

## Planificación

La planificación tiene como objetivo generar un plan de acciones que sirva para dimensionar, organizar y gestionar el diseño estructural.

El diseño estructural es en general un proceso iterativo, en el cual hay interacciones con distintos actores resulta en que el diseño progresa de forma no-lineal e iterativa. Dependiendo del tipo de alcance que se plantee estas interacciones serán distintas y con distintos actores. Normalmente, lo anterior está dictado por el tipo de contrato bajo el cual se realiza el diseño estructural.

## Etapas de Proyecto

Hay varias etapas en la vida de un proyecto de edificación, en cada una el calculista puede realizar un trabajo de distinto nivel de detalle:

- 1) Diseño Conceptual
  - a. Corresponde a la etapa inicial donde se exploran alternativas a un alto nivel.
  - b. Se estudian propuestas globales de la solución y de tecnología constructiva.
  - c. Se estudia factibilidad de la solución, sin entrar en detalle de dimensiones o cálculos precisos.
- 2) Diseño Básico
  - a. Corresponde a la etapa donde se genera un diseño mínimo viable basado en el diseño conceptual obtenido anteriormente.
  - b. La finalidad es tener un diseño mínimo con dimensiones aproximadas.
  - c. Se puede lograr este diseño mediante el uso de proporciones usuales de tamaños de elementos basados en experiencia previa y/o guías generales.
- 3) Proyecto para Licitación
  - a. Corresponde a la etapa en la cual se genera documentación para abrir un proceso de licitación.
  - b. Se busca un diseño estructural que debe servir de base para la estimación del costo de la estructura.
  - c. Se debe dar una solución que no requiera modificaciones apreciables cuando llegue la etapa ejecutiva. No se debe detallar completamente, pero se debe tener certeza de que el detallado será viable.
- 4) Proyecto Ejecutivo
  - a. Corresponde a la etapa en la cual se genera documentación para ejecutar la estructura.
  - b. Se busca dar toda la información necesaria para que el constructor pueda realizar la obra, sin necesidad de aclaraciones mayores por parte del proyectista.
  - c. Se deben especificar materiales y dar planos completos con todos los detalles constructivos.

Dependiendo de la etapa, se tiene una definición distinta del producto a entregar como resultado del diseño. En cada etapa se puede generar un plan para las actividades contempladas en la ejecución del proyecto y también una estimación de costo y duración.

En el curso vamos a trabajar asumiendo que estamos en la etapa correspondiente a Proyecto Ejecutivo, es decir que debemos genera toda la información necesaria para que se pueda construir la estructura.

## Documentación y Alcance de Proyecto Ejecutivo

A nivel de Proyecto Ejecutivo, pueden considerarse como entregables:

- Planos de estructura.
  - Comprende planos de encofrado, planos de armaduras, planos de fundaciones y planos de detalles particulares.
  - Hay normas que dictan las convenciones usuales de expresión de dibujos de estructura, en particular de hormigón armado.
- Memoria Descriptiva.
  - Es un documento que, como indica su nombre, tiene por objetivo describir la estructura planteada. Da emplazamiento, descripción de la solución estructural, sistemas resistentes laterales y verticales y otras generalidades.
- Memoria de Calculo.
  - Es un documento que justifica la adecuación estructural de la solución dada.
  - Debe tener una estructura lógica, ordenada y clara.
  - Debe dejar registro claro de todas las hipótesis asumidas en el diseño.
  - Una estructura mínima a modo de ejemplo puede ser:
    - Introducción
    - Normas, documentación y software utilizados
    - Materiales
    - Modelo Estructural
    - Casos de Carga
    - Combinaciones
    - Resultados de solicitudes internas
    - Verificaciones de Estados Límites (ELU y ELS)
- Especificaciones técnicas.
  - El objetivo del documento es dar al constructor los requerimientos respecto de la ejecución de la estructura de manera de satisfacer las hipótesis realizadas en el cálculo de esta.
  - Es un documento que tiene datos técnicos relevantes a la ejecución de la estructura (materiales, producción de hormigón, encofrados, armaduras, hormigonado, tolerancias geométricas, etc.)
  - Suelen basarse en criterios normativos referentes a la construcción en hormigón (ej. EN 13670 es la norma de ejecución de estructuras de hormigón) pero pueden tener requerimientos adicionales.

Se puede considerar como información de base:

- Proyecto arquitectónico (inc. Servicios)
- Reporte de ensayos geotécnicos y recomendaciones de fundaciones.
- Anteproyecto estructural (opcional)

- Requerimientos o preferencias de tecnología constructiva del constructor. (opcional)

En caso que la información no esté enteramente disponible al inicio del proyecto, es importante incluir los hitos de llegada de información dentro de la planificación.

El alcance del Diseño Estructural ejecutivo es (lista no exhaustiva):

- Definición de cargas generales (muertas, vivas, viento, empujes de suelo, hidrostáticas)
- Estudio de alternativas en sistema resistente de cargas verticales
- Estudio de alternativas en sistema resistente de cargas laterales
- Estudio de alternativas en fundaciones
- Definición de esquema general
- Planteo detallado de ubicación y geometría de todos los elementos estructurales
  - o Núcleos/pantallas
  - o Pilares
  - o Vigas
- Calculo detallado de todos los elementos estructurales
  - o Losas
  - o Vigas
  - o Pilares
  - o Núcleos/Pantallas
  - o Fundaciones
- Dibujo de planos de estructura
  - o Planos de Encofrados (niveles, dimensiones, juntas de llenado, detalles)
  - o Planos de Armaduras (alzados o planillas)
- Redacción de Memoria de Calculo
  - o Descripción de la solución y sistema general
  - o Materiales asumidos
  - o Cargas asumidas
  - o Combinaciones asumidas
  - o Geometría de modelo estructural (ya sea a mano o FEM)
  - o Condiciones de borde asumidas
  - o Para cada componente:
    - Análisis de esfuerzos internos
    - Valores de diseño (ELU/ELS) de efectos
    - Valores resistentes (ELU/ELS) para los distintos efectos
    - Coeficientes de utilización ( $< 1.0$  significa OK!)
  - o Verificaciones geotécnicas (en general ASD) para fundaciones

Pueden haber “loops” en las tareas anteriores, ejemplo si al verificar un componente no logramos que tenga la suficiente resistencia por medio de armaduras, se vuelve atrás a modificar la geometría de este y contemplar el efecto del cambio en el resto de la solución, para después proceder a verificar nuevamente el componente modificado.

Otra forma de tener reprocesos es que haya cambios en el proyecto arquitectónico a medida que se avanza, esto es posible ya que la arquitectura se alimenta de las definiciones que se van realizando en la estructura y esto puede llevar a que haya necesidad de hacer cambios.

En caso que haya puntos que no se consideren en el alcance, estos deben ser aclarados al inicio del proyecto. Un ejemplo de esto es la generación de las planillas de doblado de hierros, la cual puede ser o no parte del alcance.

### Esquema de División de Trabajo y Cronograma

El Esquema de División de Trabajo comprende un listado de unidades que componen la estructura o diseño a ejecutar. Estas unidades en general se dividen por jerarquías, es decir que se divide la estructura en unidades y luego se pueden indicar subunidades debajo de esas y así sucesivamente. En un edificio, las unidades de mayor jerarquía pueden ser los niveles y dentro de cada uno se pueden identificar distintos elementos que componen la estructura de cada nivel.

Una vez creada la división mencionada en el párrafo anterior, se pueden indicar tareas para cada uno de las unidades y/o subunidades. Al final del proceso, se debería alcanzar una descripción detallada de cómo se descompone el proyecto a realizar. Esta descomposición hace que sea más fácil estimar cantidades de trabajo, duraciones, definir relaciones de dependencia y prever asignaciones posibles de actividades.

Un cronograma es una herramienta fundamental de planificación y gestión. Es esencial para poder llevar adelante un seguimiento del trabajo a ser realizado y para mantener el orden y eficiencia del proyecto. Adicionalmente, ayuda a evitar reprocesos y a evitar la omisión de definiciones necesarias en el momento correcto. Se debe recordar que los cambios son siempre más fáciles y económicos en etapas tempranas de proyecto, mientras que más adelante se vuelven extremadamente difíciles y/o costosos.

La generación de un cronograma requiere:

- Partir de actividades asociadas al Esquema de División de Trabajo.
- Estimación aproximada de entregables e identificarlas con las actividades previstas:
  - o Cantidad de láminas de encofrado
  - o Cantidad de láminas de armaduras
  - o Cantidad y extensión de documentos anexos
- Estimación de disponibilidad de recursos para realizar el cálculo, dibujo y redacción de docs.
- Estimación de insumo de horas-hombre por actividad (normalmente se mide en términos del producto ej. Horas-hombre/lámina)
- Generación de listado de actividades con sus duraciones, relaciones de dependencia y asignación de recursos disponibles.
- La definición de hitos intermedios relevantes como llegada de información, entregas preliminares o avances parciales.

Toda la información comprendida en el cronograma se puede representar gráficamente en forma de un diagrama de Gantt. Dicho diagrama puede ser generado manualmente o mediante un software específico de planificación como por ejemplo *Microsoft Project*, *Primavera de Oracle* o *ProjectLibre*.

Un diagrama de Gantt permite también determinar el camino crítico de actividades, es decir el conjunto de actividades tales que un retraso en cualquier de ellas implica necesariamente un retraso en la finalización del proyecto.

De forma más simplificada, se puede presentar el cronograma en la forma de un diagrama de barras, donde cada fila del diagrama representa una tarea y en las columnas se indican por ejemplo las semanas. La extensión de las tareas se indica coloreando o marcando las celdas en las cuales cada tarea está activa.

El cronograma obtenido debe contrastarse contra la expectativa de plazos del cliente y revisar o modificar en caso de ser necesario.

Durante la ejecución del proyecto se debe:

- Validar el avance físico respecto del planificado (i.e. seguimiento del avance de las actividades).
- Registrar y computar las horas de trabajo realizadas en cada una de las actividades previstas. Controlar el avance de horas contra las horas planificadas.
- Revisar y/o actualizar el cronograma en la medida que se dé un apartamiento de este.

La acumulación de información detallada de un historial de proyectos que se planifican con un sistema como el descrito aquí, permite mejorar las estimaciones de rendimiento (hrs/producto) de los proyectistas y a su vez mejorar las próximas estimaciones de costo/duración de proyectos.