

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Planificación de la construcción de la estructura de un hotel utilizando el Microsoft Project

MEMORIA

Autor: Alejandro Bañares Anglada
Director: Pere Alavedra Ribot
Convocatoria: Junio 2017



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resumen

El objetivo de este proyecto es, como bien dice su título, la planificación y seguimiento de la construcción de la estructura de un hotel utilizando el Microsoft Project.

En primer lugar, aprendí a utilizar el programa Microsoft Project. Con esta herramienta, conociendo la duración de las diferentes tareas a realizar y el orden en las que deben hacerse, se puede planificar la obra y ser reactivos a la hora de solucionar imprevistos. De esta manera, se puede realizar un seguimiento correcto de la obra llevada a cabo.

En segundo lugar, en este documento se hace una explicación detallada de los procesos llevados a cabo, de manera que puede entenderse la globalidad del proyecto y su transcurso a lo largo del tiempo.

Y para finalizar, expongo las conclusiones sacadas en este trabajo de final de grado. Se comenta la importancia del programa utilizado y todo lo aprendido sobre éste y sobre el mundo de la construcción.

Índice

RESUMEN	1
ÍNDICE	3
1. GLOSARIO	5
2. PREFACIO	7
2.1. Origen del proyecto	7
2.2. Motivación	7
2.3. Requerimientos previos.....	8
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1. Objetivos del proyecto	9
3.2. Alcance del proyecto	9
4. PLANNINGS E INFORMES	10
4.1. Primer informe (febrero)	11
4.2. Segundo informe (marzo-abril)	15
4.3. Tercer informe (abril-mayo).....	18
5. PROCESO DE LA REFORMA ESTRUCTURAL	21
5.1. Actuaciones previas	22
5.2. Micropilotajes	23
5.3. Refuerzo de cimentación	25
5.4. Estructura de hormigón	28
5.4.1. Refuerzo de pilares	28
5.4.2. Refuerzo de jácenas	30
5.4.3. Núcleo hormigón	35
5.4.4. Escalera central Pb- sótano	37
5.4.4.1. Forjados	37
5.4.4.2. Escaleras interior y exterior	40
5.4.5. Refuerzo terrazas	45
5.4.6. Huevo montacargas principal y huevo montacargas cocina	53
5.5. Estructura metálica	55
5.5.1. Apeos de paredes	55
5.5.2. Pilares nuevos en el sótano	60

5.5.3. Núcleo metálico.....	62
5.5.4. Refuerzos planta baja, planta 1 y zona R/S/T	66
5.5.5. Construcción de nuevos forjados	70
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	74

1. Glosario

Encepado

Elemento estructural de cimentación que permite recoger los esfuerzos de los pilares de una estructura y transmitirlos a las cabezas de un grupo de pilotes, consiguiendo que las cargas sean transmitidas adecuadamente al terreno.

Armadura

Conjunto de estructuras metálicas empleadas para formar el esqueleto de un elemento o construcción de hormigón armado.

Zuncho

Refuerzo metálico, generalmente de acero, para juntar y atar elementos constructivos de un edificio en ruinas o en mal estado. Éste está dispuesto horizontalmente para rematar o ceñir otra estructura.

Tirantes

Elemento constructivo, generalmente piezas de acero, que funcionan a tracción y forman parte de una estructura con elementos diferentes, que garantizan paralelismo entre las superficies.

Corbatas

Herramienta constructiva que sirve para encofrar formas verticales y forman parte de una estructura con elementos diferentes que garantizan paralelismo entre las superficies.

Eslinga

Cinta con un ancho o largo específico que permite enganchar una carga a un gancho de izado o tracción.

Emparrillado

Enrejado de vigas o barras para dar base firme a los cimientos de una construcción.

Jácena

Viga horizontal, la cual queda vista, que permite que vigas secundarias o viguetas le trasmitan la carga y ésta transmite la carga a los pilares.

Zapata

Elemento estructural que sirve de cimentación a un pilar, muro u otro elemento superficial, transmitiendo los esfuerzos que recibe de este al terreno.

2. Prefacio

2.1. Origen del proyecto

El origen del proyecto reside en las prácticas curriculares que escogí hacer a principios de año. He tenido la oportunidad de trabajar durante 9 meses a media jornada en una empresa dedicada al Project Management de la reforma de un hotel, de manera que he podido compatibilizar a la perfección el trabajo y los estudios.

Durante todo este tiempo, y gracias a todo lo que he aprendido, el sector de la construcción ha despertado en mí un gran interés y es por esta razón que decidí escoger mi trabajo de fin de grado en relación a este campo.

He tenido la suerte de trabajar en un despacho que se encontraba en la misma obra y por tanto he podido ver de cerca el avance del proyecto. Esto me ha ayudado a entender y aprender muchas cosas que desconocía y que os presento en este documento.

2.2. Motivación

Antes de empezar las prácticas, tuve una entrevista con los que han sido mis jefes en la que me explicaron su oficio y las tareas que tendría que realizar. Me atrajo la manera en la que me lo expusieron y no me han decepcionado las expectativas que tenía puestas en esta posición.

Pese a que mis conocimientos sobre el tema eran más bien escasos, las nociones básicas adquiridas a lo largo de los estudios y mi gran interés por el tema han permitido que adquiriera unas bases muy sólidas con las que puedo presentar un buen trabajo.

Poco a poco, semana tras semana, he podido ver el avance de la obra y su evolución, lo que me ha permitido entender y valorar la posición que he desempeñado: la de Project Manager. Supervisar los tiempos de las diferentes fases de construcción puede parecer evidente pero no lo es. Hay que saber gestionar muchas cosas al mismo tiempo y tener la capacidad suficiente como para solventar los problemas o los imprevistos que iban surgiendo. Falté al trabajo una semana debido a los exámenes parciales y a la vuelta me sentí un poco perdido por la cantidad de cambios que había habido: pasan muchas cosas en poco tiempo y es fundamental tener conocimiento de todo lo que pasa. Por suerte pude ponerme al día rápido y retomar mis tareas.

Y aquí es donde he querido enfocar el trabajo, en la planificación de una obra de tales

dimensiones como la de la reforma de un hotel. La envergadura de esta obra es enorme y por eso su gestión, logística y organización debe ser minuciosa, a tiempo y sin margen de error.

Le comenté al jefe la idea de centrarme en la parte de la estructura y lo agradeció mucho ya que no disponía de un planning detallado y preciso. Y eso es justamente lo que he hecho: aprendí a utilizar el programa Microsoft Project y me dispuse a hacer el seguimiento detallado y específico de la estructura de la obra.

Así que, en conclusión, la motivación para hacer el trabajo de fin de grado en relación al mundo de la construcción viene a raíz de las prácticas, que me han parecido muy interesantes y enriquecedoras.

Pero no sólo eso. Mi padre era arquitecto y, desde que tenía 10 años, me dejaba acompañarle a las obras, en las que me explicaba cosas que dejaron en mí una cierta inquietud que me ha motivado a querer aprender más aún. A los 18 años dudé en cuanto a qué carrera escoger y pensé que arquitectura era más vocacional de lo que sentía en ese momento y por eso me decidí en hacer ingeniería.

2.3. Requerimientos previos

Para empezar, podría decir que el primer requisito que tenía que cumplir es que me gustara lo que hago, que estuviera interesado y que tuviera ganas de aprender. Y lo cumplo.

Para seguir, he tenido que aprender a utilizar el Microsoft Project, programa que he usado para poder hacer un planning detallado con todas las partidas de la obra. Con él he podido saber el ritmo de la obra, la duración de ésta y también, poder gestionar algún contratiempo de la manera más efectiva posible.

Otro de los requisitos fundamentales para poder realizar un trabajo de forma profundizada, era de poder estar cerca de la obra para conocer todo lo que iba pasando y tener buena comunicación con el equipo, de manera que pudieran ir solventando las dudas que me iban surgiendo. Y también lo he cumplido, porque he seguido el día a día del proyecto durante 9 meses y porque me he sentido muy apoyado y respaldado por el resto del equipo. Han estado pendientes de mis necesidades y me han ayudado siempre que lo he necesitado. Les estoy agradecido ya que me han facilitado mucho las cosas.

3. Introducción

3.1. Objetivos del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es la planificación de la construcción de la estructura de un hotel utilizando el Microsoft Project. El primer paso para poder hacer cualquier proyecto de construcción es conocer las características del terreno sobre el que se va a edificar. Los objetivos son los siguientes:

1. Aprendizaje del programa Microsoft Project y familiarización de todas sus opciones y características
2. Planificación del refuerzo de toda la estructura de la obra haciendo uso del programa recién mencionado
3. Redacción de informes mensuales con los posibles imprevistos surgidos
4. Presentación de las diferentes fases llevadas a cabo durante la reforma de la estructura.

3.2. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto consiste en el seguimiento del refuerzo de la estructura, que se hace de dos maneras distintas según se precise. Por un lado, reforzando con hormigón armado, que conlleva hierros, mallazos, madera (enconfrados) etc. Y por el otro, con refuerzos de pilares y vigas de metal.

Llevo siguiendo esta obra desde septiembre, pero en este proyecto se ve reflejado el seguimiento desde el mes de febrero hasta el mes de mayo con la herramienta Microsoft Project. Se incluyen también algunas partidas anteriores al mes de febrero que también están explicadas.

Dado que esta reforma requiere refuerzos de hormigón y refuerzos metálicos, el alcance de este proyecto es el seguimiento del cumplimiento de tiempos acordados al inicio de la obra.

En este documento no se hará el seguimiento de la parte financiera del proyecto. Está pues, centrado en el aspecto puramente técnico y temporal.

4. Plannings e informes

Para gestionar los tiempos del proyecto, he utilizado el programa Microsoft Project (herramienta gráfica que crea un diagrama de Gantt, entre otros). Su objetivo consiste en exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas (en este caso, las diferentes fases del proyecto) a lo largo de un tiempo total determinado.

La interfaz está separada en varias columnas. A la izquierda, están escritas las tareas y subtareas a realizar de forma cronológica. En medio, se encuentran las columnas duración, fechas de principio y fin de cada una de las tareas de la izquierda y a su derecha, se muestra una barra horizontal que contiene su porcentaje de avance. Estas barras se encuentran en un eje horizontal que tiene como variable el tiempo (en mi caso, en meses, pero puede también ponerse en semanas, días o incluso horas). Éstas se sitúan de forma automática en función de la fecha de inicio impuesta anteriormente y su largo se establece en función de la duración, de manera que, el global de las tareas, puede verse de manera muy visual.

Esta disposición de los procesos tiene un seguimiento en tiempo real mediante una línea vertical (que en mi caso es de color verde) que muestra el día actual en el que nos encontramos. Nos permite ver, por un lado, las tareas que han finalizado (o que deberían haberlo hecho según el plan establecido) y por el otro, las siguientes que deben ponerse en marcha.

Si la línea vertical ha sobrepasado un bloque horizontal dando a entender que se ha completado una tarea al 100% cuando no es así en la vida real, se crea un retraso. Éstos se dice que son críticos cuando la tarea forma parte de la ruta crítica. Se conoce como ruta crítica aquella cadena de tareas vinculadas que afectan de manera directa a la fecha de finalización del proyecto como, por ejemplo: la construcción del núcleo o el centro de convenciones.

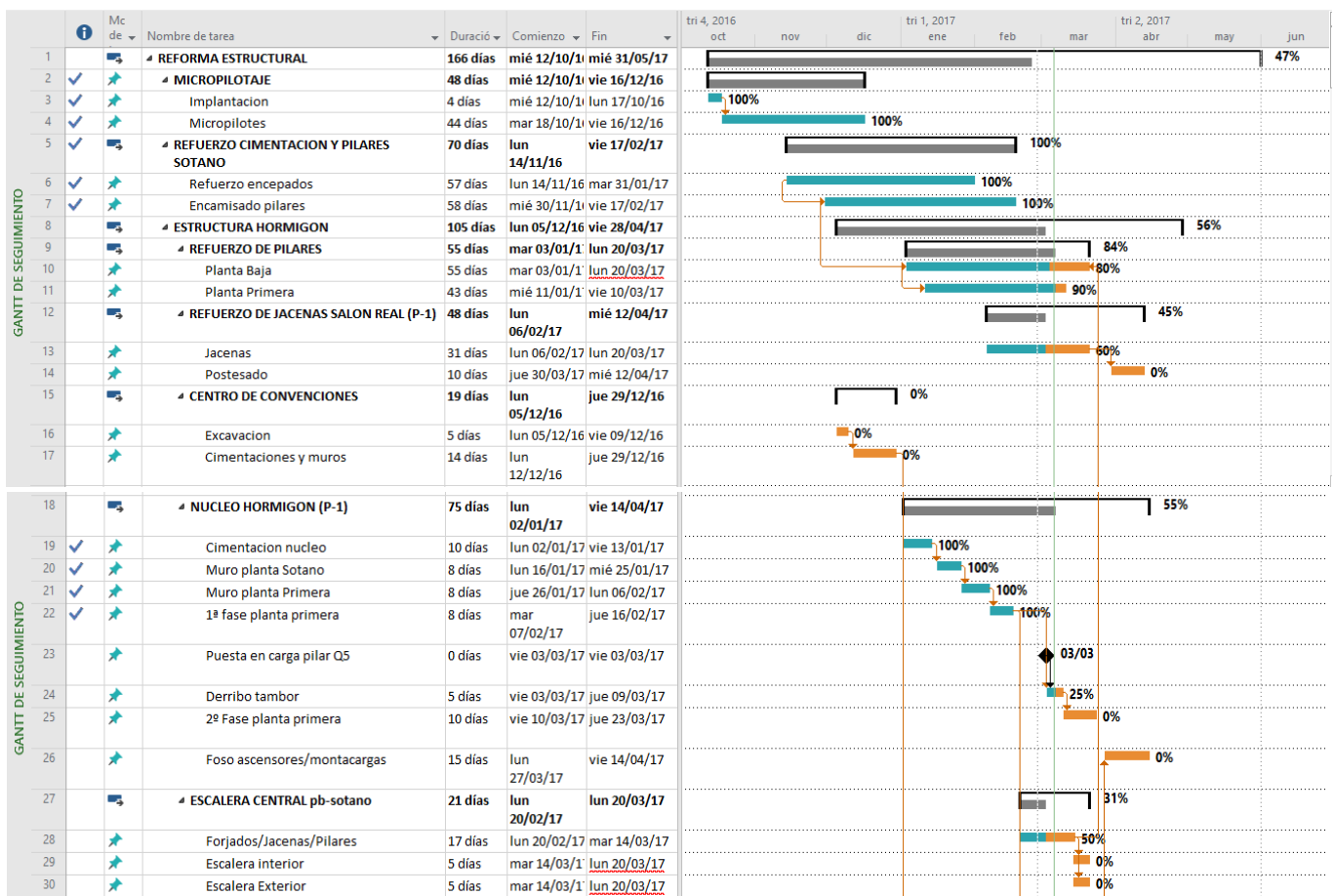
Para una correcta gestión y seguimiento del proyecto, es fundamental apoyarse en esta herramienta a diario, de manera que se puedan detectar fácilmente los retrasos o imprevistos que puedan ir habiendo y poder solventarlos lo más rápido posible. Todo

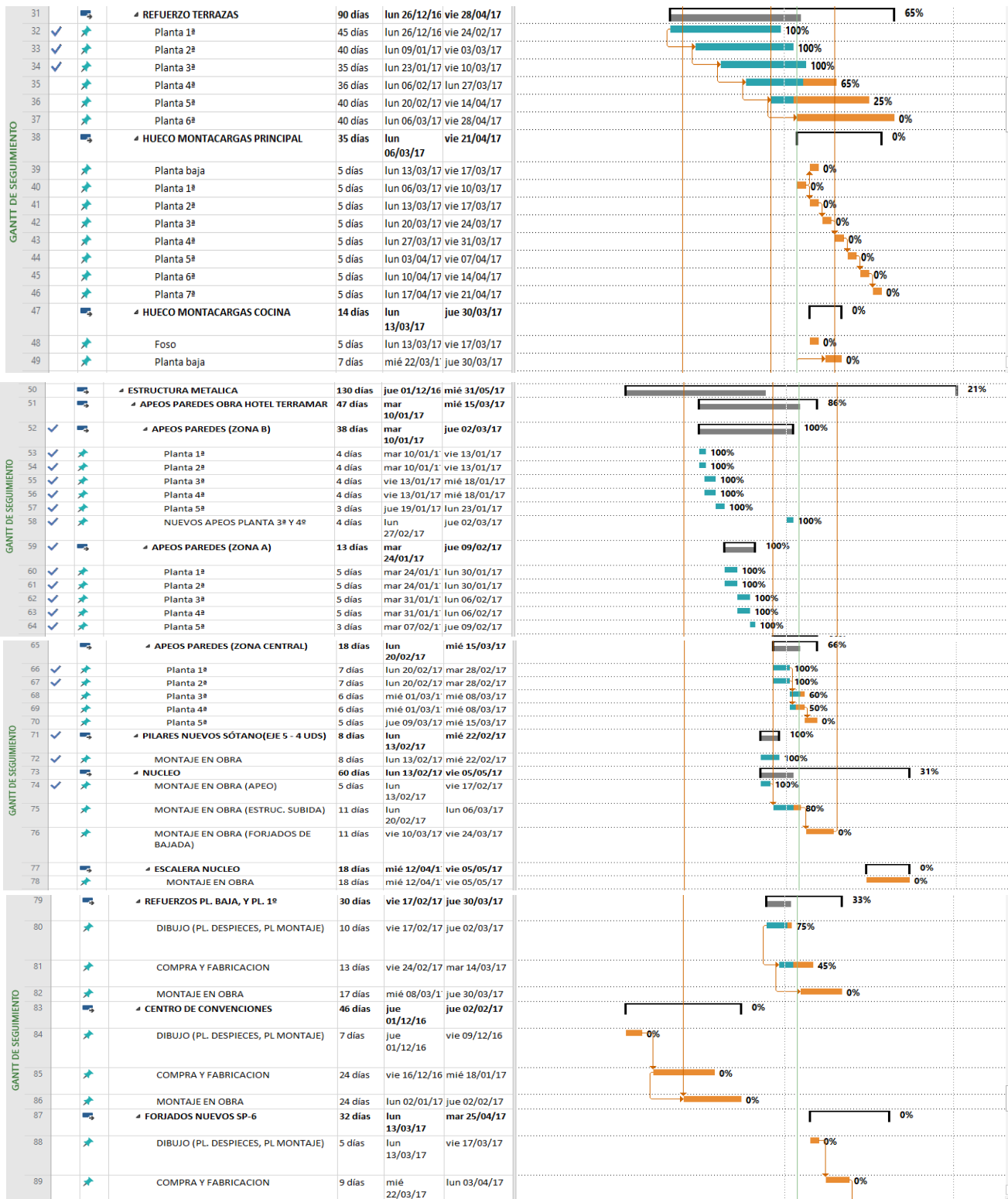
sea para minimizar el retraso global de la obra y asegurar el buen funcionamiento de lo exigido por la empresa contratista.

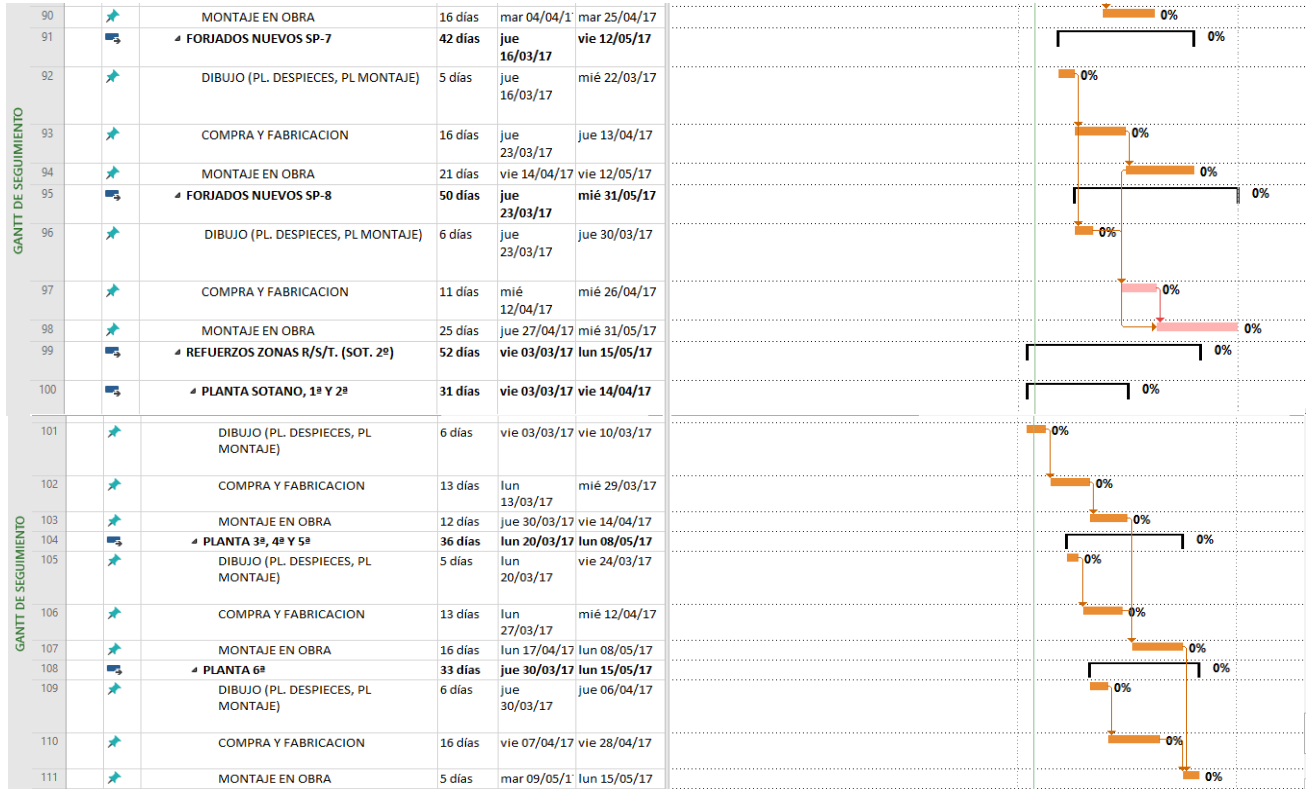
4.1. Primer informe (febrero)

A continuación, se muestran imágenes del avance del proyecto hasta la fecha del primer informe (a finales de febrero aproximadamente).

Planning







Informe

El presente informe detalla las tareas realizadas por cada una de las empresas implicadas en el proyecto.

Empresa dedicada a la geotecnia.

- Finaliza con éxito las tareas de implantación de micro pilotes en la planta sótano.

Empresa dedicada a la construcción de estructuras de hormigón.

- Con la tarea de los refuerzos en la planta sótano ha cumplido el tiempo establecido.
- El centro de convenciones sigue retrasado, aún no se ha iniciado la excavación y se prevén retrasos por tal causa.
- El núcleo está en el plazo establecido. Se empezó un tanto tarde los forjados, jácenas y pilares de la escalera central, aun así, se asegura cumplir el plazo acordado.

Empresa dedicada a la construcción de estructuras metálicas.

- Cumplen el tiempo establecido con los apeos de paredes en zona A y B. (Se entiende como A y B las dos "alas" del hotel).
- Centro de convenciones no se ha iniciado el dibujo, puede causar retrasos en el camino crítico. Hasta que la empre de estructuras de hormigón no acabe su tarea, no podrán empezar.
- El núcleo sigue según el tiempo previsto.

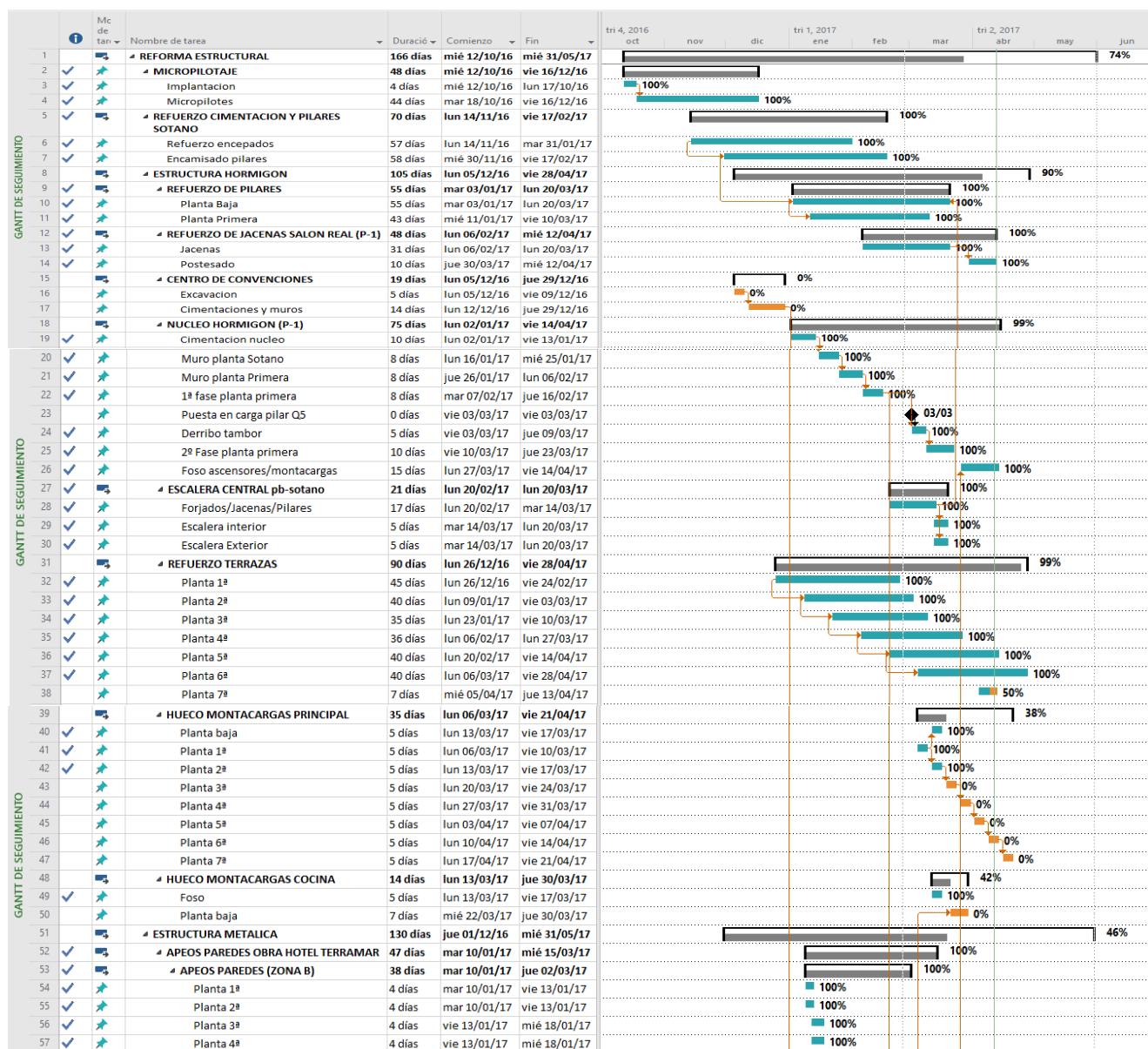
Empresa dedicada al cálculo estructural.

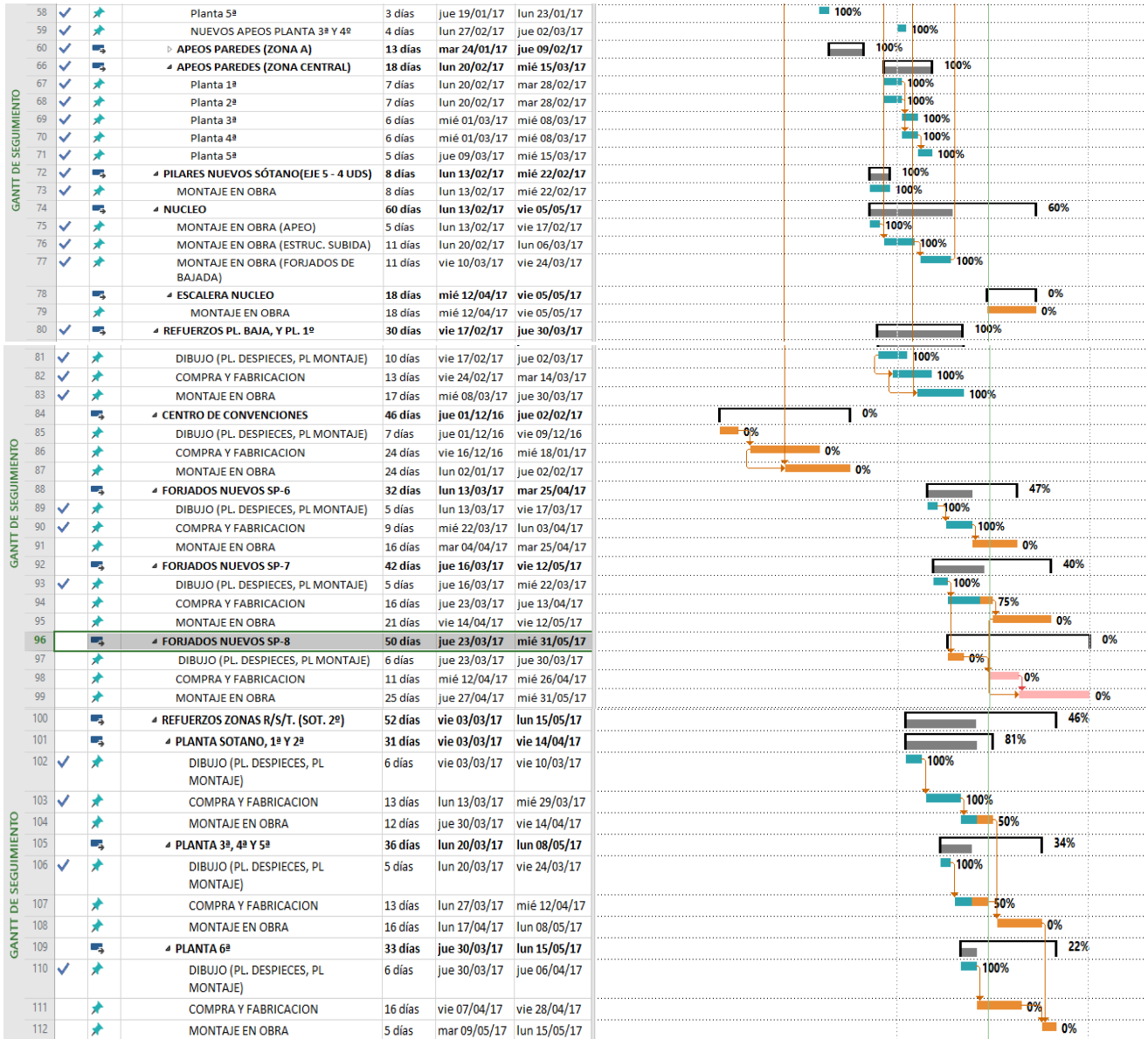
- Informa a la empresa de estructura metálica que deben hacer nuevos apeos en las plantas 3ª y 4ª que causa cierto retraso.

4.2. Segundo informe (marzo-abril)

El segundo informe se realizó desde el último día del informe precedente y hasta finales de marzo-principios de abril.

Planning





Informe

El presente informe detalla las tareas realizadas por cada una de las empresas implicadas en el proyecto.

Empresa dedicada a la construcción de estructuras de hormigón.

- Finaliza los refuerzos de pilares en planta baja y primera.
- Refuerzo de jácenas con su posterior postesado acabado satisfactoriamente
- El centro de convenciones no se ha empezado, se retrasa la fecha de entrega
- Núcleo de hormigón acabado.
- Escaleras interior y exterior finalizadas correctamente.
- Refuerzo terrazas cumplen calendario.
- Error en el Project, hueco del montacargas principal no se ha empezado.
- El foso del montacargas de la cocina está hecho, pero aún no se ha derribado el hueco en la planta baja.

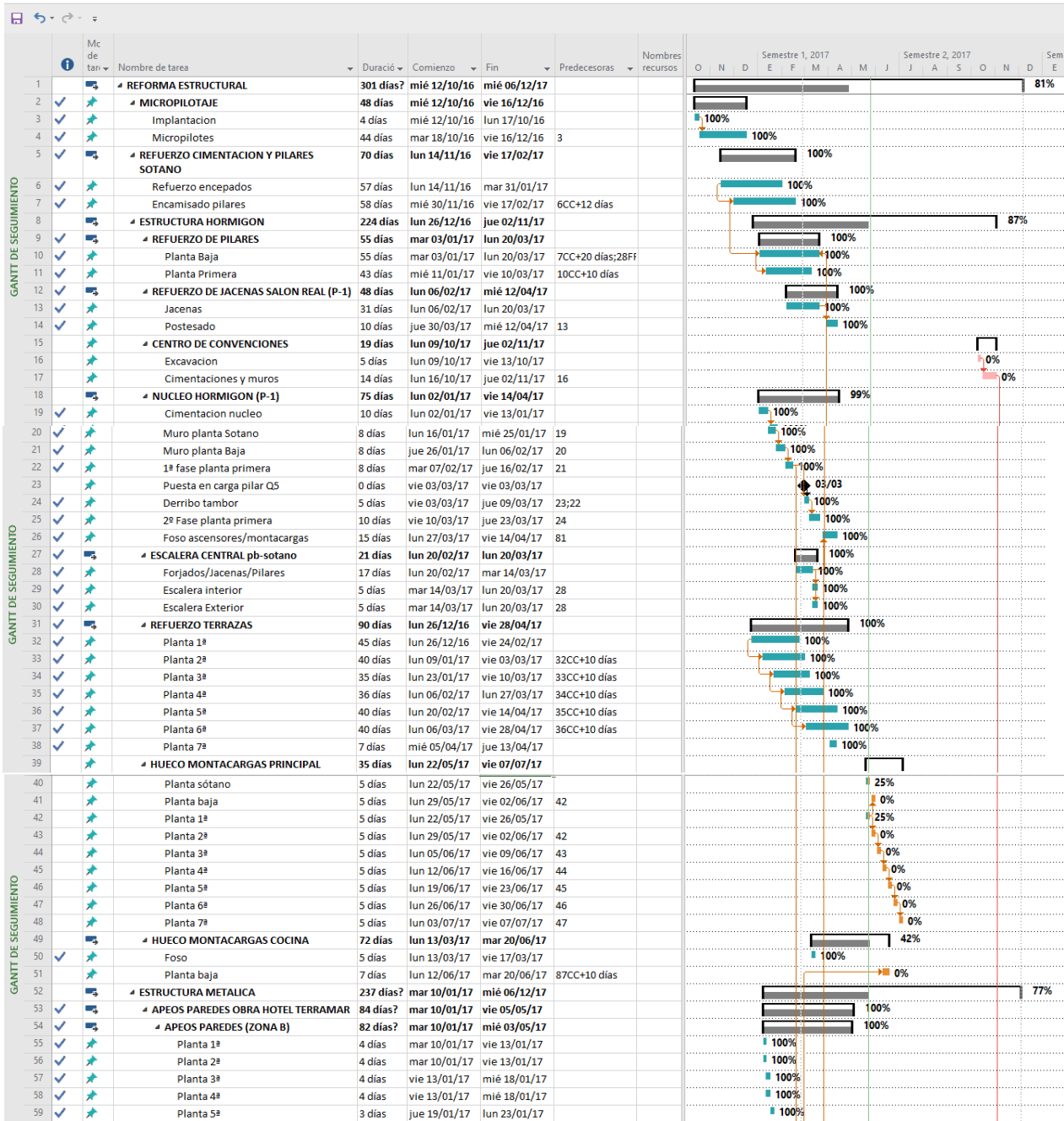
Empresa dedicada a la construcción de estructuras metálicas.

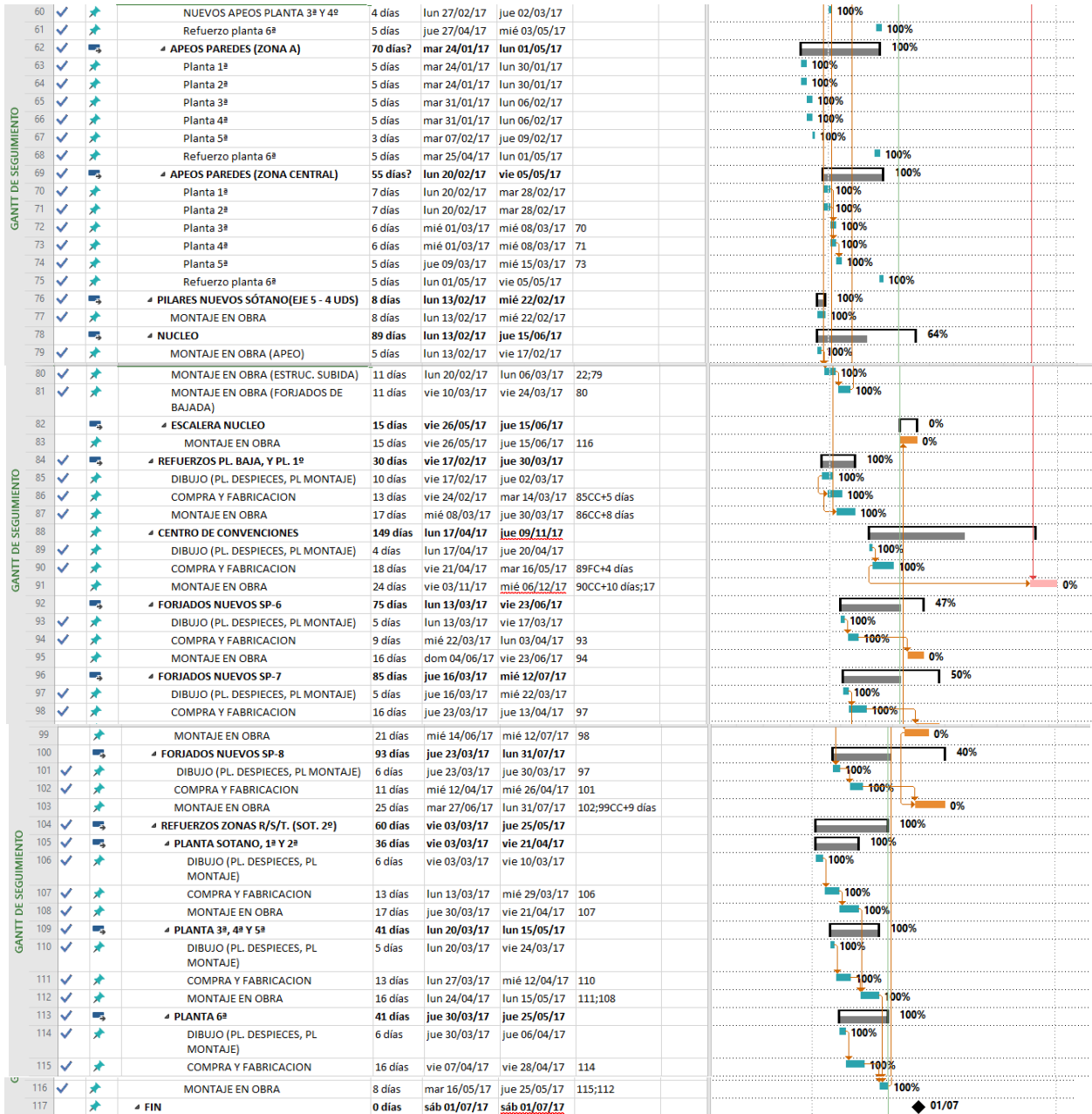
- Finalizan los apeos de las paredes de todas las plantas.
- Núcleo acabado.
- Refuerzos en planta baja y primera implementados correctamente.
- Centro de convenciones hasta que la empresa de estructura de hormigón no acabe con cimentaciones, no se podrá empezar la estructura metálica.
- Refuerzos de las plantas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se están realizando con el tiempo acordado.
- Sobre el forjado de la octava planta no se han comenzado los dibujos. Se excusan diciendo que el topógrafo no cumple el calendario establecido.
- La escalera principal no se empezará ahora, se está dando más importancia a la finalización de refuerzos de las habitaciones de las plantas. Los Project Managers solicitan a esta empresa más personal en obra.

4.3. Tercer informe (abril-mayo)

El tercer informe se realizó desde el último día del informe precedente y hasta finales de mayo.

Planning





Informe

El presente informe detalla las tareas realizadas por cada una de las empresas implicadas en el proyecto.

Empresa dedicada a la construcción de estructuras de hormigón

- En primer lugar, definitivamente el cliente solicita dos fechas de entrega, una primera fecha con las plantas sótano, baja, primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta acabadas. Para que así pueda abrir el hotel en verano el día 1 de Julio. Por este motivo, el centro de convenciones al estar adjunto al hotel, se empezará en octubre. Al estar los dibujos hechos y los perfiles metálicos ya en obra, se deberán guardar hasta octubre. La empresa dedicada a la construcción de estructuras de hormigón se retira de la obra, volverá en Octubre a finalizar el trabajo.
- Por motivos de gestión los huecos del montacargas principal y el de cocina se realizarán más adelante. Será la constructora la responsable de llevar a cabo esta tarea. Tras una visita de obra se decide que el montacargas principal llegue hasta la planta sótano. Se puede apreciar que el hueco del montacargas principal pasa del día 1 de Julio. No es relevante ya que el cliente solicita que estén acabadas las plantas hasta la sexta.

Empresa dedicada a la construcción de estructura metálica

- La empresa de estructura metálica no inicia la escalera del núcleo. La razón es que en visita de obra se ha dado más importancia a acabar los refuerzos de las plantas que la escalera. Pero se deberá finalizar antes del 1 de Julio.
- Todos los forjados nuevos, al ser de las plantas superiores, se retrasan dos meses. La entrega el día 1 de Julio es hasta la planta sexta, así que los forjados de planta 7 y 8 no son relevantes.

Empresa calculista

- En acta de reunión la empresa calculista indica que se deben reforzar con apeos la sexta planta entera, zonas A, B y central.

5. Proceso de la reforma estructural

En este apartado, se da una descripción detallada de las diferentes fases de la obra para hacer la reforma de la estructura. Empezaré con los procedimientos previos y a continuación, de forma cronológica y ordenada, con el resto de procedimientos.

En esta reforma se han utilizado dos tipos de materiales para reforzar la estructura. Por un lado, se ha utilizado hormigón armado para reforzar los cimientos, planta sótano, planta baja y las terrazas principalmente.

El hormigón una vez fraguado tiene una resistencia a compresión muy elevada. Pero existe una limitación: la distancia entre columnas, las llamadas luces¹. Ésta no puede ser muy grande porque los elementos de piedra que se apoyan en las columnas no trabajan solo a compresión, sino que trabajan también a flexión. Para ganar esta propiedad, es necesario introducirle acero al hormigón, de manera que pueda resistir esfuerzos a tracción que, sumados a los de compresión del hormigón, son capaces de soportar esfuerzos de flexión.

La diferencia fundamental entre el hormigón y el hormigón armado reside en la resistencia a la ruptura. El primero la tiene muy baja, con lo que se rompe sin previo aviso mientras que el hormigón armado presenta una propagación de fisuras antes de llegar a la ruptura, lo que da una cierta seguridad.

Por otro lado, se han utilizado perfiles metálicos para el refuerzo de la estructura desde la primera planta y hasta la octava. Éstos constituyen un sistema constructivo muy utilizado, cada vez más. Se elige por sus ventajas en plazos de obra, relación coste de mano de obra – coste de materiales, financiación, etc...

Las estructuras metálicas son muy resistentes gracias a la cantidad de acero que poseen. Con esta característica se pueden lograr soluciones de gran envergadura. Además, es un material ligero y que posee medios de unión de gran flexibilidad, lo cual lo convierte en un

¹ La luz es equivalente a “distancia en proyección horizontal”

material manejable. Se dice también que tiene gran esbeltez: relación entre la sección de la barra y su longitud. Con ello se consigue soportar gran cantidad de carga con una sección pequeña, propiedad de la que nos podemos beneficiar enormemente.

Todos los términos y palabras técnicas de las que se hace referencia a continuación están debidamente definidas en el glosario de este documento.

5.1. Actuaciones previas

Antes de empezar a explicar los procesos del refuerzo de una estructura es fundamental saber qué es una estructura. Se entiende como estructura el conjunto de elementos resistentes, convenientemente vinculados entre sí, que accionan y reaccionan bajo los efectos de las cargas. Su finalidad es resistir y transmitir las cargas del edificio a los apoyos manteniendo el espacio arquitectónico, sin sufrir deformaciones incompatibles.

Para poder empezar a reforzar la estructura se deben realizar varios estudios:

En primer lugar, se procede a un estudio del terreno, se analiza el terreno y el estado en el que se encuentra, se lleva a cabo un análisis geológico y geotécnico de éste, el cual consiste en analizar las diferentes capas que se encuentran bajo el suelo y los materiales de los que está compuesto.

En segundo lugar, una empresa consultora de edificación (dedicada a calcular esfuerzos y cargas estructurales) realiza un estudio de momentos, fuerzas y cargas de la estructura anterior, para así saber dónde implementar los refuerzos pertinentes.

Con el aprobado de esta empresa, se comienza con la obra, en la que se empieza por demoler el mayor número de muros posibles para una mejor movilización y construcción tanto de la maquinaria como de los operarios, además de los cambios llevados a cabo por el arquitecto.

5.2. Micropilotajes

Con el fin de reforzar la estructura, es necesaria la introducción de micropilotes, cuya función consiste en transferir las cargas al terreno en profundidad. Esta operación la hace una empresa especializada en geotecnia².

Pese a que su capacidad portante es inferior a la de los pilotes, los micropilotes se utilizan en terrenos donde no es posible la ejecución de pilotes convencionales, ya sea por dificultad en los accesos como otras causas que lo impidan.

Los micropilotes son elementos de cimentaciones profundas, de sección circular y pequeño diámetro (como los de las figuras 5-1 y 5-2), de hasta 350 mm con una alta capacidad portante a compresión, colocados en vertical en el interior del terreno sobre el que se apoya el elemento que le transmite las cargas (el pilar, el encepado...).

Son perforados en el terreno, armados con una tubería de acero de alta resistencia, perfiles o barras e inyectados con lechada o mortero de cemento, que recubre la armadura y que consigue una óptima adhesión al terreno.

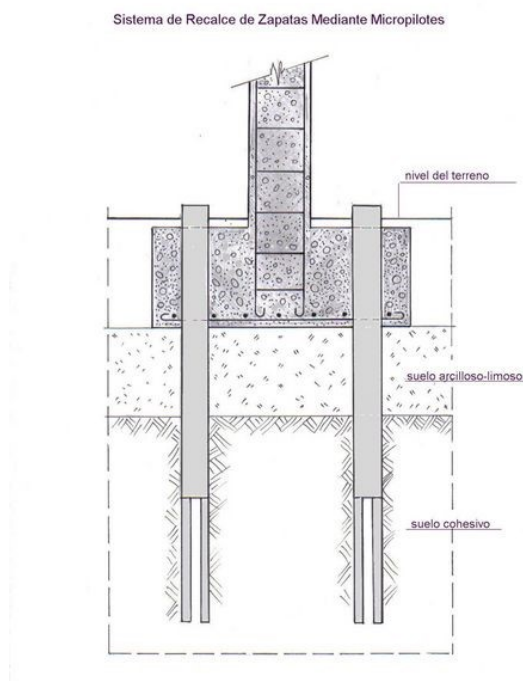


Figura 5-1: Representación de los micropilotes

² Parte de la geología aplicada que estudia la composición y las propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas.



Figura 5-2: Micropilote de la obra

La empresa calculista estuvo mirando qué pilares o qué muros debían ser reforzados y procedimos a ello. En total, se introdujeron 444 micropilotes, 4 por pilar y unos cuantos más en la zona del núcleo (que explicaré más adelante).

5.3. Refuerzo de cimentación

Tras la finalización de los micropilotes, empieza a trabajar una empresa encargada de dar funcionamiento a dichos micropilotes, es decir, de unirlos a la armadura que permitirá repartir bien la carga del pilar en 4 puntos distintos a un terreno de mayor resistencia y mejores propiedades.

La estructura del edificio se sostiene y logra estabilidad a través de sus cimientos. Los cimientos pues, son las bases donde apoya un edificio y son los que transmiten y distribuyen las cargas del edificio al terreno.

Aquellos pilares que no tengan micropilotes, serán cimentados mediante zapatas. Éstas son unos elementos estructurales que también sirven de cimentación.

En los demás, la cimentación quedará reforzada tras el encepado, que consiste en hacer la unión, mediante el hormigón, entre los micropilotes y la armadura (ver figura 5-3), que son barras de acero que reparten a los micropilotes la carga recibida de los pilares.



Figura 5-3: Armadura de un encepado

Pero para que la carga del pilar se transmita a los micropilotes, debemos proceder al hormigonado. El hormigón es un material de construcción formado por una mezcla de piedras menudas y un tipo de argamasa (cal, cemento, arena y agua).

El hormigón y el acero se adhieren fuertemente entre sí, ya que tienen aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación.

A este conjunto de armadura y hormigón se le llama hormigón armado que acaba siendo un bloque de hormigón reforzado interiormente por barras de hierro o acero para que, una vez fraguado, absorba los esfuerzos de tracción a los que queda sometido.

Si el encepado se realiza bajo el suelo, queda como puede verse en la imagen siguiente (figura 5-4).



Figura 5-4: Encepado bajo el suelo

Sin embargo, la mayor parte de encepados necesitan más altura que la del suelo, por lo que, antes de echar el hormigón, debemos encofrar el armado. El encofrado es un armazón formado por un conjunto de planchas metálicas o de madera convenientemente dispuestas para recibir el hormigón que, al endurecerse, se queda con la forma hecha anteriormente. Con las tablas (que en este caso son de madera tal y como puede verse en la figura 5-5) se consigue adquirir la forma que se desea.



Figura 5-5: Tablas de encofrado

A medida que se va echando el hormigón, un vibrador hace que éste vaya asentándose en el espacio que tiene, de manera que no tenga impurezas ni rechupes y llene todo el espacio que se tiene. (ver figura 5-6)



Figura 5-6: Inserción del hormigón y aplicación simultánea del vibrador

En la figura 5-7 se muestra el resultado final de lo que se quería conseguir:



Figura 5-7: Resultado final del encepado sobre el suelo

5.4. Estructura de hormigón

5.4.1. Refuerzo de pilares

Para el refuerzo de pilares el procedimiento es similar al anterior: se coloca la nueva armadura alrededor del pilar existente empalmado con la armadura que sobre sale del encepado (base del pilar), tal y como se ve en la figura 5-8.



Figura 5-8: Encepado y armadura que refuerzan el pilar

A continuación, se realiza el encofrado. Tal y como se puede observar en la figura 5-9, una manguera sale de este armazón de madera, de manera que se puede introducir el hormigón por presión o por gravedad. La diferencia entre estas dos técnicas reside en la manera en la que el hormigón es introducido. La segunda (por gravedad) tiene la introducción del hormigón restringida, ya que sólo puede hacerse desde arriba mientras que la primera técnica permite un mayor rango de opciones. Además, el uso de la manguera por presión evita la necesidad de aplicarle posteriormente un vibrador. El resultado es el que se muestra en la figura 5-10.



Figura 5-9: Inserción del hormigonado a presión por medio de una manguera



Figura 5-10: Resultado final del pilar reforzado

Como no es lo mismo cuando el pilar se encuentra en la planta baja o en plantas superiores, a continuación, se muestran las diferencias en el proceso de encofrado: (figuras 5-11 a 5-13).



Figura 5-11: Pilares de planta baja acabados y algunos encofrados al fondo



Figura 5-12: Encofrados planta baja y primera planta



Figura 5-13: Acabado del refuerzo de pilares de la planta baja y primera planta

5.4.2. Refuerzo de jácenas

Se entiende como jácena aquella viga horizontal, la cual queda vista, que permite que vigas secundarias o viguetas le transmitan la carga y ésta transmita la carga a los pilares (como queda indicado en la figura 5-14).



Figura 5-14: Jácena

Como la empresa consultora y calculista lo ha especificado, se procede al refuerzo de 4 jácenas en el forjado³ de la primera planta. Éstas están situadas en la parte superior del salón real de la planta baja y, dado a que reciben mucha carga, deben ser reforzadas.

Para ello, primero se hacen unas perforaciones con un taladro. Estas perforaciones no atraviesan todo el ancho de la jácena, si no que se meten unos centímetros únicamente. Son veinticuatro perforaciones en este caso, doce por cada lateral

Una vez las perforaciones hechas, se introduce un hierro en forma de barra larga y estrecha (hecho de acero corrugado⁴) que mida el doble del largo del agujero hecho por el taladro, de manera que la mitad de dicho hierro sobresalga a la jácena (figura 5-15).

³ Elemento estructural, horizontal normalmente que soporta su propio peso y las sobrecargas de uso, tabiquería, dinámicas, etc. Dichas cargas se transmiten al terreno mediante otros elementos de la estructura, como vigas, pilares, muros y cimentación.

⁴ Se trata de barras de acero que presentan resaltes o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad.



Figura 5-15: En los círculos verdes pueden verse las perforaciones que atraviesan la jácena

La función de este hierro es transmitir la carga de la jácena al exterior de ésta. Para ello, es necesario empalmar los hierros fijos a los laterales de la jácena para un posterior armado, encofrado y hormigonado.

Antes de proceder al encofrado, se introducen unas barras de tesado⁵ (ver figura 5-16) que en este caso sí que atraviesan todo el ancho de la jácena. Éstas contienen dos “topes” en cada uno de los extremos con el fin de poder enroscarlas. El procedimiento es el siguiente: primero se retira uno de los “topes”; a continuación, se inserta en una de las perforaciones de la jácena de manera que sobresalga por ambos laterales, sobrepasando incluso la armadura de acero corrugado (la figura 5-17 muestra el ejemplo).

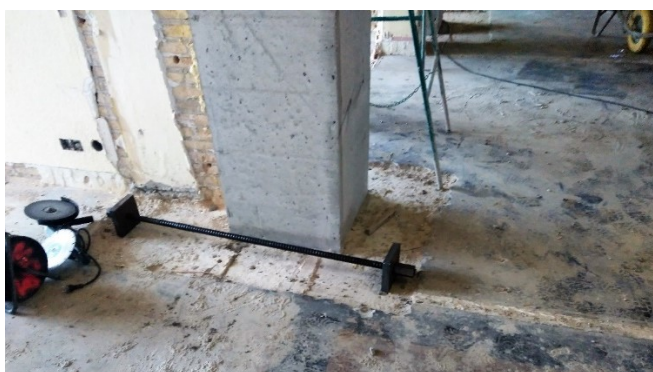


Figura 5-16: Barra de tesado, con los topes en ambos extremos

⁵ Cilindros de hierro que tienen roscas en los extremos, cuya finalidad es la de transmitir carga.



Figura 5-17: Armadura y barras de tesado de una jácena

Se encofra y se hormigona, dejando en el exterior los extremos de las barras de tesado con sus respectivos topes. El resultado se muestra en la figura 5-18.



Figura 5-18: Jácenas hormigonadas con los topes de las barras de tesado en el exterior

Por último, con una máquina de tesar, se enrosca los topes hasta una determinada presión. Estas barras de tesado al atravesar toda la jácena, hacen que el hormigonado de un lateral, más el hormigonado del otro lateral, más la jácena existente, formen una sola jácena, es decir, su función es convertir “tres jácenas” en una. Y así, queda reforzada y preparada para aguantar la carga estipulada.

El resultado final de la jácena reforzada se muestra en la figura 5-19.



Figura 5-19: Jácena reforzada

5.4.3. Núcleo hormigón

Para este proyecto, se ha necesitado hacer un nuevo núcleo, es decir, un eje vertical cuadrado de unos 25m², en el que deberán caber 4 ascensores y unas escaleras. Para ello, se han tenido que demoler y edificar varios muros de hormigón. De hecho, su construcción será de hormigón en el sótano, en la planta baja y en la primera planta. A partir de la segunda, sin embargo, los pilares y vigas que se colocarán serán metálicos.

Su construcción es distinta a los procedimientos antes mencionados. Al principio, la base que va a aguantar toda la carga de los muros sigue el mismo método que los encepados para las bases de los pilares: en primer lugar, la instalación de micropilotes (figura 5-20) y a continuación, la introducción de una primera capa de hormigón para poder colocar el armado de forma estable (figura 5-21).



Figura 5-20: Micropilotes



Figura 5-21: Fase de introducción de la primera capa de hormigón

Una vez acabada esta primera fase, se procede a la instalación de la armadura (figura 5-22).



Figura 5-22: Instalación de la armadura

De este modo, podemos aplicar el hormigón y ya tenemos los cimientos de nuestro núcleo.

A la hora de hacer el muro vertical, el proceso es parecido. Primero se hace una estructura vertical con hierros para formar la armadura. Esta verticalidad se verifica constantemente con un medidor de burbuja. A continuación, se encofra la armadura. Gracias a elementos como las corbatas (figura 5-23) y los tirantes (figura 5-24), podemos asegurar la condición deseada. Las corbatas son unos elementos metálicos enganchados a las tablas de madera. Cuando éstas se sujetan con los tirantes, cogidos por la cara interior y exterior de la tabla, se puede asegurar entonces la verticalidad y el paralelismo de las caras. Además, se asegura también que el hormigón no desplace el encofrado.



Figura 5-23: El rectángulo rojo muestra las corbatas colocadas sobre la tabla de madera



Figura 5-24: El círculo rojo rodea uno de los tirantes

El proceso de construcción del muro vertical se muestra en 2 imágenes. En la primera (figura 5-25) se muestra el encofrado del muro con sus respectivos tirantes y corbatas a la vez que la armadura (en la parte de la izquierda) que está aún sin encofrar. En la segunda imagen (figura 5-26), se muestra la misma armadura en el lado izquierdo y el muro de hormigón en el derecho.



Figura 5-25: Encofrado



Figura 5-26: Hormigonado

5.4.4. Escalera central Pb- sótano

5.4.4.1. Forjados

Una de las tareas a realizar en la estructura de este hotel es la construcción de un nuevo forjado. Anteriormente, existía una zona en la que la altura de la planta baja era de dos plantas. En el nuevo proyecto, sin embargo, esta zona se ha rehabilitado completamente y se ha construido un nuevo forjado entre la planta baja y la primera. Este forjado consiste en una losa de hormigón armado.

El procedimiento es el siguiente: en primer lugar, se apuntalan unas tablas de madera (como en la figura 5-27 y 5-28), cuya función es hacer de base al hormigón. Es importante un correcto apuntalamiento de éstas, ya que los obreros trabajarán encima de ellas.



Figura 5-27: Puntales vistos desde abajo

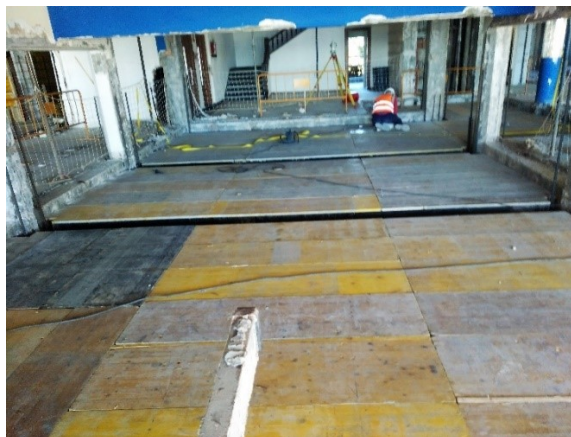


Figura 5-28: Colocación de las tablas de madera sobre los puntales

En segundo lugar, sobre estas tablas, se empalman unos hierros de acero corrugado con tal de hacer un emparrillado⁶ sobre toda la superficie de las tablas. Con el fin de que al finalizar el procedimiento no se vean los hierros de la armadura, deben colocarse unas piezas de hormigón bajo el emparrillado (en la figura 5-29 se ve un ejemplo). Con ello se consigue que, tras el hormigonado, podamos ver una superficie lisa y uniforme.



Figura 5-29: Piezas de hormigón en forma de piedras que cubren la superficie de madera y sobre éstas, puede verse el emparrillado

⁶ Conjunto de barras cruzadas y trabadas horizontalmente que sirve para dar base firme a una superficie.

Una vez acabada esta primera parte, se colocan unas celosías para ganar altura y se procede a colocar un segundo emparrillado, que reforzará la estructura. Estas celosías son fundamentales para que el segundo emparrillado no flecte y pueda trabajar correctamente.

Esta losa carga sobre tres jácenas. Éstas apoyan en los pilares que rodean el espacio. Las jácenas se construyen con una armadura de hierro corrugado con forma de viga tal y como se puede ver en la figura 5-30.



Figura 5-30: Armadura de la jácena

Una vez hecho el proceso del armado del forjado y de las jácenas, se procede a introducción del hormigón sobre el terreno con tal de obtener el nuevo forjado (figura 5-31).



Figura 5-31: Hormigonado del suelo para la obtención del nuevo forjado

5.4.4.2. Escaleras interior y exterior

Para la explicación de cómo se construye una escalera, utilizaré como ejemplo la escalera exterior, ya que una vez entendida, el proceso es el mismo para la interior.

En primer lugar, se debe saber a qué distancia y a qué altura estarán los puntos de comienzo y de finalización, con el objetivo de conocer la pendiente que tendrá la escalera. Para cumplir la normativa, es obligatorio crear descansillos⁷ entre escalones si las escaleras son muy largas. La normativa establece que debe haber un mínimo de 3 escalones entre descansillos y que, como máximo, puede haber entre 16 y 18 escalones.

El proceso constructivo de la escalera es el siguiente:

Trazo

Sobre la superficie del muro que se encuentra a un extremo de la escalera, se marca el inicio y el fin del tramo a trazar. A la distancia horizontal, se le divide entre el número de pasos⁸; y a la distancia vertical, se le divide entre el número de contrapasos⁹.

Con estos puntos de referencia y la ayuda de una wincha¹⁰ y un nivel, hacemos el trazo respectivo. Luego se traza el fondo de escalera, teniendo en cuenta que el espesor mínimo es de 15 cm o el que se especifique en los planos.

Encofrado de escalera

Siguiendo la línea que marca el fondo de la escalera, se coloca la rampa que servirá de base para el encofrado. Luego, se encofran los contrapasos, usando tablas de

poco espesor que tengan un largo igual al ancho de la escalera. Estas tablas se deben asegurar con tacos de madera en sus extremos, y, además, se debe colocar un listón de

⁷ Plano horizontal que hay entre dos tramos de escalera

⁸ Paso: parte donde apoyamos los pies cuando subimos o bajamos de un nivel a otro.

⁹ Contrapaso: es la parte perpendicular del paso.

¹⁰ Wincha: es una cinta métrica, que generalmente esta graduada en centímetros en un costado de la cinta, y en el otro esta graduado en pulgadas.

refuerzo en el centro de las tablas para que no se curven por la presión del hormigón.

Colocación de los hierros

Primero se coloca la armadura de acero longitudinal y transversal que va en el fondo de la rampa (como en la figura 5-32). En el extremo superior de la escalera debe haber “mechas” de acero provenientes de la losa explicada anteriormente. Éstas deben cumplir con las longitudes determinadas en los planos y servirán para enganchar los refuerzos de la escalera a la estructura del edificio



Figura 5-32: Implantación de la armadura

Vaciado

Antes de iniciar el vaciado, se deberá humedecer con agua el encofrado, para evitar que la madera seca absorba el agua del hormigón.

El transporte del hormigón se efectúa mediante barriles en forma de cono, transportados por una grúa, con una abertura en la parte inferior por la cual se verterá el hormigón. El hormigón se debe empezar a vaciar por la parte más baja y debe terminarse por la parte superior. Hacerlo de manera inversa no es lógico, ya que el hormigón se resbalaría y se produciría una separación de la piedra de la mezcla.

El vaciado debe hacerse de manera continua hasta terminar toda la escalera (como puede verse en la figura 5-33). Durante este proceso, como los anteriores, debe compactarse el hormigón con un vibrador. El encofrado puede retirarse 7 días después de la inserción del

hormigón. De esta manera, se obtiene la escalera que se quería construir.



Figura 5-33: Hormigonado

Tras este procedimiento, unos operarios deben alisar el hormigón y dejarlo uniforme. (ver figura 5-34).

El resultado final puede verse en la figura 5-35.



Figura 5-34: Aplanamiento de los escalones



Figura 5-35: Escalera finalizada

La escalera interior es circular, por lo que requiere más delicadeza a la hora de hacer el trazo y también al colocar tablas de madera con una cierta medida específica.

El proceso es igual al anterior. A continuación, se muestran cuatro figuras (figuras 5-36 a la 5-39) de la escalera interior circular.

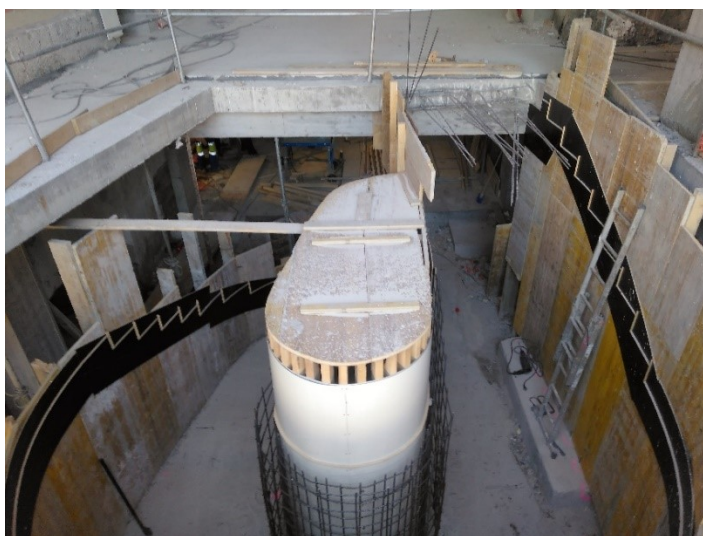


Figura 5-36: Trazo de la escalera



Figura 5-37: Armadura



Figura 5-38: Encofrado de escalones



Figura 5-39: Resultado final

5.4.5. Refuerzo terrazas

Las terrazas siguen un orden parecido al que hemos visto anteriormente. Es importante saber que se reforman de abajo a arriba, es decir, hasta que no esté reforzada la planta baja, no se podrán reforzar las terrazas de la primera planta, y así sucesivamente hasta la séptima. Esto se hace porque, al ser voladizos¹¹, durante la reforma se debe apuntalar toda la zona de trabajo para que la carga no caiga, y este apuntalamiento debe estar sobre un suelo rígido y fuerte.

A continuación, se describe de manera breve y visual el proceso de refuerzo de una terraza:

En primer lugar, y como puede verse en la figura 5-40, se procede al derribo del “pavimento” (suelo, baldosas...) de la terraza, con un martillo mecánico. Seguidamente, la grúa, mediante una cadena y eslinga¹², coge buena parte de lo que se quiere derribar. Con la eslinga tensada, el obrero la corta con una motosierra (de hierro), y a continuación corta la viga con un disco de corte (sierra de soldadura) y se lleva toda esa pequeña estructura, con la viga pertinente inclusive. (Ver figuras 5-41 a 5-44).



Figura 5-40: Demolición del suelo de la terraza

¹¹ elemento estructural rígido, como una viga, que está apoyado solo por un lado a un elemento (usualmente vertical), del que sobresale.

¹² la eslinga es una cinta con un ancho o largo específico que permite enganchar una carga a un gancho de izado o tracción



Figura 5-41: Sujeción de lo que se quiere derruir por medio de la eslinga



Figura 5-42: Retiro de la misma

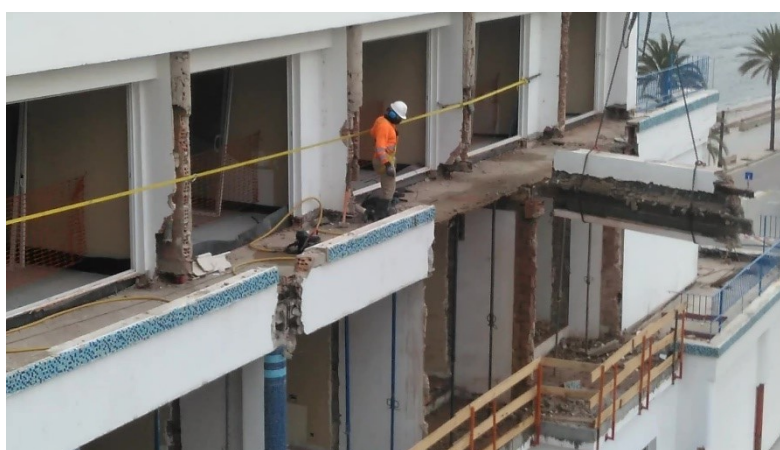


Figura 5-43: Retiro de la misma (2)



Figura 5-44: Imagen del edificio sin las terrazas

Una vez hecho esto, se empieza a construir la nueva terraza. El trabajo empieza por debajo de la terraza, apuntalando “vigas” provisionales que van del techo rígido hasta donde se quiera hacer la terraza, tal y como se muestra a continuación (figura 5-45):



Figura 5-45: Apuntalamiento de vigas

Posteriormente, se colocan unas tablas de madera de base encima de estas viguetas provisionales (figuras 5-46 y 5-47).



Figura 5-46: Colocación de tablas de madera sobre las viguetas

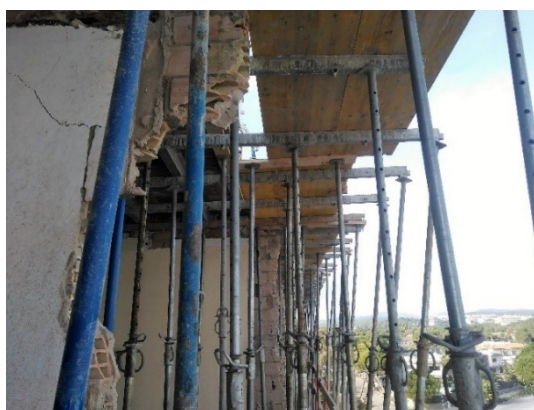


Figura 5-47: Colocación de tablas de madera sobre los tirantes (visto desde abajo)

Debe tenerse en cuenta la forma de la fachada, ya que, si ésta es curva o lo que fuere, se deben ir haciendo diferentes formas con las tablas para poder ocupar toda la superficie requerida. (Figura 5-48). En todo este proceso, se debe tener en cuenta que las tablas utilizadas para cubrir la terraza sobrepasan la superficie que se quiere que tengan, ya que es necesario contar con una zona de trabajo, para una fácil movilidad por el terreno y para poder fijar bien el encofrado exterior vertical. (Figura 5-49)

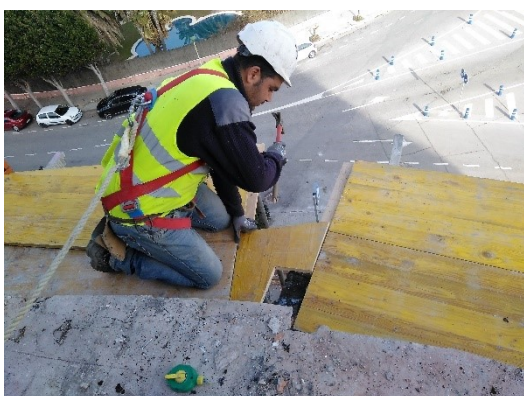


Figura 5-48: Colocación de las maderas respetando la forma de la terraza



Figura 5-49: Vista de la terraza armada con su respectiva zona de trabajo

Sobre estas tablas se colocan 3 materiales en un orden específico: primero se pone el emparrillado¹³ (figura 5-50), después se colocan unas celosías para ganar altura y a continuación, se coloca el mallazo¹⁴. Otra de las funciones de las celosías, es que el mallazo no flecte y pueda trabajar correctamente. El mallazo es una retícula (cuadrícula) ortogonal de barras con nudos electrosoldados, éstas barras son más finas que las de acero corrugado utilizado para hacer el emparrillado. Una de las razones por las que no se hace un emparrillado encima de las celosías es porque el mallazo es bastante más ligero y soporta la carga de forma satisfactoria, con lo que un segundo emparrillado resultaría inútil.



Figura 5-50: Colocación del emparrillado

Si nos interesa ganar altura de terraza en ciertas zonas y para evitar tener que poner más hormigón, se utilizan unas planchas de un material liviano¹⁵ (como las de la figura 5-51) que se colocarán antes del emparrillado anteriormente mencionado. De esta manera, se consigue mayor altura sin necesidad de aumentar la carga.

¹³ Conjunto de barras cruzadas y trabadas horizontalmente que sirve para dar base firme a una superficie.

¹⁴ Malla ortogonal de barras con nudos electrosoldados la cual se usa normalmente como armadura de la capa de compresión de hormigón de los forjados

¹⁵ Ligero, de poco peso



Figura 5-51: Placas de material liviano para ganar altura

En el perímetro exterior de la terraza, en lugar de emparrillado, celosía y mallazo (figura 5-52), se utilizan zunchos. Un zuncho es un elemento estructural de hormigón armado o metal, dispuesto horizontalmente para rematar o ceñir otra estructura.



Figura 5-52: Conjunto de emparrillado, celosía y mallazo

Una vez llevada a cabo esta fase, iniciamos el hormigonado. Para ello, puede procederse de dos maneras: por un lado, se aplica el hormigón directamente desde la grúa de hormigonado tal y como puede verse en la figura 5-53; y por el otro, se llenan unos pequeños tanques en forma de cono, con una abertura en la cara inferior y se echa directamente por la terraza con la ayuda de las grúas de la obra (ver figuras 5-54 y 5-55).



Figura 5-53: Inserción del hormigón mediante la grúa de hormigonado

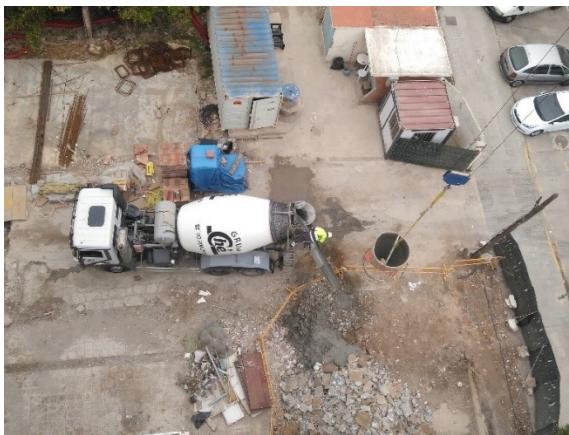


Figura 5-54: Recarga de hormigón al barril



Figura 5-55: Colocación del hormigón con el barril

En ambos procedimientos, se utiliza continuamente el vibrador (5-56) que se ha mencionado antes y posteriormente, con la ayuda de un operario, se utiliza una pala para repartir y aplanar el hormigón por la terraza. La terraza no necesita de encofrado superior, así que, una vez finalizada la construcción y tras 28 días de fraguado¹⁶, se retiran los puntales junto con las viguetas y las tablas de madera.

El resultado final puede verse en la figura 5-57.

¹⁶ Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón.



Figura 5-56: Aplicación del vibrador y nivelación de la superficie

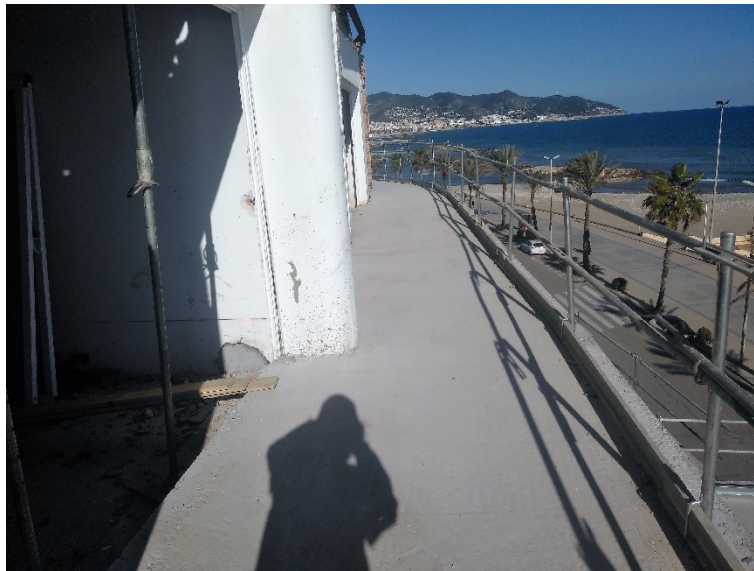


Figura 5-57: Terraza acabada

5.4.6. Hueco montacargas principal y hueco montacargas cocina

En primer lugar, mencionar que solo se va a explicar el foso de ambos huecos, es decir, el hueco hecho en planta sótano. Por retrasos de la obra, no se ha podido ver la construcción del hueco del montacargas principal hasta la séptima planta, ni el hueco hasta la primera planta del montacargas de la cocina.

La construcción de los huecos del sótano (fosos) consiste en excavar el terreno. Se ha de excavar más volumen del que se necesita para el hueco. Una vez ya se tiene un hueco con unas medidas, en ancho, en largo y en profundidad, se vierte una primera y fina capa de hormigón. Esta capa de hormigón tiene dos funciones: por un lado, hace de fondo. Y por el otro, hace que la armadura pueda montarse en un terreno estable.

Es de vital importancia que la armadura se monte correctamente (como en la figura 5-58).



Figura 5-58: Armadura del foso

De no ser así, el muro de hormigón armado no trabajaría como es debido. Con la capa de hormigón seca, las tablas y la armadura, se procede a la inserción de hormigón, éste se introduce entre los hierros de la armadura rodeando las tablas. Cuando el hormigón finaliza el proceso de fraguado y obtiene la resistencia óptima, ya se pueden retirar las tablas de madera y se obtiene el hueco deseado.

Muestras de los fosos pueden verse en las figuras siguientes: (figuras 5-59 y 5-60).



Figura 5-59: Foso del montacargas principal



Figura 5-60: Foso del montacargas de la cocina

5.5. Estructura metálica

5.5.1. Apeos de paredes

En primer lugar, me parece conveniente definir qué es un apeo y de qué está formado. En arquitectura, se llama apeo al armazón, madero o fábrica con que se sostiene provisionalmente un edificio, construcción o terreno, de manera total o parcial. Para aclarar la descripción, a continuación, se muestra una imagen de dicha técnica (figura 5-61) en la que el apeo está dibujado de color rojo.

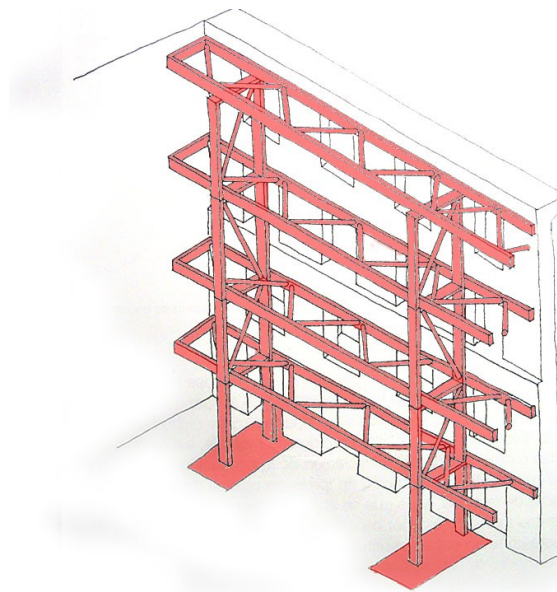


Figura 5-61: Armazón que forma el apeo de la pared

Este sistema de sujeción provisional busca dar estabilidad y evitar hundimientos de paredes, fachadas o cualquier estructura de una obra.

En este caso, se hace el apeo de varias de las paredes del hotel. En el sótano y planta baja, la mayoría de pilares se refuerzan con hormigón armado por los motivos que se han citado anteriormente. En la primera planta, en cambio, solo unos pocos pilares son reforzados de este modo. A partir de ésta y hasta la séptima, se refuerzan las paredes y forjados con perfiles metálicos, de tipo UPN.

El perfil UPN (figura 5-62) es un tipo de producto laminado cuya sección tiene forma de U y se utiliza como soporte y pilar, soldando dos perfiles por el extremo de las alas, formando una especie de tubo de sección casi cuadrada, con momento de inercia muy semejante en sus dos ejes principales.

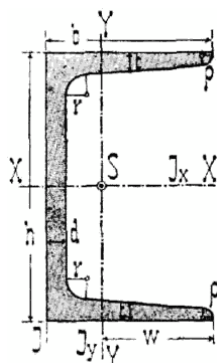


Figura 5-62: sección transversal de un perfil UPN

Se ha utilizado aquí porque es el que tiene mayor superficie de apoyo con la pared, con lo que se gana un mayor aguante cuando está en contacto con ésta. Para aumentar las propiedades mecánicas de la pared (ya sea un muro de carga o un simple tabique), se coloca un perfil UPN a cada lado. La ventaja de este perfil, con respecto a otros, es que tiene un ala más pequeña, lo que permite ganar espacio y favorece también en el diseño interior de las distintas habitaciones.

El proceso de instalación es sencillo, el gruísta se encarga de subir todos los perfiles a la planta indicada. Como no pesan mucho, pueden transportarse en pequeños grupos. Los perfiles se mueven por la planta con carros como el de la imagen siguiente (figura 5-63).



Figura 5-63: Carro de transporte de perfiles

Una vez ya se han acercado a la zona de instalación, es decir, a la habitación o al pasillo pertinente, y en caso de tener que instalar un perfil horizontal a cierta altura, se levantan los perfiles gracias a unos utensilios llamados “bicicletas” tal y como se muestra en la figura 5-64.



Figura 5-64: Utensilio que permite elevar el perfil

Ésta lo que hace es elevar el perfil hasta la altura deseada y lo apoya a los perfiles verticales correspondientes. Para unir distintos perfiles, ya sean ambos horizontales o verticales o bien uno de cada, se sueldan entre sí pero no sin antes hacer una prueba con el plomo, para verificar que realmente los perfiles quedan en posición vertical. La prueba del plomo consiste en utilizar una pieza metálica circular atada a un imán del mismo diámetro (que se engancha en el perfil, como en la figura 5-65) y de comprobar que ésta roza la superficie.



Figura 5-65: Ejemplo de la prueba del plomo

Si el grosor del forjado es estrecho, los perfiles verticales de una planta a otra van soldados como en la imagen siguiente (figura 5-66).



Figura 5-66: Unión de 4 perfiles

En caso contrario, el perfil se suelda a una placa atornillada al forjado. Se atornilla con unos pernos con los que se nivela la placa. Entre el forjado y la placa se inserta hormigón sin retracción para que haya contacto directo entre la placa y el forjado. Las siguientes figuras (5-67 y 5-68) muestran el resultado.



Figura 5-67: Placa con pernos niveladores



Figura 5-68: Placa nivelada y encofrada

Para que el perfil UPN cumpla su función de manera óptima, es necesario que los perfiles de ambos lados de la pared coincidan de forma exacta, para que los agujeros que tienen en la carga tangente a la pared coincidan con los del perfil antagonista. Cuando lo hacen, se inserta un tornillo y se aprieta por ambos lados.

Para trabajar a una cierta altura de forma segura, es necesaria la instalación de escaleras y andamios.

El acabado es el que se muestra a continuación (figuras 5-69 y 5-70):



Figura 5-69: Acabado de los apeos en una de las habitaciones



Figura 5-70: Acabado de los apeos en los pasillos

5.5.2. Pilares nuevos en el sótano

Otra de las exigencias de la empresa calculista ha sido el tener que reforzar la estructura entera del edificio mediante 3 pilares nuevos instalados en el sótano.

Estos pilares son pilares de perfil HEM, este tipo de perfil se fabrica únicamente en Luxemburgo, y es muy parecido al HEB. Ambos tienen una sección en forma de H como puede verse en la figura 5-71, pero el tipo HEM tiene un espesor de las alas mucho mayor, lo cual le permite soportar más carga.

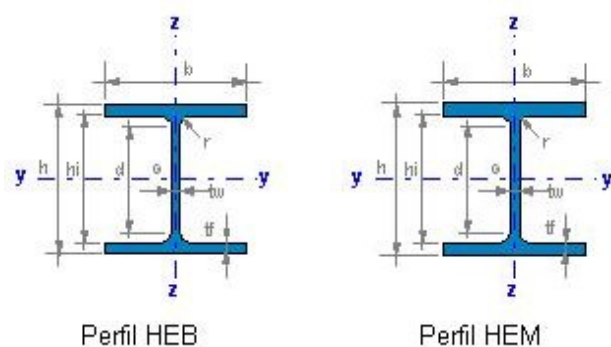


Figura 5-71: Croquis de los perfiles HE

El proceso de instalación de estos pilares es el siguiente: en primer lugar, se acerca al pilar con un carro o toro hasta el punto dónde vaya a colocarse. En segundo lugar, se pone una placa base sujeta al suelo con unos pernos de anclaje, que permitirá garantizar la verticalidad del pilar una vez colocado (figura 5-72).

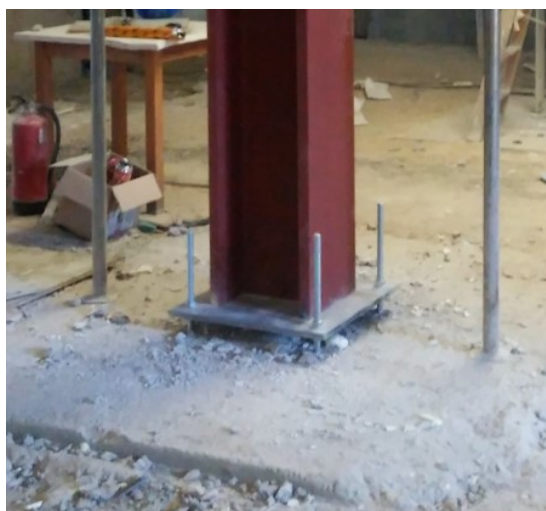


Figura 5-72: Placa base

Una vez levantado el pilar, se suelda a la placa base (ver figura 5-73) y, cuando ésta se enfría, se procede al encofrado y a la inserción de mortero autonivelante (o sin retracción) cuya función es, como dice su nombre, la de nivelar y de quedarse pegado a la placa base y al suelo. Esto hace que el pilar tenga 100% contacto con el forjado, con lo que la carga puede transmitirse a la perfección de una planta a otra. Es fundamental respetar el orden del procedimiento, ya que, si se aplicara el mortero antes de soldar la placa, ésta podría partirlo.



Figura 5-73: Mortero autonivelante entre la placa base y el suelo

La función del bloque de hormigón que se coloca en la parte superior del pilar (como el que se muestra en la figura 5-74) es la de repartir la carga y evitar que todo quede apoyado en la jácena. Con esto, se pretende que el pilar reciba más carga a parte de la transmitida por la jácena.



Figura 5-74: Cubo de hormigón en la parte superior del pilar

5.5.3. Núcleo metálico

Como he mencionado antes, a partir de la segunda planta, los pilares y las vigas que se instalan para reforzar la estructura son de metal.

En el caso de los pilares, son 8 los que se instalan como ejes verticales en el núcleo (círculos azules de la figura 5-75).

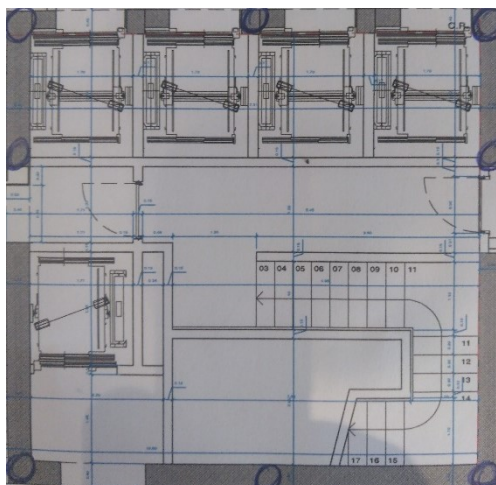


Figura 5-75: Plano del núcleo

Éstos son colocados desde arriba, es decir, se hace un agujero de 0,5m x 0,5m en todas las plantas en el mismo eje vertical, y el gruista procede a introducir el pilar hasta que lo empalma con el de más abajo.

Para que el gruista pueda coger el pilar, se le suelda una pieza de hierro rectangular con un agujero circular en medio, para que pueda ser cogido mediante el gancho de la grúa. Para acabar con su instalación, es necesario cortar esta pieza rectangular con la herramienta “disco de corte metálico”. Una vez el pilar está bien colocado, es decir bien apoyado encima del pilar inferior, el herrero verifica con láser o con el plomo (plomo en este caso) la verticalidad del pilar y, una vez confirmada, suelda ambos pilares. El proceso queda retratado en las imágenes siguientes (figuras 5-76 a 5-79).

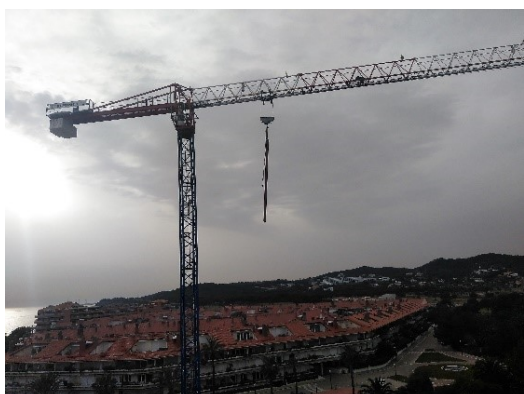


Figura 5-76: Transporte del pilar

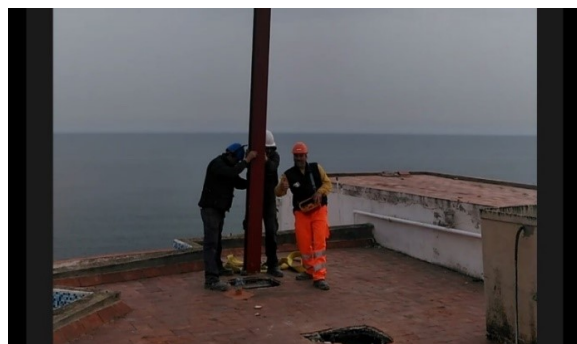


Figura 5-77: Inserción del pilar desde la parte superior del edificio



Figura 5-78: Conjunto de agujeros visto desde la planta superior



Figura 5-79: Soldadura de 2 pilares

Para el caso de las vigas, en cambio, el gruista debe subirlas a la planta en las que se van a colocar, y los herreros las van soldando a los pilares. Debe comprobarse también su verticalidad y se hace por medio del plomo. Cuando se sueldan las vigas con los pilares, se vuelve a hacer el “estudio” de verticalidad con el plomo. Con el fin de reforzar el aguante de las vigas, se colocan unas riostras¹⁷ como las de las figuras 5-80 y 5-81 que impiden el desplazamiento o deformación de las vigas y pilares. Una imagen permite esclarecer el concepto.

¹⁷ pieza de madera o metal que unida oblicuamente a otra vertical sirve de sostén a una tercera horizontal o inclinada, como un refuerzo

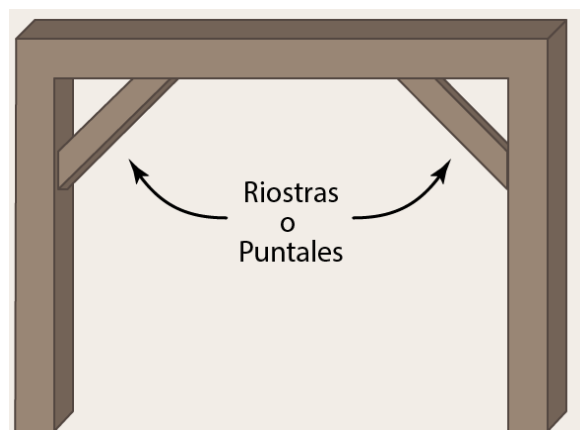


Figura 5-80: Dibujo de una riostra



Figura 5-81: Riostras reales en una de las plantas

En el núcleo son todo perfiles HEB, aunque el tamaño es cada vez inferior según se va subiendo de planta debido a que la carga que debe soportar es cada vez menor. Por ejemplo, en la segunda planta el perfil es de entre 340 y 360mm de altura nominal mientras que en la cuarta es de entre 280 y 260mm.

El HEB aguanta mucha más carga a compresión que el IPE, por sección, por ala y por grosor. El UPN trabaja muy bien cuando tienes una superficie de contacto, si se utilizase para el núcleo por el lado que tiene ala trabajaría bien, pero por el lado que no, acabaría flectando. En otros edificios quizá, para evitar más carga se utiliza un UPN doble, que pesa menos, es decir dos UPN pegando un ala con la otra, haciendo forma de cajón una enfrente de la otra.

Las riostras que acabamos de mencionar, están formadas por perfiles HEB de 140mm. En este caso no hace falta que sean tan grandes como las vigas o pilares ya que su única función es la de evitar el movimiento (no tiene mucha carga que aguantar).

El resultado final del núcleo puede verse en la figura 5-82.



Figura 5-82: Núcleo metálico

5.5.4. Refuerzos planta baja, planta 1 y zona R/S/T

El refuerzo de estas plantas es únicamente horizontal, es decir, son refuerzos para las vigas ya existentes, ya que lo relacionado con el “eje vertical”, sean pilares, muros de carga o incluso tabiques ya han sido reforzados con anterioridad con encamisados o con apeos. Los refuerzos de planta baja y planta primera se han hecho ambos con material metálico, pero no se ha utilizado el mismo método.

La planta baja tiene 3,80 metros de altura, lo que hace que pueda ser reforzada por debajo. En otras plantas, como veremos a continuación, deberán ser reforzadas por el costado.

Es importante la altura por estética, pero sobre todo por normativa. Un piso debe tener una altura determinada según el tipo de edificio en el que esté. En el caso de un hotel, la normativa diferencia los límites dependiendo de la planta y de la actividad que se realice en ella.

En nuestro caso, la planta baja tiene un gran servicio público, ya que, a parte de la recepción, cuenta con un bar y dos restaurantes. La normativa establece que, en una planta con actividad pública, la altura mínima debe ser de 3,20 metros; en zonas de habitaciones, ésta debe ser de 2,70 metros; y en las zonas de paso -como pasillos o puertas- el mínimo deberá ser de 2,40 metros de altura obligatoria.

Como la normativa nos lo permite, se puede reforzar la planta baja por debajo de las vigas existentes, ya que es lo más práctico, económico y cómodo. Para ello, se une toda la superficie de la cara superior de un perfil IPE a la cara inferior de otro ya existente. Un perfil IPE es el mismo concepto que hemos explicado anteriormente. La única particularidad es que su sección tiene forma de I (como en la figura 5-83) y se utilizará sobre todo a modo de viga ya que trabaja muy bien a flexión.

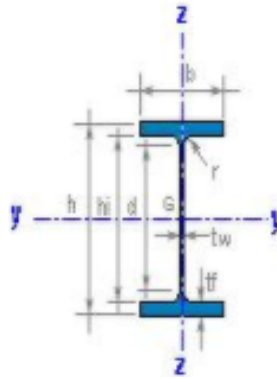


Figura 5-83: Croquis de la sección de un perfil IPE

Estos perfiles se atornillan entonces a los pilares (como en la figura 5-84).



Figura 5-84: Perfil IPE soldado a uno de los pilares

Las vigas perpendiculares a las vigas de tipo IPE, se apoyan y se sueldan en el ala de la viga superior existente. Un ejemplo de ello puede verse en la figura 5-83.



Figura 5-85: Apoyo de la viga IPE sobre una viga existente

La primera planta cumplía por poca distancia la altura mínima reglamentaria así que, en lugar de hacer refuerzos por debajo de la viga correspondiente, se ha procedido a hacerlos desde el lateral. Estos refuerzos consisten en instalar 2 vigas con perfil UPN en cada lado de la viga existente, con varias placas de metal soldadas a los tres perfiles (el IPE existente y las dos UPN nuevas), soldadas por la cara inferior, con el fin de que trabajen como si fuesen una única viga (ver figura 5-86). Para que estas “nuevas vigas” trabajen, deben estar en contacto con las viguetas que le transmiten la carga, y es por eso que se hacen una serie de retagues¹⁸.



Figura 5-86: Viga nueva formada por la viga existente (de perfil IPE) y un par de perfiles UPN

Además, para optimizar la función de las vigas, se insertan perfiles cortos de IPE. De esta manera, recibe la carga de otras viguetas y del mismo forjado directamente. (como puede verse en la figura 5-87).



Figura 5-87: Perfiles IPE cortos de refuerzo

¹⁸ Relleno (de cemento por ejemplo) que se coloca entre vigas para ponerlas en contacto y puedan transmitirse carga la una a la otra

Por último, la zona R/S/T (cuyos ejes de pilares que coinciden con esta zona son el eje R, el S y el T) es una zona que está en el extremo del ala sur del hotel. A consecuencia de la creación del núcleo, esta zona se ha visto debilitada y debe reforzarse con tal de evitar posibles sobreesfuerzos de las vigas y apeos ya instalados. Como la altura de esta zona es la misma que la primera planta, el procedimiento de refuerzo de las vigas es el mismo.

5.5.5. Construcción de nuevos forjados

Un forjado mixto de chapa colaborante se compone de un perfil de chapa grecada¹⁹ de acero sobre el que se vierte una capa de hormigón (como en la figura 5-88).

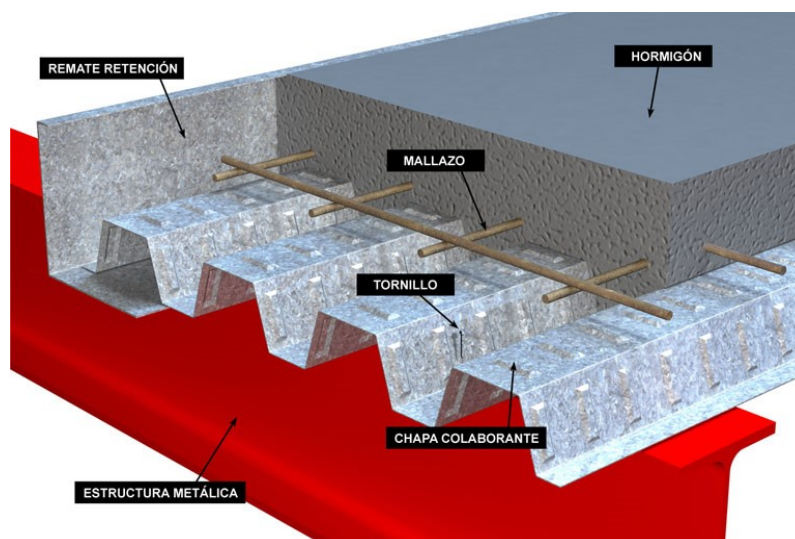


Figura 5-88: Dibujo que muestra las diferentes capas de un forjado mixto

Los materiales se disponen de tal manera que cuando el forjado entra en servicio, la chapa de acero inferior resiste las tensiones de tracción, mientras que la capa superior de hormigón resiste las tensiones de compresión, por lo que ambos materiales trabajan de forma óptima. Es habitual completar el sistema con un mallazo de reparto de acero corrugado, con el fin de evitar la fisuración del hormigón debida a la retracción que experimenta durante el proceso de fraguado.

Durante el montaje, el perfil metálico debe ser capaz de soportar por sí mismo el peso del hormigón fresco, la armadura metálica y el peso de los operarios que trabajan sobre ella.

Una vez fraguado el hormigón, ambos materiales quedan interconectados de manera que la unión entre ellos es capaz de transmitir las tensiones rasantes. Esta conexión permite aumentar las propiedades de este forjado, ya que el hormigón solo es capaz de adherirse a materiales porosos y solo de forma limitada.

Cuando se usan vigas metálicas, cabe la posibilidad de conectarlas al hormigón del forjado,

¹⁹ Chapa perfilada ondulada, que se coloca en cubiertas.

de manera que la viga se convierte en un perfil mixto de mayor resistencia. Para ello se pueden emplear diversos tipos de piezas de unión o conectores, que deben servir para transmitir las tensiones rasantes en la superficie de unión entre ambos materiales y evitar su separación.

Conclusiones

La obtención de buenos resultados en una obra de dimensiones como ésta depende de la exigencia que se haya tenido a lo largo del proyecto y de la planificación de todas las tareas que lo componen. Para ello, es imprescindible fijarse unos objetivos realistas, concretos y que no tengan margen de ambigüedad, que se convertirán en el pilar en el que se apoya toda la organización. De esta manera, puede conseguirse lo que uno se había propuesto en los plazos establecidos y respetando el presupuesto acordado. He aprendido la importancia que tiene el respetar la duración y el orden de las tareas ya que, tal y como están establecidas, forman una pauta destinada a ahorrar tiempo y dinero. Además, esta herramienta está pensada para poder economizar tiempo y dinero que es, hoy en día, dos factores clave del éxito de un proyecto.

Como he tenido la oportunidad de ver de cerca todos los procesos constructivos, he tenido la oportunidad de ver cómo afectan los imprevistos o pequeños descuidos que hayan podido haber. Es por eso que, para que la globalidad sea un éxito, debe tenerse sumo cuidado con todas las tareas, por poco importantes o insignificantes que parezca. Al final, los errores se van arrastrando y puede tener repercusiones mayores, cosa que no conviene. Por tanto, el margen de error y los descuidos han sido observados de forma minuciosa, lo que permite garantizar la calidad que el cliente espera. El Microsoft Project permite hacer este seguimiento y detectar los imprevistos, de manera que puedan detectarse y corregirse a tiempo. Además, siempre se pueden reajustar los parámetros en el programa y así reorganizar las tareas de la mejor posible.

Otra de las cosas que he podido comprobar a lo largo de este tiempo de seguimiento, es la importancia que tiene la comunicación entre el equipo, ya que, por mucho que las decisiones se tomaran en el despacho, era importantísimo saber comunicarlo a los operarios pertinentes. Parece un tópico, pero no lo es: ser capaz de adaptar la comunicación a la persona que la recibe es de vital importancia si queremos que las cosas salgan como queremos. Hay que tener en cuenta que hay personas que no tienen conocimientos técnicos o teóricos de lo que hacen y al revés, nosotros no tenemos por qué conocer los protocolos y normativas de construcción. Es por eso que una comunicación constante y fluida nos permitía conocer el puesto del otro y por tanto se podían evitar malentendidos y avanzar en una sola dirección.

En el terreno personal, la realización de este trabajo también ha tenido sus repercusiones. En primer lugar, y el más evidente, es todo el conocimiento teórico (y

aplicado) que he podido adquirir gracias a este proyecto. El mundo de la construcción era totalmente desconocido para mí (salvo aquello que haya podido ver en alguna asignatura) y la verdad que esta oportunidad me ha abierto las puertas a una cantidad de posibilidades que ni siquiera contemplaba. El tener el despacho en la obra misma ha sido una suerte, ya que he podido seguir de cerca todos los procedimientos y he visto aplicados muchos de los conceptos que he estudiado en diferentes asignaturas del grado.

Estoy contento con la confianza que han depositado en mí, es decir, he tenido unas responsabilidades que me han obligado involucrarme mucho, cosa que me ha permitido madurar tanto a nivel personal como profesional.

En general, se puede decir que las prácticas y la redacción de este trabajo me han hecho desarrollar muchas competencias de ingeniero, así como la resolución de problemas complejos, la capacidad de análisis y de síntesis, la capacidad de adaptación y de polivalencia, etc.

Por último, me ha encantado el trato con los operarios y en general con todos los miembros del equipo, de los que he podido aprender lecciones que seguramente recordaré siempre.

Bibliografía

<http://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>

<http://www.construmatica.com>

<http://www.alsimet.es>

<http://www.constructalia.com>

