

# MUROS DE RETENCIÓN

## Aspectos generales de diseño

Aunque se pueden construir muchas variantes, usualmente se emplean cinco tipos principales de sistemas constructivos para la pared del muro:

1. Paredes de poca altura constituidas por Losa Lex en colocación vertical, con conexión a la fundación en su base y viga corona y sin conexión entre paneles. Son particularmente útiles en andenes de carga simples para instalaciones industriales.

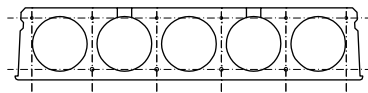


Figura 8.1 Sección Losa Lex

2. Paredes constituidas por paneles verticales de sección constante o sección variable, reforzados o preesforzados, con conexiones panel-panel continuas en toda la altura a través de acero de refuerzo y concreto colado en sitio. Pueden cumplir la función de muros de corte en edificios.

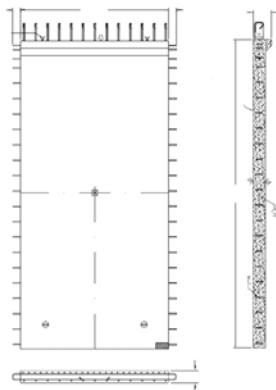


Figura 8.2 Sistema de paredes constituidas por paneles verticales de sección constante

3. Paredes constituidas por T y doble T en colocación vertical, con conexión panel-panel continua en toda la altura a través de acero de refuerzo y concreto colado en sitio. Pueden cumplir la función de muros de corte en edificios.

4. Sistemas basados en columnas o contrafuertes de sección constante o variable y paneles horizontales colocados entre esos contrafuertes.
5. Sistemas especiales, tales como muros móviles autoportantes para el almacenamiento de materiales u otras aplicaciones y muros para bastiones de puentes.

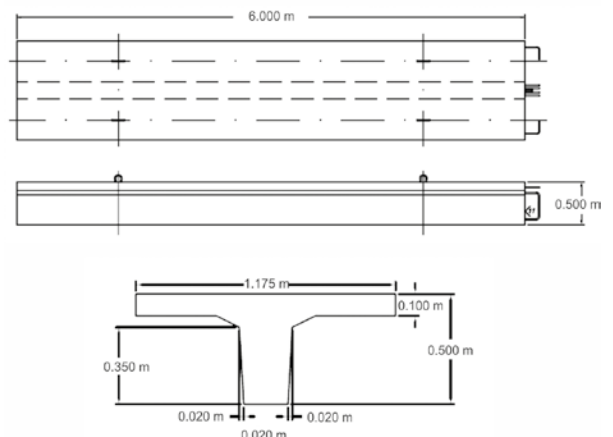
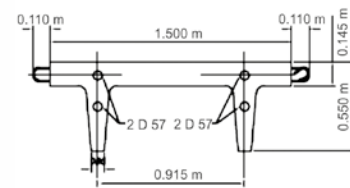
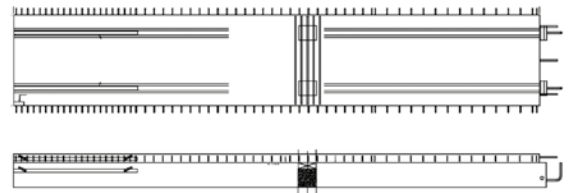


Figura 8.3 Sistema de muros constituidos por tes y doble tes verticales

En los primeros cuatro casos, los muros pueden construirse como sistemas en voladizo. Los muros con base en Losa Lex, paneles sólidos, T y doble T se anclan mediante acero de refuerzo a una placa de fundación corrida colada en sitio o prefabricada en secciones. Los muros de paneles horizontales con contrafuertes se pueden anclar mediante acero de refuerzo a placas de fundación aisladas, ya sean prefabricadas o coladas en sitio.

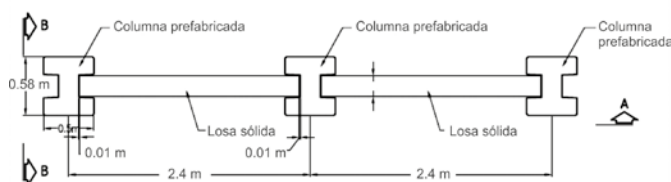


Figura 8.4 Sistemas basados en columnas o contrafuertes

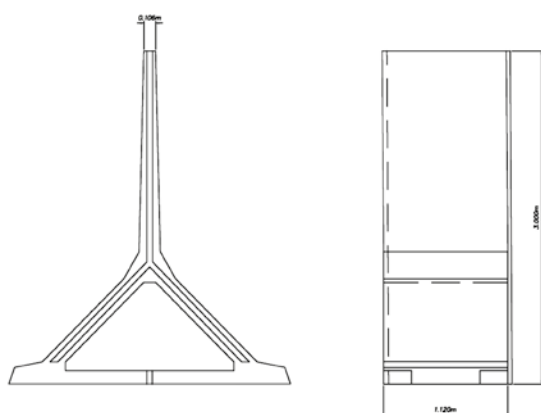


Figura 8.5 Muros móviles autoportantes

En el caso particular de los paneles sólidos, T y doble T, son comunes otros sistemas estructurales tales como:

Muros anclados al terreno en uno o más niveles, con placa de fundación capaz o no de resistir momentos de volteo.

Muros simplemente apoyados o continuos verticalmente por medio de apoyos horizontales constituidos por entresijos. En general no se requiere que la placa de fundación sea capaz de resistir momentos, pero es imprescindible que existan mecanismos apropiados para la transmisión y soporte de los altos cortantes en la base del muro.

Tablestacas de concreto, hincadas o mediante excavación o relleno, en voladizo o ancladas al terreno mediante anclajes pasivos o activos.

Todas estas combinaciones han sido empleadas con éxito en el país en múltiples ocasiones. El diseñador debe tener en consideración que en aquellos muros en los que se inhiba el desplazamiento del suelo, es recomendable trabajar con la presión de reposo en el cálculo de los empujes debidos al terreno. En el caso de sistemas en voladizo, bastará usar la presión activa para el cálculo de los empujes.

Tabla 8.1 Factores de seguridad para estabilidad externa, CCCR		
Revisión	F. S. estático	F. S. dinámico
Deslizamiento	1.50	1.15
Volcamiento	1.50	1.50

## Aspectos específicos de diseño

En general, los muros de retención de estos tipos deben cumplir con criterios de estabilidad externa y estabilidad interna.

### Estabilidad externa

Deben existir factores de seguridad apropiados para el deslizamiento o el volcamiento del muro, la estabilidad global y la revisión de la capacidad de soporte. Estos criterios son similares a los expuestos para los muros mecánicamente estabilizados y están establecidos en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (2009) para el caso de los muros de retención en obras que no sean de infraestructura vial. Para el caso de muros en obras de infraestructura vial se debe utilizar la normativa AASHTO.

En la actualidad, la revisión de la capacidad soportante se hace como medida de rutina por el método de capacidad última. Una vez que se ha verificado que la fundación tiene la rigidez apropiada, pueden calcularse las presiones de suelo bajo el supuesto de placa rígida para cada combinación de carga y compararlas contra la capacidad soportante del suelo reducida por un factor  $\phi$  apropiado.

La tabla 8.1 muestra los factores de seguridad recomendados por el Código de Cimentaciones de Costa Rica (2009) para los criterios de deslizamiento del muro y volcamiento del muro.

### Estabilidad interna

La estabilidad interna se logra por medio del diseño estructural del muro, dimensionamiento, acero de refuerzo longitudinal para tomar las flexiones, capacidad a cortante, anclaje apropiado del refuerzo longitudinal en la placa de fundación, refuerzo de la placa de fundación y diseño y detallado de anclajes al terreno cuando estos existan.

En la sección sobre ayudas de diseño de este capítulo se presentan guías para la selección del tipo de sistema prefabricado a emplear en las paredes del muro, con base en las propiedades del suelo retenido y el tipo de sistema estructural.

Las conexiones entre los componentes prefabricados pueden hacerse de acuerdo con los cuatro tipos que establece el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2011), en su capítulo 12: Estructuras y Componentes prefabricados de concreto. Los sistemas de Holcim Modular Solutions usualmente utilizan conexiones de tipo húmedo (para detalles acerca de los tipos de conexiones, se recomienda revisar el capítulo 11, sobre edificios prefabricados).

**Tabla 8.2 Selección de elementos de pared para muros de retención prefabricados. Sin sobrecarga.**

Figura	Sección	Coeficiente de empuje (activo o de reposo)	Altura máxima de retención (m)		
			En voladizo	Simplemente apoyado	Continuo en dos claros*
	Lex panel de 20 cm de espesor	0.3	2.95	3.64	-
		0.4	2.58	3.15	-
		0.5	2.30	2.82	-
		0.6	2.10	2.58	-
	Lex panel de 25 cm de espesor	0.3	3.37	4.16	-
		0.4	2.94	3.60	-
		0.5	2.63	3.22	-
		0.6	2.40	2.94	-
	Muro de sección constante de 20 cm, reforzado	0.3	3.73	5.62	4.33
		0.4	3.56	5.12	3.88
		0.5	3.41	4.76	3.47
		0.6	3.26	4.48	3.16
	Muro de sección constante de 22.5 cm, reforzado	0.3	4.14	6.23	4.70
		0.4	3.95	5.69	4.15
		0.5	3.78	5.28	3.71
		0.6	3.61	4.97	3.39
	Muro de sección constante de 25 cm, reforzado	0.3	4.53	6.82	5.26
		0.4	4.32	6.22	4.87
		0.5	4.14	5.78	4.41
		0.6	3.95	5.44	4.03
	Doble te presforzada	0.3	5.03	7.57	5.83
		0.4	4.79	6.91	5.40
		0.5	4.59	6.41	5.02
		0.6	4.39	6.03	4.72
	Te presforzada	0.3	5.54	8.34	6.43
		0.4	5.28	7.61	5.95
		0.5	5.06	7.06	5.53
		0.6	4.84	6.65	5.20

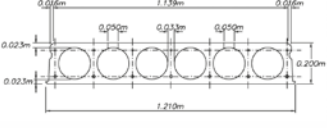
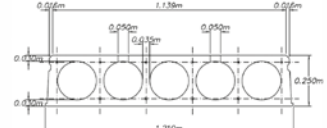
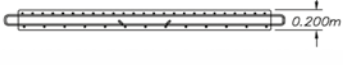
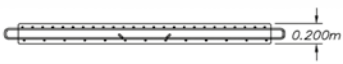
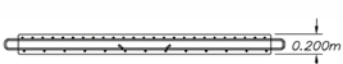
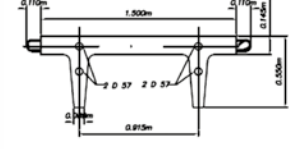
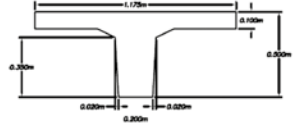
*\*\*En el caso de muros continuos en dos claros, la tabla muestra el claro máximo, la altura total de retención es dos veces lo indicado en la tabla.*

*El coeficiente de empuje empleado debe ser el coeficiente de empuje activo para muros con alto desplazamiento o deformabilidad y el coeficiente de empuje de reposos para muros con bajo desplazamiento o deformabilidad.*

*Se recomienda usar empuje de reposo para todos los casos excepto el muro en voladizo.*

*Los muros se suponen totalmente verticales y la presión se ha calculado con la teoría de Rankine. No se considera carga de agua.*

*La resistencia de los elementos según se indica al inicio del capítulo. Se supone una sobrecarga nula y un coeficiente dinámico horizontal de 0.25"*

Tabla 8.3 Selección de elementos de pared para muros de retención prefabricados. Con 500 kg/m <sup>2</sup> de sobrecarga.					
Figura	Sección	Coeficiente de empuje (activo o de reposo)	Altura máxima de retención (m)		
			En voladizo	Simplemente apoyado	Continuo en dos claros*
	Lex panel de 20 cm de espesor	0.3	2.71	3.44	-
		0.4	2.31	2.95	-
		0.5	2.04	2.62	-
		0.6	1.84	2.38	-
	Lex panel de 25 cm de espesor	0.3	3.13	3.95	-
		0.4	2.67	3.40	-
		0.5	2.37	3.02	-
		0.6	2.14	2.74	-
	Muro de sección constante de 20 cm, reforzado	0.3	3.61	5.46	4.28
		0.4	3.41	4.95	3.77
		0.5	3.20	4.58	3.36
		0.6	3.00	4.30	3.06
	Muro de sección constante de 22.5 cm, reforzado	0.3	4.01	6.08	4.63
		0.4	3.80	5.51	4.04
		0.5	3.58	5.10	3.60
		0.6	3.36	4.79	3.28
	Muro de sección constante de 25 cm, reforzado	0.3	4.41	6.67	5.21
		0.4	4.17	6.05	4.82
		0.5	3.94	5.60	4.30
		0.6	3.70	5.26	3.92
	Doble te presforzada	0.3	4.90	7.43	5.79
		0.4	4.65	6.73	5.36
		0.5	4.40	6.24	4.97
		0.6	4.13	5.86	4.67
	Te presforzada	0.3	5.41	8.20	6.38
		0.4	5.13	7.43	5.90
		0.5	4.87	6.89	5.48
		0.6	4.57	6.47	5.15

\*En el caso de muros continuos en dos claros, la tabla muestra el claro máximo, la altura total de retención es dos veces lo indicado en la tabla.

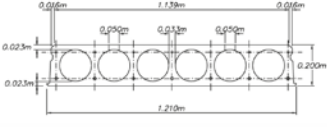
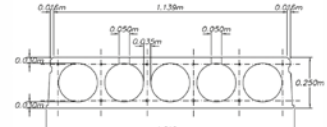
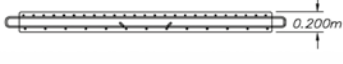
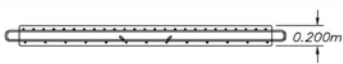
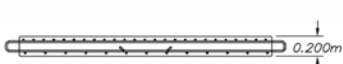
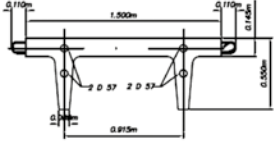
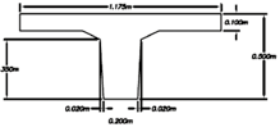
El coeficiente de empuje empleado debe ser el coeficiente de empuje activo para muros con alto desplazamiento o deformabilidad y el coeficiente de empuje de reposos para muros con bajo desplazamiento o deformabilidad.

Se recomienda usar empuje de reposo para todos los casos excepto el muro en voladizo.

Los muros se suponen totalmente verticales y la presión se ha calculado con la teoría de Rankine. No se considera carga de agua.

La resistencia de los elementos según se indica al inicio del capítulo. Se supone una sobrecarga temporal de 500 kg/m<sup>2</sup> y un coeficiente dinámico horizontal de 0.25"

**Tabla 8.4 Selección de elementos de pared para muros de retención prefabricados. Con 1000 kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga.**

Figura	Sección	Coeficiente de empuje (activo o de reposo)	Altura máxima de retención (m)		
			En voladizo	Simplemente apoyado	Continuo en dos claros*
	Lex panel de 20 cm de espesor	0.3	2.47	3.25	-
		0.4	2.08	2.76	-
		0.5	1.81	2.43	-
		0.6	1.62	2.19	-
	Lex panel de 25 cm de espesor	0.3	2.88	3.76	-
		0.4	2.44	3.21	-
		0.5	2.13	2.83	-
		0.6	1.91	2.55	-
	Muro de sección constante de 20 cm, reforzado	0.3	3.49	5.30	4.23
		0.4	3.25	4.79	3.66
		0.5	2.98	4.42	3.25
		0.6	2.78	4.14	2.95
	Muro de sección constante de 22.5 cm, reforzado	0.3	3.90	5.92	4.57
		0.4	3.65	5.35	3.93
		0.5	3.36	4.94	3.50
		0.6	3.13	4.63	3.18
	Muro de sección constante de 25 cm, reforzado	0.3	4.29	6.51	5.16
		0.4	4.03	5.88	4.72
		0.5	3.71	5.44	4.20
		0.6	3.47	5.10	3.81
	Doble te presforzada	0.3	4.78	7.26	5.74
		0.4	4.51	6.57	5.31
		0.5	4.17	6.07	4.92
		0.6	3.90	5.69	4.63
	Te presforzada	0.3	5.29	8.03	6.33
		0.4	4.99	7.26	5.86
		0.5	4.64	6.72	5.43
		0.6	4.34	6.31	5.10

\*"En el caso de muros continuos en dos claros, la tabla muestra el claro máximo, la altura total de retención es dos veces lo indicado en la tabla.

El coeficiente de empuje empleado debe ser el coeficiente de empuje activo para muros con alto desplazamiento o deformabilidad y el coeficiente de empuje de reposos para muros con bajo desplazamiento o deformabilidad.

Se recomienda usar empuje de reposo para todos los casos excepto el muro en voladizo.

Los muros se suponen totalmente verticales y la presión se ha calculado con la teoría de Rankine. No se considera carga de agua.

La resistencia de los elementos según se indica al inicio del capítulo. Se supone una sobrecarga temporal de 1000 kg/m<sup>2</sup> y un coeficiente dinámico horizontal de 0.25"