

PROYECTO ITER - BIM EN DETALLES DE ARMADURA PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN BAJO SEGURIDAD NUCLEAR

Jose Miguel GOMEZ RODRIGUEZ

Ingeniero de Caminos
Ferrovia Agroman SA
Design Coordinator
jmgomez@ferrovial.com

Alberto CABALLERO RUIZ

Ingeniero de Caminos
Ferrovia Agroman SA
Design Coordinator
alberto.caballero@ferrovial.com

Maria Jose MARTIN FERNANDEZ

Ingeniero de Caminos
Ferrovia Agroman SA
Design Coordinator
mjmartin@ferrovial.com

Felipe QUIROZ

Ingeniero Civil
IDandBIM
Director Técnico IDandBIM
felipe.quiroz@idandbim.com

RESUMEN

ITER es un proyecto internacional para diseñar y construir un reactor de fusión experimental basado en el concepto 'tokamak'. Los elementos de hormigón armado de varios edificios del ITER han sido modelados con BIM software, entre ellos el Radio Frequency Building, objeto de esta ponencia, el cual alojará los sistemas de calentamiento por radiación y transmisión de corriente.

El uso de BIM software ha ayudado a alcanzar el alto nivel de precisión requerido. Esta herramienta ha demostrado ser muy útil para garantizar que la congestión de armado no afecta a la facilidad constructiva, particularmente en detalles complicados (juntas, uniones, atado)

ABSTRACT

ITER is an international project to design and build an experimental fusion reactor based on the "tokamak" concept. The concrete elements of several ITER buildings have been modelled with BIM software, between them the Radio Frequency Building, subject of this paper, which will host the radio frequency heating and current drive systems

The use of the BIM software helped to achieve the high level of accuracy required. This tool proved to be very useful to ensure congestion does not hinder the ease of construction, particularly in complex details (joints, intersections, shear keys, large diameter bends, tying reinforcement...)

PALABRAS CLAVE: BIM, nuclear, sísmico, explosión, despiece

KEYWORDS: BIM, nuclear, seismic, blast, detailing

1. Introducción

El proceso de representación BIM comienza con el modelado de las formas geométricas del edificio. En esta etapa hay una labor de coordinación e interacción entre equipos diseñador y modelador para resolver imprecisiones geométricas e interferencias con otras disciplinas.

Entre los asuntos concretos a resolver se pueden destacar:

- Coordinación temprana con la red de drenaje:
 - Diseñando una red enterrada a cierta distancia de la losa de cimentación, pasando por debajo de zapatas y vigas de cimentación.
 - También se tienen en cuenta desde el principio los pasatubos para las bajantes, ubicados a distancia conveniente de placas de anclaje de pilares y bordes de losa.
- Consideración del sistema de toma de tierra, interactuando con el diseñador para garantizar espacio a los diversos elementos de conexión.
- Previsión de conductos para cables eléctricos que atraviesan en puntos acordados la estructura de hormigón.
- Modelado preciso de los diversos detalles arquitectónicos relevantes, especialmente:
 - Escalón perimetral de contención de agua de incendios
 - Rampas de acceso en zonas de entrada
 - Junta de borde con edificio adyacente (edificio 13)
 - Perfilería de soporte de fachada
- Representación lo más ajustada posible de la estructura metálica, previendo cierta holgura que facilite la ejecución en obra de los detalles finales del suministrador.

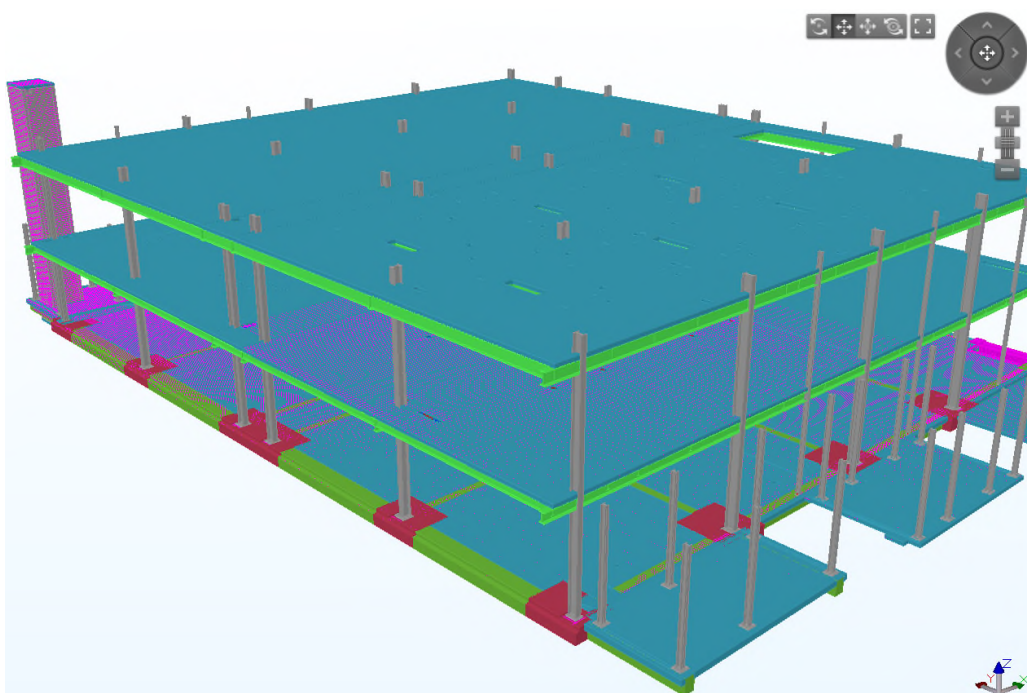


Figura 1. Modelo geométrico del edificio en Tekla

De entre los diversos ejemplos de la ayuda que supone el modelo BIM frente a modelos menos detallados se destacan los dos siguientes que se pueden considerar representativos:

1.1. Aclaración de imprecisiones geométricas

En el detalle de la figura 2 se observa la complejidad del encuentro de la placa del pilar con la losa de cimentación, con disposición de la placa embebida en la zapata y cruce con escalón perimetral y rampa de acceso.

Con el modelado de la geometría se comunican las posibles dudas en cuanto a niveles e intersecciones de elementos para confirmar el diseño en la etapa inicial.

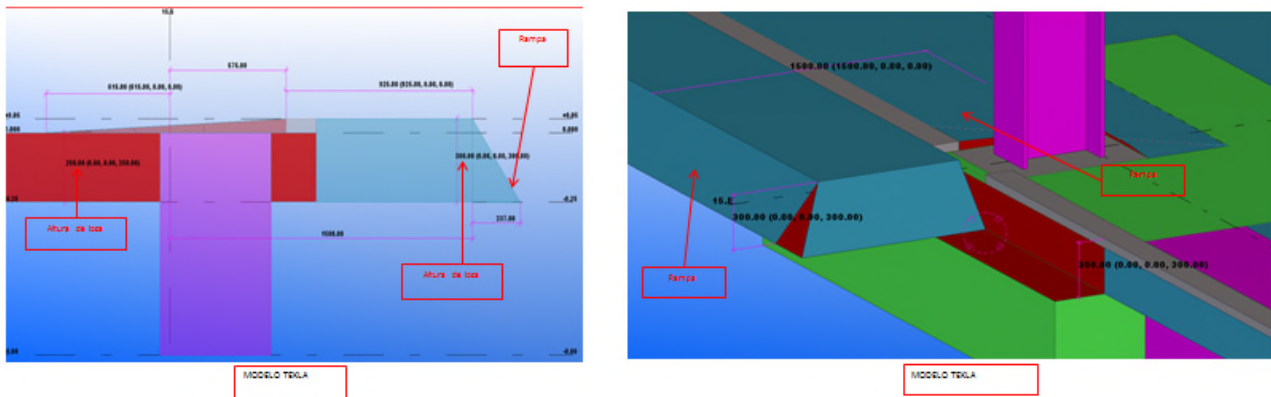


Figura 2. Ejemplo de planteamiento de geometría compleja en torno a placa de anclaje en borde

1.2. Coordinación con otras disciplinas (sistema de drenaje, instalaciones eléctricas...)

En este ejemplo se observa como la red de drenaje debe modificarse desplazando todo el sistema hacia abajo para evitar interferencia con zapatas y vigas de cimentación, de mayor canto que la losa apoyada en el terreno.

Además, el modelado del drenaje permite coordinar la más adecuada ubicación de los pasatubos, evitando en lo posible atravesar elementos estructurales principales como zapatas y vigas de cimentación.

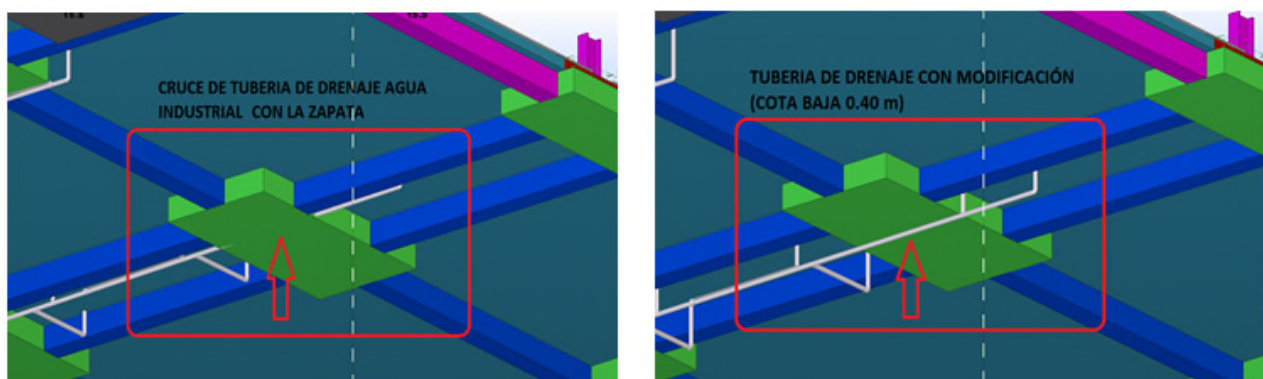


Figura 3. Ejemplo de resolución de interferencia de zapata con sistema de drenaje

2. Estudio de alternativas

Para facilitar el montaje en obra se proponen diversas alternativas de armado, eligiéndose en cada caso la más conveniente desde el punto de vista de obra.

2.1. Encuentro del armado de vigas de cimentación con zapatas en edificio principal

En este caso se produce una interferencia entre barras de gran diámetro de las vigas (40mm) y armado de zapatas y placas de anclaje, estudiándose el mejor sistema de construcción posible.

2.1.1. *Primero colocar la armadura de la zapata: inferior, de piel y superior (cuantías según referencias [2,3,5])*

2.1.2. *Luego traer montada la armadura de las vigas hasta llave de cortante o alternativamente hasta borde de zapata, cercos por cortante y atado en solape ref. [5]*

2.1.3. *Situar armadura de continuidad a los lados de la llave de cortante (armado superior) o en prolongación (armado inferior)*

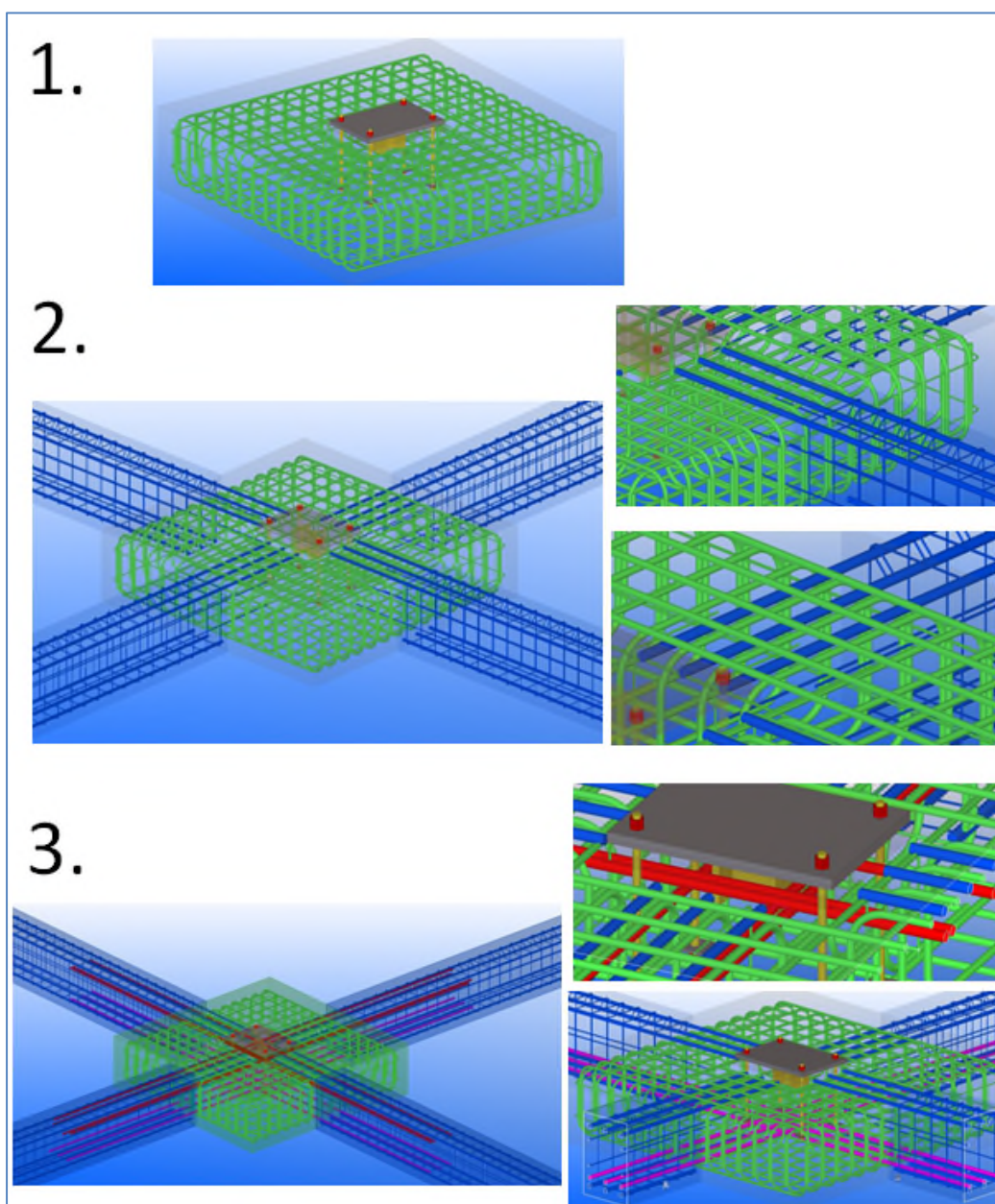


Figura 4. Disposición de armadura en encuentro vigas de cimentación/zapata

2.2. Cruce de vigas de cimentación y arranque de pilares en edificio auxiliar

Este punto se analiza con más detalle al producirse una elevada concentración de armadura debido al cruce de armado de espera de pilar (con anclaje hacia el interior del nudo siguiendo referencia [5]) y anclaje de barras de vigas de cimentación.

- 2.2.1. Disponer armadura de vigas de cimentación con grifado en barras de vigas este-oeste (pendiente 1 a 12, referencia [3]) para evitar interferencia con barras de vigas norte-sur
- 2.2.2. Colocación de armaduras verticales de pilar situadas entre el armado de las vigas
- 2.2.3. Alternativa de barras de espera de pilar o barras continuas hasta cabeza de pilar

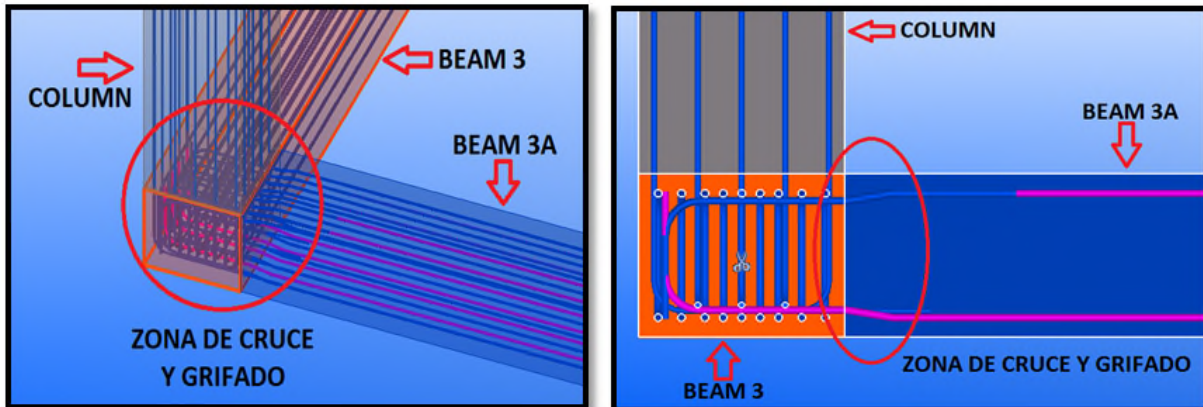


Figura 5. Disposición de armadura en encuentro viga de cimentación/arranque de pilar

2.3. Cruce de armado en cabeza pilares con vigas en edificio auxiliar

Se estudia pormenorizadamente el proceso constructivo al coincidir el anclaje de barras cabeza de pilar y el anclaje de barras de gran diámetro (40mm) de las vigas. Además, se prevé anclar el armado de la losa por dentro del armado de las vigas (no mostrado en figura 6 por claridad).

- 2.3.1. Colocación de armaduras de cabeza de pilar situadas entre el armado de las vigas
- 2.3.2. Esperas de armado de viga con patilla o preferiblemente con barras en forma de U para evitar rotura de borde, referencia [1]
- 2.3.3. Análogamente al detalle anterior se dispone armadura de vigas de losa con grifado en barras de vigas este-oeste (pendiente 1 a 12, referencia [3]) para evitar interferencia con barras de vigas norte-sur
- 2.3.4. Alternativa de barras de espera en cabeza de pilar o barras continuas

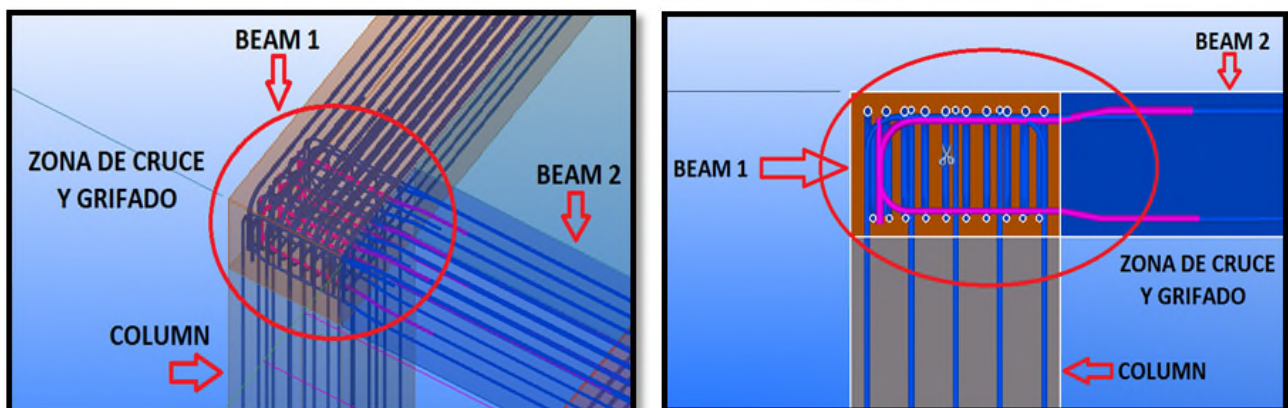


Figura 6. Disposición de armadura en encuentro cabeza de pilar/vigas de losa

2.4. Detalles de armado de forjado de chapa colaborante en edificio principal

Las propuestas se basan fundamentalmente en acomodar la armadura requerida por los forjados en el canto previsto (200mm total, 100mm mínimo). Esta dificultad se agrava en las zonas donde el espacio se reduce o se incrementa el armado, como en zonas de junta de borde, cambios de dirección de forjado o escalón perimetral.

Se muestran en figura 7 diversos detalles de forjado consensuados con el equipo de obra:

- 2.4.1. *Detalle 1: cambio de dirección de forjado, con grifado de armadura inferior (pendiente 1 a 12 según referencia [3])*
- 2.4.2. *Detalle 2: armado alrededor de hueco, con cercos para facilitar el montaje [1]*
- 2.4.3. *Detalle 3: apoyo en zona de junta de borde, con barra vertical en forma de U (referencia [3]) y armado transversal (referencias [1,2])*
- 2.4.4. *Detalle 4: armado de escalón perimetral con barra en forma de U evitando empuje al vacío (referencia [3])*
- 2.4.5. *Detalle 5: detalle de barra horizontal en forma de U alrededor de conectores solapada con armadura principal (referencia [4])*
- 2.4.6. *Detalle 6: vista de borde para clarificar colocación de barras y confirmar ausencia de interferencias*

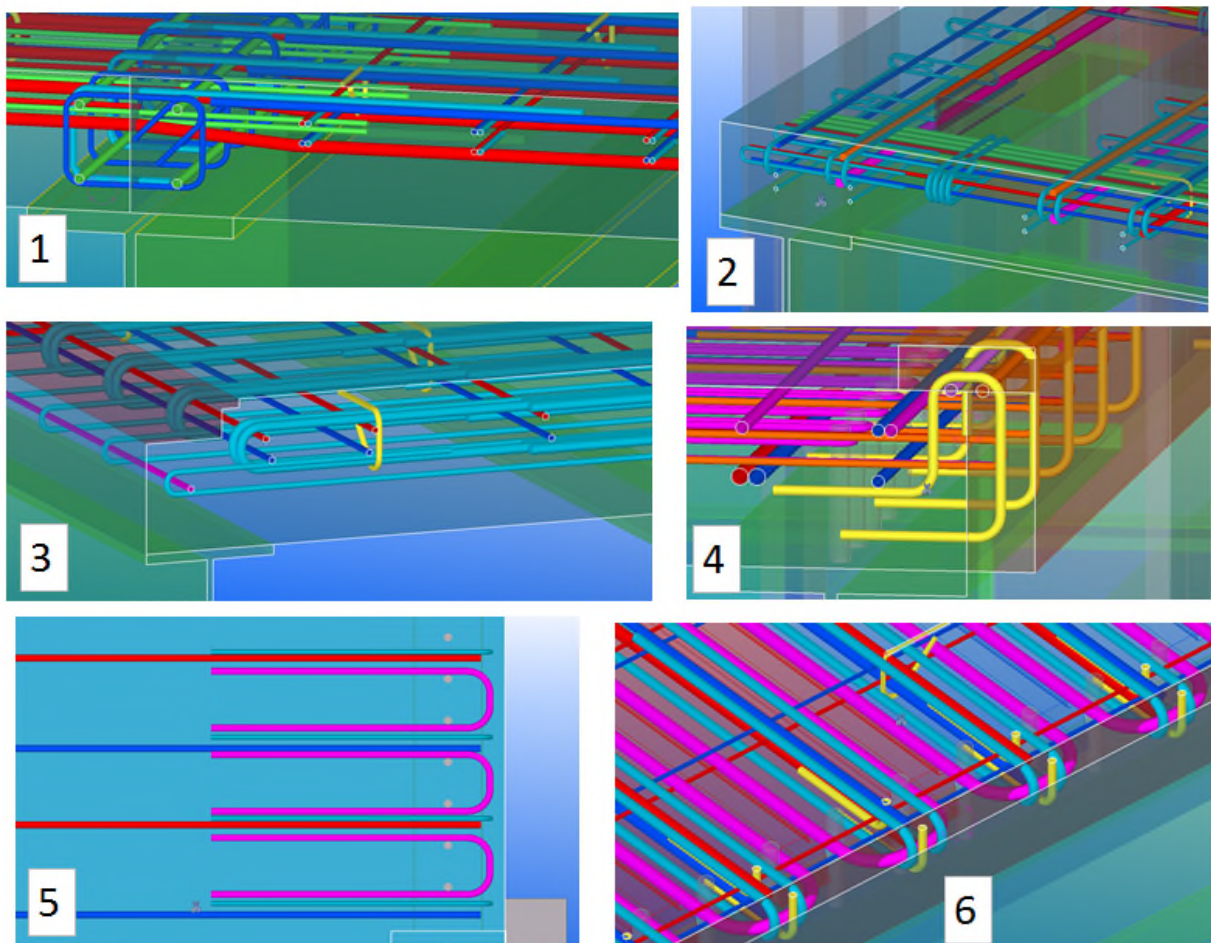


Figura 7. Detalles de armadura en forjado de chapa colaborante

3. Modelado en BIM

Una vez aprobadas las diversas opciones se realiza el armado del edificio en BIM.

3.1. Vista general de modelo BIM del edificio

Se modelan los elementos de cimentación (zapatas, vigas y losa de cimentación), estructura metálica y forjados de chapa colaborante. También vigas y pilares de hormigón en edificio auxiliar.

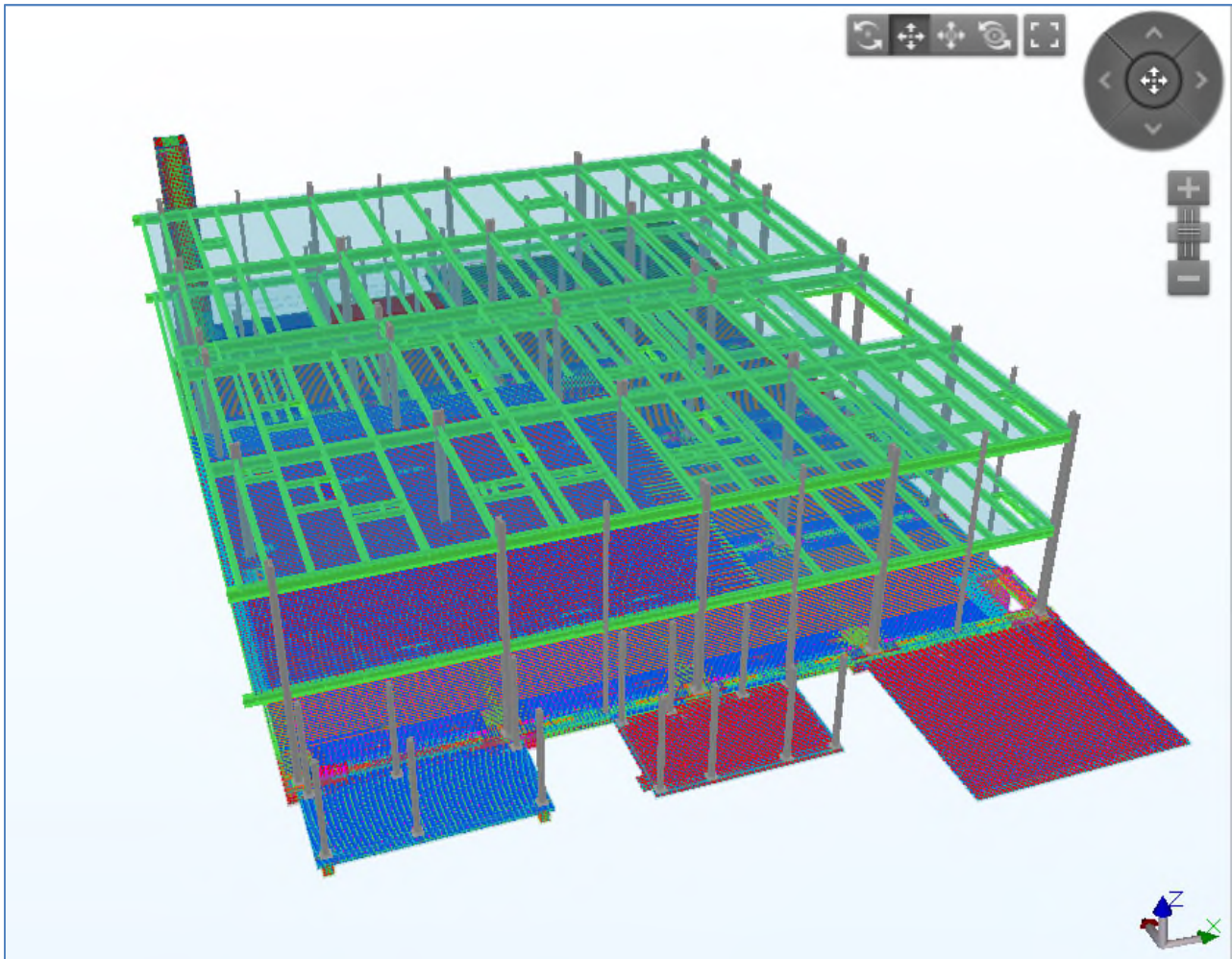


Figura 8. Modelo general del edificio en BIM

3.2. Vistas de detalle de puntos singulares de cimentaciones

3.2.1. *Detalle cruce de losa apoyada en el terreno con viga de cimentación/zapata, ref. [6]*

3.2.2. *Disposición de armadura de zapata con patillas a 45°, referencia [1]*

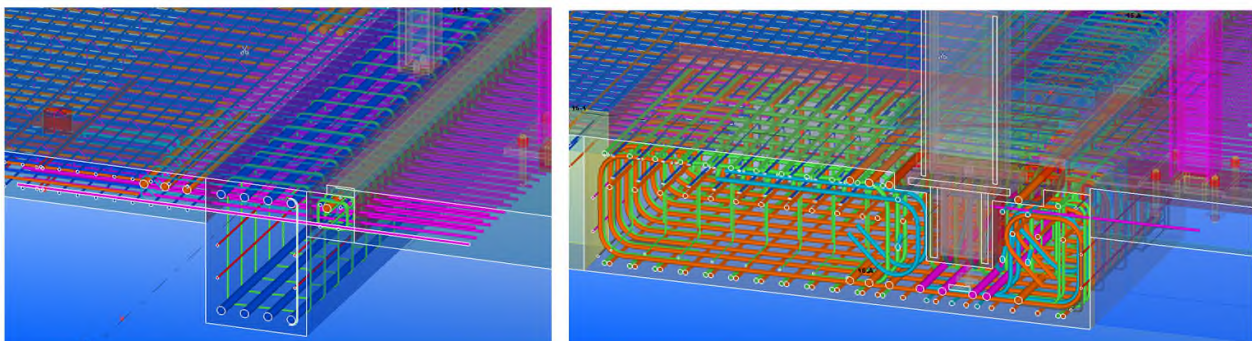


Figura 9. Detalles de colocación de armadura en cimentaciones

4. Ejemplos de detalles de obra

El proceso de montaje se ejecuta siguiendo los modelos BIM previamente acordados con los integrantes del equipo de obra

4.1. Detalle de montaje de armadura de zapatas y encuentro con vigas de cimentación

Se observa el proceso constructivo que sigue el desarrollo del modelo BIM y los planos de ejecución:

- 4.1.1. *Montaje de la armadura de las zapatas en la ubicación definitiva, siguiendo una plantilla esquematizada en planta*
- 4.1.2. *Montaje independiente del armado de vigas, nótese el armado de superficie lateral según referencia [3]*
- 4.1.3. *Colocación de la armadura de solape de la viga dentro de la zapata, barras de gran diámetro que se ajustan en obra pasando por los cercos de atado*

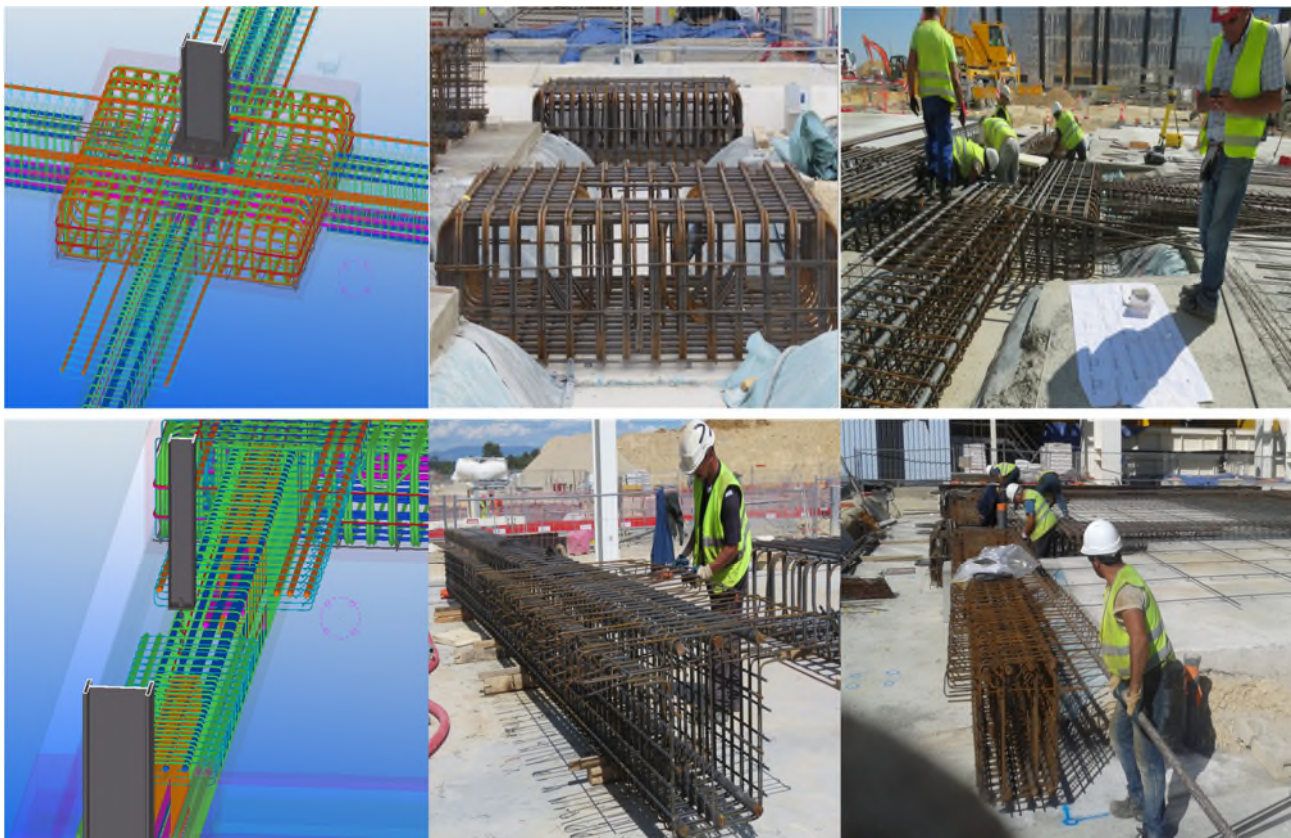


Figura 10. Detalles de montaje en obra del armado de zapatas y vigas siguiendo el modelo BIM

4.2. Detalle de armado de zapata en zona de conexión con llave de cortante

La situación planteada requiere el estudio de la posible congestión de armadura por el encuentro entre zapata excéntrica, vigas de cimentación, y arranque de pilar con placa de anclaje y llave de cortante.

También se han representado los pernos de anclaje de la placa base del pilar (incluidas las placas inferiores de anclaje) manteniendo en todos los puntos los espesores mínimos de mortero requeridos por el diseñador para facilitar la nivelación en obra.

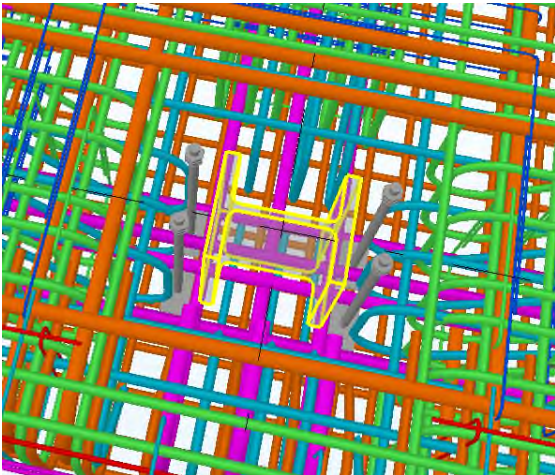


Figura 11. Detalle de Tekla de conexión cimentación / pilar con llave de cortante



Figura 12. Detalle en obra de conexión cimentación / pilar con llave de cortante

4.3. Detalle de armado en encuentro de losa apoyada en el terreno y viga de cimentación

Se trata en este caso de la resolución del encuentro armado de viga de cimentación en T con armado de losa apoyada en el terreno, con la dificultad añadida de colocar los cercos de atado de la cabeza de la viga en T.

Se observa que el armado de la viga se dispone en la parte exterior, mientras que el armado de la losa se resuelve con barras sueltas de solape pasando por debajo de la viga, con la ventaja adicional de permitir cierto ajuste en obra.

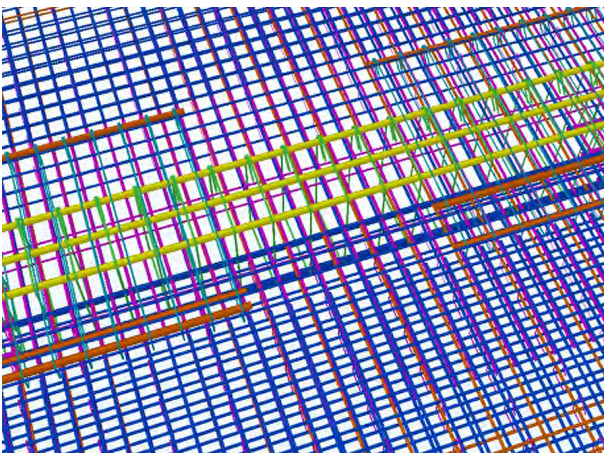


Figura 13. Detalle de Tekla de encuentro losa apoyada en el terreno / viga de cimentación



Figura 14. Detalle en obra de encuentro losa apoyada en el terreno / viga de cimentación

5. Conclusiones

La utilización del modelo BIM ha ayudado a resolver problemas en la ejecución, suponiendo un ahorro en coste y plazo.

Además, facilita la localización previa de puntos críticos en cuanto a hormigonado y colocación de armaduras, adelantándose a posibles dificultades futuras.

6. Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los diversos modeladores y delineantes del equipo de IDandBIM por el grado de precisión requerido y el elevado número de opciones analizadas.

Asimismo agradecer al equipo de obra el seguimiento y aplicación de los modelos BIM, lo que redunda en una mayor calidad de ejecución.

7. Referencias

- [1] Association française du génie parasismique (AFPS) - Guide des dispositions constructives parasismiques des ouvrages en acier, béton, bois et maçonnerie - 2^a Ed. 2011
- [2] ITER Structural Design Code for Buildings (I-SDCB) - 2012
- [3] Norme française NF EN 1992-1-1 (& NA) - Eurocode 2. Design of concrete structures - Part 1-1. General rules and rules for buildings (and National Annex)
- [4] Norme française NF EN 1994-1-1 (& NA) - Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings (and National Annex)
- [5] Norme française NF EN 1998-1 (& NA) - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (and National Annex)
- [6] Norme française NF EN 1998-5 (& NA) - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects (and National Annex)