

# ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS ANÁLISIS ESTRUCTURAL AVANZADO

## PROYECTO ESTRUCTURAL

**Michel Bolaños Guerrero,**

Ing. Civil, Especialista en Estructuras,  
Magister en Ingeniería – Énfasis en Ingeniería Civil,  
Candidato a Doctor en Ingeniería – Énfasis en Mecánica de Sólidos

2023-B

Facultad de Ingeniería - Especialización en Estructuras

<https://michel.udenar.edu.co/> - [michel@udenar.edu.co](mailto:michel@udenar.edu.co)

**Universidad de Nariño**

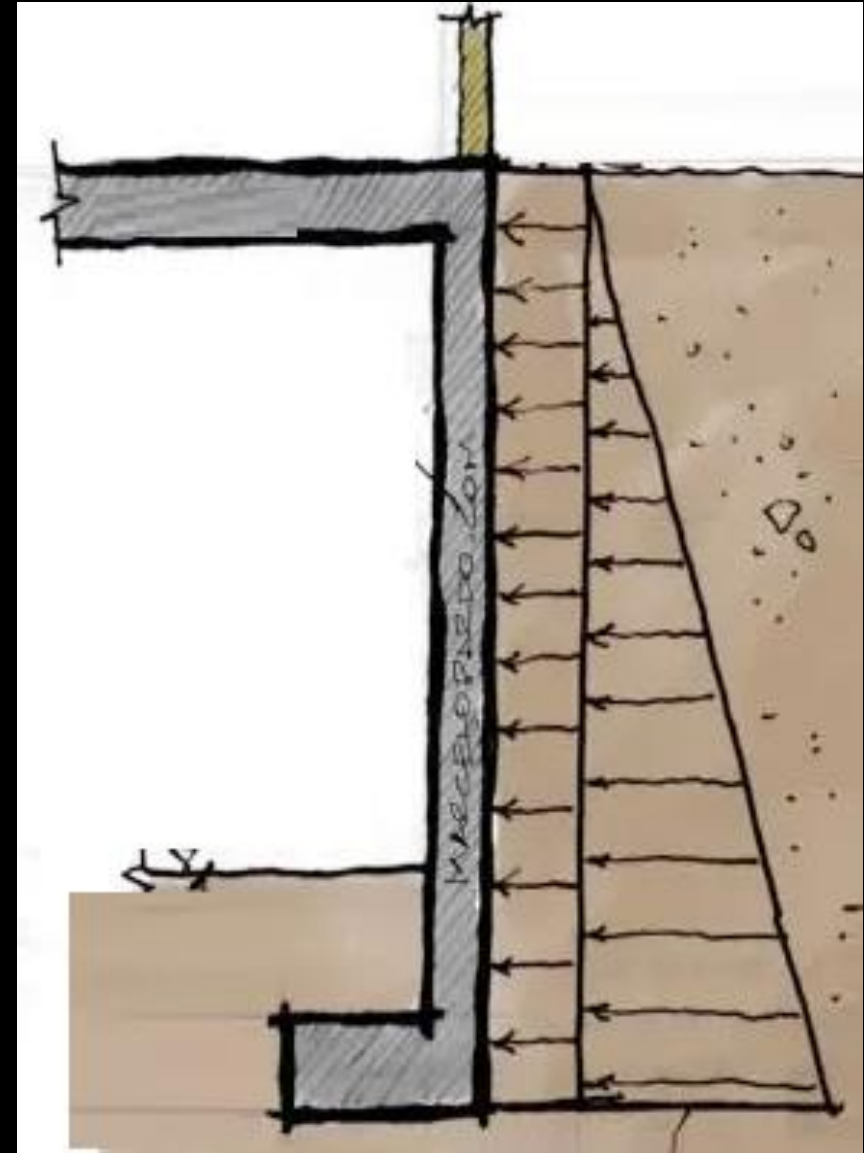
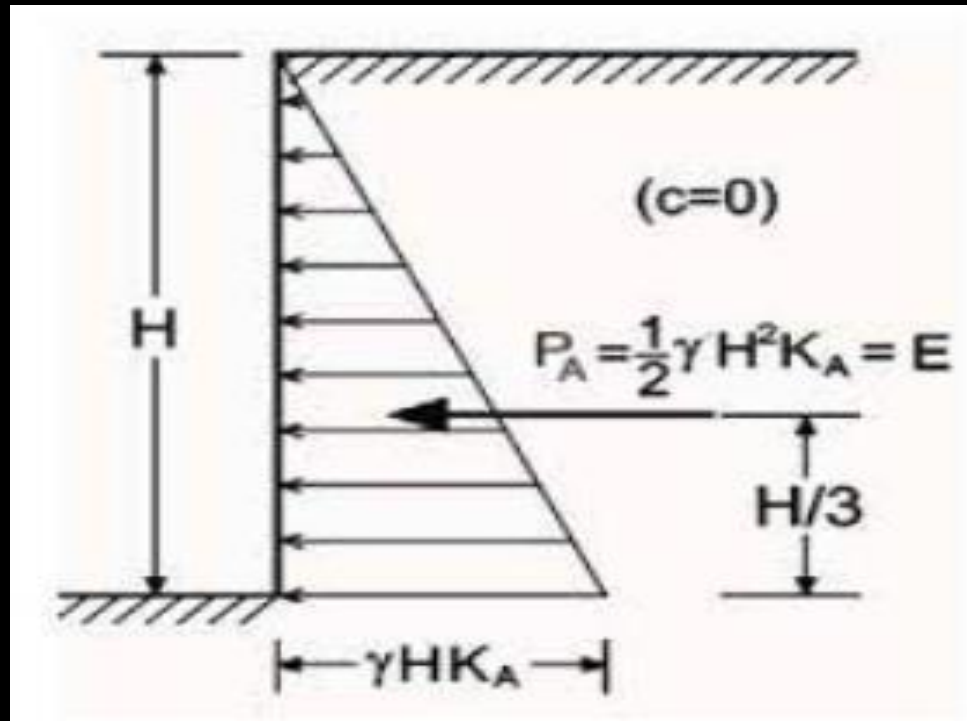
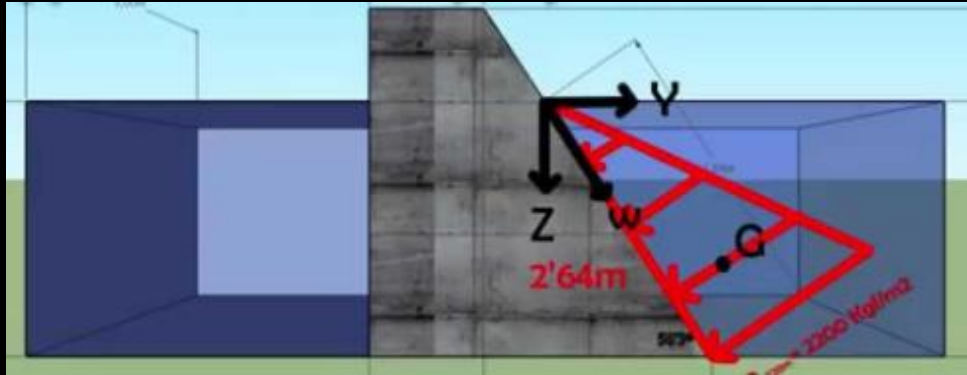


# PROYECTO ESTRUCTURAL

1. Conceptualización espacial.
2. Análisis de cargas gravitacionales.
3. Análisis de cargas laterales.
4. Combinaciones de cargas.
5. Deformaciones, fuerzas finales y esfuerzos.



# 3. CARGAS LATERALES



# 3. CARGAS LATERALES

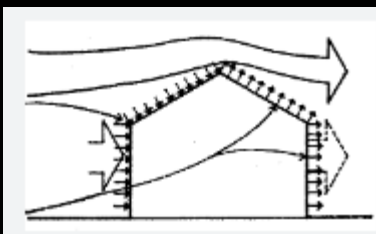
## CAPÍTULO B.6 FUERZAS DE VIENTO

### B.6.1 — ALCANCE

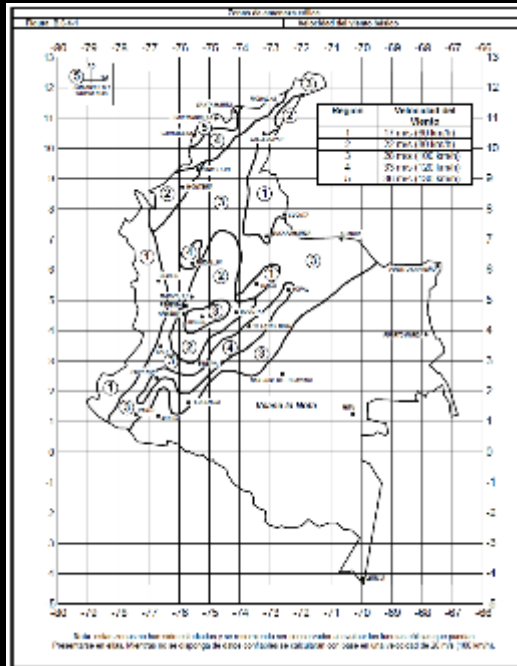
A continuación se presentan métodos para calcular las fuerzas de viento con que debe diseñarse el sistema principal de resistencia de fuerzas de viento (SPRFV) de las edificaciones, sus componentes y elementos de revestimiento. No es aplicable a las estructuras de forma o localización especiales, las cuales requieren investigación apropiada, ni a las que puedan verse sometidas a oscilaciones graves inducidas por el viento, ni tampoco a estructuras de puentes. Cuando existan resultados experimentales, obtenidos en túneles de viento, éstos pueden usarse en lugar de los especificados en este capítulo, siempre y cuando reciban la aprobación de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.

**B.6.1.1 — PROCEDIMIENTOS PERMITIDOS** — Las cargas de diseño para edificios y otras estructuras, incluyendo el SPRFV y todos los componentes y elementos de revestimiento de estos, se determinaran usando uno de los siguientes procedimientos:

- Método 1** — Procedimiento Simplificado, para edificios que cumplan los requisitos especificados en la sección B.6.4
- Método 2** — Procedimiento Analítico, para edificios que cumplan los requisitos especificados en la sección B.6.5.
- Método 3** — Procedimiento de Túnel de Viento como se especifica en la sección B.6.6.



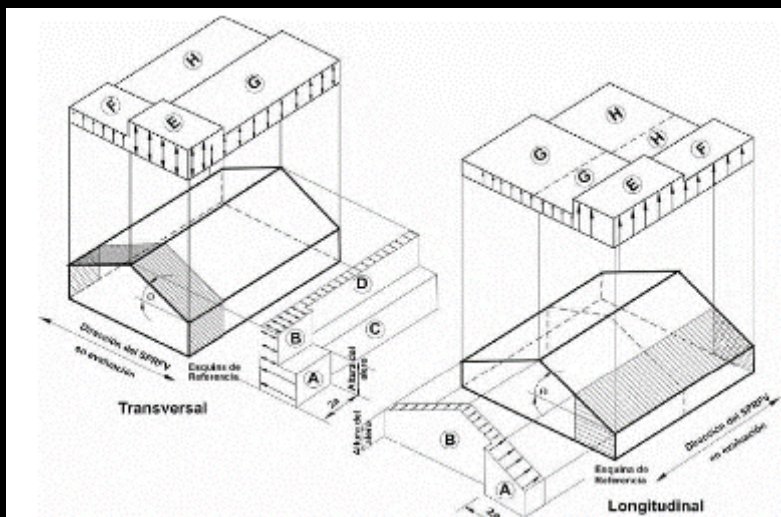
# 3. CARGAS LATERALES



Sistema Principal de Resistencia de Fuerzas de Viento - Método 1							h ≤ 18.0 m					
Figura B.6.4-2 (Continuación)				Presiones de Viento de Diseño			Muros y Cubiertas					
Edificios Cerrados												
Procedimiento Simplificado: Presión Básica de Viento, $p_{s10}$ (kN/m <sup>2</sup> ) (Exposición B a una altura h = 10.0 m, $K_{zt} = 1.0$ , con $I = 1.0$ )												
Velocidad Básica de Viento m/s (km/h)	Angulo de Inclinación de la cubierta (grados)	Caso de Carga	Zonas									
			Presiones Horizontales			Presiones Verticales		Aleros				
			A	B	C	D	E	F	G	H	$E_{top}$	$G_{top}$
17 (60)	0 a 5	1	0.11	-0.05	0.07	-0.03	-0.13	-0.07	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14
	10	1	0.12	-0.05	0.08	-0.03	-0.13	-0.08	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14
	15	1	0.13	-0.04	0.09	-0.02	-0.13	-0.08	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14
	20	1	0.15	-0.04	0.10	-0.02	-0.13	-0.09	-0.09	-0.07	-0.18	-0.14
	25	1	0.13	0.02	0.10	0.02	-0.06	-0.00	-0.04	-0.06	-0.11	-0.09
		2	—	—	—	—	-0.02	0.04	-0.01	0.03	—	—
30 a 45	1	0.12	0.00	0.09	0.06	0.01	-0.07	0.00	-0.06	-0.04	-0.05	
	2	0.12	0.00	0.09	0.06	0.05	0.04	0.04	-0.03	0.04	-0.05	

Factor de Ajuste por Altura del Edificio y Exposición,  $\lambda$

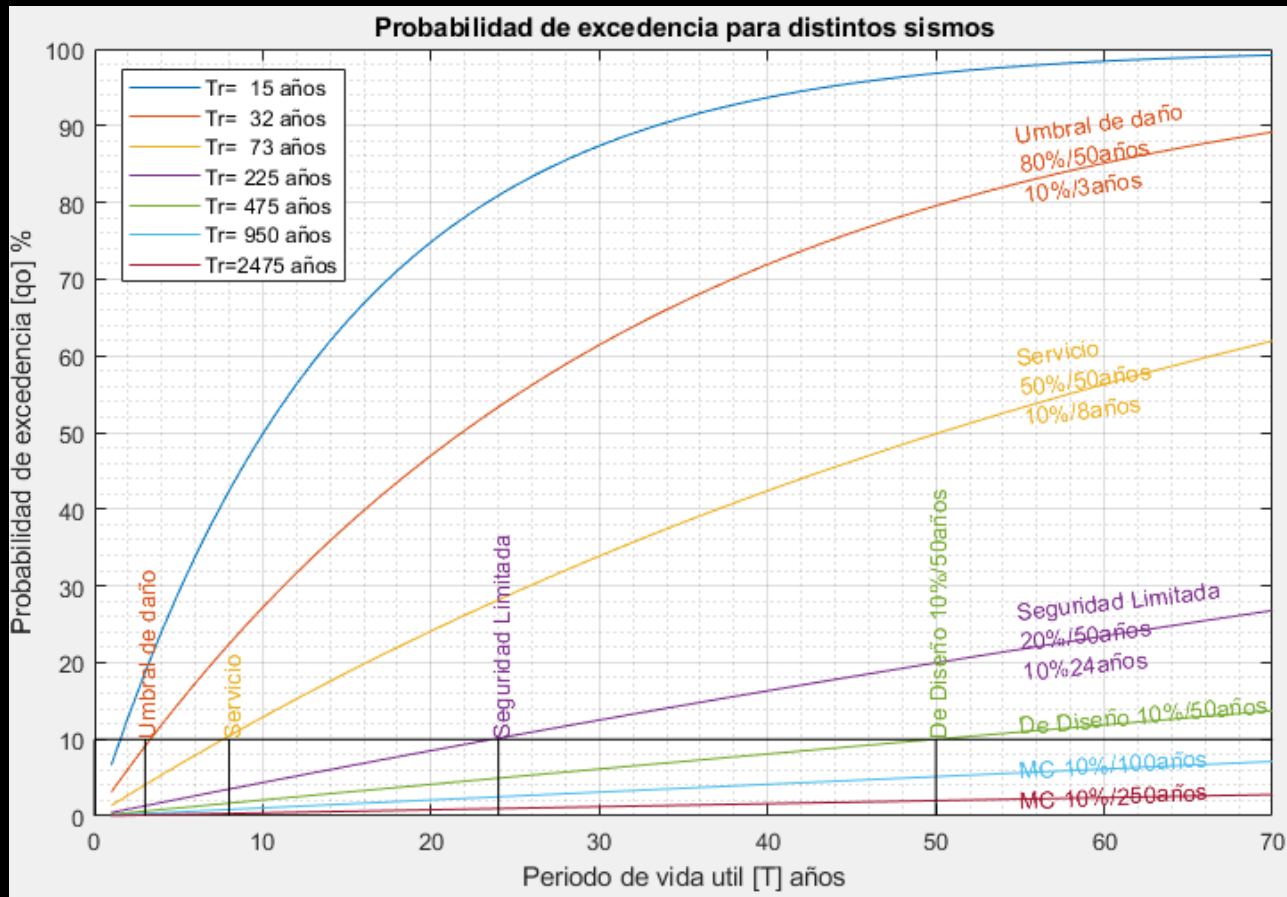
Altura Media del Edificio (m)	Exposición		
	B	C	D
4,5	1.00	1.21	1.47
6,0	1.00	1.29	1.55
7,5	1.00	1.35	1.61
9,0	1.00	1.40	1.66
10,5	1.05	1.45	1.70
12,0	1.09	1.49	1.74
13,5	1.12	1.53	1.78
15,0	1.16	1.56	1.81
16,5	1.19	1.59	1.84
18,0	1.22	1.62	1.87



# 3. CARGAS LATERALES

## A.2.2 — MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO

A.2.2.1 — Los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectiva, representada por el parámetro  $A_a$ , y de la velocidad pico efectiva, representada por el parámetro  $A_v$ , para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años. Los valores de estos coeficientes, para efectos de este Reglamento, deben determinarse de acuerdo con A.2.2.2 y A.2.2.3.



# 3. CARGAS LATERALES

Tabla A.2.2-1

Valores de  $A_a$  y de  $A_v$ , según las regiones  
De los mapas de las figuras A.2.3-2 Y A.2.3-3

Región N°	Valor de $A_a$ o de $A_v$
10	0.50
9	0.45
8	0.40
7	0.35
6	0.30
5	0.25
4	0.20
3	0.15
2	0.10
1	0.05

Tabla A.2.3-1

Nivel de amenaza sísmica según valores de  $A_a$  y de  $A_v$

Mayor valor entre $A_a$ y $A_v$	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

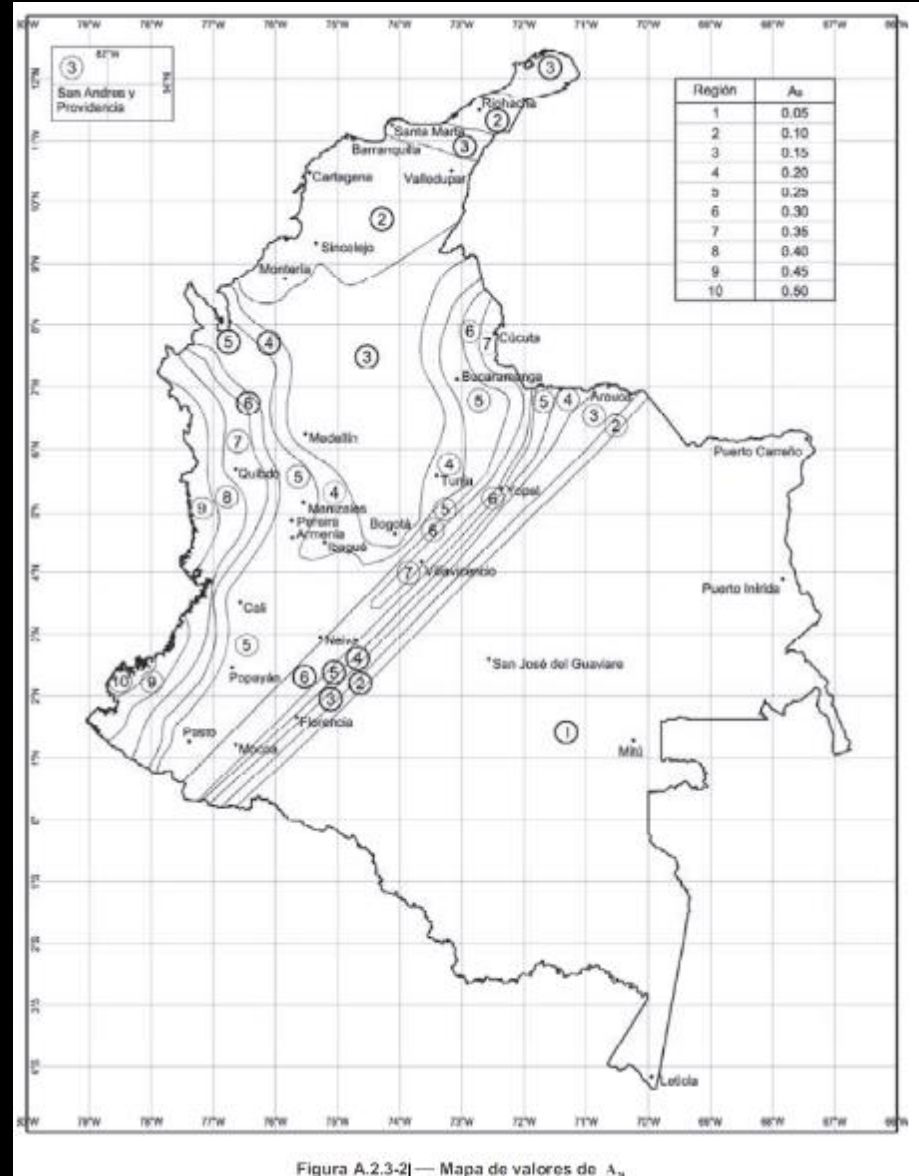
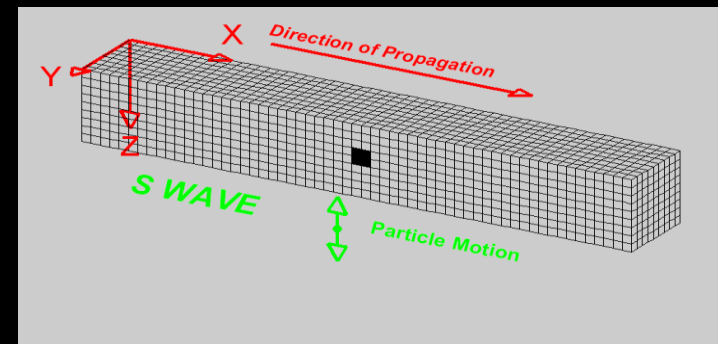
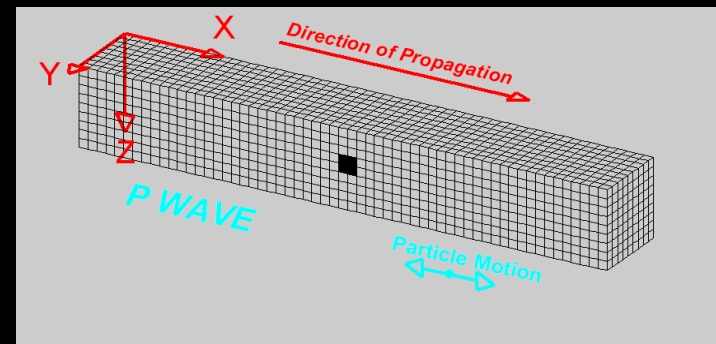
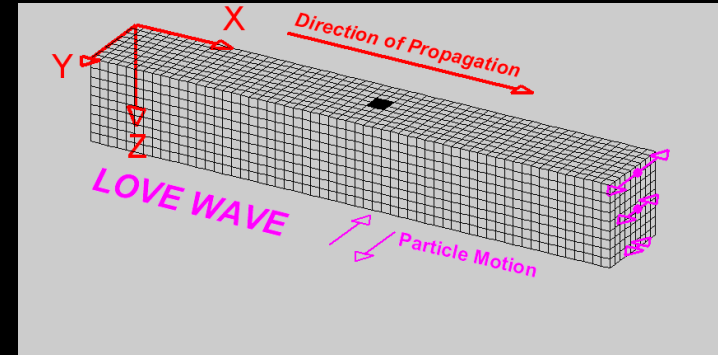
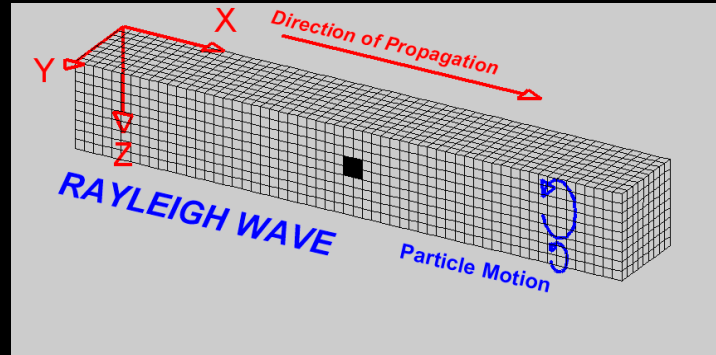


Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de  $A_a$



# 3. CARGAS LATERALES





# 3. CARGAS LATERALES

**A.2.4.3 — PARÁMETROS EMPLEADOS EN LA DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO** — A continuación se definen los parámetros que se utilizan para definir el **tipo de perfil de suelo con base en los 30 m superiores** del mismo y considerando ensayos realizados en muestras tomadas al menos cada 1.50 m de espesor del suelo. Estos parámetros son (a) la velocidad media de la onda de cortante,  $\bar{v}_s$ , en m/s, (b) el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar,  $\bar{N}$ , en golpes/pie a lo largo de todo el perfil, o, (c) cuando se trate de considerar por separado los estratos no cohesivos y los cohesivos del perfil, para los estratos de suelos no cohesivos se determinará el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar,  $\bar{N}_{ch}$ , en golpes/pie, y para los cohesivos la resistencia media al corte obtenida del ensayo para determinar su resistencia no drenada,  $\bar{s}_u$ , en kPa. Además se emplean el Índice de Plasticidad (IP), y el contenido de agua en porcentaje,  $w$ .

**A.2.4.3.1 — Velocidad media de la onda de cortante** — La velocidad media de la onda de cortante se obtiene por medio de:

$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}} \quad (\text{A.2.4-1})$$

donde:

$v_{si}$  = velocidad media de la onda de cortante del suelo del estrato  $i$ , medida en campo, en m/s

$d_i$  = espesor del estrato  $i$ , localizado dentro de los 30 m superiores del perfil

$V_s$ : Velocidad de onda de corte en m/s.

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad \begin{array}{l} \text{módulo de corte} \\ \text{densidad de masa del material} \end{array}$$



# 3. CARGAS LATERALES

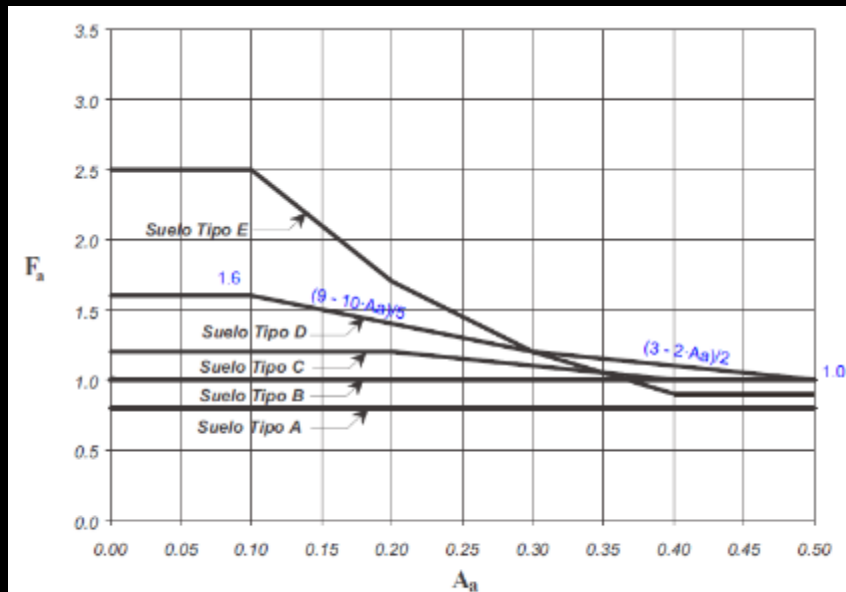


Figura A.2.4-1 - Coeficiente de amplificación  $F_a$  del suelo para la zona de períodos cortos del espectro

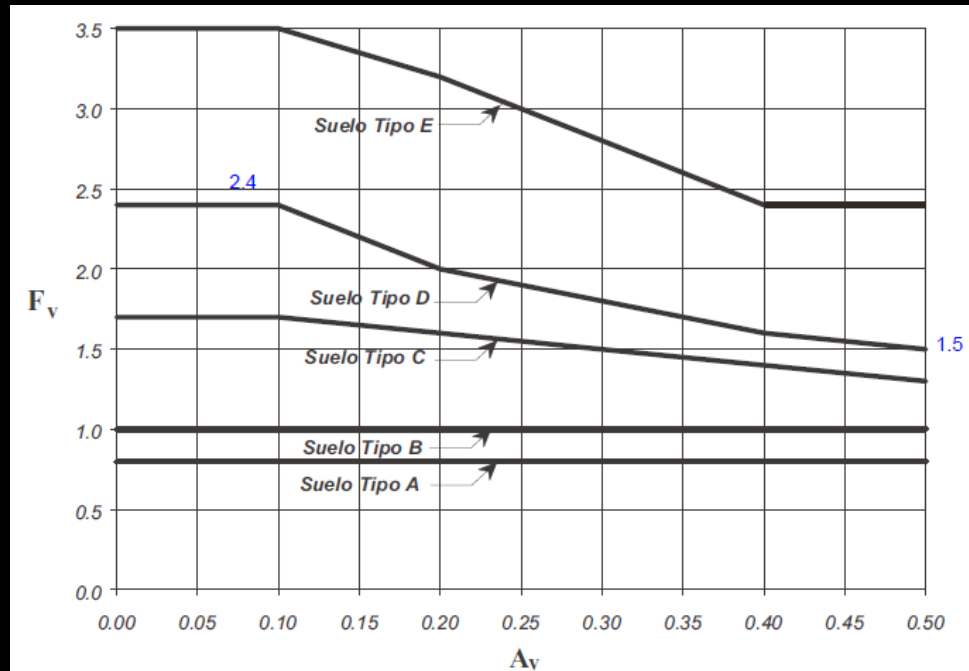


Figura A.2.4-2 — Coeficiente de amplificación  $F_v$  del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro



# 3. CARGAS LATERALES

## A.2.5 — COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

En esta sección se definen los grupos de tipo de uso y los valores del coeficiente de importancia.

**A.2.5.1 — GRUPOS DE USO** — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

**A.2.5.1.1 — Grupo IV — Edificaciones indispensables** — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

- (a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que ofrecen servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias.
- (b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias, terminales de masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión.
- (c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de comando, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
- (d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, combustibles, información y transporte de personas y productos,
- (e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público.
- (f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación de energía de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendios, accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a) hasta el presente numeral.

Tabla A.2.5-1  
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00



# 3. CARGAS LATERALES

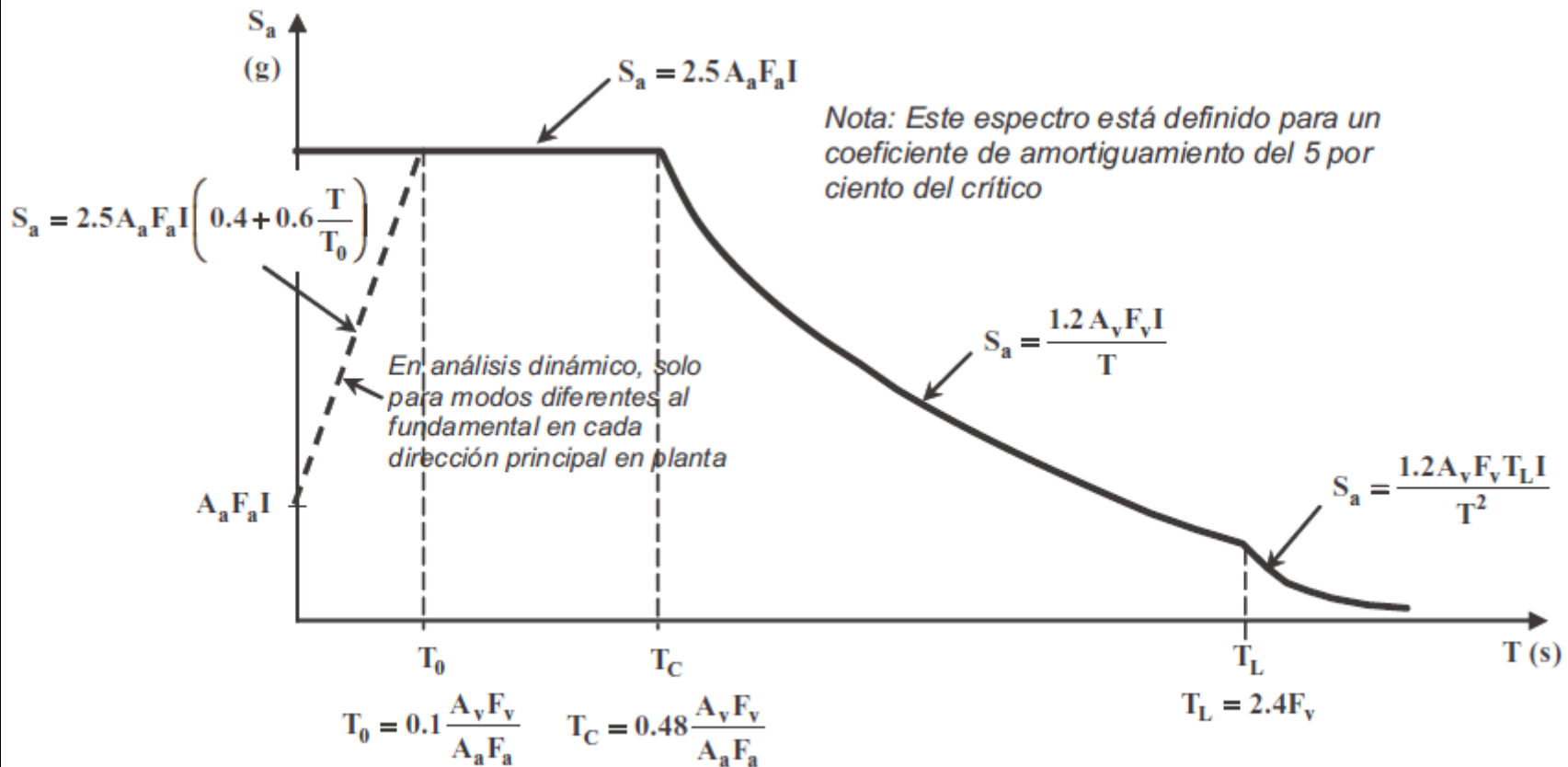


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g



# 3. CARGAS LATERALES

## CAPÍTULO A.4 MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

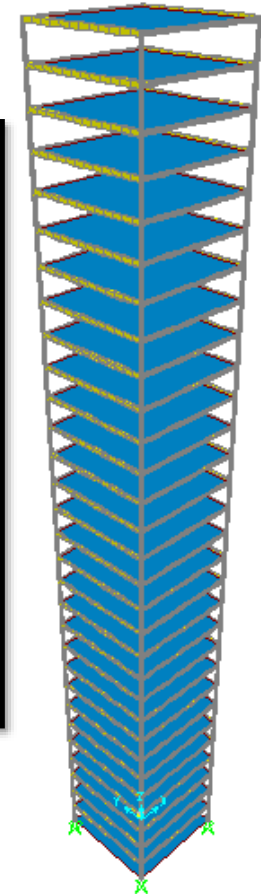
### A.4.2 — PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACIÓN

A.4.2.1 — El valor del período fundamental de la edificación,  $T$ , debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico de la estructura. Este requisito puede suplirse por medio del uso de la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)} \quad (\text{A.4.2-1})$$

A.4.2.2 — Alternativamente el valor de  $T$  puede ser igual al período fundamental aproximado,  $T_a$ , que se obtenga por medio de la ecuación A.4.2-3.

$$T_a = C_t h^\alpha \quad (\text{A.4.2-3})$$



# 3. CARGAS LATERALES

## A.4.3 — FUERZAS SÍSMICAS HORIZONTALES EQUIVALENTES

A.4.3.1 — El cortante sísmico en la base,  $V_s$ , equivalente a la totalidad de los efectos inerciales horizontales producidos por los movimientos sísmicos de diseño, en la dirección en estudio, se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$V_s = S_a g M \quad (\text{A.4.3-1})$$

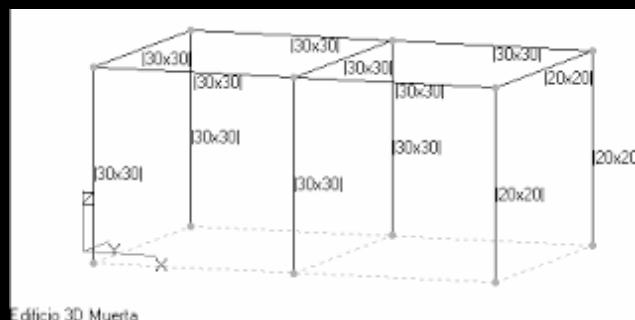
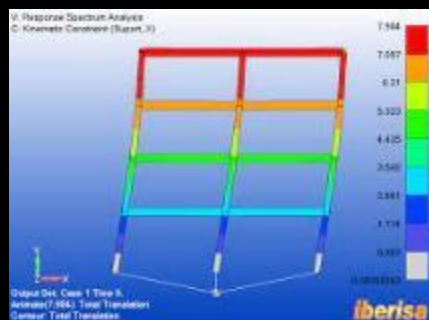
El valor de  $S_a$  en la ecuación anterior corresponde al valor de la aceleración, como fracción de la de la gravedad, leída en el espectro definido en A.2.6 para el período  $T$  de la edificación.

A.4.3.2 — La fuerza sísmica horizontal,  $F_x$ , en cualquier nivel  $x$ , para la dirección en estudio, debe determinarse usando la siguiente ecuación:

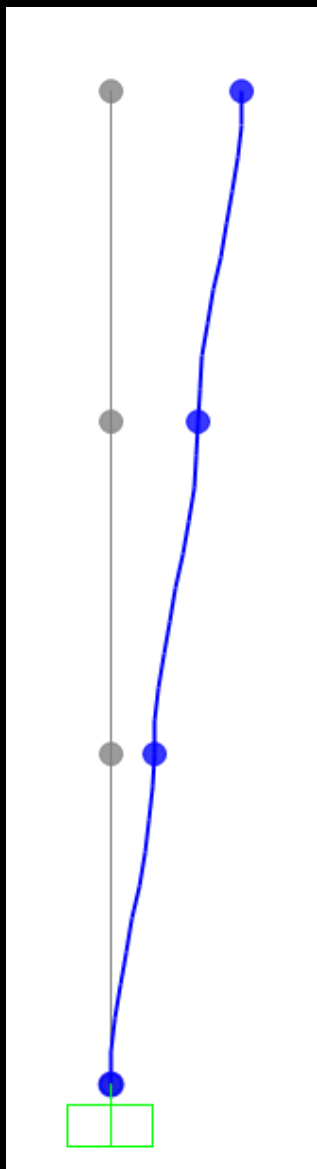
$$F_x = C_{vx} V_s \quad (\text{A.4.3-2})$$

y

$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)} \quad (\text{A.4.3-3})$$



# 3. CARGAS LATERALES



$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)} \quad (\text{A.4.3-3})$$

$$m_x = m_i = m \quad h_x = x * h_{piso} = x * h \quad k = 1$$

$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)} = \frac{m h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m h_i^k)} = \frac{m h_x^k}{m \sum_{i=1}^n (h_i^k)} = \frac{h_x^k}{\sum_{i=1}^n (h_i^k)} = \frac{x * h}{\sum_{i=1}^n (i * h)}$$

$$C_{vx} = \frac{x * h}{h \sum_{i=1}^n (i)} = \frac{x}{\sum_{i=1}^n (i)} = \frac{x}{\frac{n(n+1)}{2}} = \frac{2x}{n(n+1)}$$

**Para 3 pisos:  $C_v = [16.6\%, 33.3\%, 50\%]$**



# 3. CARGAS LATERALES

## CAPÍTULO A.5 MÉTODO DEL ANÁLISIS DINÁMICO

**A.5.4.5 — AJUSTE DE LOS RESULTADOS** — El valor del cortante dinámico total en la base,  $V_{ij}$ , obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis,  $j$ , no puede ser menor que el 80 por ciento para estructuras regulares, o que el 90 por ciento para estructuras irregulares, del cortante sísmico en la base,  $V_S$ , calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente del Capítulo A.4. Además, se deben cumplir las siguientes condiciones:

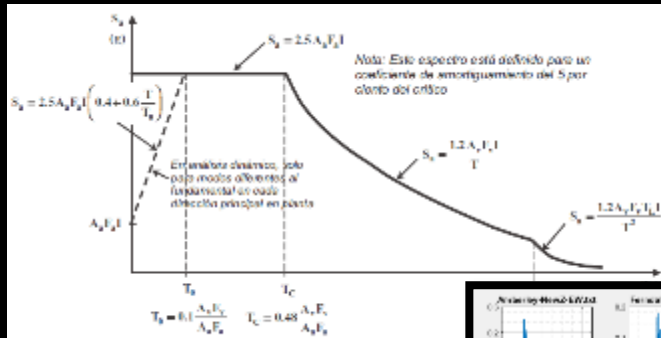
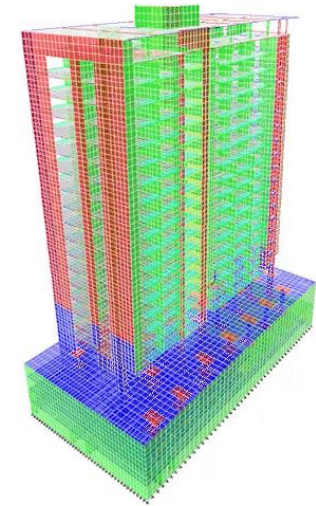
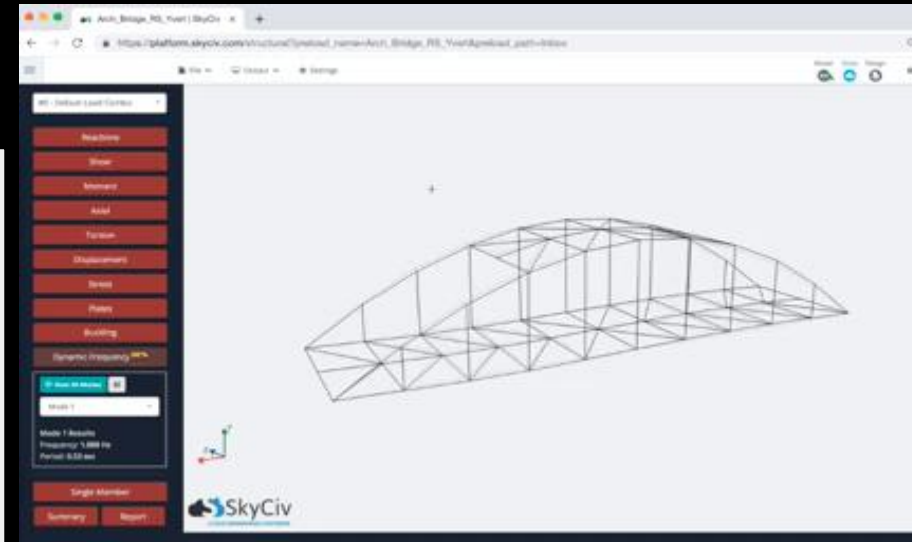
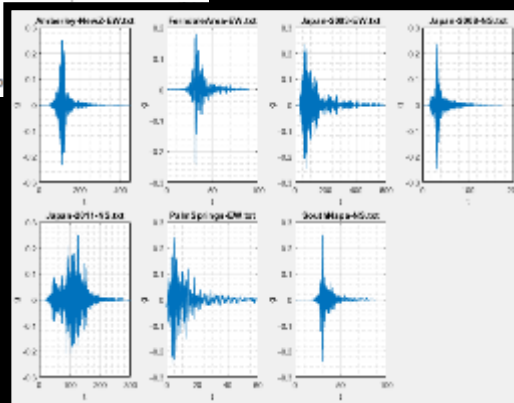


Figura A.2.5-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño





# 4. COMBINACIONES DE CARGAS

## CAPÍTULO B.2 COMBINACIONES DE CARGA

### B.2.4 — COMBINACIONES DE CARGAS MAYORADAS USANDO EL MÉTODO DE RESISTENCIA

**B.2.4.1 — APLICABILIDAD** — Las combinaciones de carga y factores de carga dados en la sección B.2.4.2 deben ser usados en todos los materiales estructurales permitidos por el Reglamento de diseño del material, con la excepción de aquellos casos en que el Reglamento indique explícitamente que deba realizarse el diseño utilizando el método de los esfuerzos de trabajo. caso en el cual se deben utilizar las combinaciones de la sección B.2.3.1.

**B.2.4.2 — COMBINACIONES BÁSICAS** — El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:

$$1.4(D+F) \quad (B.2.4-1)$$

$$1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-2)$$

$$1.2D+1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W) \quad (B.2.4-3)$$

$$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (B.2.4-4)$$

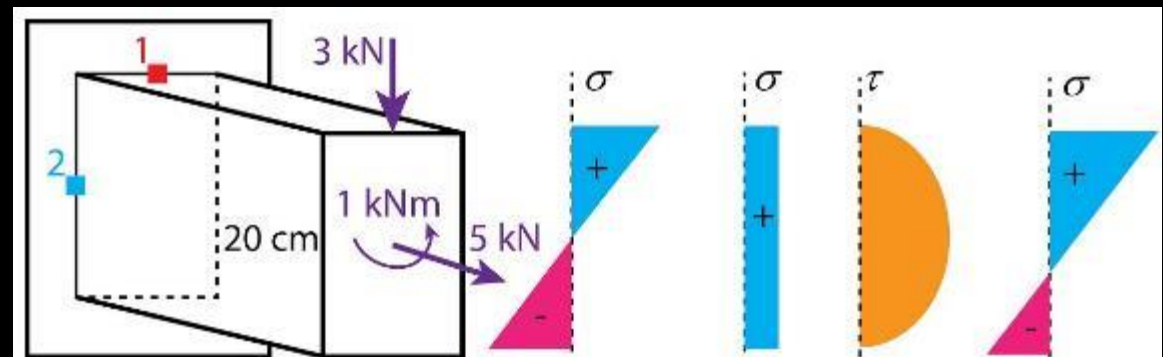
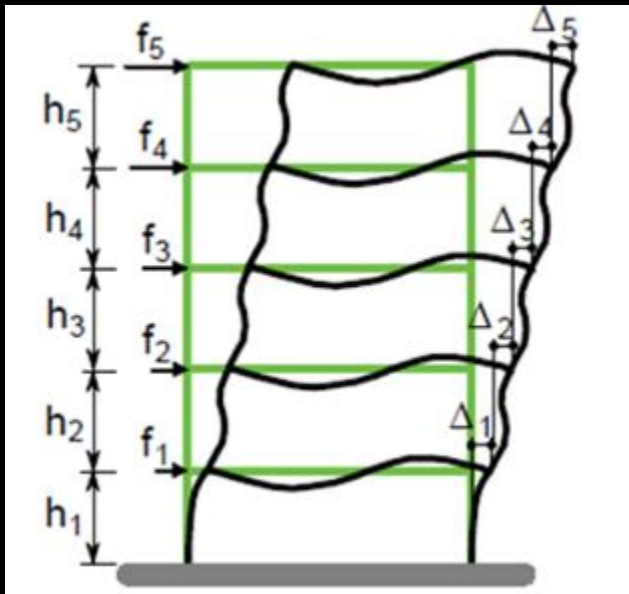
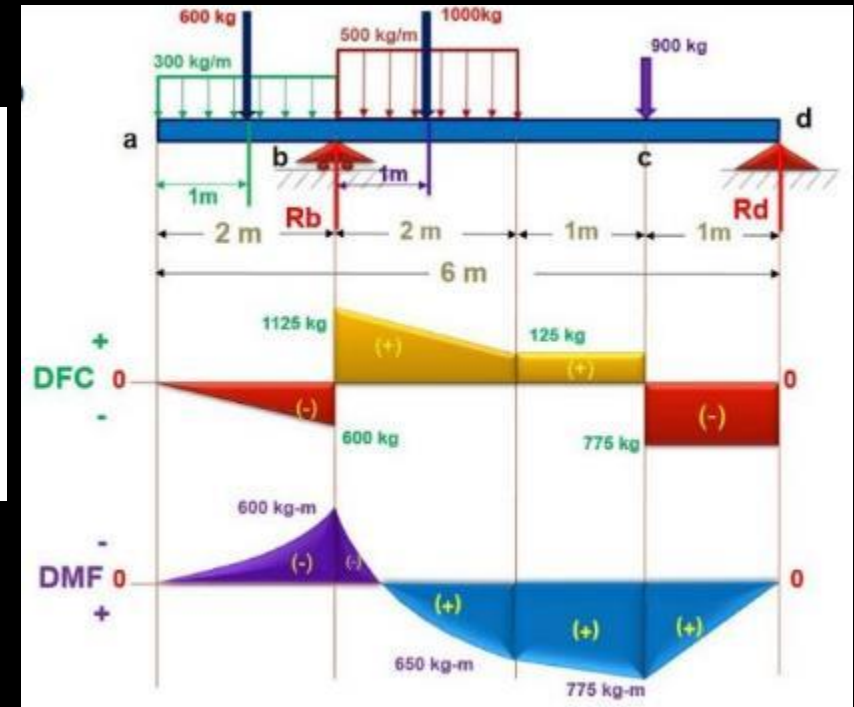
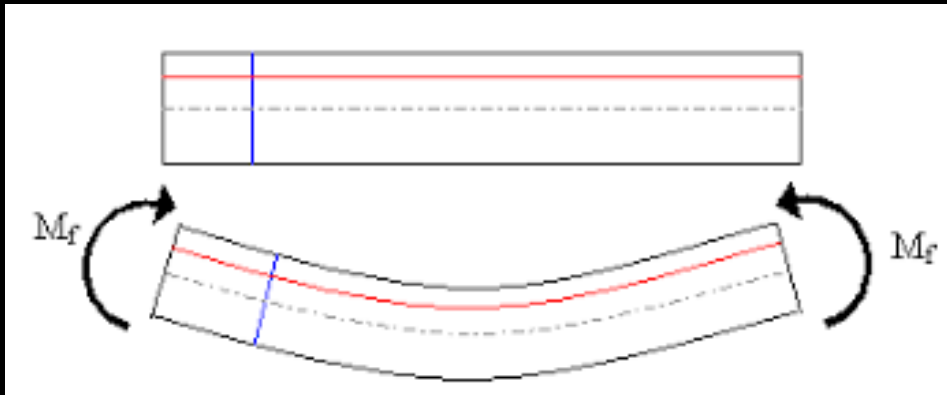
$$1.2D+1.0E+1.0L \quad (B.2.4-5)$$

$$0.9D+1.6W+1.6H \quad (B.2.4-6)$$

$$0.9D+1.0E+1.6H \quad (B.2.4-7)$$



# 5. DEFORMACIONES, FUERZAS, ESFUERZOS



# Gracias

**Michel Bolaños Guerrero, Ing. C., Esp., Mag.**  
Candidato a Doctor en Ingeniería – Énfasis en Mecánica de Sólidos



Facultad de Ingeniería - Especialización en Estructuras

<https://michel.udenar.edu.co/> - [michel@udenar.edu.co](mailto:michel@udenar.edu.co)

**Universidad de Nariño**