 4.14 Carga por columna nivel 1

**Planta Baja**

<b>Columna</b>	<b>Tipo</b>	<b>W<sub>propio</sub> (kg)</b>	<b>W<sub>trabes</sub> (kg)</b>	<b>SUMA (kg)</b>	<b>Acumulado (Ton)</b>
A2	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
A3	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
B1	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
B2	C2	896.7	17,806	18,703	108.716
B3	C2	896.7	17,806	18,703	108.716
B4	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
C1	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
C2	C2	896.7	17,806	18,703	108.716
C3	C2	896.7	17,806	18,703	108.716
C4	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
D2	C1	658.8	13,934	14,593	84.932
D3	C1	658.8	13,934	14,593	84.932

Tabla 4.15 Carga por columna nivel de planta baja





La siguiente tabla presenta el resumen de cargas obtenidas en columnas por cada nivel conforme al procedimiento anterior.

<b>Cargas totales en columnas</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Carga por nivel (Kg)</b>	<b>Carga acumulada (Kg)</b>	<b>Carga acumulada (Ton)</b>
5	156,540.00	156,540.00	156.54
4	191,556.17	348,096.17	348.10
3	191,556.17	539,652.35	539.65
2	191,556.17	731,208.52	731.21
1	191,556.17	922,764.69	922.76
PB	191,556.17	1,114,320.87	1,114.32
		<b>1,114,320.87</b>	<b>1,114.32</b>

Tabla 4.16 Resumen de cargas en columnas por cada nivel

#### 4.2.8 Cargas transmitidas a muros

En este apartado se cuantifican y acumulan las cargas que soportan y generan, por peso propio, los muros estructurales del edificio. El cálculo del peso propio de estos elementos fue realizado en el inciso 4.2.3. En esta sección solamente se presentan las cargas que reciben y transmiten estos elementos por cada nivel de la estructura.

En la tabla siguiente se recuerdan los pesos propios obtenidos para los muros estructurales:

<b>Muro</b>	<b>t (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b><math>W_{propio}</math> (Kg/m)</b>
Carga	0.20	3.00	1,440.00

Tabla 4.17 Peso propio de muros estructurales



Para la obtención de cargas, se recurrió a las siguientes expresiones:

- Para muros perimetrales (A1-A2;A3-A4;D1-D2;D3-D4;A1-B1;C1-D1;A4-B4;C4-D4):

a)  $W_{\text{losas}} = 1/4 W_{\text{propio losa}}$

b)  $W_{\text{fachadas}} = W_{\text{fachada aplanado}} * L$

- Para muros interiores (B2-B3;C2-C3):

a) Para nivel de azotea:  $W_{\text{losas}} = 1/2 W_{\text{losa azotea}}$

Para niveles intermedios:  $W_{\text{losas}} = 1/4 W_{\text{losa entrepiso}}$

b) Para niveles intermedios:  $W_{\text{cubos}} = 1/4 W_{\text{cubos escaleras}}$

- Para muros interiores (B2-a2;B3-a3;b2-C2;b3-C3):

a) Para nivel de azotea:  $W_{\text{losas}} = 1/9 W_{\text{losa azotea}}$

Para niveles intermedios:  $W_{\text{losas}} = 1/18 W_{\text{losa entrepiso}}$

b) Para niveles intermedios:  $W_{\text{cubos}} = 1/8 W_{\text{cubos escaleras}}$

c)  $W_{T3} = 1/2 W_{T3}$

- Para todos los casos:

a)  $W_{\text{muros}} = \Sigma_{\text{cargas}} / L$

En las tablas 4.18 a 4.23 se muestran las cargas acumuladas a través de los muros estructurales en cada nivel.

**Nivel 5**

Muro	L (m)	W <sub>propio</sub> (Kg)	W <sub>losas</sub> (Kg)	W <sub>T3</sub> (Kg)	W <sub>cubos</sub> (Kg)	W <sub>fachada</sub> (Kg)	Suma (kg)	Acum. (Ton)	W <sub>muros</sub> (Kg/m)
A1 - A2	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
A3 - A4	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
B2 - B3	6.00	8,784.0	10,791		8,251.4		27,826	27.8	4,637.7
C2 - C3	6.00	8,784.0	10,791		8,251.4		27,826	27.8	4,637.7
D1 - D2	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
D3 - D4	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
A1 - B1	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
C1 - D1	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
B2 - a2	2.00	2,928.0	2,398.0	3,095.1	4,125.7		12,546.8	12.5	6,273.4
b2 - C2	2.00	2,928.0	2,398.0	3,095.1	4,125.7		12,546.8	12.5	6,273.4
B3 - a3	2.00	2,928.0	2,398.0	3,095.1	4,125.7		12,546.8	12.5	6,273.4
b3 - C3	2.00	2,928.0	2,398.0	3,095.1	4,125.7		12,546.8	12.5	6,273.4
A4 - B4	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3
C4 - D4	6.00	8,784.0	5,395.5			684.0	14,863.5	14.9	2,477.3

Tabla 4.18 Cargas a muros estructurales nivel 5

**Nivel 4**

Muro	L (m)	W <sub>propio</sub> (Kg)	W <sub>losas</sub> (Kg)	W <sub>T3</sub> (Kg)	W <sub>cubos</sub> (Kg)	W <sub>fachada</sub> (Kg)	Suma (kg)	Acum. (Ton)	W <sub>muros</sub> (Kg/m)
A1 - A2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
A3 - A4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
B2 - B3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	52.01	4,030.28
C2 - C3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	52.01	4,030.28
D1 - D2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
D3 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
A1 - B1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
C1 - D1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
B2 - a2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	23.27	5,362.22
b2 - C2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	23.27	5,362.22
B3 - a3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	23.27	5,362.22
b3 - C3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	23.27	5,362.22
A4 - B4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05
C4 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	31.48	2,769.05

Tabla 4.19 Cargas a muros estructurales nivel 4

**Nivel 3**

Muro	L (m)	W <sub>propio</sub> (Kg)	W <sub>losas</sub> (Kg)	W <sub>T3</sub> (Kg)	W <sub>cubos</sub> (Kg)	W <sub>fachada</sub> (Kg)	Suma (kg)	Acum. (Ton)	W <sub>muros</sub> (Kg/m)
A1 - A2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
A3 - A4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
B2 - B3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	76.2	4,030.3
C2 - C3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	76.2	4,030.3
D1 - D2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
D3 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
A1 - B1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
C1 - D1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
B2 - a2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	34.0	5,362.2
b2 - C2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	34.0	5,362.2
B3 - a3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	34.0	5,362.2
b3 - C3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	34.0	5,362.2
A4 - B4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1
C4 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	48.1	2,769.1

Tabla 4.20 Cargas a muros estructurales nivel 3

**Nivel 2**

Muro	L (m)	W <sub>propio</sub> (Kg)	W <sub>losas</sub> (Kg)	W <sub>T3</sub> (Kg)	W <sub>cubos</sub> (Kg)	W <sub>fachada</sub> (Kg)	Suma (kg)	Acum. (Ton)	W <sub>muros</sub> (Kg/m)
A1 - A2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
A3 - A4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
B2 - B3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	100.37	4,030.28
C2 - C3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	100.37	4,030.28
D1 - D2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
D3 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
A1 - B1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
C1 - D1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
B2 - a2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	44.72	5,362.22
b2 - C2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	44.72	5,362.22
B3 - a3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	44.72	5,362.22
b3 - C3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	44.72	5,362.22
A4 - B4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05
C4 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	64.71	2,769.05

Tabla 4.21 Cargas a muros estructurales nivel 2

**Nivel 1**

Muro	L (m)	W <sub>propio</sub> (Kg)	W <sub>losas</sub> (Kg)	W <sub>T3</sub> (Kg)	W <sub>cubos</sub> (Kg)	W <sub>fachada</sub> (Kg)	Suma (kg)	Acum. (Ton)	W <sub>muros</sub> (Kg/m)
A1 - A2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
A3 - A4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
B2 - B3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	124.6	4,030.3
C2 - C3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	124.6	4,030.3
D1 - D2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
D3 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
A1 - B1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
C1 - D1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
B2 - a2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	55.4	5,362.2
b2 - C2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	55.4	5,362.2
B3 - a3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	55.4	5,362.2
b3 - C3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724.4	55.4	5,362.2
A4 - B4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1
C4 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614.3	81.3	2,769.1

Tabla 4.22 Cargas a muros estructurales nivel 1

**PB**

Muro	L (m)	W <sub>propio</sub> (Kg)	W <sub>losas</sub> (Kg)	W <sub>T3</sub> (Kg)	W <sub>cubos</sub> (Kg)	W <sub>fachada</sub> (Kg)	Suma (kg)	Acum. (Ton)	W <sub>muros</sub> (Kg/m)
A1 - A2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
A3 - A4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
B2 - B3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	148.73	4,030.28
C2 - C3	6.00	8,784.0	7,146.3		8,251.4		24,182	148.73	4,030.28
D1 - D2	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
D3 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
A1 - B1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
C1 - D1	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
B2 - a2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	66.17	5,362.22
b2 - C2	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	66.17	5,362.22
B3 - a3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	66.17	5,362.22
b3 - C3	2.00	2,928.0	1,588.1	2,082.7	4,125.7		10,724	66.17	5,362.22
A4 - B4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05
C4 - D4	6.00	8,784.0	7,146.3			684.0	16,614	97.94	2,769.05

Tabla 4.23 Cargas a muros estructurales nivel de planta baja



La tabla que se presenta a continuación muestra el resumen de las cargas soportadas y generadas por los muros en cada nivel.

<b>Cargas totales en muros</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Carga por nivel (Kg)</b>	<b>Carga acumulada (Kg)</b>	<b>Carga acumulada (Ton)</b>
5	224,747.93	224,747.93	224.75
4	224,175.63	448,923.56	448.92
3	224,175.63	673,099.20	673.10
2	224,175.63	897,274.83	897.27
1	224,175.63	1,121,450.46	1,121.45
PB	224,175.63	1,345,626.10	1,345.63
		<b>1,345,626.10</b>	<b>1,345.63</b>

Tabla 4.24 Resumen de cargas en muros por cada nivel

#### 4.2.9 Cargas totales por nivel en la estructura

A manera de resumen, en la tabla 4.25 se presentan las cargas totales aportadas por cada nivel de la estructura y también la carga acumulada que las mismas generan. En ella se observa la magnitud de las cargas que se tienen por peso propio de la estructura

<b>Cargas totales en la estructura</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Carga por nivel (Kg)</b>	<b>Carga acumulada (Kg)</b>	<b>Carga acumulada (Ton)</b>
5	381,287.93	381,287.93	381.29
4	415,731.81	797,019.74	797.02
3	415,731.81	1,212,751.54	1,212.75
2	415,731.81	1,628,483.35	1,628.48
1	415,731.81	2,044,215.16	2,044.22
PB	415,731.81	<b>2,459,946.97</b>	<b>2,459.95</b>

Tabla 4.25 Resumen de cargas totales por nivel



### 4.3 Comprobación de la bajada de cargas

Con el fin de comprobar si el procedimiento fue realizado correctamente, se cuantifican los elementos individuales de la estructura y se acumulan para obtener una cantidad aproximada a lo que debe ser el peso total de la estructura.

La siguiente tabla muestra el número de elementos que hay por cada tipo de planta así como el peso que aportan al peso de la misma y el peso total de éstas.

#### Comprobación de la Bajada de Cargas

<b>Número de niveles:</b>		<b>13</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Wpropio (Ton)</b>	<b>Elementos X Nivel</b>	<b>Peso X Nivel (Ton)</b>	<b>Peso planta tipo</b>	
				<b>Azotea</b>	<b>Entrepiso</b>
Trabe T1	2.196	4	8.78	8.78	8.78
Trabe T2	3.514	8	28.11	28.11	28.11
Trabe T3	0.195	2	0.39	0.39	0.39
Columna C1	0.659	8	5.27	5.27	5.27
Columna C2	0.897	4	3.59	3.59	3.59
*Losa azotea	21.582	9	194.24	194.24	
*Losa entrepiso	28.585	8	228.68		228.68
Cubo escaleras	33.006	1	33.01	33.01	33.01
Muros Carga	8.784	11.33	99.55	99.55	99.55
Fachada Cristal	0.720	4	2.88	2.88	2.88
Fachada Aplanado	0.684	8	5.47	5.47	5.47
<b>Sumas:</b>				<b>381.29</b>	<b>415.73</b>

\*Incluye peso por muros divisorios y cargas vivas.

Tabla 4.26 Cuantificación de elementos y peso por planta tipo



La tabla 4.27 presenta los pesos correspondientes a cada nivel según lo calculado en la tabla anterior, también los pesos acumulados y finalmente el peso total que corresponde a la estructura.

<b>Pesos totales por nivel</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Peso (ton)</b>	<b>Acumulado (ton)</b>
5	381.29	381.29
4	415.73	797.02
3	415.73	1,212.75
2	415.73	1,628.48
1	415.73	2,044.22
PB	415.73	<b>2,459.95</b>

Tabla 4.27 Pesos totales y acumulados por nivel