

## Paredes resistentes de betão armado: Reforços

Nas anteriores versões do Tricalc, as paredes resistentes de betão armado dimensionavam-se com uma armadura constante em toda a sua superfície. Esta disposição facilita a execução em obra, porém se existirem zonas da parede com uma grande diferença de solicitações, pode conduzir a uma armadura excessivamente conservadora.

Desde a versão 7.5.50 do Tricalc, pode-se utilizar, caso pretenda, com uma armadura base e com uma série de reforços em determinadas zonas da parede. Desta forma consegue-se uma armadura mais otimizada e portanto uma poupança de material, ainda que à custa de um maior controlo na execução. Também se reduz consideravelmente o tempo de cálculo da armadura das paredes resistentes de betão desde a versão 7.5.

Limitou-se os possíveis reforços em paredes à sua colocação em determinadas zonas, para conseguir uma armadura mais construtiva, porém sem renunciar às vantagens de uma redução nos kilos de aço obtidos. Desta forma, com o programa Tricalc, a armadura de uma parede resistente de betão poderá ser constituída por:

- **Uma armadura base.** Formada por varões horizontais e verticais em ambas as faces da parede com possibilidade de estarem interconectadas através de estribos. Esta opção equivale à (única) armadura disposta em versões anteriores, salvo que os varões verticais e os estribos podem não estar distribuídos em toda a superfície da parede.
- **Reforços nos bordos laterais.** Nos bordos laterais das paredes (que no programa são sempre verticais) que não estejam unidos a outras paredes de betão (do mesmo plano ou não), é possível definir uma zona de reforços formados por armadura longitudinal vertical unida com estribos, de forma similar a um pilar embebido na parede. Este reforço cobrirá toda a altura da parede e a sua largura será o menor valor entre 1/5 do comprimento total da parede e 10 vezes a espessura da parede. Caso existam estes reforços, nesta zona não haverá outra armadura salvo os varões horizontais da armadura base.

Este tipo de reforços é típico das denominadas paredes de transverso ou 'shear walls', responsáveis pela resistência à maioria das ações horizontais que solicitam uma estrutura no seu próprio plano, devidas fundamentalmente a vento e sismo, e é prescritivo nas normas sísmicas como a NCSE-02 de Espanha (apartado 4.5.5, para  $a_c \geq 0,16 \cdot g$  o para poder considerar na direção da parede ductilidade alta ou muito alta), ou a EN 1998-1-1 Eurocódigo 8, apartado 5.4.1.2.3, para paredes dúcteis de ductilidade média ou alta.

Este reforço não se colocará caso o comprimento horizontal da parede seja demasiado pequeno. A sua largura também não poderá ser maior que a distância ao bordo lateral da parede ou da abertura mais próxima.

- **Reforços verticais na parte superior e inferior da parede.** Se a armadura base disposta não resiste aos esforços existentes perto da base da parede ou perto do seu coroamento, podem colocar-se reforços verticais nessas zonas, com uma altura dessas zonas que será de valor igual a 1/5 da altura total da parede.

Este tipo de reforço é típico de paredes que suportam Ações horizontais perpendiculares ao seu plano (paredes de contenção, por exemplo), ou esforços procedentes de flexões provocadas por lajes apoiadas num só lado da parede.

Os reforços colocados distarão um múltiplo (não maior de 3) ou um submúltiplo da separação entre os varões da armadura base, para conseguir a sua fácil colocação em obra. Este reforço não se colocará se a altura total da parede é demasiado pequena.

Como em versões anteriores, a armadura de uma parede poderá ser retocada pelo utilizador. Desta forma, por exemplo, podem unificar-se num único varão os reforços superiores da parede com os reforços inferiores da parede situada acima da mesma.

No separador 'Paredes de Betão' das opções de armadura e comprovação de paredes resistentes aparece um novo botão "Reforços..." que permite indicar se pretende utilizar estes reforços bem como as suas características.

**Armadura de reforço**

<b>Armadura Longitudinal</b>		<b>Estribos</b>	
Ø Mínimo	12mm	Ø Mínimo	6mm
Ø Máximo	20mm	Ø Máximo	10mm
<input type="checkbox"/> Mínimo número de varões		Sep.mínima (cm)	10
		Módulo (cm)	5

Reforços verticais e estribos nas zonas laterais da parede não unidas a outras de betão armado

Igualar a armadura longitudinal em ambas as faces

Reforços verticais na zona superior da parede

Reforços verticais na zona inferior da parede

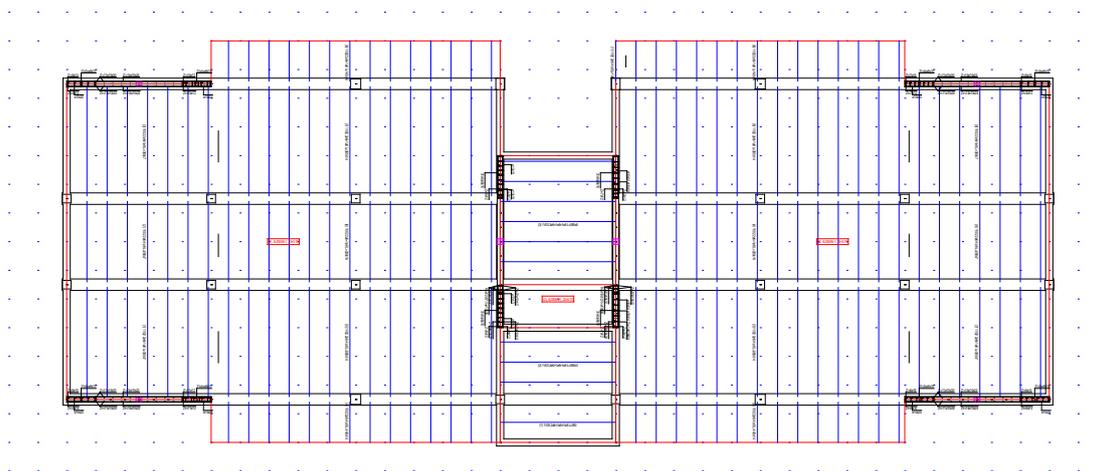
Aceitar Cancelar

## Exemplos

Com os seguintes exemplos, demonstra-se qual a armadura de paredes obtida ao utilizar reforços e armadura base, e a diferença nos tempos de cálculo e kilos de aço com a opção de só armadura base, das versões anteriores. A diferença entre um e outro caso não será sempre da mesma ordem de grandeza, dependendo de cada caso concreto.

### Edifício de 8 pisos com paredes resistentes ao sismo (shear walls)

O edifício, de laje unidirecional, está submetido a um sismo segundo a NCSE-02 (Espanha) de  $a_c = 0,16-g$ , com ductilidade alta. A sua resistência ao sismo concentra-se nas paredes resistentes de betão armado (os pilares existentes são de pequena secção e suportam quase exclusivamente cargas gravíticas), com a seguinte disposição em planta:



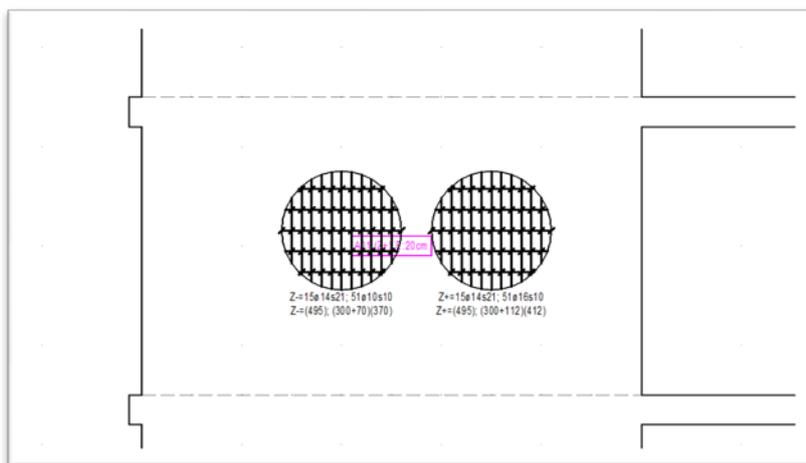
Este caso está especialmente indicado para aproveitar a possibilidade de incluir reforços nos bordos laterais das paredes, uma vez que os esforços originados pelo sismo provocam nas paredes fundamentalmente trações e compressões verticais nos seus bordos laterais, estando as zonas médias da parede bastante menos solicitadas.

A superfície total de paredes é de  $685 \text{ m}^2$  e o seu volume é de  $137 \text{ m}^3$ .

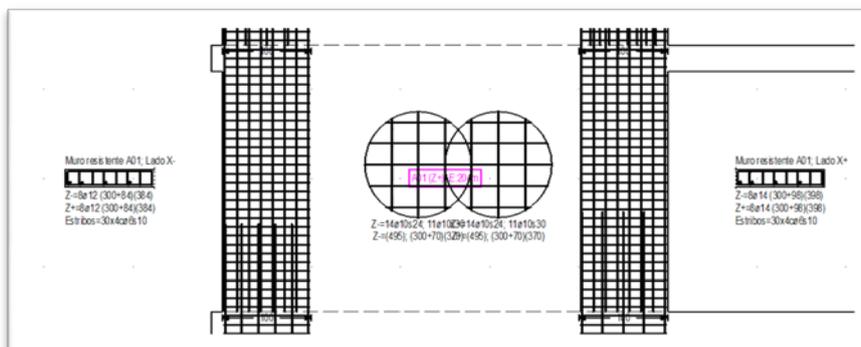
A comparação de tempos (com um computador de gama média) e armaduras obtidas com reforços (versão 7.5.50) e sem eles (7.5.40) é:

	Com reforços	Sem reforços	Variação
Versão de Tricalc	7.5.50	7.5.40	
Tempo total da armadura	2 min 45 s	21 min 35 s	x7,8
Kg de aço	21.810,59 Kg	34.501,69 Kg	-36,78%
Quantia de aço	159 Kg/m <sup>3</sup>	252 Kg/m <sup>3</sup>	-36,78%

Vemos seguidamente uma comparação entre a armadura de uma mesma parede desta estrutura num e noutro caso:



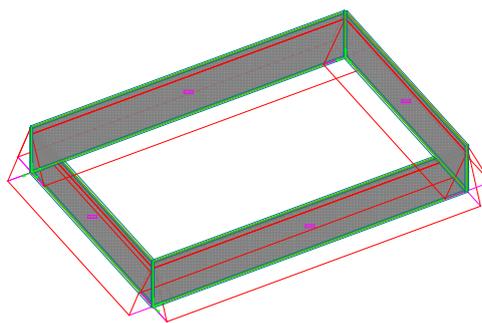
Sem reforços



Com reforços laterais

## Depósito

O depósito, enterrado, retangular, sem tampa e realizado com paredes resistentes de betão, está indicado para aproveitar a possibilidade de utilizar reforços verticais na base das paredes, na que se concentram os maiores esforços de flexão. Não se utilizaram neste caso reforços nos lados laterais das paredes, porque neste caso, as paredes trabalham fundamentalmente à flexão, não com esforços no seu próprio plano.



A superfície total de paredes é de 722 m<sup>2</sup> e o seu volume é de 356 m<sup>3</sup>.

A comparação de tempos (com um computador de gama média) e armaduras obtidas com reforços (versão 7.5.50) e sem eles (7.5.40) é:

	Com reforços	Sem reforços	Variação
Versão de Tricalc	7.5.50	7.5.40	
Tempo total de armadura	1 min 27 s	2 min 43 s	x1,87
Kg de aço	7.511,02 Kg	8.980,24 Kg	-16,36%
Quantia de aço	21,1 Kg/m <sup>3</sup>	25,2 Kg/m <sup>3</sup>	-16,36%

## Conclusão

A nova opção de composição da armadura das paredes de betão armado em armadura base e reforços por zonas, supõe melhorias consideráveis na quantidade de aço necessária, bem como no tempo de cálculo. Sem dúvida, um avanço importante no desenvolvimento do programa Tricalc.