

Acciones sobre las estructuras, gravitacionales, reológicas y empujes de suelo – Parte 1: Especificaciones

CAPITULO 1 – GENERALIDADES

1.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1.1 Disposición general

Esta norma describe las especificaciones de las acciones sobre las estructuras, que se aplicará en el proyecto y en la obra de toda edificación, cualquiera que sea su clase y destino.

1.1.2 Valores de las cargas

Los valores indicados en esta norma son nominales. Excepto en los casos específicamente indicados, estos no incluyen los efectos dinámicos inherentes a la función de las cargas, los que se deben analizar en los casos en que corresponda como las acciones de viento y sísmica.

1.1.3 Cargas en puentes viales y ferroviarios

Para considerar las acciones sobre puentes viales y ferroviarios se tomarán los valores de la Norma o Reglamento adoptado por la Autoridad Competente, por lo tanto las cargas de la presente norma no pueden ser usadas en el cálculo de puentes.

1.1.4 Aplicación de la norma en los proyectos

1.1.4.1 Obligatoriedad

El Proyectista o Calculista Estructural de una estructura debe conocer y tener en cuenta la presente norma, si fuera ha adoptar valores de acciones y reacciones diferentes de los marcados en ella, solo se puede admitir si son más exigentes que lo establecido en la presente norma.

1.1.4.2 Memoria Descriptiva

En la memoria descriptiva del proyecto figurará un apartado con el título “Acciones adoptadas en el cálculo”, en el que se detallarán todos los valores que se han aplicado en el cálculo de cada uno de sus elementos resistentes y de su cimentación, especificando explícitamente que se ajustan a lo prescrito en la norma, o en su caso, justificando por qué se apartan.

1.1.4.3 Control oficial

La Autoridad Reguladora, para extender la aprobación del proyecto comprobará que la exigencia del artículo 1.1.3.2 se ha cumplido.

1.1.5 Aplicación de la norma en la obra

El Supervisor de Obra si no es Autor del Proyecto y el Superintendente de Obra están obligados, a comprobar lo que figura en el apartado “Acciones adoptadas en el cálculo” de la

memoria del proyecto. En caso de no estar conforme se deben redactar las precisas modificaciones de proyecto y dar cuenta de ellas la Autoridad Reguladora que aprobó el proyecto. El Superintendente de Obra dará conocimiento de los valores adoptados al personal del constructor de la obra y dará las órdenes precisas para que durante la obra no se rebasen estos valores.

1.2 ACCIONES CLIMÁTICAS, ACCIÓN DE VIENTO Y EFECTO SÍSMICO

Para las acciones climáticas (nieve y hielo), la acción de viento y el efecto sísmico se tomarán las prescripciones de las normas específicas y que no figuran en la norma presente.

1.3 UNIDADES

Las unidades que se adoptan, son las del Sistema Internacional de Unidades S.I. prescritas en la norma boliviana NB 399. La correspondencia entre las unidades del sistema M.K.S. y las del sistema S.I. es la siguiente:

1.3.1 Fuerza

- a) Kilogramo fuerza-newton: $1,0 \text{ kg} = 9,807 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$,
E inversamente: $1,0 \text{ N} = 0,102 \text{ kg} \approx 0,1 \text{ kg}$.
- b) tonelada-kilonewton: $1,0 \text{ T} = 9,807 \text{ kN} \approx 10 \text{ kN}$,
E inversamente: $1,0 \text{ kN} = 0,102 \text{ T} \approx 0,1 \text{ T}$.

1.3.2 Tensión

- a) Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado – newton por milímetro cuadrado:
 $1 \text{ kg/cm}^2 = 0,0981 \text{ N/mm}^2 \approx 0,1 \text{ N/mm}^2 = 0,0981 \text{ MPa}$
E inversamente: $1 \text{ MPa} = \text{N/mm}^2 = 10,2 \text{ kg/cm}^2 \approx 10 \text{ kg/cm}^2$
- b) Kilogramo fuerza por metro cuadrado – kilo Newton por metro cuadrado:
 $1 \text{ kg/m}^2 = 0,00981 \text{ kN/m}^2 \approx 0,01 \text{ N/m}^2 = 0,00981 \text{ kPa}$
E inversamente: $1 \text{ kPa} = 1 \text{ 000 N/m}^2 = 102 \text{ kg/m}^2 \approx 100 \text{ kg/m}^2$
- c) Tonelada por metro cuadrado – kilo Newton por metro cuadrado:
 $1 \text{ T/m}^2 = 9,81 \text{ kN/m}^2 \approx 10 \text{ kN/m}^2 = 9,81 \text{ kPa}$
E inversamente: $1 \text{ kPa} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,102 \text{ T/m}^2 \approx 0,10 \text{ T/m}^2$

1.3.3 Densidad

Kilogramo fuerza por metro cúbico – newton por metro cúbico:

$$1 \text{ kg/m}^3 = 9,807 \text{ N/m}^3 \approx 10 \text{ N/m}^3$$

$$1 \text{ T/m}^3 = 1.000 \text{ kg/m}^3 = 9.807 \text{ N/m}^3 = 9,807 \text{ kN/m}^3 \approx 10 \text{ kN/m}^3$$

E inversamente:

$$1,0 \text{ N/m}^3 = 0,102 \text{ kg/m}^3 \approx 0,1 \text{ kg/m}^3$$

CAPITULO 2 – DEFINICIONES, CLASIFICACION Y COMBINACIONES

2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

Las acciones que en general actúan en los edificios son las que se determinan a continuación. En casos especiales puede ser preciso tener en cuenta acciones de otra clase.

Cargas gravitatorias	Carga Muerta	Peso propio	D _G
		Carga permanente	D _P
	Carga variable	Carga Viva	L
		Sobrecarga de lluvia	R
		Sobrecarga de nieve	S
		Cargas fluidos	F
	Cargas vivas de cubierta	L _r	
	Acción térmica y/o reológica	T	
	Acciones del terrenos	H	
	Acción de viento	W	
	Efecto sísmico	E	

2.2 DEFINICIONES

Se definen los términos más usados relacionados con las acciones que, en general, actúan en los edificios, son las que se definen a continuación. En casos especiales puede ser preciso tener en cuenta acciones de otra clase.

2.2.1 Acciones

Cargas o efectos internos o externos que son capaces de producir modificaciones en el estado tensional o nuevos estados tensionales en parte o en todo el conjunto estructural.

2.2.2 Acción del terreno

Es la producida por el empuje activo o el empuje pasivo del terreno sobre las partes del edificio en contacto con él, (vease el capítulo 6).

2.2.3 Acción del viento

Es la producida por las presiones y succiones que el viento origina sobre las superficies.

2.2.4 Acción reológica

Es la acción producida por las deformaciones que experimentan los materiales en el transcurso del tiempo por retracción, fluencia bajo las cargas u otras causas, (vease el capítulo 5).

2.2.5 Acción sísmica

Conjunto de fuerzas exteriores activas, concentradas o distribuidas por unidad de longitud, por unidad de superficie o por unidad de volumen (acciones directas) o deformaciones impuestas (acciones indirectas), aplicadas a una estructura, como resultado del peso de todos los materiales de construcción, del peso y actividades de sus ocupantes y del peso del

equipamiento, también corresponden los efectos de empujes de terreno, cargas de nieve, hielo y lluvia.

2.2.6 Acción térmica

Es la acción producida por las deformaciones debidas a los cambios de temperatura, (vease el capítulo 5).

2.2.7 Ángulo de rozamiento interno (ϕ).

Característica intrínseca del terreno, que es el ángulo máximo de talud natural sin desmoronarse.

2.2.8 Ángulo de talud (β).

Es el ángulo que forma con la horizontal, la superficie del talud, del terreno, detrás del muro. Se expresa en grados sexagesimales. Su límite es el ángulo de rozamiento interno.

2.2.9 Carga viva (L)

Cargas debidas a la ocupación y uso o servicio que presta la estructura debida al peso de todos los objetos y/o personas que puedan gravitar por el servicio que prestarán en su explotación e incluso durante la ejecución. Por ejemplo: peso de personas y muebles en edificios, mercaderías en depósitos, vehículos en puentes, etc. Es la producida por las aceleraciones de las sacudidas sísmicas.

2.2.10 Carga gravitatoria

Es la producida por el peso de los elementos constructivos, de los objetos que puedan actuar por razón de uso, y de la nieve en las cubiertas. En ciertos casos puede ir acompañada de impactos o vibraciones, (véase los capítulos 3 y 4).

2.2.11 Carga muerta (D)

Es la carga cuya magnitud y posición es constante a lo largo del tiempo, salvo el caso de reforma del edificio. Se descompone en peso propio y carga permanente.

2.2.12 Carga muerta de peso propio (D_G)

Es la carga debida al peso de los elementos resistentes. Constituye parte de la carga muerta.

2.2.13 Carga muerta permanente (D_P)

Es la carga debida a los pesos de todos los elementos constructivos, pisos, mampostería, instalaciones fijas y otros elementos de presencia permanente y que no son la estructura resistente.

2.2.14 Carga variable

Es la carga cuya magnitud y/o posición tienen elevada probabilidad de actuación, variaciones frecuentes y continuas no despreciables en relación a su valor medio a lo largo el tiempo. Puede ser: de servicio (Carga Viva), lluvia, fluidos o de nieve.

2.2.15 Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)

Un método de dimensionamiento de elementos estructurales y sus conexiones usando factores de carga y resistencia tal que el pertinente estado limite no sea alcanzado cuando la estructura está sometida a combinaciones apropiadas de carga. También denominado como método de los Estados Límites.

2.2.16 Diseño por tensiones admisibles

Un método para dimensionar elementos estructurales, tal que las tensiones elásticamente computadas producidas en los elementos por cargas nominales no exceden tensiones admisibles especificadas (diseño por tensiones de trabajo), se entiende que este método solo se aplica en el caso de comprobaciones de estados límites de servicio.

2.2.17 Empuje activo

El terreno empuja al muro permitiéndose las suficientes deformaciones en la dirección del empuje para llevar al terreno a su estado de rotura. Es el caso habitual cuando se desarrolla una 'acción' del terreno.

2.2.18 Empuje al reposo

El terreno empuja pero el muro no sufre apenas deformaciones, es decir, son nulas o despreciables. El valor del empuje es mayor que el activo.

2.2.19 Empuje pasivo

Cuando el muro se desplaza contra el terreno, lo comprime y éste reacciona. Es siempre una 'reacción'. Su valor es mucho mayor que el activo.

2.2.20 Escalera fija

Una escalera es un elemento diseñado para comunicar varios espacios situados a diferentes alturas. Está conformada por escalones (peldaños) y puede disponer de varios tramos separados por descansos, mesetas o rellanos. Pueden ser fijas, transportables o móviles. Fija es aquella que está permanentemente adherida a una estructura, edificio o equipo.

2.2.21 Pasamanos

Es una baranda que se toma con las manos y que sirve de guía y soporte. El conjunto de pasamanos incluye la baranda, fijaciones y estructura de soporte.

2.2.22 Peso específico aparente (γ)

También llamada densidad seca.

2.2.23 Peso específico virtual (sumergido): (γ')

Peso específico del terreno sumergido por debajo del nivel freático.

2.2.24 Sistema de barras agarraderas

Una barra dispuesta para soportar el peso de una persona en ubicaciones tales como toilets, duchas, y cerramientos de bañeras.

2.2.25 Sistema de barreras para vehículos

Un sistema de elementos estructurales del edificio cercano a lugares abiertos de un piso o rampa de garaje, o paredes de edificio, que actúa como límite para vehículos

2.2.26 Sistema de protección

Sistema de elementos estructurales del edificio cercano a lugares abiertos de una superficie elevada que tiene el propósito de minimizar la probabilidad de caída de personas, equipo o material desde dicha superficie elevada.

2.3 SIMULTANEIDAD DE LAS ACCIONES PARA DISEÑO EN ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS

2.3.1 Combinación de cargas

En el cálculo de una estructura se considerarán los casos de cargas combinadas de acuerdo a lo prescrito en las normas de estructuras de hormigón estructural, metálicas, madera, etc.

La resistencia requerida U debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas en las ecuaciones (2-1) a (2-7). Debe investigarse el efecto de una o más cargas que no actúan simultáneamente.

TIPO DE OCUPACIÓN	COMBINACIONES MAYORADAS	Ec.
Estructura vacía:	$U = 1,4 (D + F)$	(2-1)
Estructura con sobrecargas:	$U = 1,2 (D + F + T) + 1,6 (L + H) + 0,5 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(2-2)
Estructura de cubierta:	$U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (1,0 L \text{ ó } 0,5 W)$	(2-3)
Acción de viento:	$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(2-4)
Acción sísmica:	$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L + 0,2 S$	(2-5)
Acción de Viento + empujes de suelo:	$U = 0,9 D + 1,0 W + 1,6 H$	(2-6)
Acción sísmica + empujes de suelo:	$U = 0,9 D + 1,0 E + 1,6 H$	(2-7)

donde:

U = Resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas.

D = Cargas muertas.

D_i = Peso del hielo.

F = Cargas debidas al peso y presión de fluidos con densidades bien definidas y alturas máximas controlables.

F_a = Cargas de inundación.

T = Efectos acumulados de variación de temperatura, fluencia lenta, retracción, asentamiento diferencial, y retracción del hormigón de retracción compensada.

L = Cargas vivas.

L_r = Cargas vivas de cubierta.

- H** = Cargas debidas al peso y empuje del suelo, del agua en el suelo, u otros materiales.
- S** = Cargas por nieve.
- R** = Cargas por lluvia.
- W** = Carga por viento
- W_i** = Carga por viento con granizo, determinada de acuerdo a ASCE/SEI 7-10, Cap. 10.
- E** = Efectos de carga producidos por el sismo.

Estas combinaciones de cargas mayoradas dadas en las ecuaciones (2-1) a (2-7), podrán ser modificadas por las normas específicas de cada tipo de material estructural y tendrán prevalencia sobre estas.

Para el diseño de las estructuras se deben tomar en cuenta las acciones de hielo, nieve, viento y sismo, de modo incluirlas en las combinaciones correspondientes, conforme las normas específicas vigentes.

2.3.2 Excepciones

2.3.2.1 Carga viva **L**

Se permite reducir a 0,5 el factor de carga de carga viva **L** en las ecuaciones 2-3 a 2-4 para todo tipo de ocupación donde $L_0 \leq 4,80 \text{ kN/m}^2$, excepto para:

- Estacionamientos,
- Áreas ocupadas como lugares de reunión pública.

Donde L_0 es la sobrecarga de diseño no reducida que soporta el elemento, por metro cuadrado de área (véase tabla 4.1.)

2.3.2.2 Carga de nieve **N**

En las combinaciones de 2-2, 2-4 y 2-5, se considerarán como la carga **S**, la de nieve del techo plano (p_f) o la carga de la nieve del techo inclinado (p_s). (Para mayor referencia, véase ASCE/SEI 7-10, Capítulo 7)

2.3.2.3 Carga de fluidos **F**

Cuando están presentes las cargas de fluidos, en las combinaciones 2-1 hasta 2-5 y 2-7, deben incluirse con el mismo factor de carga de la carga muerta **D**.

2.3.2.4 Empuje lateral del suelo **H**

Si el empuje de suelos **H** esté presente, se debe incluir en las combinaciones de carga, con factores de carga que se ajusten a lo indicado en lo siguiente:

- cuando **H** actúe solo o incremente el efecto de otras cargas, debe incluirse con un factor de carga de 1,6,
- cuando el efecto de **H** es permanente y contrarreste el efecto de otras cargas, debe incluirse con un factor de carga de 0,9,

c) cuando el efecto de H no es permanente, pero cuando está presente contrarresta el efecto de otras cargas, no se debe incluir H .

2.3.2.5 Acción del viento W y acción sísmica E

Los efectos más desfavorable entre viento (W) y sismo (E), deben investigarse de forma apropiada, pero no necesitan considerarse que actúan simultáneamente. Para mayor referencia, (véase ASCE/SEI 7-10, artículo 12.4)

2.3.3 Combinaciones que incluyen carga de inundación

Cuando la estructura se encuentra localizada en una zona de inundación, en las combinaciones de cargas de 2.3.1, se las debe considerar, como sigue:

- En zonas costeras, el término $1,0 W$, en las combinaciones 2-4 y 2-6 debe ser reemplazado por $1,0 W + 2,0 F_a$.
- En zonas no costeras el término $1,0 W$, en las combinaciones 2-4 y 2-6 debe ser reemplazado por $0,5 W + 1,0 F_a$.

2.3.4 Combinaciones que incluyen carga de hielo

Cuando la estructura está sujeta a la acción de hielo atmosférico y viento helado, las siguientes cargas deben ser consideradas:

- En la combinación 2-2, el término (L_r ó S ó R), debe ser reemplazada por $0,2 D_i + 0,5 S$.
- En la combinación 2-4, el término $1,0 W + 0,5 (L_r$ ó S ó $R)$, debe ser reemplazada por $D_i + W_i + 0,5 S$
- En la combinación 2-6, el término $1,0 W$, debe ser reemplazada por $D_i + W_i$
- En la combinación 2-4, el término $1,0 W + L + 0,5 (L_r$ ó S ó $R)$, debe ser reemplazada por D_i

2.4 SIMULTANEIDAD DE LAS ACCIONES PARA DISEÑO EN ESTADOS DE SERVICIO

2.4.1 Combinaciones básicas.

2.4.1.1 Introducción.

Cuando se calculan las estructuras, o los elementos estructurales, para los estados límites de servicio, deflexiones, fisuración, tensiones de servicio, interacción suelos estructura, resulta necesario obtener las solicitaciones y esas tensiones en combinaciones de carga de servicio, sin los coeficientes de mayoración del artículo 2.3

2.4.1.2 Combinaciones de cargas.

Se considerará que las cargas enumeradas en este documento actúan en las siguientes combinaciones; cualquiera que sea el producto que sea el efecto más desfavorable en el edificio, fundación o elemento estructural será considerado. Se considerarán los efectos de una o más cargas que actúen. Los efectos de carga sísmica se combinarán con otras cargas de acuerdo con el Artículo 2.4.5. No es necesario considerar que las cargas sísmicas y eólicas actúen simultáneamente.

Los aumentos en la tensión admisible no se deben usar con las cargas o combinaciones de carga dadas en esta Norma a menos que se pueda demostrar que dicho aumento se justifica por el comportamiento estructural causado por la velocidad o la duración de la carga.

1. D
2. $D + L$
3. $D + (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
4. $D + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
5. $D + 0,6 W$
6. $D + 0,75 L + 0,75 (0,6 W) + 0,75 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
7. $0,6 D + 0,6 W$

Con los mismos significados dados en 2.3.1

2.4.1.3 Excepciones:

1. En las combinaciones 4 y 6, la carga complementaria S se tomará como la carga de nieve del techo plano (p_f) o la carga de la nieve del techo inclinado (p_s). (Para mayor referencia, véase ASCE/SEI 7-10, Capítulo 7)
2. Para estructuras no construidas en las que la carga de viento se determina a partir de coeficientes de fuerza, C_f , de acuerdo a la norma NB 1225003 y el área proyectada que contribuye con la fuerza del viento a un elemento de cimentación, supera los 93 m^2 en un plano vertical u horizontal, se permitirá reemplazar W con $0,9 W$ en combinación 7 para el diseño de la base, excluyendo el anclaje de la estructura a la base.

Cuando estén presentes cargas de fluido F , se incluirán en las combinaciones 1 a 6 con el mismo factor que el utilizado para la carga muerta D .

Cuando las cargas H están presentes, se incluirán de la siguiente manera:

1. donde el efecto de H agrega al efecto de carga principal, incluya H con un factor de carga de 1,0;
2. donde el efecto de H resiste el efecto de carga principal, incluya H con un factor de carga de 0,6 donde la carga es permanente o un factor de carga de 0 para todas las demás condiciones.

Se considerarán los efectos más desfavorables de las cargas de viento y terremoto, según corresponda, pero no es necesario suponer que actúen de forma simultánea.

2.4.2 Combinaciones de carga que incluyen la carga de inundación.

Cuando una estructura se encuentra en una zona de inundación, los sistemas estructurales de edificios u otras estructuras deben diseñarse, construirse, conectarse y anclarse para resistir la flotación, el colapso y el desplazamiento lateral permanente debido a la acción de las cargas de inundación asociadas con la inundación de diseño y otras cargas de acuerdo con las combinaciones de carga del Capítulo 2.

las siguientes combinaciones de carga se tendrán en cuenta además de las combinaciones básicas del Artículo 2.4.1:

1. En las Zonas Costeras, se agregará $1,5 F_a$ a otras cargas en las combinaciones 5, 6 y 7, y E se establecerá igual a cero en las combinaciones 5 y 6.
2. En las Zonas no costeras, se agregará $0,75 F_a$ a las combinaciones 5, 6 y 7, y E se establecerá igual a cero en las combinaciones 5 y 6.

2.4.3 Combinaciones de carga incluyendo la carga de hielo atmosférico.

Cuando una estructura está sujeta a cargas de hielo atmosférico y viento con hielo, se deben considerar las siguientes combinaciones de carga:

1. $0,7 D_i$ se agregará a la combinación 2.
2. (L_r o S o R) en combinación 3 será reemplazado por $0,7 D_i + 0,7 W_i + S$.
3. $0,6W$ en combinación 7 será reemplazado por $0,7 D_i + 0,7 W_i$.
4. $0,7 D_i$ se agregará a la combinación 1.

2.4.4 Combinaciones de carga que incluyen fuerzas y efectos de auto tensiones.

Quando se espera que los efectos estructurales de T afecten adversamente la seguridad estructural o el rendimiento, T se considerará en combinación con otras cargas. Cuando es poco probable que el efecto máximo de la carga T ocurra simultáneamente con los efectos máximos de otras cargas variables, se debe permitir reducir la magnitud de T considerada en combinación con estas otras cargas. La fracción de T considerada en combinación con otras cargas no debe ser menor que 0,75.

CAPITULO 3 – CARGAS GRAVITATORIAS- CARGAS MUERTAS (D)

3.1 GENERALIDADES

Las cargas que en general actúan en los edificios son las que se definen a continuación, que son resultado de la acción de la gravedad.

Las cargas muertas consisten en el peso de todos los materiales de construcción incorporados en el edificio, incluidos, entre otros, paredes, pisos, techos, escaleras, tabiques incorporados, acabados, revestimientos y otros elementos arquitectónicos y estructurales incorporados de manera similar. equipo de servicio fijo, incluido el peso de las grúas y los sistemas de manejo de materiales.

3.2 DETERMINACIÓN DEL PESO PROPIO

El peso propio de un elemento resistente, cuyas dimensiones van a determinarse en el cálculo, se estimará inicialmente, pudiendo para ello utilizarse la tabla 3.1 o fórmulas empíricas, o datos de estructuras construidas de características semejantes.

Con las dimensiones calculadas se determinará el peso propio real del elemento y se rectificarán, si es preciso, los cálculos basados en la estimación.

Tabla 3.1 - Peso específico de materiales estructurales

Material	Peso específico kN/m ³
Hormigón simple	
Hormigón de peso normal sin armar $f'_c \leq 35$ MPa	22,80
Hormigón de peso normal sin armar $35 \text{ MPa} < f'_c \leq 100$ MPa	$22,2 + 0,022 f'_c$
Hormigón liviano	20,0
Acero	
	77,0
Maderas	
Maderas livianas (Palo Zapallo, Serebó)	4,0
Maderas medianamente pesadas (Cedro, Mara, Mapajo, Ochoo, Bibosi, Nogal, Pino de Tarija, soricó (roble), Ajo ajo, sangre de toro)	6,0
Maderas pesadas (Palo Blanco, Mururé, Quina Blanca, Verdolago, Tejeyeque, Amarillo, Coquino, Copaibo, eucalipto, gabun, yesquero, guayabochi, amarillo, ajunau, lucumo, tarará)	8,0
Madera muy pesadas (Tajibo, Quebracho, Almendrillo, Blanquillo de Santa Cruz, Cuta, Curupau, jichituriqui, morao, moradillo, copiabo,)	10,0

3.3 DETERMINACIÓN DE LA CARGA PERMANENTE

En el proyecto de cada elemento resistente se consideraran las cargas debidas a los pesos de todos los elementos constructivos que gravitan permanentemente sobre él: muros, pisos, pavimentos, guarnecidos, etc.; los tabiques, en los casos que se indican en el artículo 3.3; las instalaciones fijas; etc.

El peso de los elementos constructivos se calculará como se indica en el artículo 3.5, componiendo el de sus diversas partes cuando sean heterogéneas, y tomando el peso específico aparente que corresponda a las condiciones más desfavorables; por ejemplo, el del material húmedo en los elementos expuestos a la intemperie.

Para los casos más frecuentes de fábricas y macizos, pueden utilizarse los pesos por unidad de volumen consignados en las tabla 3.2 y 3.3, para líquidos se puede usar la tabla 3.4 y para los de otros elementos constructivos, los pesos por unidad de superficie de la tabla 3.5.

3.4 DETERMINACIÓN DE PESOS

La determinación del peso de un cuerpo homogéneo se hará, en general, multiplicando su volumen por su peso específico aparente. El volumen se calculará geoméricamente en función de sus dimensiones. El peso específico aparente se determinará experimentalmente en los casos en que sea preciso. Para materiales de construcción pueden tomarse los valores consignados en la tabla 3.2; para materiales almacenables, los de la tabla 3.3, y para líquidos, los de la tabla 3.4.

Tabla 3.2 - Peso específico de materiales

Material	Peso específico en kN/m ³
Rocas	
Arenisca	26.0
Arenisca porosa y caliza porosa	24.0
Basalto, diorita	30.0
Calizas compactas y mármoles	28.0
Granito, sienita, diabasa, pórfico	28.0
Gneis	30.0
Pizarras	28.0
Piedras artificiales	
Adobe	16.0
Amianto-cemento	20.0
Baldosa Cerámica	18.0
Baldosa de gres	19.0
Baldosa hidráulica	21.0
Baldosa aglomerada de cemento	22.0
Baldosa cerámica porosa	20.0
Baldosa cerámica de gres	24.0
Baldosa de policloruro devinilo – asbesto	16,0
Baldosa de vidrio para entresijos traslúcidos	
- con forjado de hormigón, de forma cuadrada	8,5
- con forjado de hormigón, de forma redonda	13,5
- con forjado de acero, de forma cuadrada	20,0
Bloque hueco de hormigón liviano	13,0
Bloque hueco de hormigón	16,0
Ladrillo aislante (poroso)	7,0
Ladrillo refractario	22,0
Ladrillo aislante - refractario	26,0

Tabla 3.2 - Peso específico de materiales (continuación)

Material	Peso específico en kN/m ³
Ladrillo cerámico común	23,0
Ladrillo o bloque cerámico perforado (% huecos < 25)	18,0
Ladrillo o bloque cerámico hueco (% huecos 25 a 50)	15,0
Ladrillo o bloque cerámico hueco (% huecos > 50)	10,0
Ladrillos de 6 o 9 huecos con pared e = 10 mm y huecos cuadrados de 50 mm de lado	7,0
Ladrillo hueco de vidrio	7,5
Ladrillo silico - calcáreo	19,0
Losetas de hormigón	22,0
Metales	
Acero	77,0
Aluminio	27,0
Bronce	83,3
Cobre	87,3
Estaño	72,6
Latón	83,3
Plomo	111,8
Zinc	70,7
Mampostería sin revoque	
Mampostería de ladrillos cerámicos comunes	14,0
Mampostería de ladrillos o bloques cerámicos perforados (% huecos 25 a 50)	16,0
Mampostería de ladrillos o bloques cerámicos huecos (% huecos 25 a 50)	15,0
Mampostería de ladrillos o bloques cerámicos huecos (% huecos > 50)	10,0
Materiales de construcción varios	
Arena	
- seca	16,0
- húmeda	18,0
- saturada	21,0
Arena de pómez	7,0
Arcilla expandida por cocción	
- de grano fino: no mayor de 3 mm	9,0
- de grano intermedio: de 3 mm a 10 mm	7,5
- de grano grueso: mayor de 10 mm	6,5
Cal	6,5
Cascotes de ladrillo	13,0
Cemento portland	
- Cemento suelto de clinker puro	11,0
- Cemento suelto con adición de puzolana	9,5
- Cemento en bolsas	14,0
Escoria de altos hornos (granulada)	11,0
Escoria de altos hornos (troceada)	15,0

Tabla 3.2 - Peso específico de materiales (continuación)

Material	Peso específico en kN/m ³
Grava o canto rodado	17,0
Piedra partida	
- cuarcítica	14,0
- granítica	16,0
- polivinilo, cloruro (PVC)	14,0
- polvo de ladrillo	9,0
Tierra, depositada sin compactar	
- seca	13,0
- húmeda	18,0
- saturada	21,0
Yeso para cielo rasos y enlucidos	12,5
Morteros	
- de cal y arena	17,0
- de cal, arena y polvo de ladrillos	16,0
- de cemento portland y arena	21,0
- de cemento portland, cal y arena	19,0
- de bitumen y arena	22,0
Diversos	
Alquitrán	12,0
Asfalto	13,0
Caucho en plancha	17,0
Linóleo en plancha	12,0
Papel	11,0
Plástico en plancha	21,0
Vidrio plano	26,0

Tabla 3.3 - Peso específico de materiales almacenables

Material	Peso específico en kN/m ³	Angulo de fricción interna
Materiales de construcción		
- arena	16,0	30 °
- arena de pómez	7,0	35 °
- cal en polvo	10,0	25 °
- cal en terrón	10,0	45 °
- cascote o polvo de ladrillo	13,0	35 °
- cemento en polvo	9,5	25 °
- cenizas de coque	7,0	25 °
- clinker de cemento	15,0	30 °
- escorias de altos hornos (granula)	11,0	25 °
- escorias de altos hornos (troceada)	15,0	40 °
- grava	11,0	40 °
- yeso	12,5	25 °

Tabla 3.3 - Peso específico de materiales almacenables (continuación)

Material	Peso específico kN/m ³	Angulo de fricción interna
Productos agrícolas		
- avena	4,5	30 °
- azúcar	7,5	35 °
- cebada	6,5	25 °
- centeno	8,0	35 °
- guisantes	8,0	25 °
- harina y salvado	1,7	15 °
- heno prensado	7,5	-
- lentejas	7,5	30 °
- maíz	7,5	25 °
- malta triturada	4,0	45 °
- papas	7,5	30 °
- remolacha desecada y cortada	3,0	40 °
- remolacha, nabos o zanahoria	7,5	30 °
- sémola	5,5	30 °
- trigo	7,5	25 °
- soya	7,0	30 °
Otros materiales		
- abonos artificiales	12,0	40 °
- carburo	9,0	30 °
- estiércol apelmazado	18,0	45 °
- estiércol suelto	12,0	45 °
- harina de pescado	8,0	45 °
- hielo	9,0	30 °
- mineral de hierro	30,0	40 °
- pirita	27,0	45 °
- sal común	12,0	40 °

Tabla 3.4 - Líquidos

Material	Peso específico en kN/m ³
Aceite de creosota	11,0
Aceite de linaza	9,4
Aceite de oliva, soya o girasol	9,2
Aceite de ricino	9,7
Aceite mineral	9,3
Acetona	7,9
Acido clorhídrico al 40 %	12,0
Ácido nítrico al 40 %	12,5
Ácido sulfúrico al 50 %	14,0

Tabla 3.4 – Líquidos (Continuación)

Material	Peso específico en kN/m ³
Agua	10,0
Alcohol etílico	8,0
Anilina	10,4
Bencia	7,0
Benzol	9,0
Cerveza	10,3
Gasolina	7,5
Leche	10,3
Petróleo	8,0
Sulfuro de carbono	12,9
Vino	10,0

Tabla 3.5 - Cargas superficiales

Material	Carga unitaria en kPa (kN/m ²)
Cielorrasos	
- cielorraso termo-acústico con elementos modulares de fibra de madera, montados sobre elementos metálicos o enlistonado de madera, incluidos éstos.	0,10
- cielorraso con elementos modulares de asbesto cemento, montados sobre elementos metálicos o enlistonado de madera, incluidos éstos	0,15
- cielorraso de plaquetas de yeso, montadas sobre armadura de aluminio	0,20
- mezcla de cemento, cal, arena, con metal desplegado	0,50
- yeso con enlistonado	0,20
- yeso con metal desplegado	0,18
Cubiertas	
- Cubierta impermeabilizante con base de tela o cartón asfáltico de siete (7) capas	0,10
- Chapa acanalada de sección ondulada o trapezoidal de aluminio sin armadura de sostén.	
o 0,6 mm de espesor	0,025
o 0,8 mm de espesor	0,030
o 1,0 mm de espesor	0,040
- Chapa ondulada de asbesto cemento	
o 0,4 mm de espesor (onda chica)	0,004
o 0,7 mm de espesor (onda grande)	0,007
o 1,0 mm de espesor (onda grande)	0,010
- Chapa acanalada de perfil sinusoidal o trapezoidal de acero cincado o aluminizado.	0,10

Tabla 3.5 - Cargas superficiales (continuación)

Material		Carga unitaria kPa (kN/m ²)
Tejas cerámicas tipo español, colonial o árabe, incluida armadura de sostén		1,00
- Tejas cerámicas tipo de Bradilia, sobre enlistonado, incluido éste		0,65
Morteros y enlucidos (por cm de espesor)		
- de cal		0,17
- de cal y cemento Portland		0,19
- de cal y puzolana		0,19
- de cal y yeso		0,17
- de cemento Portland		0,21
- de yeso		0,13
Vidrios		
Vidrios sin armar		
Planos transparentes	Espesor en mm	
- sencillo	2,0	0,050
- doble	2,7	0,068
- triple	3,6	0,090
- grueso	4,2	0,105
- por cada milímetro mas de espesor de vidrios		0,025
Vidrios armados de 6 mm de espesor		
- por cada milímetro en mas o menos de espesor de vidrio,		0,025
Nota: Los pesos dados en la Tabla 3.5 pueden variar de acuerdo a la especificación del proveedor del material.		

3.5 EMPUJES DE MATERIAS ALMACENADAS

Los empujes de las materias almacenadas sobre las paredes de depósitos o silos, se calcularán por los métodos que se indican en los artículos 6.3 y 6.6, que sirven tanto para terrenos como para materias almacenadas.

El peso específico aparente γ y el ángulo de rozamiento interno φ del material almacenado, se determinarán experimentalmente cuando sea preciso, pudiendo utilizarse los valores de la tabla 3.3.

El ángulo de rozamiento interno entre material y pared, δ , se tomará en general con valor no superior a $\delta = \frac{2}{3} \varphi$, debiendo tenerse en cuenta que en el vaciado de depósitos o silos el rozamiento puede anularse.

CAPITULO 4 – CARGAS GRAVITATORIAS - CARGAS VIVAS (L)

4.1 DEFINICIONES

Sobrecarga de uso, o **carga viva**, en un elemento resistente es el peso, consecuente con las definiciones del Capítulo 2, de todos los objetos que pueden gravitar sobre él por razón de su uso: personas, muebles, instalaciones movibles, materias almacenadas, vehículos, etc. y serán los valores máximos esperados para el destino deseado en la vida útil de la construcción, pero en ningún caso deben ser menores que las cargas mínimas uniformemente distribuidas requeridas en la norma presente.

4.2 APLICACIÓN DE LAS SOBRECARGAS

4.2.1 Sobrecarga uniforme en pisos

Sobre un piso, la posición de los objetos cuyo peso constituye la sobrecarga de uso es variable e indeterminada en general. Por esta razón se sustituye su peso por una sobrecarga superficial uniforme, salvo en los casos especificados en los artículos 4.3, 4.4 y 4.5. Para cada parte del edificio se elegirá un valor de sobrecarga de uso adecuado al destino que va a tener, sin que el valor elegido sea menor que el correspondiente a este uso en la tabla 4.1.

La sobrecarga de uso de un local de almacén se calculará determinando el peso de las materias almacenables con la máxima altura prevista. Puede calcularse con los pesos específicos aparentes dadas en el capítulo 3

No se considerarán nunca incluidos en la sobrecarga de uso, los pesos del pavimento del piso y del revestimiento del techo o de cualquier otro elemento que represente una carga permanente, como los peldaños de escaleras, que se computarán expresamente en la carga permanente.

4.2.2 Sobrecarga de tabiquería móvil

Los tabiques móviles y a futuro se tomarán en cuenta como carga equivalente uniformemente repartida por metro cuadrado, igual al 33% del peso por metro lineal de tabique terminado, como un mínimo de $1,20 \text{ kN/m}^2$, salvo que la sobrecarga de uso correspondiente sea igual o superior a $4,00 \text{ kN/m}^2$, en cuyo caso no se requiere considerar el peso de los tabiques.

4.2.3 Cargas concentradas

4.2.3.1 Adopción de la sobrecarga

Los pisos y otras superficies similares se deben diseñar para soportar con seguridad las cargas uniformemente distribuidas prescriptas en el artículo 4.1 o la carga concentrada en kN dada en tabla 4.1, la que produzca las mayores solicitaciones.

4.2.3.2 Área de aplicación

A menos que se especifique de otra manera, se debe suponer que la carga concentrada indicada se distribuirá uniformemente sobre un área cuadrada de $0,75 \text{ m}$ de lado ($0,56 \text{ m}^2$) y estará localizada de manera tal de producir los máximos efectos de carga en los elementos estructurales.

4.2.3.3 Simultaneidad

Las cargas concentradas para estructuras de cubierta indicadas en los párrafos anteriores no actúan simultáneamente con las sobrecargas especificadas en el artículo 4.9.

4.3 PASAMANOS, AGARRADERAS Y BARRERAS PARA VEHÍCULOS

4.3.1 Pasamanos y sistemas de protección

4.3.1.1 Carga de aplicación

Los conjuntos de pasamanos y sistemas de protección se deben diseñar para resistir una carga de 1,0 kN/m aplicada en cualquier dirección en la parte superior y transferir esta carga a través de los soportes a la estructura. Para viviendas unifamiliares, la carga mínima es de 0,4 kN/m.

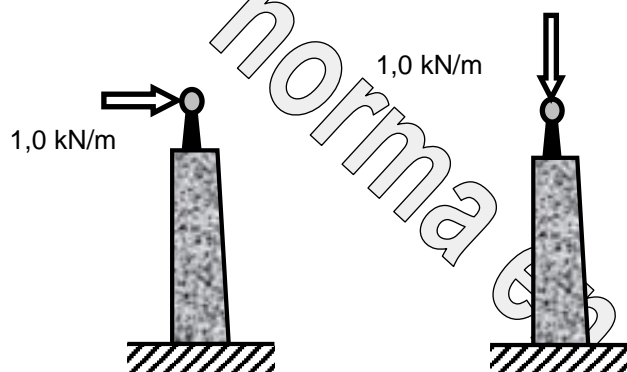


Figura 4.3.1.1 - Cargas distribuidas en conjuntos de pasamanos y sistemas de protección

4.3.1.2 Carga concentrada

Por otro lado todos los montajes de pasamanos y sistemas de protección deben resistir una única carga concentrada de 1,0 kN, aplicada en cualquier dirección, en cualquier punto a lo largo de la parte superior, y deben tener dispositivos de unión y estructura soporte para transferir esta carga a los elementos estructurales apropiados del edificio. No es necesario suponer que esta carga actúe conjuntamente con las cargas repartidas especificadas en 4.3.1.1.

4.3.1.3 Otros sistemas

Las guías intermedias (todas excepto los pasamanos), balaustradas y paneles de relleno se deben diseñar para soportar una carga normal aplicada horizontalmente de 0,25 kN sobre un área que no exceda 0,3 m de lado, incluyendo aberturas y espacios entre barandas. No es necesario superponer las reacciones debidas a estas cargas con aquellas de cualquiera de los párrafos precedentes.

4.3.2 Barras agarraderas

Los sistemas de barras agarraderas se deben diseñar para resistir una carga concentrada única de 1,0 kN aplicada en cualquier dirección en cualquier punto.

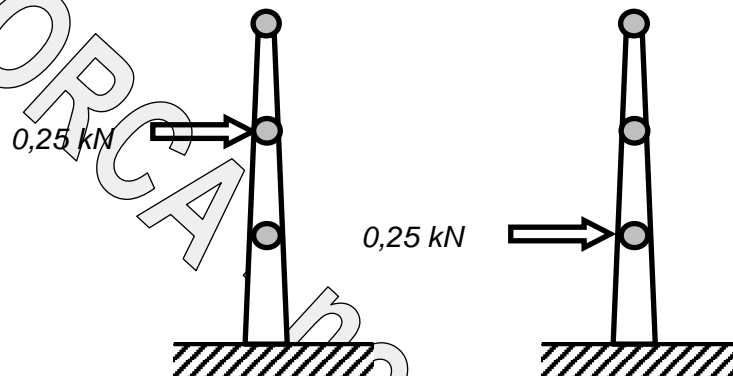


Figura 4.3.1.3 - Cargas concentradas en guías intermedias.

4.3.3 Barreras para vehículos

4.3.3.1 Carga de aplicación

Los sistemas de barreras para vehículos, en el caso de automóviles de pasajeros, se deben diseñar para resistir una única carga de 26,8 kN aplicada horizontalmente en cualquier dirección al sistema de barreras, y debe tener anclajes o uniones capaces de transferir esta carga a la estructura.

4.3.3.2 Zona de aplicación

Para el diseño del sistema, se debe suponer que la carga va a actuar a una altura mínima de 0,5 m por encima de la superficie del piso o rampa sobre un área que no exceda 0,30 m de lado y no es necesario suponer que actuará conjuntamente con cualquier carga para pasamanos o sistemas de protección especificada en los párrafos precedentes.

4.3.3.3 Otros vehículos

Las cargas indicadas no incluyen sistemas de barreras en garajes que guarden ómnibus y camiones; en estos casos se deben realizar los análisis apropiados que contemplen estas situaciones.

4.3.4 Escaleras fijas

4.3.4.1 Carga de aplicación

La sobrecarga mínima de diseño sobre escaleras fijas con peldaños es una carga concentrada única de 1,35 kN y se debe aplicar en el punto donde produce el máximo efecto de carga sobre el elemento que se está considerando.

4.3.4.2 Posición de aplicación

El valor y posición de la sobrecarga concentrada adicional debe ser un mínimo de 1,35 kN cada 3,0 m de altura de escalera. Las escaleras marineras, con huellas en vez de peldaños, deben tener cargas de diseño mínimas como las escaleras definidas en la tabla 4.1.

4.3.4.3 Extensión de las barandas

Donde las barandas de las escaleras fijas se extienden por encima de un piso o plataforma ubicada en la parte superior de la escalera, la extensión de la baranda a cada lado, se debe diseñar para resistir una sobrecarga concentrada de 0,4 kN, en cualquier dirección y a cualquier altura, hasta la parte superior de la extensión lateral de baranda.

4.4 SOBRECARGAS DE APLICACIÓN

4.4.1 Sobrecargas no especificadas

Para ambientes no específicamente indicados en la tabla 4.1, la sobrecarga de diseño debe ser determinada por similitud con los valores indicados para los ambientes existentes. Si se tratara de un caso totalmente atípico y que pueden afectar la seguridad pública, se deberán determinar las cargas de acuerdo con un método aprobado por la autoridad bajo cuya jurisdicción se realiza la obra.

4.4.2 Sobrecargas especificadas

Las sobrecargas mínimas se establecerán de acuerdo a los valores mínimos de la tabla 4.1.

Tabla 4.1 - Sobrecargas de servicio, L

Tipo de servicio	Sobrecargas	
	Uniforme en kPa (kN/m ²)	Concentrada en kN
ALMACENES Y BODEGAS		
Depósitos (serán diseñados para cargas más pesadas si el almacenamiento previsto lo requiere)		
- Liviano	6,0	
- Pesado (Véase 4.13)	12,0	
- Frigorífico, debe estimarse, pero no menor a:	15,0	
BAÑOS		
- Viviendas	2,0	
- Otros casos	3,0	
BIBLIOTECAS Y ARCHIVOS		
- Salas de lectura	3,0	4,5
- Salas de almacenamiento de libros (5)	7,0	4,5
- Areas de archivos:		
o Apilamiento de hasta 1,80 m de altura	4,0	-
o Por cada 0,30 m adicionales sobre 1,80 m	0,5	-
- Corredores.	4,0	4,5

Tabla 4.1 – Sobrecargas de servicio, L (Continuación)

Tipo de servicio	Sobrecargas	
	Uniforme en kPa (kN/m ²)	Concentrada en kN
CÁRCELES (Instituciones penales)		
- Celdas	2,0	
- Corredores	4,0	
- Zonas públicas	Ver lugares de asamblea	
CENTROS DE EDUCACIÓN		
- Aulas	3,0	4,5
- Corredores en pisos superiores a planta baja	4,0	4,5
- Corredores en planta baja	5,0	4,5
- Talleres	3,5 (ver 6.4)	
- Laboratorios	3,0 (ver 6.4)	
- Escaleras	4,0	
COCINAS		
- Viviendas	2,0	
- Otros destinos	4,0	
CUBIERTAS		
- Cubiertas livianas (Techos de calamina, tejas, plásticos.)	0,5	2,0
- Techos normales planos, inclinados y curvados	1,00	
- Las áreas del techo se utilizan para fines de reuniones y asambleas	5,00	
- Techos vegetales y paisajísticos		
o No están destinadas para la ocupación humana	1,00	
o Las áreas del techo se utilizan para fines de reuniones y asambleas	5,00	
o Las áreas de techo utilizadas para otras ocupaciones	Igual que la ocupación servida	
- Toldos y marquesinas, construcción de tela apoyada sobre una estructura de armazón	0,25	
- Todas las demás cubiertas	1,00	
- Elementos principales del techo, que cubre a un piso de trabajo	0,25	
o Punto del cordón inferior de la cercha de las estructuras de techo o cualquier punto a lo largo de los elementos estructurales principales que soportan los techos sobre la fábrica, almacenes y garajes de reparación (galpón)		9,00
o Todos los otros elementos principales del techo		1,50

Tabla 4.1 – Sobrecargas de servicio, L (Continuación)

Tipo de servicio	Sobrecargas	
	Uniforme en kPa (kN/m ²)	Concentrada en kN
Todas las superficies del techo que están sujetas a acceso de trabajadores de mantenimiento		1,50
GARAJES O ESTACIONAMIENTOS		
- Defensas para vehículos	Véase 4.3.3	
- Para automóviles solamente	2,5	Véase 4.10
- Para vehículos de hasta 9 pasajeros	5,0	Véase 4.10
- Para camiones semi pesados	12,0	36,0
- Camiones y ómnibuses	Véase 4.10.3	
Corredores y circulación peatonal	4,0	
HELIPUERTOS	2,0 (vease notas (6), (7) y (8))	13,5
HOSPITALES		
- Salas de operaciones, laboratorios y zonas de servicio	3,0	4,5
- Habitaciones privadas	2,0	4,5
- Corredores en piso superiores a planta baja	4,0	4,5
- Salas para equipos especiales	5,0	
- Escaleras	4,0	
- Cafetería	4,0	
HOTELES		
- Habitaciones privadas	2,0	
- Salas de reunión y corredores que las sirven	5,0	
- Almacenamiento y servicio	Véase Almacenes	
- Corredores y escaleras	4,0	
INDUSTRIA		
Fábricas	Véase 4.12	
- Manufactura liviana	6,0	9,0
- Manufactura pesada	12,0	14,0

Tabla 4.1 – Sobrecargas de servicio, L (Continuación)

Tipo de servicio	Sobrecargas	
	Uniforme en kPa (kN/m ²)	Concentrada en kN
LUGARES RECREACIONALES Y ASAMBLEAS, TEATROS		
Bowling, Salas de Billar y otras similares	4,0	
Comedores, restaurantes y confiterías	5,0	
Estrados y tribunas	5,0	
Estadios		
- Sin asientos fijos	5,0	
- Con asientos fijos (ajustados al piso)	3,0	
Gimnasios, áreas principales y balcones (2)	5,0	
Pasarelas y plataformas elevadas (que no corresponden a vías de escape)	4,0	
Patios y lugares de paseo	5,0	
Salones de reunión, iglesias, teatros y cines		
- Asientos fijos, sujetos al piso	3,0	
- Sin asientos fijos	5,0	
- Salones	5,0	
- Asientos móviles	5,0	
- Plataformas (reunión)	5,0	
- Cuartos de proyección	3,0	
Salones de baile y fiesta	5,0	4,0
Vestuarios	2,5	
Escaleras privadas	3,0	
Escaleras públicas	5,0	
OFICINAS		
- Uso para oficina	3,0	9,0
Salas de archivo	5,0	
Áreas de cafetería	5,0	
- Corredores y escaleras	4,0	
- Uso para computación	4,0	9,0
TIENDAS		
Comercio (Negocios) Venta al menudeo		
- Planta baja	5,0	4,5
- Pisos superiores	4,0	4,5
Comercio al por mayor, todos los pisos	6,0	4,5
VIVIENDAS		
Habitaciones y todas las áreas excepto balcones (3)	2,0	
Balcones		
- Viviendas en general	3,0	
- Otros casos	Véase 4.11	

Tabla 4.1 – Sobrecargas de servicio, L (Continuación)

Tipo de servicio	Sobrecargas	
	Uniforme en kPa (kN/m ²)	Concentrada en kN
Azoteas y terrazas (donde pueden congregarse personas) Véase 4.9.1	4,0	
Azoteas y terrazas accesibles privadamente	3,0	
Azoteas y terrazas inaccesibles	1,0	
Corredores en planta baja y otros pisos, lo mismo que el destino al que sirve, excepto otra indicación en esta tabla	2,0	
Escaleras y vías de salida (1)	3,0	
Lavanderías	2,0	
LAVANDERÍAS		
- viviendas	2,0	
- otros destinos	3,0	
SALIDAS DE INCENDIO		
- En general	5,0	
- En viviendas unifamiliares únicamente	2,0	
NOTAS:		
(1) La carga concentrada mínima sobre los escalones de una escalera es 1,35 kN		
(2) También se deben tener en cuenta las fuerzas de balanceo horizontales paralelas y normales a la longitud de los asientos		
(3) En "todas las áreas" se incluyen baños, cocinas, lavaderos, comedores, salas de estar y dormitorios.		
(4) Las cargas de la tabla se encuentran con valores en los que se encuentran incluidas las consideraciones de impacto, por lo que deberán ser incluidas directamente con el valor considerado.		
(5) La carga de ascensores será establecida de acuerdo al requerimiento del fabricante, pero no se considerará una carga puntual menor a 30 kN.		
(6) Cuando se diseñan helipuertos para pesos máximos de despegue de 13,5 kN, se tomará una carga uniforme de 2,0 kN/m ² , esta carga no podrá ser susceptible de reducción.		
(7) La capacidad del helipuerto debe ser determinada por la autoridad competente.		
(8) En la zona de aterrizaje se aplicarán 2 cargas concentradas separadas 2,40 m (que representan 2 apoyos de aterrizaje, ya sean del tipo patín o ruedas) cada uno de ellos con una magnitud de 0,75 veces el peso máximo de despegue del helicóptero y ubicadas para producir el máximo efecto en la estructura y cada uno de sus elementos. Cada carga será aplicada en un área de 200 mm x 200 mm y no lo harán simultáneamente a otras cargas uniformes o concentradas.		

4.5 ESTADOS DE CARGAS PARCIALES

Se debe tener en cuenta la sobrecarga aplicada con su intensidad total sólo a una parte de la estructura o elemento estructural, si ello produce efectos más desfavorables que la misma sobrecarga aplicada sobre toda la estructura o sobre el elemento estructural completo.

4.6 CARGAS DE IMPACTO

Se supondrá que las cargas especificadas en 4.1.1 y 4.4.2 incluyen condiciones de impacto habituales. Para destinos que involucren vibraciones y/o fuerzas de impacto inusuales, se tomarán recaudos en el diseño estructural.

4.6.1 Maquinaria

A los efectos de considerar el impacto, los valores de las cargas de las maquinarias se deben incrementar como mínimo en los siguientes porcentajes:

Nº	Tipo de servicio	%
1	Maquinaria de ascensor	100
2	Maquinaria liviana, funcionando con motor o por eje	20
3	Maquinaria de movimiento alternativo o unidades impulsadas con fuerza motriz	50
4	Colgantes para pisos o balcones	33

Los porcentajes anteriores se deben incrementar en la medida que así lo indique el fabricante de la maquinaria.

4.7 ASCENSORES Y MONTACARGAS

Se usarán las cargas especificadas por el fabricante.

4.8 REDUCCIÓN DE LA SOBRECARGA

Las sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas L de la tabla 4.1, se pueden reducir de acuerdo con las siguientes disposiciones.

4.8.1 Generalidades

Sujetos a las limitaciones de 4.8.2 a 4.8.5, los elementos para los cuales el valor:

$$K_{LL} A_T \geq 37,0 \text{ m}^2$$

Se pueden diseñar con una sobrecarga reducida de acuerdo con la siguiente expresión:

$$L \geq L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \quad (4-1)$$

donde:

L = sobrecarga de diseño reducida que soporta el elemento, por metro cuadrado de área

L_0 = sobrecarga de diseño no reducida que soporta el elemento, por metro cuadrado de área (véase tabla 4.1.)

K_{LL} = factor de sobrecarga del elemento (véase tabla 4.2.)

A_T = área tributaria, m^2 .

Ademas:

para elementos que soportan un piso $L \geq 0,5 L_0$

para elementos que soportan dos (2) o más pisos. $L \geq 0,4 L_0$

Tabla 4.2 - Factor de carga viva de elementos estructurales, K_{LL}

Nº	Elemento	K_{LL}
1	Columnas interiores	4
2	Columnas exteriores sin losas en voladizo	4
3	Columnas de borde con losas en voladizo	3
4	Columnas de esquina con losas en voladizo	2
5	Vigas de borde sin losas en voladizo	2
6	Vigas interiores	2
7	Todos los demás elementos no identificados, en 1 a 6, incluyendo Vigas de borde con losas en voladizo Vigas en voladizo Losas en dos direcciones Elementos sin disposiciones para transferencia continua de corte Normal al tramo	1

4.8.2 Sobrecargas pesadas

Las sobrecargas que exceden 5,0 kPa no se reducirán, excepto las sobrecargas para elementos que soportan dos (2) o más pisos, que se pueden reducir en 20 %.

4.8.3 Reduccion por numero de pisos

Para el dimensionado de un elemento vertical (pilar, muro), la suma de las sobrecargas de un mismo uso que graviten sobre él, puede reducirse multiplicándola por el coeficiente de la tabla 4.8.3

Tabla 4.8.3 Reduccion por numero de pisos

Número de plantas del mismo uso	Valor reducido
1 o 2	1,0
3 o 4	0,9
5 o mas	0,8

Los coeficientes de reducción anteriores podrán aplicarse simultáneamente en un elemento vertical cuando las plantas situadas por encima de dicho elemento estén destinadas al mismo uso y siempre que correspondan a diferentes usuarios, lo que se hará constar en la memoria del proyecto y en las instrucciones de uso y mantenimiento. En el caso de 1 ó 2 plantas se puede aplicar la reducción por superficie tributaria a los elementos verticales.

4.8.4 Garajes para automóviles de pasajeros

Las sobrecargas no se reducirán en garajes para automóviles de pasajeros, excepto las sobrecargas para elementos que soportan dos (2) o más pisos, que se pueden reducir en 20 %.

4.8.5 Destinos especiales

Las sobrecargas de 5,0 kPa o menos, no se reducirán en lugares destinados a reuniones públicas.

4.8.6 Elementos estructurales especiales

Las sobrecargas no se reducirán para losas armadas en una sola dirección excepto lo permitido en el artículo 4.8.2. Las sobrecargas de 5,0 kPa o menores no se reducirán para elementos de cubierta, excepto lo que se especifica en 4.9

4.9 CARGAS VIVAS DE CUBIERTA (L_r)

4.9.1 Cubiertas planas, horizontales o con pendiente y curvas

Las cubiertas comunes planas, horizontales o con pendiente y curvas se diseñarán para las sobrecargas especificadas en la ecuación 4-2 u otras combinaciones de cargas de control fijadas en los reglamentos específicos de cada material, aquella que produzca las mayores solicitaciones. En estructuras tales como invernaderos, donde se usa andamiaje especial como superficie de trabajo para obreros y materiales durante las operaciones de reparación y mantenimiento, no se podrá usar una carga de cubierta menor que la especificada en la ecuación (4.2) a menos que la apruebe la autoridad bajo cuya jurisdicción se realiza la obra.

$$L_r = 0,96 R_1 R_2 \quad (4-2)$$

Donde:

$$0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

L_r sobrecarga de cubierta por metro cuadrado de proyección horizontal, en kN/m²

Los factores de reducción R_1 y R_2 se determinarán como sigue:

$R_1 = 1$	para	$A_t \leq 19,0 \text{ m}^2$
$R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t$	para	$19,0 \text{ m}^2 < A_t < 56,0 \text{ m}^2$
$R_1 = 0,6$	para	$A_t \geq 56,0 \text{ m}^2$

A_t área tributaria (vease comentarios artículo 4.8.1) en metros cuadrados soportada por cualquier elemento estructural y

$R_2 = 1$	para	$F \leq 4,0$
$R_2 = 1,2 - 0,05 F$	para	$4,0 < F < 12,0$
$R_2 = 0,6$	para	$F \geq 12,0$

donde:

- $F = 0,12$ por el valor de la pendiente, Para una cubierta con pendiente
- $F =$ la relación altura-luz del tramo por 32, Para un arco o cúpula:

con la pendiente expresada en porcentaje.

4.9.2 Cubiertas para propósitos especiales

Las cubiertas que permiten la circulación de personas se deben diseñar para una sobrecarga mínima de 3,0 kN/m². Las cubiertas usadas para jardines o con propósitos de reunión, se deben diseñar para una sobrecarga mínima de 5,0 kN/m². Las cubiertas usadas con otros

propósitos especiales, se deben diseñar para las cargas apropiadas tal como decida y apruebe la autoridad bajo cuya jurisdicción se realiza la obra.

4.10 SOBRECARGAS PARA LOCALES DESTINADOS A GARAJES DE AUTOMÓVILES

4.10.1 Sobrecarga uniforme

Los pisos de garajes o sectores de edificios usados para estacionar vehículos, se deben diseñar para **2,5 kPa** de sobrecarga uniformemente distribuida, o para las siguientes cargas concentradas, lo que resulte más desfavorable:

- a) para automóviles que no llevan más de **9** pasajeros, **9,0 kN** actuando sobre una superficie de **115 mm por 115 mm**.
- b) estructuras para estacionamiento por medios mecánicos (sin espacios para circulación), **10,0 kN** por rueda.

4.10.2 Carga horizontal

Para cargas horizontales originadas por vehículos, ver el artículo 4.3.2

4.10.3 Vehículos medianos y pesados

Las cargas vivas en garajes o partes de un edificio utilizado para el almacenamiento de camiones y autobuses deben estar de acuerdo con las especificaciones de diseño del puente AASHTO LRFD; sin embargo, no se requieren disposiciones para la fatiga y la tolerancia de carga dinámica en el mismo.

4.11 SOBRECARGAS PARA BALCONES

Para edificios de oficinas, edificios públicos, locales comerciales o industriales, etc., el valor de la sobrecarga no podrá ser menor que el fijado para el local o locales a los cuales sirven.

4.12 SOBRECARGAS PARA FÁBRICAS, TALLERES Y DEPÓSITOS

4.12.1 Sobrecargas para fábricas y talleres

Se deben investigar las tareas y características de cada local y fundamentar los valores previstos en el análisis que se tomarán para el cálculo de la estructura. Independientemente de ello, se deben considerar los siguientes valores mínimos:

Fábricas o talleres de manufactura liviana

- Carga uniformemente distribuida: **6,0 kPa**
- Carga concentrada: **9,0 kN**

Fábricas o talleres de manufactura pesada

- Carga uniformemente distribuida: **12,0 kPa**
- Carga concentrada: **14,0 kN**

4.12.2 Sobrecargas para depósitos

Los valores de las sobrecargas en depósitos se obtendrán multiplicando las superficies o volúmenes considerados por los correspondientes pesos unitarios. Los valores de los pesos

unitarios se indican en la tabla 3.2 para materiales de construcción y diversos materiales almacenables. Sin embargo, los valores mínimos a considerar son:

- Depósitos para carga liviana: **6,0 kPa**
- Depósitos para carga pesada: **12,0 kPa**

4.12.3 Identificación de la sobrecarga

En todos los edificios destinados total o parcialmente a talleres, fábricas o depósitos, se debe colocar en cada piso y en lugar visible, una placa inamovible que indique la sobrecarga prevista en el cálculo, con la leyenda "**carga máxima... kPa**".

4.13 AUTOELEVADORES

Se usarán las cargas especificadas por el fabricante.

4.14 CARGAS PRODUCIDAS POR PUENTES GRÚA

Las cargas que se adoptan para el diseño de las vigas carril incluyendo las conexiones y ménsulas de soporte, de puentes grúas móviles y monorrieles deben incluir las cargas máximas de las ruedas de la grúa (cargas verticales) y el impacto vertical y fuerzas laterales y longitudinales inducidas por el puente grúa en movimiento.

4.14.1 Carga máxima por rueda

Las cargas máximas por rueda son las producidas por la suma del peso del puente grúa, más el peso del carro, más la carga útil, dispuestos de modo tal de producir los efectos más desfavorables sobre la estructura soporte del puente grúa.

4.14.2 Impacto vertical

Las cargas máximas de las ruedas del puente grúa se deben incrementar con el porcentaje que se indica a continuación, para tener en cuenta el impacto vertical inducido o la fuerza vibratoria:

- Puentes grúa operados desde cabina o por control remoto **25 %**
- Puentes grúa operados por comando eléctrico manual **10 %**

4.14.3 Fuerza transversal (bamboleo)

La fuerza transversal sobre ambas vigas portagrúa, provocada por puentes grúa accionados eléctricamente, se debe calcular tomando el 20 % de la carga útil del puente grúa más el peso del aparejo de izaje y del carro. La fuerza transversal se supone actuando en ambos sentidos sobre la cara superior del riel y se distribuirá teniendo en cuenta la rigidez lateral de las vigas portagrúa y de su estructura de apoyo.

4.14.4 Fuerza longitudinal (frenado)

Las fuerzas longitudinales provocadas por puentes grúa accionados eléctricamente se deben calcular tomando el 10 % de las cargas máximas por rueda. La fuerza longitudinal se supondrá actuando en ambos sentidos sobre la cara superior del riel.

CAPITULO 5 – ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS

5.1 ESTRUCTURAS AFECTADAS

Las acciones producidas por las deformaciones debidas a las variaciones de temperatura y por las que experimentan los materiales en el transcurso del tiempo, por otras causas, deben tenerse en cuenta en las estructuras hiperestáticas, muy especialmente en arcos, bóvedas o estructuras semejantes, salvo en los casos que se detallan, a continuación.

Pueden no considerarse acciones térmicas y reológicas en las estructuras formadas por pilares y vigas cuando se disponen juntas de dilatación a distancias adecuadas.

La distancia estimada entre juntas de dilatación en estructuras ordinarias de edificación de acero laminado, o de hormigón armado no debe sobrepasar 40 m. Esta distancia suele aumentarse a 50 m si los pilares son de rigidez pequeña, y reducirse a 30 m si los pilares son de rigidez grande.

5.2 VARIACIÓN DE TEMPERATURA

Los valores de variación de temperatura que deben adoptarse en el cálculo, a menos que se hayan realizado determinaciones directas en la localidad, son los siguientes:

- a) Estructuras de acero a la intemperie y expuestas a la radiación solar directa $\pm 30^\circ$.
- b) Estructuras a la intemperie en los demás casos $\pm 20^\circ$.

En las estructuras con revestimiento que aseguren una variación de temperatura no superior a $\pm 10^\circ$ puede prescindirse, en general, de considerar las acciones térmicas.

5.3 VARIACIONES DIFERENCIALES DE TEMPERATURA

Deben considerarse las acciones producidas por deformaciones debidas a temperaturas diferentes en zonas distintas de la estructura, en el caso de que puedan presentarse.

5.4 COEFICIENTE DE DILATACIÓN

En el cálculo de las deformaciones, se adoptarán los siguientes valores para el coeficiente de dilatación térmica:

- Acero laminado 0,000012 m/m $^\circ\text{C}$
- Hormigón armado 0,000011 m/m $^\circ\text{C}$

5.5 ACCIONES REOLÓGICAS

En las estructuras construidas con materiales en que se producen deformaciones en el transcurso del tiempo debidas a la retracción, a la fluencia bajo las cargas o a otras causas, las variaciones dimensionales a tener en cuenta según 5.1, se calcularán siguiendo las directrices de las normas para el cálculo de las estructuras de dichos materiales.

En general las acciones reológicas son despreciables, en los materiales metálicos, debiendo considerarse, esta acción, en el hormigón en masa, armado y pretensado.

CAPITULO 6 – EMPUJES DEL TERRENO

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS

El cálculo de los empujes se realizará utilizando los métodos de la Mecánica del Suelo. Las características de cada terreno se determinarán experimentalmente:

- peso específico aparente γ ,
- índice de huecos n ,
- ángulo de rozamiento interno ϕ y
- cohesión c ,

Cuando se juzgue necesario se realizarán los ensayos precisos, que deben ser programados, ejecutados e interpretados por personal especializado.

En terrenos coherentes debe procederse con gran prudencia al fijar el valor de la cohesión, ya que, esta, varía con el grado de humedad del terreno, disminuyendo rápidamente cuando éste pasa de un cierto límite, así como a causa de posibles acciones perturbadoras de los agentes climatológicos. Si no se efectúa determinación directa de las características del terreno, se pondrá cohesión nula en todo caso y se tomarán los valores de la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Características empíricas de los terrenos

Clase de terreno	Peso específico aparente γ en kN/m^3	Ángulo de fricción interna en Grados	Índice de humedad h en %
Terrenos naturales			
Gravas y arenas compactas	20,0	30°	30
Gravas y arenas sueltas	17,0	30°	40
Arcilla	21,0	20°	40
Rellenos			
Tierra vegetal	17,0	25°	40
Terraplén	17,0	30°	40
Pedraplén	18,0	40°	35

6.2. ROZAMIENTO ENTRE TERRENO Y MURO

El ángulo de rozamiento δ entre un terreno y un muro, depende principalmente: del ángulo de rozamiento interno del terreno, de su grado de humedad y de la rugosidad del paramento del muro. El valor de δ puede determinarse experimentalmente o estimarse bajo las consideraciones siguientes:

En los casos más desfavorables, como por ejemplo, en terrenos coherentes, anegados o en muros de superficie muy lisa, se tomará un ángulo de rozamiento nulo, $\delta = 0^\circ$

Con terrenos bien drenados y muros de superficie muy rugosa, el máximo valor posible del ángulo de rozamiento es $\delta = \phi$. Para el cálculo de los empujes, salvo justificación especial, no se pasará del valor:

$$\delta = \frac{2}{3} \phi$$

6.3. EMPUJE ACTIVO.-

6.3.1 Generalidades

Para el cálculo de los empujes activos de terrenos sin cohesión, se recomienda aplicar la teoría de Coulomb, que proporciona valores suficientemente aproximados.

Con muro de trasdós plano (Véase Figura 6.3.1), que forma un ángulo α con la horizontal, y superficie del terreno plana, formando un talud de ángulo β , sobre la que actúa una carga uniformemente repartida de valor q por m de proyección, las componentes horizontal p_H y vertical p_V de la presión sobre el muro, a la profundidad z contada a partir de la coronación del muro, tienen las expresiones siguientes:

$$p_H = (\gamma z + q) K_H$$

$$p_V = (\gamma z + q) K_V$$

Los coeficientes de empuje activo K_H y K_V vienen dados por las expresiones:

$$K_H = \frac{\sin^2(\alpha + \delta)}{\sin^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_V = K_H \cot(\alpha - \delta)$$

Los valores de K_H y K_V , también tomarse de la tabla 6.2, al final de la presente Norma.

Como valor β del ángulo de talud de la superficie libre del terreno, respecto a la horizontal, se tomará el más desfavorable de los que sean posibles.

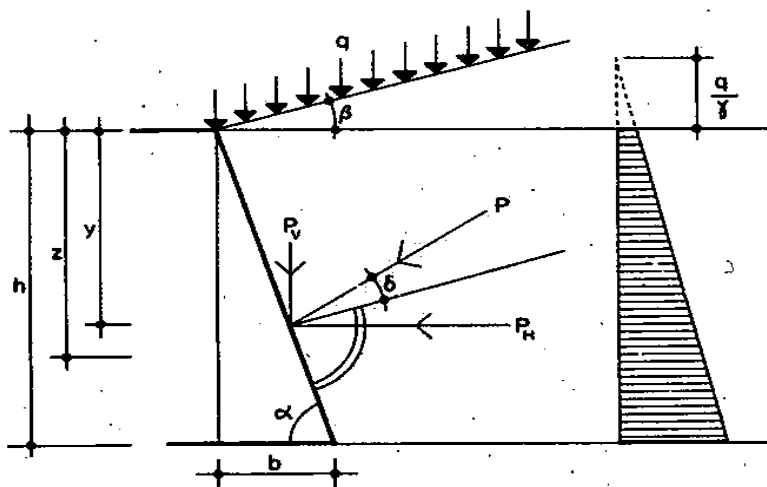


Figura 6.3.1.- Croquis de un muro de trasdós plano.

Las componentes horizontal P_H y vertical P_V del empuje total P , por unidad de longitud de muro, tienen por expresiones:

$$p_H = \left(\gamma \frac{h^2}{2} + q \right) K_H$$

$$p_V = \left(\gamma \frac{h^2}{2} + q \right) K_V$$

El punto de aplicación del empuje P se encuentra a una profundidad y y desde la coronación del muro dada por la expresión (véase Figura 6.3.1):

$$y = h \frac{2\gamma h + 3q}{3\gamma h + 6q}$$

donde:

h es la altura total del muro, m.

q es la sobrecarga que actúa sobre el talud del terreno, kN/m

6.3.2 Empuje activo de terrenos estratificados

En los terrenos constituidos por estratos de diversas características se determinará el empuje total obteniendo la resultante de los empujes parciales correspondientes a cada uno de los estratos. A este efecto, cada uno de ellos se considerará como un terreno homogéneo, sobre cuya superficie superior actúa una carga igual a la suma de los pesos de los estratos superiores, más la que pueda existir sobre la superficie libre.

6.3.3 Empuje activo de terrenos anegados

En los terrenos permeables anegados se calculará el peso específico aparente del terreno, teniendo en cuenta la disminución originada por el empuje ascensional del agua, que se valorará a partir del índice de huecos.

El peso específico virtual γ' de un terreno anegado viene dado por la fórmula:

$$\gamma' = \gamma - \left(2 - \frac{n}{100} \right) \gamma_a$$

donde:

γ el peso específico aparente del terreno seco,

n el índice de huecos, en %, y

γ_a el peso específico del agua.

Al empuje del terreno sobre el muro, calculado con el peso específico virtual γ' , se superpondrá el empuje hidrostático del agua.

Si el terreno está anegado solamente desde cierta profundidad f (Figura 6.3.3), se procederá como en el caso de terrenos estratificados.

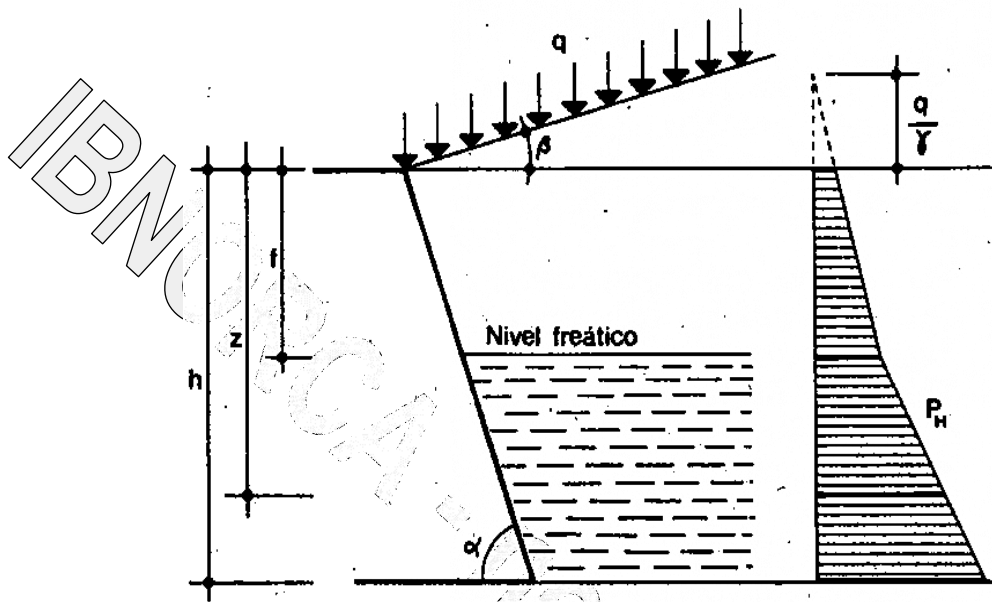


Figura 6.3.3.- Croquis de un muro en terreno anegado.

Los componentes horizontal p_H y vertical p_V de la presión sobre el muro, a una profundidad z por debajo del nivel freático, pueden calcularse con las fórmulas:

$$p_H = [\gamma'(z - f) + \gamma f + q]K_H + \gamma_a(z - f) \sin \alpha$$

$$p_V = [\gamma'(z - f) + \gamma f + q]K_V + \gamma_a(z - f) \cos \alpha$$

donde:

γ' es el peso específico virtual, kN/m^3 .

γ_a es el peso específico del agua, kN/m^3 .

z es la profundidad a la que se está calculando la presión, m.

f es la profundidad del nivel freático, m.

K_H es la proyección horizontal, del coeficiente de empuje que se está calculando.

K_V es la proyección vertical, del coeficiente de empuje que se está calculando.

α es el valor de la inclinación del muro.

6.3.4 Empuje activo de terraplenes limitados por dos muros

Cuando el terraplén esté limitado posteriormente por un muro paralelo a aquél sobre el que se calcula el empuje y está situado a una distancia suficientemente pequeña para que la superficie que define el prisma de máximo empuje corte al muro posterior, se tendrá en cuenta la reducción de empuje debida a esta circunstancia, pudiendo determinarse el empuje, mediante métodos gráficos derivados de las hipótesis de Coulomb.

También puede utilizarse la reducción producida por el efecto de ensilamiento. En un silo, cuya sección horizontal tiene área A y perímetro u , la presión horizontal p_H sobre una pared vertical (véase *Figura 6.3.4*) y la presión vertical p_V sobre una superficie horizontal, a la profundidad z , pueden calcularse mediante las fórmulas:

$$p_H = \gamma z_0 \left(1 - e^{-z/z_0}\right) K_H$$

$$p_V = \gamma z_0 \left(1 - e^{-z/z_0}\right) K_V$$

donde:

z_0 la profundidad crítica, dada por la expresión:

$$z_0 = \frac{A}{u K_V}$$

donde:

A área sección horizontal de un silo, m^2 .

u perímetro del silo, m .

El resto de los parámetros tienen los mismos significados definidos en artículos anteriores.

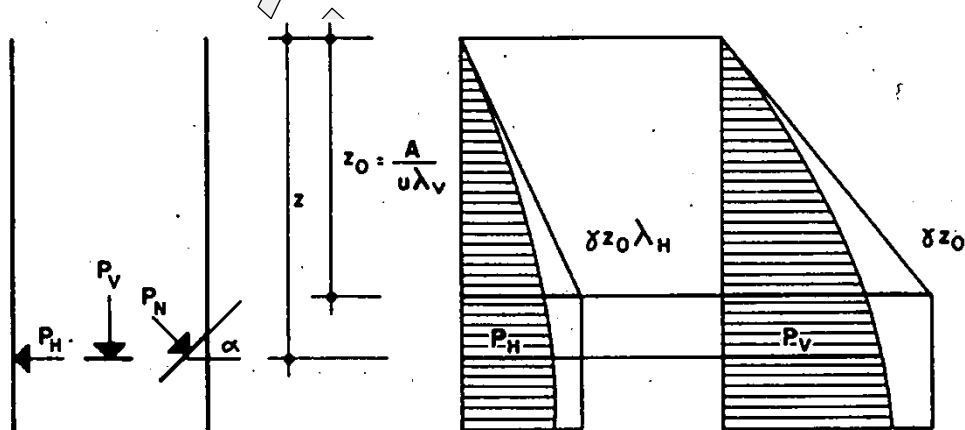


Figura 6.3.4.- Empuje activo de terraplenes limitados por dos (2) muros.

La presión normal p_N sobre una superficie inclinada, que forme un ángulo α con la horizontal (paredes de las tolvas) es:

$$p_N = p_h \sin^2 \alpha + p_h \cos^2 \alpha$$

Los valores de la función de presión $\left(1 - e^{-z/z_0}\right)$ se dan en la Tabla 6.3.

6.3.5 Empuje sobre elementos aislados

En los elementos de construcción de pequeño ancho sometidos a empujes de tierras (véase Figura 6.3.5), como por ejemplo los soportes semienterrados en una ladera, no basta calcular el empuje considerando el ancho del elemento.

En general, se calculará el empuje correspondiente a un ancho triple de la de dicho elemento. No se contará con el empuje pasivo de las tierras situadas por delante del mismo.

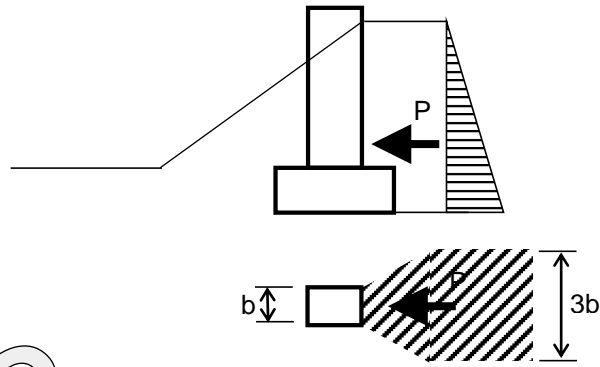


Figura 6.3.5 - Empuje sobre elementos aislados.

Tabla 6.3 - Función de presión en silos

z/z_0	$(1 - e^{-z/z_0})$	z/z_0	$(1 - e^{-z/z_0})$	z/z_0	$(1 - e^{-z/z_0})$
0,00	0,000	1,00	0,632	2,00	0,865
0,05	0,049	1,05	0,650	2,05	0,871
0,10	0,095	1,10	0,667	2,10	0,878
0,15	0,139	1,15	0,683	2,15	0,884
0,20	0,181	1,20	0,699	2,20	0,889
0,25	0,221	1,25	0,713	2,25	0,895
0,30	0,259	1,30	0,727	2,30	0,900
0,35	0,295	1,35	0,741	2,35	0,905
0,40	0,330	1,40	0,753	2,40	0,909
0,45	0,362	1,45	0,765	2,45	0,914
0,50	0,393	1,50	0,777	2,50	0,918
0,55	0,423	1,55	0,788	2,55	0,922
0,60	0,451	1,60	0,798	2,60	0,926
0,65	0,478	1,65	0,808	2,65	0,929
0,70	0,503	1,70	0,817	2,70	0,933
0,75	0,528	1,75	0,826	2,75	0,936
0,80	0,551	1,80	0,835	2,80	0,939
0,85	0,573	1,85	0,843	2,85	0,942
0,90	0,593	1,90	0,850	2,90	0,945
0,95	0,613	1,95	0,858	3,00	0,950

6.4. EMPUJE PASIVO

El cálculo del empuje pasivo mediante la teoría de Coulomb, que supone superficie de deslizamiento plana, da resultados que difieren bastante de los valores reales cuando se considera rozamiento entre terreno y muro.

En estos casos, el empuje pasivo se obtendrá mediante superficies de deslizamiento curvas, adoptando el valor que corresponda a la que dé valor mínimo. Como superficies de deslizamiento pueden adoptarse las formadas (véase figura 6.4) por una parte "CD" plana, y otra "BC" cilíndrica, de directriz circular o espiral logarítmica.

Hay que tener en cuenta que para que el empuje pasivo pueda actuar, es necesario que se produzcan corrimientos de la estructura, no despreciables en general. Se debe actuar, con suma prudencia en la estimación de la acción estabilizante de los empujes pasivos, no tomándola en consideración a menos que se compruebe que los movimientos necesarios para provocarla, son compatibles con las condiciones de servicio de la estructura y se tenga la seguridad de que el terreno permanecerá con sus características inalteradas.

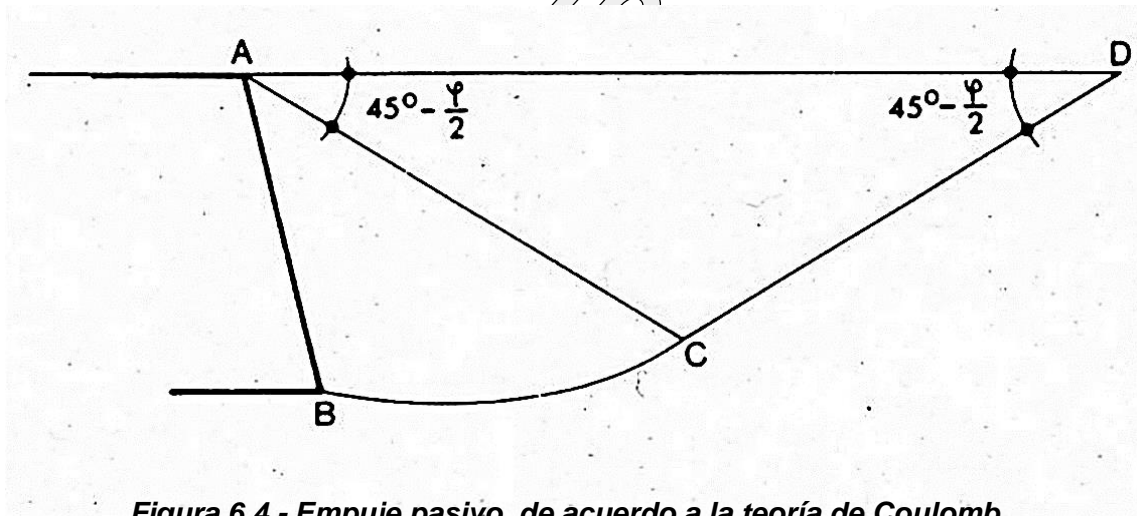


Figura 6.4.- Empuje pasivo, de acuerdo a la teoría de Coulomb.

Tabla 6.2 - Coeficiente de empuje activo

Ángulo de fricción interna del terreno ϕ	Ángulo de fricción entre terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente K_H de empuje activo horizontal, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$						Coeficiente K_V de empuje activo vertical, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
20°		0°	0,71	0,67	0,62	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08
		5°	0,79	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,63	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09
		10°	0,88	0,81	0,74	0,65	0,57	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10
		15°	1,02	0,93	0,83	0,74	0,64	0,54	0,81	0,56	0,33	0,15	0,00	-0,11
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,18	0,79	0,46	0,20	0,00	-0,15
	$\frac{\phi}{3} = 6^\circ 40'$	0°	0,63	0,60	0,56	0,51	0,45	0,39	0,64	0,46	0,31	0,17	0,05	-0,03
		5°	0,70	0,67	0,62	0,56	0,49	0,42	0,71	0,51	0,33	0,18	0,06	-0,03
		10°	0,80	0,75	0,68	0,61	0,54	0,46	0,81	0,58	0,37	0,20	0,06	-0,04
		15°	0,95	0,87	0,79	0,70	0,61	0,52	0,96	0,67	0,43	0,23	0,07	-0,04
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,49	1,01	0,63	0,33	0,10	-0,06
	$\frac{2\phi}{3} = 13^\circ 20'$	0°	0,56	0,54	0,52	0,48	0,43	0,37	0,71	0,53	0,36	0,22	0,10	0,01
		5°	0,63	0,61	0,57	0,52	0,46	0,40	0,81	0,59	0,40	0,24	0,11	0,01
		10°	0,73	0,69	0,64	0,58	0,51	0,44	0,93	0,67	0,45	0,27	0,12	0,02
		15°	0,88	0,82	0,75	0,67	0,59	0,50	1,13	0,80	0,53	0,31	0,14	0,02
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,88	1,28	0,82	0,47	0,21	0,03
	$\phi = 20^\circ$	0°	0,49	0,49	0,47	0,44	0,40	0,35	0,80	0,60	0,42	0,27	0,15	0,05
		5°	0,56	0,55	0,53	0,49	0,44	0,38	0,92	0,68	0,47	0,30	0,16	0,06
		10°	0,66	0,64	0,60	0,55	0,49	0,42	1,08	0,78	0,54	0,33	0,18	0,06
		15°	0,82	0,77	0,71	0,64	0,57	0,48	1,34	0,95	0,64	0,39	0,21	0,07
		20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	2,42	1,62	1,04	0,62	0,32	0,12

Tabla 6.2 - Coeficiente de empuje activo (continuación)

Ángulo de fricción interna del terreno ϕ	Ángulo de fricción entre terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente K_H de empuje activo horizontal, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$						Coeficiente K_V de empuje activo vertical, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
			25°											
		0°	0,65	0,60	0,55	0,48	0,41	0,33	0,52	0,36	0,22	0,10	0,00	-0,07
		10°	0,79	0,72	0,64	0,55	0,46	0,37	0,63	0,43	0,25	0,11	0,00	-0,07
		15°	0,89	0,80	0,70	0,61	0,50	0,41	0,71	0,48	0,28	0,12	0,00	-0,08
		20°	1,04	0,92	0,80	0,69	0,57	0,46	0,83	0,55	0,32	0,14	0,00	-0,09
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,24	0,81	0,46	0,20	0,00	-0,14
	$\frac{\phi}{3} = 8^{\circ}20'$	0°	0,56	0,53	0,49	0,44	0,37	0,31	0,60	0,43	0,28	0,16	0,05	-0,02
		10°	0,70	0,65	0,58	0,51	0,43	0,35	0,75	0,53	0,34	0,18	0,06	-0,02
		15°	0,80	0,73	0,65	0,56	0,47	0,38	0,86	0,60	0,38	0,20	0,07	-0,02
		20°	0,96	0,86	0,76	0,65	0,55	0,44	1,03	0,70	0,44	0,23	0,08	-0,02
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,66	1,10	0,67	0,35	0,12	-0,04
	$\frac{2\phi}{3} = 16^{\circ}40'$	0°	0,48	0,47	0,44	0,40	0,35	0,29	0,69	0,51	0,35	0,21	0,10	0,03
		10°	0,61	0,58	0,53	0,47	0,40	0,33	0,89	0,64	0,42	0,25	0,12	0,03
		15°	0,72	0,67	0,60	0,53	0,45	0,37	1,03	0,73	0,48	0,28	0,13	0,03
		20°	0,88	0,80	0,71	0,62	0,52	0,42	1,27	0,88	0,57	0,33	0,16	0,04
		25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	2,24	1,47	0,92	0,52	0,25	0,06
$\phi = 25^{\circ}$	0°	0,40	0,41	0,39	0,36	0,32	0,27	0,81	0,60	0,42	0,27	0,15	0,07	
	10°	0,53	0,52	0,49	0,44	0,38	0,31	1,07	0,76	0,52	0,32	0,18	0,08	
	15°	0,63	0,60	0,56	0,50	0,43	0,35	1,27	0,89	0,59	0,36	0,20	0,09	
	20°	0,79	0,74	0,67	0,59	0,50	0,41	1,60	1,10	0,72	0,43	0,23	0,10	
	25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	3,13	1,99	1,23	0,72	0,38	0,16	

Tabla 6.2 - Coeficiente de empuje activo (continuación)

Ángulo de fricción interna del terreno ϕ	Ángulo de fricción entre terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente K_H de empuje activo horizontal, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$						Coeficiente K_V de empuje activo vertical, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
30°	0°	0°	0,60	0,54	0,48	0,41	0,33	0,26	0,48	0,33	0,19	0,08	0,00	-0,05
		10°	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,29	0,57	0,38	0,22	0,09	0,00	-0,06
		20°	0,89	0,78	0,67	0,55	0,44	0,34	0,71	0,47	0,27	0,11	0,00	-0,07
		25°	1,04	0,90	0,77	0,63	0,50	0,38	0,83	0,54	0,31	0,13	0,00	-0,08
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	1,28	0,82	0,45	0,19	0,00	-0,12
	$\frac{\phi}{3} = 10^\circ$	0°	0,50	0,47	0,42	0,37	0,30	0,24	0,57	0,41	0,26	0,14	0,05	-0,01
		10°	0,61	0,56	0,50	0,42	0,34	0,27	0,70	0,49	0,31	0,16	0,06	-0,01
		20°	0,79	0,71	0,61	0,51	0,41	0,32	0,90	0,61	0,38	0,20	0,07	-0,01
		25°	0,96	0,84	0,72	0,60	0,48	0,37	1,09	0,73	0,45	0,23	0,08	-0,01
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	1,82	1,18	0,70	0,36	0,13	-0,01
	$\frac{2\phi}{3} = 20^\circ$	0°	0,41	0,40	0,37	0,33	0,28	0,22	0,68	0,49	0,33	0,20	0,10	0,03
		10°	0,52	0,49	0,44	0,39	0,32	0,25	0,85	0,60	0,40	0,24	0,12	0,04
		20°	0,69	0,63	0,56	0,48	0,39	0,30	1,14	0,78	0,50	0,29	0,14	0,05
		25°	0,86	0,77	0,67	0,57	0,46	0,35	1,42	0,95	0,60	0,34	0,17	0,05
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	2,63	1,68	1,02	0,57	0,27	0,09
	$\phi = 30^\circ$	0°	0,32	0,33	0,33	0,30	0,26	0,21	0,82	0,60	0,41	0,26	0,15	0,07
		10°	0,42	0,42	0,39	0,35	0,30	0,24	1,06	0,75	0,50	0,31	0,17	0,08
		20°	0,58	0,56	0,51	0,44	0,37	0,29	1,49	1,00	0,65	0,39	0,21	0,10
		25°	0,75	0,70	0,62	0,53	0,44	0,34	1,92	1,26	0,79	0,47	0,25	0,11
		30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	4,10	2,45	1,44	0,82	0,43	0,20

Tabla 6.2 - Coeficiente de empuje activo (continuación)

Ángulo de fricción interna del terreno ϕ	Ángulo de fricción entre terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente K_H de empuje activo horizontal, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$						Coeficiente K_V de empuje activo vertical, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
35°	0°	0°	0,54	0,49	0,42	0,35	0,27	0,20	0,43	0,29	0,17	0,07	0,00	-0,04
		15°	0,70	0,61	0,51	0,42	0,32	0,23	0,56	0,37	0,21	0,08	0,00	-0,05
		25°	0,88	0,75	0,62	0,50	0,38	0,27	0,70	0,45	0,25	0,10	0,00	-0,05
		30°	1,04	0,88	0,72	0,57	0,44	0,31	0,83	0,53	0,29	0,11	0,00	-0,06
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	1,31	0,81	0,44	0,17	0,00	-0,10
	$\frac{\phi}{3} = 11^\circ 40'$	0°	0,45	0,41	0,37	0,31	0,25	0,18	0,54	0,38	0,24	0,13	0,05	0,00
		15°	0,60	0,53	0,46	0,38	0,29	0,21	0,72	0,49	0,30	0,16	0,06	0,00
		25°	0,78	0,68	0,57	0,46	0,35	0,25	0,94	0,62	0,38	0,20	0,07	0,00
		30°	0,94	0,81	0,67	0,54	0,41	0,30	1,14	0,74	0,45	0,23	0,09	0,00
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	1,97	1,25	0,73	0,37	0,14	0,00
	$\frac{2\phi}{3} = 23^\circ 20'$	0°	0,35	0,34	0,32	0,28	0,22	0,17	0,66	0,48	0,32	0,19	0,10	0,04
		15°	0,49	0,46	0,41	0,34	0,27	0,20	0,92	0,64	0,41	0,24	0,12	0,04
		25°	0,66	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	1,25	0,83	0,52	0,29	0,14	0,05
		30°	0,83	0,74	0,63	0,51	0,39	0,29	1,57	1,02	0,63	0,35	0,17	0,06
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	3,07	1,88	1,10	0,60	0,29	0,11
	$\phi = 35^\circ$	0°	0,25	0,27	0,27	0,24	0,20	0,16	0,85	0,60	0,41	0,26	0,14	0,07
		15°	0,36	0,37	0,35	0,31	0,25	0,19	1,24	0,84	0,54	0,32	0,18	0,08
		25°	0,52	0,51	0,46	0,39	0,31	0,23	1,77	1,14	0,70	0,41	0,22	0,10
		30°	0,69	0,65	0,57	0,48	0,37	0,27	2,34	1,45	0,87	0,50	0,26	0,12
		35°	1,63	1,35	1,10	0,87	0,67	0,50	5,57	3,03	1,68	0,91	0,47	0,22

Tabla 6.2 - Coeficiente de empuje activo (continuación)

Ángulo de fricción interna del terreno ϕ	Ángulo de fricción entre terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente K_H de empuje activo horizontal, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$						Coeficiente K_V de empuje activo vertical, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
40°	0°	0°	0,49	0,43	0,37	0,29	0,22	0,15	0,39	0,26	0,15	0,06	0,00	-0,03
		15°	0,63	0,54	0,44	0,34	0,25	0,17	0,50	0,32	0,18	0,07	0,00	-0,03
		25°	0,76	0,64	0,52	0,40	0,29	0,19	0,61	0,38	0,21	0,08	0,00	-0,04
		35°	1,02	0,84	0,67	0,51	0,37	0,25	0,82	0,50	0,27	0,10	0,00	-0,05
		40°	1,64	1,33	1,05	0,80	0,59	0,41	1,31	0,80	0,42	0,16	0,00	-0,08
	$\frac{\phi}{3} = 13^\circ 20'$	0°	0,40	0,36	0,31	0,26	0,20	0,14	0,51	0,35	0,22	0,12	0,05	0,00
		15°	0,52	0,46	0,39	0,31	0,23	0,16	0,67	0,45	0,27	0,14	0,05	0,01
		25°	0,65	0,56	0,46	0,36	0,27	0,18	0,83	0,55	0,33	0,17	0,06	0,01
		35°	0,92	0,77	0,62	0,48	0,35	0,23	1,17	0,75	0,44	0,22	0,08	0,01
		40°	1,64	1,33	1,05	0,80	0,59	0,41	2,10	1,29	0,74	0,37	0,14	0,01
	$\frac{2\phi}{3} = 26^\circ 40'$	0°	0,30	0,29	0,27	0,23	0,18	0,13	0,65	0,46	0,30	0,18	0,09	0,03
		15°	0,41	0,38	0,34	0,28	0,21	0,15	0,89	0,60	0,38	0,22	0,11	0,04
		25°	0,53	0,48	0,41	0,33	0,25	0,17	1,14	0,75	0,46	0,26	0,12	0,05
		35°	0,79	0,69	0,57	0,45	0,33	0,22	1,72	1,09	0,65	0,35	0,17	0,06
		40°	1,64	1,33	1,05	0,80	0,59	0,41	3,57	2,09	1,18	0,62	0,29	0,11
	$\phi = 40^\circ$	0°	0,18	0,21	0,22	0,20	0,16	0,12	0,89	0,61	0,40	0,25	0,14	0,06
		15°	0,26	0,29	0,28	0,24	0,19	0,14	1,29	0,83	0,52	0,30	0,16	0,07
		25°	0,35	0,37	0,35	0,29	0,23	0,16	1,76	1,08	0,65	0,37	0,19	0,09
		35°	0,59	0,58	0,51	0,42	0,31	0,21	2,96	1,68	0,95	0,52	0,26	0,12
		40°	1,64	1,33	1,05	0,80	0,59	0,41	8,17	3,84	1,95	1,00	0,49	0,22

Tabla 6.2 - Coeficiente de empuje activo (continuación)

Ángulo de fricción interna del terreno ϕ	Ángulo de fricción entre terreno y muro δ	Ángulo del talud del terreno β	Coeficiente K_H de empuje activo horizontal, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$					Coeficiente K_V de empuje activo vertical, siendo la inclinación del muro $b/h = \cot \alpha =$						
			0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	-0,2
45°	0°	0°	0,45	0,38	0,32	0,24	0,17	0,11	0,36	0,23	0,13	0,05	0,00	-0,02
		15°	0,56	0,47	0,37	0,28	0,19	0,12	0,45	0,28	0,15	0,06	0,00	-0,02
		30°	0,73	0,60	0,47	0,35	0,23	0,14	0,59	0,36	0,19	0,07	0,00	-0,03
		40°	0,99	0,79	0,61	0,45	0,30	0,18	0,79	0,48	0,25	0,09	0,00	-0,04
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	1,30	0,77	0,39	0,14	0,00	-0,06
	$\frac{\phi}{3} = 15^\circ$	0°	0,35	0,32	0,27	0,21	0,15	0,10	0,48	0,33	0,20	0,11	0,04	0,01
		15°	0,45	0,39	0,32	0,25	0,18	0,11	0,61	0,41	0,24	0,12	0,05	0,01
		30°	0,62	0,52	0,42	0,31	0,22	0,13	0,84	0,54	0,31	0,16	0,06	0,01
		40°	0,88	0,72	0,57	0,42	0,29	0,18	1,20	0,75	0,42	0,21	0,08	0,01
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	2,20	1,32	0,73	0,36	0,13	0,02
	$\frac{2\phi}{3} = 30^\circ$	0°	0,25	0,25	0,22	0,19	0,14	0,09	0,64	0,44	0,28	0,16	0,08	0,03
		15°	0,33	0,31	0,28	0,22	0,16	0,10	0,85	0,57	0,35	0,19	0,09	0,04
		30°	0,48	0,43	0,36	0,28	0,20	0,13	1,23	0,78	0,46	0,25	0,12	0,04
		40°	0,74	0,64	0,52	0,39	0,27	0,17	1,89	1,14	0,66	0,34	0,16	0,06
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	4,15	2,31	1,25	0,63	0,29	0,11
	$\phi = 45^\circ$	0°	0,11	0,16	0,17	0,16	0,13	0,09	0,98	0,63	0,40	0,24	0,13	0,06
		15°	0,16	0,21	0,22	0,19	0,15	0,10	1,40	0,84	0,50	0,28	0,15	0,06
		30°	0,25	0,31	0,30	0,25	0,18	0,12	2,26	1,24	0,69	0,37	0,18	0,08
		40°	0,45	0,50	0,45	0,36	0,25	0,16	4,09	1,99	1,04	0,53	0,25	0,11
		45°	1,62	1,28	0,98	0,72	0,50	0,32	14,58	5,12	2,29	1,08	0,50	0,21