

Muros resistentes de hormigón armado: Refuerzos

En versiones de Tricalc anteriores a la 7.5.50, los muros resistentes de hormigón armado se dimensionaban con una armadura constante en toda su superficie. Esta disposición facilita su ejecución, pero si hay zonas del muro con gran diferencia en solicitaciones, puede conducir a un armado excesivamente conservador.

Desde la versión 7.5.50 de Tricalc, se puede contar, si se desea, con un armado base y con una serie de refuerzos en determinadas zonas de muro. De esta forma se consigue un armado más optimizado y por tanto un ahorro de material, aunque a costa de un mayor control en la ejecución. También se reduce considerablemente el tiempo de cálculo del armado de muros resistentes de hormigón desde la versión 7.5.

Se han limitado los posibles refuerzos en muros a su colocación en determinadas zonas, para conseguir un armado más constructivo, pero sin renunciar a las ventajas de una reducción en los kilos de acero obtenidos. De esta forma, con el programa Tricalc, la armadura en un muro resistente de hormigón podrá estar constituida por:

- **Una armadura base.** Formada por redondos horizontales y verticales en ambas caras del muro con posibilidad de estar interconectadas mediante estribos. Esta opción equivale a la (única) armadura dispuesta en versiones anteriores, salvo que los redondos verticales y los estribos pueden no estar distribuidos en toda la superficie del muro.
- **Refuerzos en los bordes laterales.** En los bordes laterales de los muros (que en el programa son siempre verticales) que no estén unidos a otros muros de hormigón (del mismo plano o no), es posible definir una zona de refuerzos formados por armadura longitudinal vertical unida mediante estribos, de forma similar a un pilar embebido en el muro. Este refuerzo cubrirá toda la altura del muro y su ancho será el menor valor entre 1/5 de la longitud total del muro, y 10 veces el espesor del muro. Si existen estos refuerzos, en esta zona no habrá otro armado salvo los redondos horizontales de la armadura base.

Este tipo de refuerzos es típico de los denominados 'muros de cortante' o 'pantallas de rigidización', responsables de resistir la mayoría de las acciones horizontales que solicitan a una estructura en su propio plano, debidas fundamentalmente a viento y sismo, y es prescriptivo en normas sísmicas como la NCSE-02 de España (apartado 4.5.5, para $a_c \geq 0,16 \cdot g$ o para poder considerar en la dirección de la pantalla ductilidad alta o muy alta), o la EN 1998-1-1 Eurocódigo 8, apartado 5.4.1.2.3, para muros dúctiles de ductilidad media o alta.

Este refuerzo no se colocará si la longitud horizontal del muro es demasiado pequeña. Su anchura tampoco podrá ser mayor a la distancia al bode lateral del muro del hueco más próximo.

- **Refuerzos verticales en parte superior e inferior del muro.** Si la armadura base dispuesta no resiste los esfuerzos existentes cerca de la base del muro o cerca de su coronación, pueden disponerse refuerzos verticales en esas zonas, con una altura de esas zonas que será de valor 1/5 de la altura total del muro.

Este tipo de refuerzo es típico en muros que soportan acciones horizontales perpendiculares a su plano (muros de contención, por ejemplo), o esfuerzos procedentes de flexiones provocadas por forjados apoyados en un solo lado del muro.

Los refuerzos colocados distarán un múltiplo (no mayor de 3) o un submúltiplo de la separación entre los redondos de la armadura base, para conseguir su fácil colocación en obra. Este refuerzo no se colocará si la altura total del muro es demasiado pequeña.

Como en versiones anteriores, el armado de un muro podrá ser retocado por el usuario. De esta forma, por ejemplo, pueden unificarse en un sólo redondo los refuerzos superiores del muro con los refuerzos inferiores del muro situado encima del mismo.

En la pestaña 'Muros de Hormigón' de las opciones de armado y comprobación de muros resistentes aparece un nuevo botón "Refuerzos..." que permite indicar si se desean utilizar estos refuerzos así como sus características.

Armadura de refuerzo

| | |
|---|----------------------|
| Armadura longitudinal | Estribos |
| Ø Mínimo: 12mm | Ø Mínimo: 6mm |
| Ø Máximo: 20mm | Ø Máximo: 10mm |
| <input type="checkbox"/> Minimizar número de barras | Sep. mínima (cm): 10 |
| | Módulo (cm): 5 |

Refuerzos verticales y estribos en las zonas laterales del muro no unidas a otros muros de hormigón armado

Igualar la armadura longitudinal en ambas caras

Refuerzos verticales en la zona superior del muro

Refuerzos verticales en la zona inferior del muro

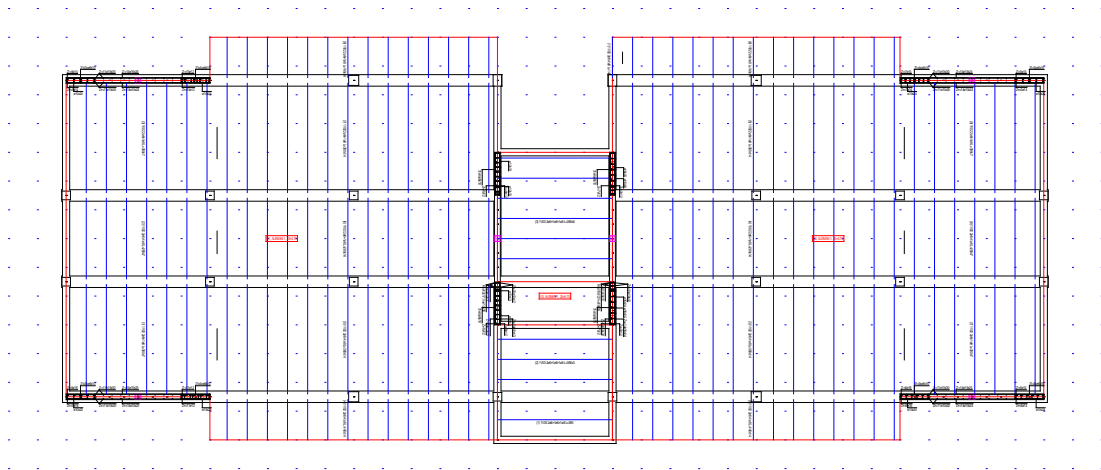
Aceptar Cancelar

Ejemplos

Con los siguientes ejemplos, se muestra el armado de muros obtenido al utilizar refuerzos y armadura base, y la diferencia en tiempos de cálculo y kilos de acero con la opción de sólo armadura base, de versiones anteriores. La diferencia entre uno y otro caso no siempre será del mismo orden, sino que dependerá de cada caso concreto.

Edificio de 8 alturas con muros de cortante contra sismo

El edificio, de forjado unidireccional, está sometido a un sismo según NCSE-02(España) de $a_c = 0,16-g$, con ductilidad alta. Su resistencia al sismo se concentra en muros resistentes de hormigón armado (los pilares existentes son de pequeña sección y soportan casi exclusivamente cargas gravitatorias), con la siguiente disposición en planta:



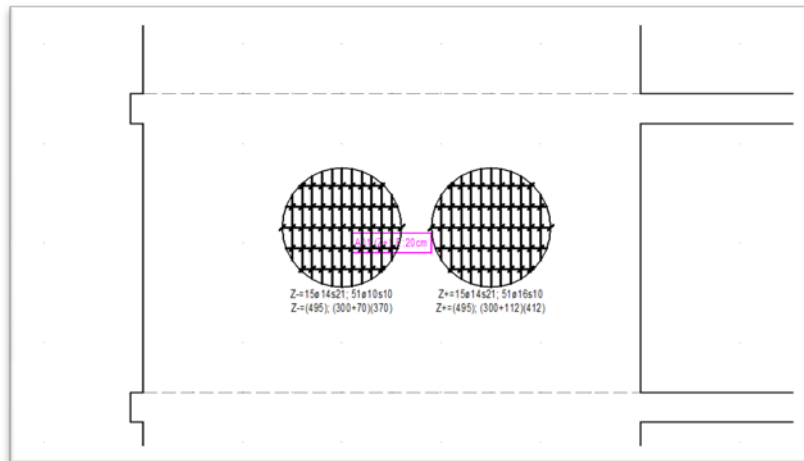
Este caso está especialmente indicado para aprovechar la posibilidad de incluir refuerzos en los bordes laterales de los muros, ya que los esfuerzos originados por el sismo provocan en los muros fundamentalmente tracciones y compresiones verticales en sus bordes laterales, estando las zonas medias del muro bastante menos solicitadas.

La superficie total de muros es de 685 m^2 y su volumen es de 137 m^3 .

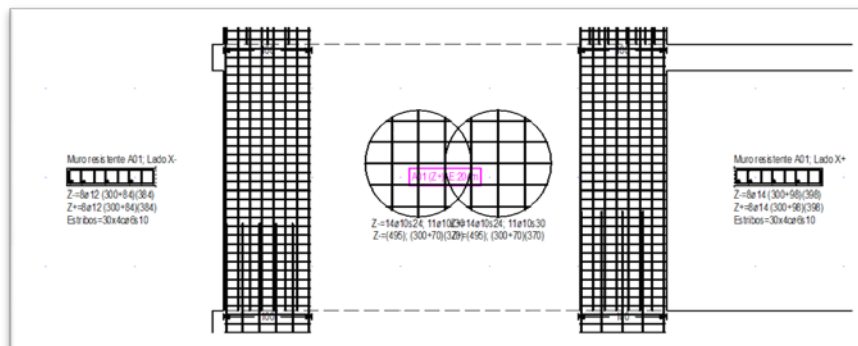
La comparación de tiempos (con un ordenador de gama media), y armados obtenidos con refuerzos (versión 7.5.50) y sin ellos (7.5.40) es:

| | Con refuerzos | Sin refuerzos | Variación |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Versión de Tricalc | 7.5.50 | 7.5.40 | |
| Tiempo total de armado | 2 min 45 s | 21 min 35 s | x7,8 |
| Kg de acero | 21.810,59 Kg | 34.501,69 Kg | -36,78% |
| Cuantía de acero | 159 Kg/m ³ | 252 Kg/m ³ | -36,78% |

Véase a continuación una comparación entre el armado de un mismo muro de esta estructura en uno y otro caso:



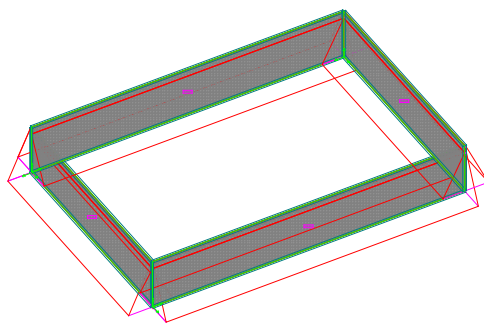
Sin refuerzos



Con refuerzos laterales

Depósito

El depósito, enterrado, rectangular, sin tapa y realizado con muros resistentes de hormigón, está indicado para aprovechar la posibilidad de utilizar refuerzos verticales en la base de los muros, en la que se concentran los mayores esfuerzos de flexión. No se han utilizado en este caso refuerzos en los lados laterales de los muros, porque en este caso, los muros trabajan fundamentalmente a flexión, no con esfuerzos en su propio plano.



La superficie total de muros es de 722 m² y su volumen es de 356 m³.

La comparación de tiempos (con un ordenador de gama media), y armados obtenidos con refuerzos (versión 7.5.50) y sin ellos (7.5.40) es:

| | Con refuerzos | Sin refuerzos | Variación |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Versión de Tricalc | 7.5.50 | 7.5.40 | |
| Tiempo total de armado | 1 min 27 s | 2 min 43 s | x1,87 |
| Kg de acero | 7.511,02 Kg | 8.980,24 Kg | -16,36% |
| Cuantía de acero | 21,1 Kg/m ³ | 25,2 Kg/m ³ | -16,36% |

Conclusión

La nueva opción de composición de la armadura de los muros de hormigón armado en armadura base y refuerzos zonales, supone unas mejoras considerables en la cantidad de acero necesaria, así como en el tiempo de cálculo. Sin duda, un avance importante para el desarrollo del programa Tricalc.