

Manual del Ingeniero de Edificación:

guía para el cálculo de
estructuras con cypecad®

carlos pardo soucase
esther valiente ochoa

EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



manual del ingeniero de edificación:
guía para el cálculo de estructuras con cypecad®

Primera edición, noviembre de 2012.

© Esther VALIENTE OCHOA

© Carlos PARDO SOUCASE

© Todas las fotografías Esther VALIENTE OCHOA

© Todas las imágenes del programa y logos: CYPE Ingenieros, S.A.

© de la presente Edición: Editorial Universitat Politècnica de València

www.editorial.upv.es - pedidos@editorial.upv.es - +34 963 877 012

Colaboradores:

Lucía del Mar HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

Begoña SERRANO LANZAROTE

Laura PEREZ BRAVO

Impresión:

Diazotec, S.A.

ISBN:

Depósito Legal:

Ref. Editorial:

Queda prohibida la reproducción, distribución, comercialización, transformación, y en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de todo o parte de los contenidos de esta obra sin autorización expresa y por escrito de su autor. Impreso en España.

A mis padres y a mis Lucías.

Dentro de la serie Manual del Ingeniero de Edificación en la que Esther Valiente aglutina su quehacer profesional con la experiencia y vocación docente, aborda ahora, acompañada por Carlos Pardo, esta Guía para el Cálculo de Estructuras de Edificación orientada en el entorno del programa informático Cypecad®.

Su planteamiento no sólo abarca el “cómo utilizar el programa”, sino que desde la comprensión de “cómo funciona la estructura”, conocimiento previo necesario que se les supone a los estudiantes o profesionales a quienes va dirigido el texto, desarrolla el proceso para emplear la aplicación informática de manera que exista concordancia entre “lo proyectado” y “lo calculado” –que después deberá corresponder también a “lo construido”– haciendo que el cálculo sirva tanto para la concreción y cuantificación de la estructura, en dimensiones, calidades de materiales y detalles constructivos, como para un proceso iterativo que comprueba y, si es necesario, corrige el diseño inicial que siempre contiene aspectos de carácter intuitivo que es preciso verificar.

De esta manera se puede evitar el enfoque erróneo que considera el cálculo como una labor a desarrollar cuando está definido el diseño, para completarlo y convertirlo en un proyecto que permita la ejecución de la obra; el cálculo, con distintos niveles de precisión, interviene desde las primeras etapas del diseño, lo confirma, lo corrige o lo cambia, y sólo al final, cuando la formalización ya está resuelta, desempeña ese papel de comprobación más rutinario pero no menos necesario.

Si tenemos en cuenta que el contenido de esta Guía se complementa con otros aspectos del proceso de proyecto y construcción en el ámbito de la edificación ya publicados en otros manuales de la serie, y alguno más que estoy seguro vendrá porque el entusiasmo de los autores permanece intacto, el conjunto de estos trabajos constituye una gran ayuda para los técnicos que desarrollan –o desarrollarán– su actividad profesional en este ámbito.

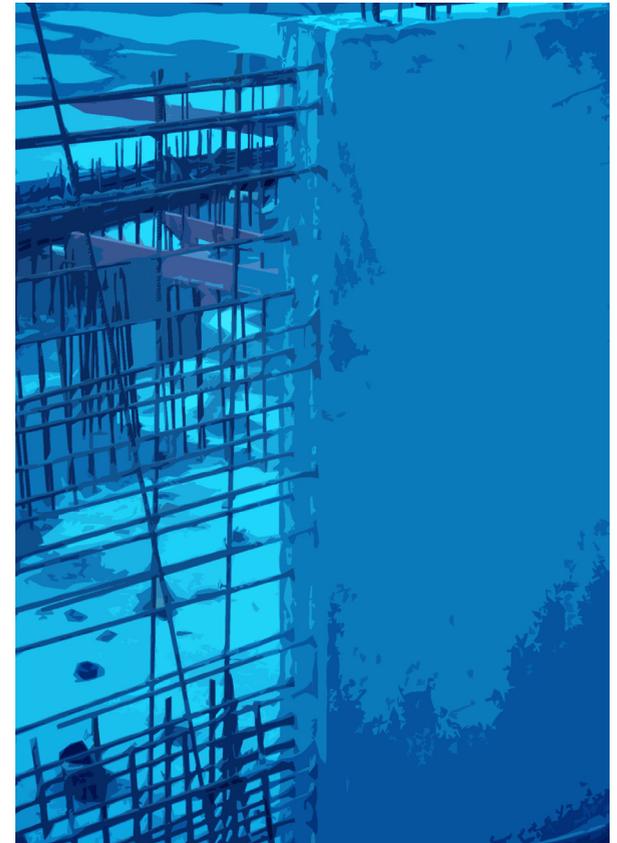
Personalmente, cuando estoy cerca de pasar a ver los toros desde la barrera, me satisface enormemente esta nueva generación de toreros dispuestos a mantener el espíritu de la “fiesta”. Amén.

José MONFORT LLEONART

Dr. Arquitecto

Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras

Universidad Politécnica de Valencia.



Javier MEDINA RAMÓN

Dr. Arquitecto e Ingeniero de Edificación.

Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Universidad Politécnica de Valencia



Mucho ha llovido desde que se empezaron a desarrollar los primeros métodos de cálculo de estructuras. El objetivo común estaba claro: necesitábamos controlar el comportamiento de los materiales y, por extensión, de nuestras construcciones con ellos. Resultaba imprescindible predecir el comportamiento de nuestras estructuras, ya que de ello dependían vidas humanas.

Muchas técnicas ingeniosas de gran valor práctico fueron apareciendo, pero la mayoría de las mismas eran aplicables sólo a determinados tipos de estructuras. Además, la principal objeción a los primeros métodos de análisis fue que éstos conducían a sistemas con un gran número de ecuaciones lineales, las cuales eran, o muy difíciles o, directamente, imposibles de resolver manualmente.

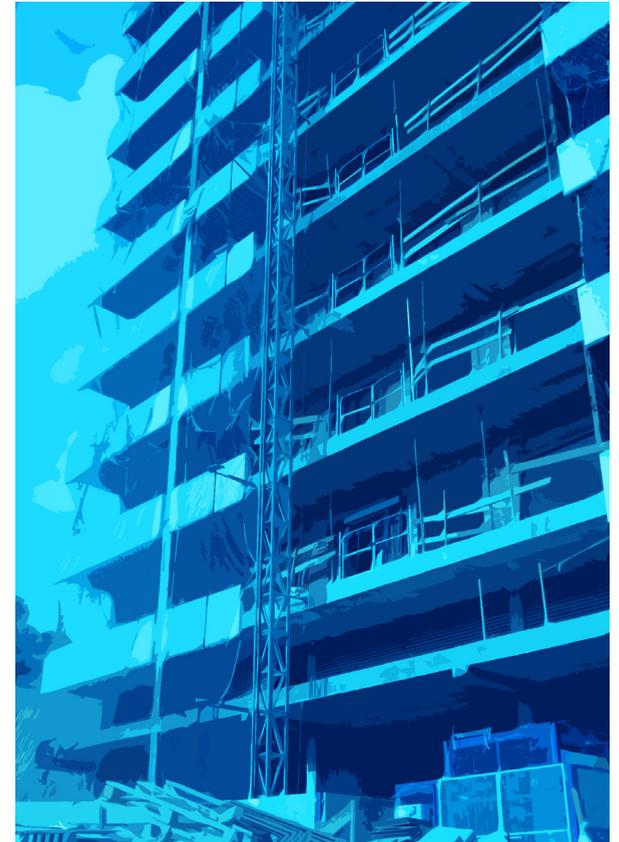
La informática vino a (r)evolucionar los sistemas de cálculo, como lo hizo con todo. De repente, teníamos instrumentos que nos permitían resolver grandes sistemas de ecuaciones en un tiempo que cada vez se hacía menor. De ahí que, a medida que los ordenadores eran cada vez más potentes, los programas que, al principio, se acercaban al cálculo con cierta timidez, se hicieron cada vez más soberbios, más capaces y más amables para el usuario. Aunque la generalidad de los métodos permanece. Esto explica por qué los métodos matriciales deben en su tratamiento básico de las estructuras más al siglo XIX que al XXI.

La principal desventaja del cálculo informatizado radica en que parece eliminar la necesidad del ingenio necesario para preparar el modelo con que se pretende representar la realidad y el análisis crítico de los resultados. Por ello, hay que ser plenamente conscientes de que, sin un modelo adecuado o sin una interpretación final, el refinamiento en el análisis carece de sentido.

Es por ello que los conocimientos del calculista y el análisis preciso de los resultados no podrán ser sustituidos por ningún software por muy potente que este sea.

Carlos PARDO SOUCASE

Arquitecto



Índice

primera parte: datos previos

- 01 introducción 3-17
- 02 conceptos generales 18-31

segunda parte: modelización

- 03 el programa 32-39
- 04 datos generales 40-53
- 05 la sección 54-65
- 06 la estructura 66-105
- 07 la cimentación 106-113

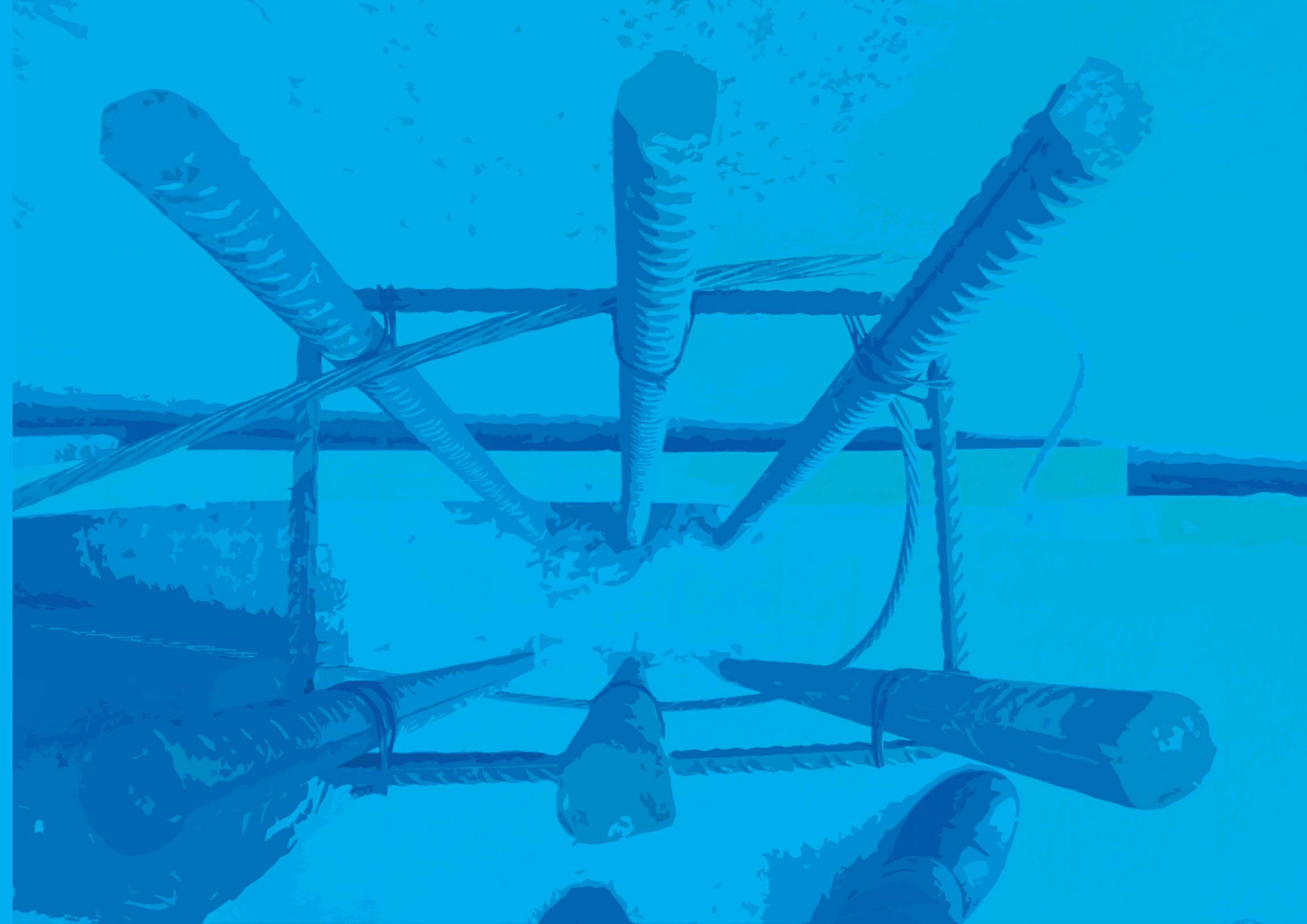
tercera parte: calculo, análisis y resultados

- 08 cálculo y análisis 114-149
- 09 resultados 150-159
- 10 anexos 160-175

bibliografía 176-181

índice alfabético

01 introducción



El origen del manual

La aparición de la colección del “manual del ingeniero de edificación” ha supuesto una vía de información práctica para los profesionales del sector, que ha ido creciendo a demanda de los técnicos competentes en edificación, de manera que la necesidad de ampliarla en el ámbito del cálculo de las estructuras, era inminente.

Para la redacción de esta publicación, era necesario contar con un equipo multidisciplinar en el que la experiencia en el cálculo de estructuras de edificación fuera combinada de la experiencia en el manejo del programa CYPECAD®, de manera que la creación de un soporte escrito permitiera su consulta en el tiempo, más allá de la formación inicial recibida.

La selección del arquitecto Carlos PARDO SOUCASE combina la competencia de su profesión para el cálculo de estructuras de edificación, junto con su currículo docente, permitiendo la creación del presente manual del ingeniero de edificación: guía para el cálculo de estructuras de edificación mediante la utilización del potente programa CYPECAD®, a cuya propiedad intelectual agradecemos la posibilidad de redactar el presente libro.

Son muchas las ediciones de cursos y jornadas técnicas dirigidas a profesionales competentes en el ámbito de cálculo de estructuras, las que avalan el contenido de este manual, de cuya experiencia se plasman y recogen las inquietudes, consultas y dudas, que los alumnos han planteado durante estos años de docencia. A pesar de existir elementos que se repiten, incluso, anécdotas, tenemos un denominador común a todos ellos: la creencia de que, al utilizar un programa de cálculo, “ya somos capaces de calcular estructuras”.

Esto es, en nuestra opinión, un gran error, ya que la competencia se alcanza cuando obtenemos una comprensión completa del problema a resolver, apareciendo el programa informático como una herramienta de resolución y cálculo. Es por ello que este libro no es una guía al uso de un programa y sus múltiples opciones de manejo como si de un catálogo se tratara, sino que el manual pretende transmitir una lógica de cómo hacer las cosas, pretende transmitir un saber “por qué” más que un saber “qué”, cuya puesta en práctica nos conducirá a la excelencia.

La estructura del manual

La organización y presentación de este manual, se basa en la práctica como elemento dominante durante la lectura, si bien los conceptos de teoría serán los antecedentes que nos preparen para las aplicaciones posteriores. El libro se estructura de la siguiente forma:

Primera parte: conceptos teóricos del cálculo matricial y definición de todas las premisas que maneja el programa

Segunda parte: modelización sobre un ejemplo de edificación real

Tercera parte: cálculo de la estructura, análisis de los resultados y obtención de la documentación necesaria para el proyecto de estructura.

En general, debemos entender que **este manual no trata** sobre el uso de un programa informático, que no es una guía de utilización de un software, ya que el objeto con el que trabajamos son estructuras de edificación que serán habitadas. Es por ello que, en nuestra opinión, antes introducir datos en un programa y obtener resultados a través del cálculo informatizado, hay que partir del conocimiento de las estructuras de edificación, con criterio, pericia, y el saber hacer del técnico que va a utilizarlo.

Para ello, se plantearán inicialmente todos los fundamentos teóricos necesarios que quedarán integrados mediante una explicación sencilla y aplicada, lejos de una exposición teórica y fundamentalista, que nos permita tener el enfoque original de los problemas estructurales. Posteriormente, y con una comprensión global del funcionamiento mecánico de la estructura, se desarrolla el planteamiento práctico, basado en un caso REAL de un edificio REAL, tal como la calcularíamos en nuestro estudio profesional, y así veremos todas las órdenes necesarias y nos fijaremos en todos aquellos elementos y situaciones que pueden provocarnos problemas futuros.

De esta forma, lo que podría ser una simple guía se convierte en un manual guiado que, con la práctica posterior, conseguirá ser una referencia para los casos más habituales de cálculo de estructuras de edificación.



¿Qué es CYPECAD®?

CYPECAD® es un software concebido para realizar el cálculo de esfuerzos y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado y metálicas diseñadas con forjados unidireccionales de viguetas (genéricos, armados, pretensados, in situ, metálicos de alma llena y de celosía), placas aligeradas, losas mixtas, forjados bidireccionales reticulares y losas macizas para edificios sometidos a acciones verticales y horizontales.

Las vigas de los forjados pueden ser de hormigón, metálicas y mixtas (acero y hormigón). Los soportes pueden ser pilares de hormigón armado, metálicos, pantallas de hormigón armado, muros de hormigón armado con o sin empujes horizontales y muros de fábrica (genéricos y de bloques de hormigón). La cimentación puede ser fija (por zapatas o encepados) o flotante (mediante vigas y losas de cimentación).

Puede calcularse únicamente la cimentación si se introducen sólo arranques de pilares. Las escaleras son de hormigón armado apoyadas en los forjados.

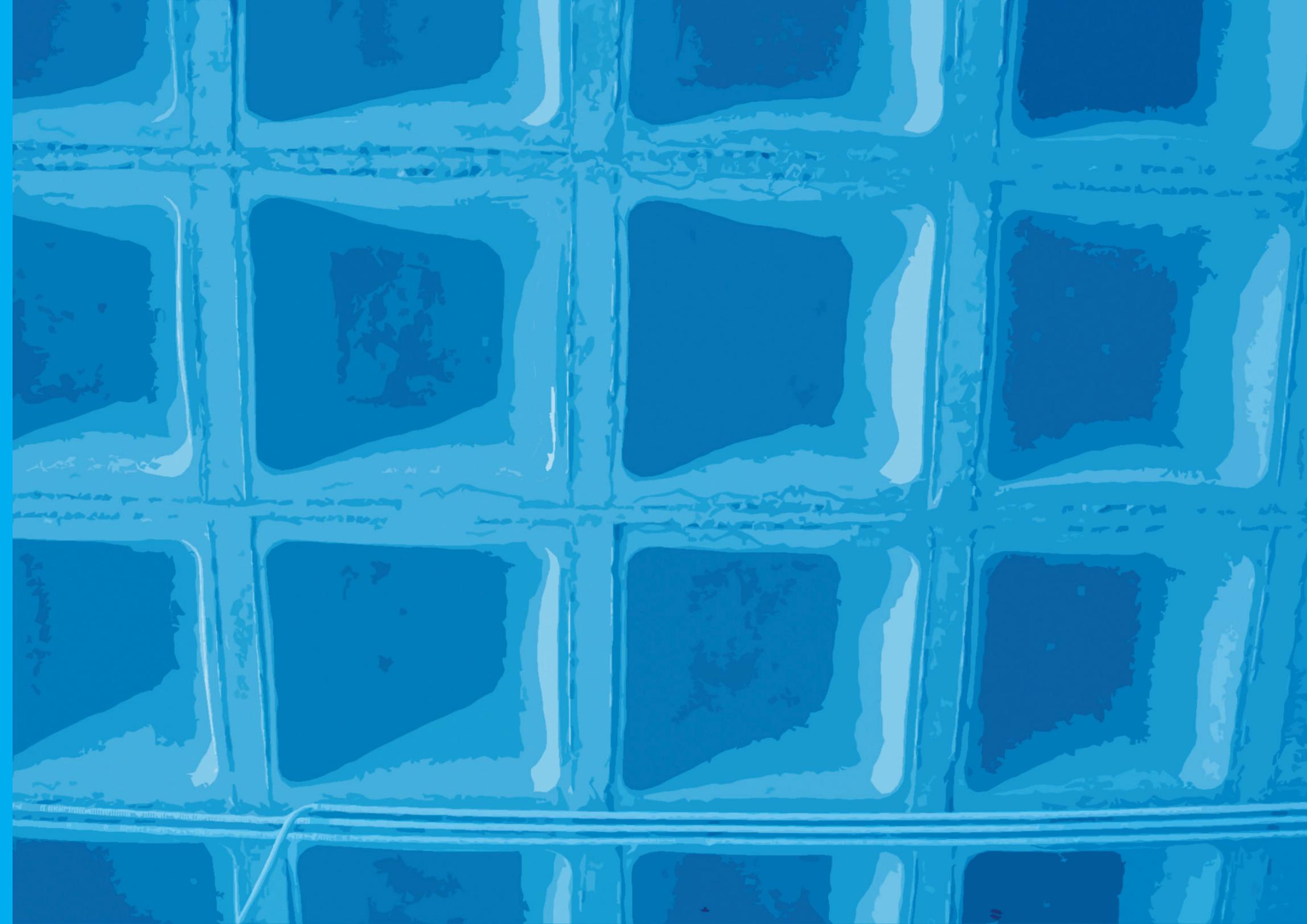
Con él se pueden obtener los planos de dimensiones y armado de las plantas, vigas, pilares, pantallas y muros, cimentación y escaleras por plotter, impresora y ficheros DXF/DWG y PDF, así como los listados de datos y resultados del cálculo.

Si disponemos del programa "Nuevo Metal 3D", se podrán introducir Estructuras 3D integradas con barras de acero, madera y aluminio.

El modelo estructural definido por el programa responde a los datos introducidos por el usuario, por lo que se debe prestar especial atención a que la geometría introducida sea acorde con el tipo de elemento escogido y su adecuación a la realidad.



02 conceptos generales



Proceso

El proceso de cálculo informatizado de una estructura responde a unas pautas previamente establecidas y que el programa sigue secuencialmente. Los datos que el usuario introduce generan un modelo estructural que el software procesará según determinadas reglas predeterminadas y, con ello, obtendrá una serie de resultados que mostrará a través de una interface gráfica lo más clara posible.

El proceso que sigue el software CYPECAD® durante el cálculo de la estructura es, esquemáticamente, el que a continuación desarrollamos y, observando este proceso, vamos a analizar cómo se realiza el cálculo de una estructura por el método de la matriz de rigideces y para cumplir lo establecido en las normas vigentes.

| Primera fase | |
|--|---|
| Generación de geometrías, de las rigideces de cada una de las barras y montaje de la matriz de rigideces de la estructura. | Es el proceso de comprobación de geometría. Si hay datos incorrectos, se para el proceso. |
| Segunda fase | |
| Inversión de la matriz de rigideces por métodos frontales. | Si la matriz es singular significa que la estructura es un mecanismo y el proceso se detiene. |
| Tercera fase | |
| Obtención de desplazamientos en todas las hipótesis que se hayan definido. | Si hay desplazamientos excesivos en algún punto se emiten mensajes de error. |
| Cuarta fase | |
| Obtención de las envolventes de esfuerzos para todas las combinaciones definidas. | |
| Quinta fase | |
| Dimensionado y armado de todos los elementos. | |

Esquema de flujo del proceso de cálculo que sigue el software Cypecad®.

Discretización de la estructura

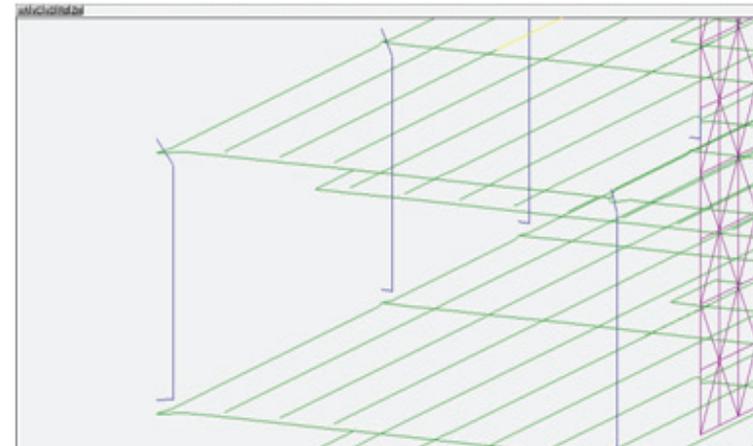
La estructura que el usuario va introduciendo se discretiza en elementos de tipo "barra", "emparrillados de barras", "nudos" y "elementos finitos". Por ello, es importante saber cómo procesa el programa cada uno de los elementos que vayamos a utilizar:

□ Pilares

Son barras verticales entre cada planta, con un nudo en arranque de cimentación o en otro elemento, como una viga o forjado, y en la intersección de cada planta, siendo su eje el de la sección transversal.

□ Vigas

Se definen en planta fijando nudos en la intersección con las caras de soportes (pilares, pantallas o muros), así como en los puntos de corte con elementos de forjado o con otras vigas.



Modelización de las vigas.

□ Vigas de cimentación

Son vigas flotantes apoyadas sobre suelo elástico, discretizadas en nudos y barras, asignando a los nudos la constante de muelle k definida a partir del coeficiente de balasto.

Para seguir leyendo haga click aquí