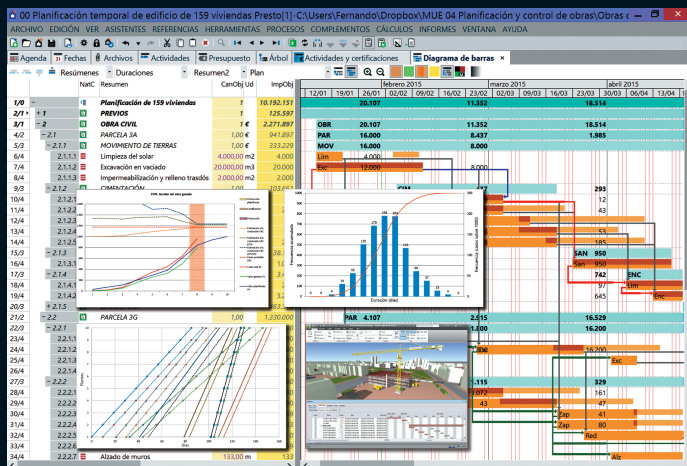


# Métodos de PLANIFICACIÓN y CONTROL de obras



Del diagrama de barras al BIM

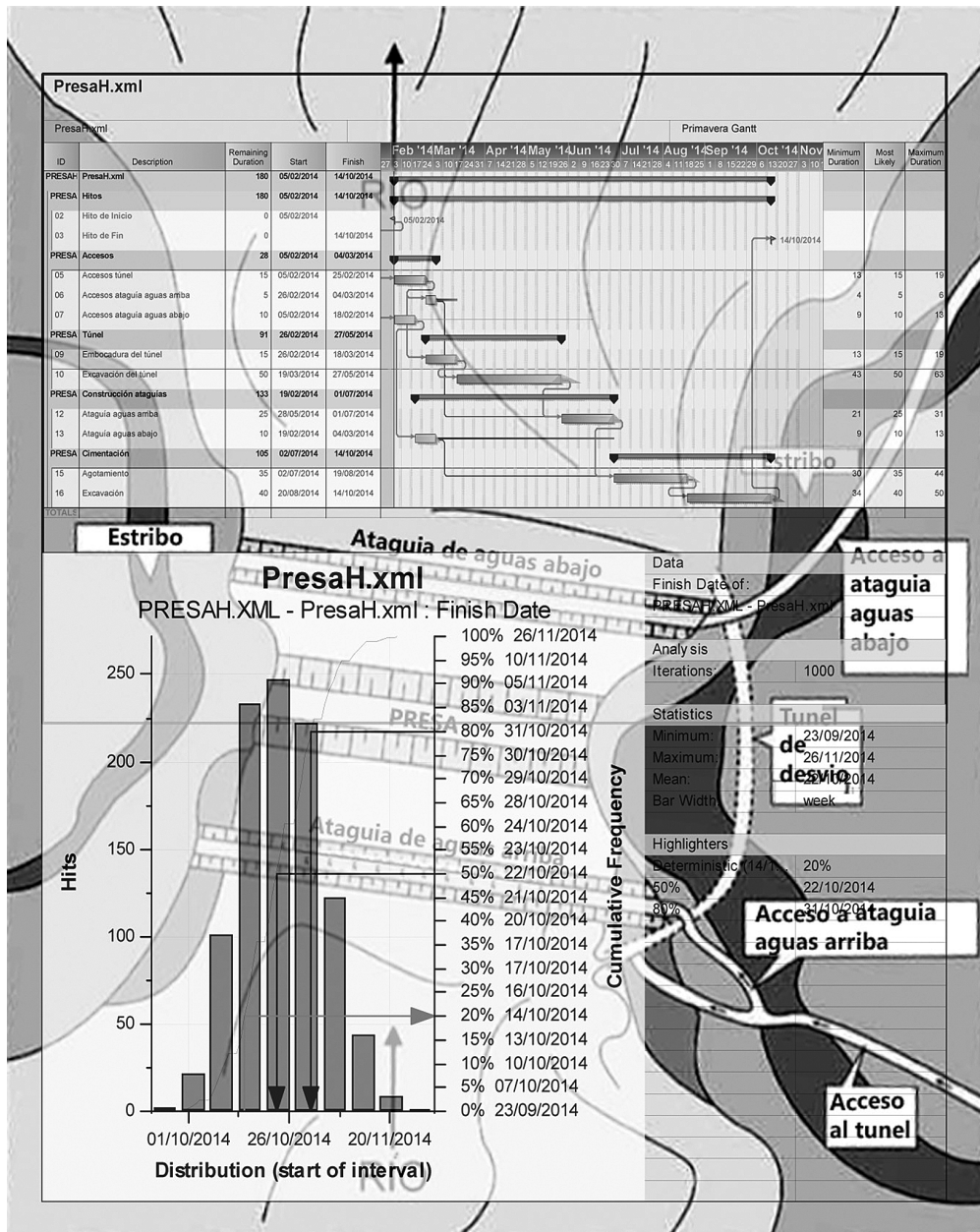


**M**anuales  
**U**niversitarios de  
**E**dificación

**4**

# **Métodos de PLANIFICACIÓN y CONTROL de obras**

Colección dirigida  
por Jorge Sainz



Rafael Guadalupe (ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, UPM), análisis probabilista para el ejercicio de la presa del río Alegria.

**M**anuales  
**U**niversitarios de  
**E**dificación

**4**

*Aldo D. Mattos*  
*Fernando Valderrama*

# Métodos de **PLANIFICACIÓN** y **CONTROL** de obras

Del diagrama de barras al BIM

*Prólogo*

Manuel Javier Martínez Ruiz

*Edición*

Jorge Sainz

**Editorial**  
**Reverté**

© Aldo Dórea Mattos, 2014  
aldo@aldomattos.com  
© Fernando González Fernández de Valderrama, 2014  
fernando.valderrama@presto.es

Esta edición:  
© Editorial Reverté, SA, Barcelona, 2014

Edición en papel:  
ISBN: 978-84-291-3104-8

Edición e-book (PDF):  
ISBN: 978-84-291-9429-6

EDITORIAL REVERTÉ, S.A.  
Calle Loreto 13-15, local B · 08029 Barcelona  
Tel: (+34) 93 419 3336  
Correo E: reverté@reverte.com · Internet: www.reverte.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo las excepciones previstas por la Ley 23/2006 de Propiedad Intelectual, y en concreto por su artículo 32, sobre 'Cita e ilustración de la enseñanza'. Los permisos para fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra pueden obtenerse en CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)).

# Índice

Prólogo .....	11
Introducción .....	13
<b>I LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN</b>	
Introducción .....	17
La planificación dentro de la gestión del proyecto .....	18
· <i>Objetos y procesos</i> .....	18
· <i>La gestión del proyecto</i> .....	19
Beneficios .....	21
Deficiencias de las empresas .....	23
· <i>Errores habituales</i> .....	24
<b>II DESVIACIONES EN TIEMPO Y COSTE</b>	
Relación entre tiempo y coste .....	27
· <i>Ejemplos de desviaciones</i> .....	28
· <i>Tres casos alemanes</i> .....	29
· <i>En España</i> .....	31
· <i>Los que salieron bien</i> .....	32
Indicadores del tiempo .....	34
Causas y remedios .....	35
· <i>Causas habituales de los retrasos</i> .....	35
· <i>Medidas para mitigar los retrasos</i> .....	36
<b>III CICLO DE VIDA DEL PROYECTO</b>	
La obra como proyecto .....	39
Etapas del ciclo de vida del proyecto .....	40
· <i>Fases</i> .....	40
· <i>Viabilidad</i> .....	42
· <i>Diseño</i> .....	42
· <i>Pre-construcción</i> .....	43
· <i>Ejecución</i> .....	43
· <i>Finalización y uso</i> .....	44
Criterios para planificar .....	45
· <i>Criterios generales</i> .....	45
· <i>Planificación de la fase de viabilidad</i> .....	46
· <i>Planificación de la fase de diseño</i> .....	47

· <i>Planificación de la fase de pre-construcción</i> .....	47
· <i>Planificación de la fase de ejecución</i> .....	48
El Ciclo PDCA .....	48
· <i>Planificar</i> .....	50
· <i>Desarrollar</i> .....	50
· <i>Controlar</i> .....	51
· <i>Actuar</i> .....	51
· <i>Mecánica del ciclo</i> .....	52
Guión de la planificación .....	52
IV LA ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO	
Alcance del proyecto .....	53
Estructura de Desglose de Trabajo .....	54
· <i>EDT analítica</i> .....	57
· <i>EDT como mapa mental</i> .....	57
Ayudas para preparar la EDT .....	58
· <i>¿Hasta dónde descomponer?</i> .....	58
· <i>EDT de subcontratas</i> .....	59
· <i>Ayudas para crear la EDT en la etapa de proyecto</i> .....	59
Ejemplo paso a paso: la presa del río Alegría .....	64
Resumen de la EDT .....	65
V DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	
Introducción .....	67
Concepto de duración .....	68
· <i>Reglas prácticas</i> .....	69
Factores que afectan a la duración .....	70
Estimación del plazo total .....	70
Estimación de las actividades .....	70
· <i>Productividad, rendimiento y producción</i> .....	74
Duración y número de equipos .....	76
Tabla de duración y recursos .....	79
· <i>Ejemplo paso a paso: la presa del río Alegría</i> .....	81
Estimación rápida de duraciones y equipos .....	81
· <i>Número de equipos</i> .....	87
VI DEFINICIÓN DE LAS PRECEDENCIAS	
Predecesoras y sucesoras .....	89
Tabla de precedencias .....	90
· <i>Ejemplo paso a paso: la presa del río Alegría</i> .....	92
· <i>Circularidad</i> .....	93



	· <i>Dependencias obligatorias</i> .....	93
	· <i>Dependencias discrecionales</i> .....	94
	Tipos de enlace .....	94
	· <i>Reglas prácticas para la planificación</i> .....	97
VII	CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE RED	
	El diagrama de red .....	99
	Diagrama de flechas .....	100
	· <i>Reglas de trazado</i> .....	101
	· <i>Numerar los eventos</i> .....	102
	Diagrama de bloques .....	103
	· <i>Reglas de trazado</i> .....	103
	Ejemplos .....	105
	· <i>Ejercicio</i> .....	105
	Actividades ficticias .....	107
	Red de saneamiento .....	110
	· <i>Presa del río Alegría</i> .....	111
VIII	FECHAS Y HOLGURAS	
	Cálculo de fechas y holguras .....	113
	· <i>Fechas</i> .....	117
	· <i>Holguras</i> .....	117
	Camino crítico .....	118
	Ejercicios .....	120
	· <i>Ejemplo: vivienda</i> .....	120
	· <i>Ejemplo: presa del río Alegría</i> .....	129
	Enlaces con retardos o solapes .....	132
	Resumen del camino crítico .....	133
IX	EL DIAGRAMA DE BARRAS	
	Introducción .....	135
	Diagrama de Gantt .....	136
	Hitos y fechas obligadas .....	138
	· <i>Aumento y disminución del plazo</i> .....	139
	Situación temprana y tardía .....	141
	Holguras dependiente e independiente .....	144
	· <i>Holgura dependiente</i> .....	144
	· <i>Holgura independiente</i> .....	144
	· <i>Relación entre las holguras</i> .....	145
	· <i>Ejercicio</i> .....	145
	Días naturales y días laborables .....	147

X	EL ENFOQUE PROBABILISTA	
	Los criterios del PERT .....	149
	Duraciones probabilistas .....	150
	Duración esperada .....	151
	· <i>Producción esperada</i> .....	154
	Desviación estándar y varianza .....	155
	· <i>Desviación estándar de la duración</i> .....	155
	· <i>Varianza de la duración</i> .....	157
	Camino crítico probabilista .....	157
	· <i>Correlación entre las actividades</i> .....	158
	· <i>Cambio del camino crítico</i> .....	159
	Probabilidad de un plazo cualquiera .....	160
	Alternativas al PERT: Monte Carlo .....	163
	· <i>Distribución triangular</i> .....	164
	· <i>El método de Monte Carlo</i> .....	165
XI	CURVAS S	
	La curva S .....	169
	Curva S de costes .....	170
	Curva S patrón .....	172
	Ejemplos .....	177
	· <i>Proyecto y construcción de una presa</i> .....	177
	· <i>Construcción de una línea de transmisión</i> .....	178
	Otros modelos de curvas S .....	181
	Ventajas de las curvas S .....	184
XII	RECURSOS	
	Asignación de recursos .....	185
	Relación recurso-duración .....	187
	Histograma de recursos .....	187
	Curva de histéresis o 'banana' .....	191
	Nivelación de recursos .....	193
	Limitación de recursos .....	198
	· <i>Ejemplo: central de hormigonado</i> .....	200
	Limitación del gasto .....	203
XIII	ACELERACIÓN	
	Introducción .....	205
	Costes directos (CD) .....	206
	· <i>Curvas de tiempo y coste directo</i> .....	206

---

	Coste marginal de aceleración .....	211
	Costes indirectos (CI) .....	212
	· <i>Curvas tiempo-coste indirecto</i> .....	213
	· <i>Costes contractuales</i> .....	213
	Curva tiempo-coste total .....	214
	Ejemplo: reforma .....	216
	Aceleración racional .....	217
XIV	PLANIFICACIÓN FINANCIERA Y ANALÍTICA	
	El punto de vista del cliente .....	223
	El punto de vista de la empresa constructora .....	224
	· <i>Ejercicio: flujo de caja</i> .....	226
	Producción, coste y beneficio .....	231
	· <i>Tres tipos de planificación</i> .....	233
XV	SEGUIMIENTO	
	Motivos para el seguimiento .....	235
	Línea de base .....	236
	Etapas del seguimiento .....	237
	Avance de las actividades .....	237
	Línea de progreso .....	239
	Actualización de la planificación .....	242
	· <i>Duración restante</i> .....	242
	Modificación de la ruta crítica .....	245
XVI	PROGRAMACIÓN	
	Niveles de la programación .....	249
	Programación a largo plazo .....	250
	Programación a medio plazo .....	250
	Programación a corto plazo .....	252
	Metodología PPC .....	254
XVII	DIAGRAMAS DE ESPACIO-TIEMPO	
	Introducción .....	259
	· <i>Origen</i> .....	260
	Representación gráfica .....	260
	Trabajos en direcciones opuestas .....	262
	Previsto y realizado .....	262
	Estudio de caso: túnel .....	263
	Equilibrado de las operaciones .....	265
	Dimensionamiento de la línea de espacio-tiempo .....	268

XVIII	MÉTODO DEL VALOR GANADO EVM	
	Introducción	275
	VARIABLES PRINCIPALES	276
	· Valor planificado PV	276
	· Valor ganado EV	277
	· Coste real AC	277
	· Resumen de las variables	277
	INDICADORES	278
	· Variación de coste CV	278
	· Variación del cronograma SV	278
	Índice de desempeño del coste CPI	279
	· Índice de desempeño del cronograma SPI	280
	PROYECCIONES	281
	· Presupuesto a la conclusión BAC	281
	· Estimación a la conclusión EAC	282
	· Variación a la conclusión VAC	283
	· Índice de desempeño del trabajo por completar TCPI	284
	RESUMEN DEL VALOR GANADO	285
	· Equivalencia de siglas	285
	· Representación gráfica	286
	· Ejemplo completo	286
XIX	CADENA CRÍTICA CCPM	
	Origen de la cadena crítica	291
	Teoría de las restricciones	292
	Cadena crítica	293
	Pasos del CCPM	295
	Colchones	298
XX	EL FUTURO DE LA PLANIFICACIÓN Y EL BIM	
	Del CAD al BIM	299
	BIM	300
	Visualizadores 4D	302
	Del BIM 5D al BIM 4D	303
	La construcción, una industria más	304
	Bibliografía	305

# Prólogo

*Manuel Javier  
Martínez Ruiz*

La planificación siempre ha sido una de las herramientas básicas de nuestra empresa, Dragados, a la hora de acometer los grandes proyectos que se han construido a lo largo de sus más de setenta años de vida.

Desde el principio, en los míticos servicios técnicos de esta empresa constructora se incluyó un ‘servicio de planificación y métodos’ que se preocupaba de la mejora de la productividad desde el nivel del tajo, la planificación de detalle y la programación y el control de obras.

Hace casi veinticinco años que entré a formar parte de este esfuerzo con grandes maestros como Edmundo Balbontín y Manuel Méndez, que me transmitieron esta fe.

Siempre hemos considerado que la programación de la obra debía incluir en la propia herramienta toda la información de un proyecto, el presupuesto, la estimación y las mediciones; que su gestión debía hacerse en el espacio y el tiempo; y que debía incluir siempre la información gráfica que la hace visible y que permite participar a todos los agentes que intervienen en los procesos de construcción.

Acepté con gusto prologar este compendio de fundamentos de la planificación porque supuse que se trataba de la incursión de uno de sus autores (gran creador y divulgador de herramientas de control del presupuesto) en el mundo de la productividad.

A partir del trabajo de Aldo D. Mattos, Fernando Valderrama –que hasta ahora había registrado grandes cantidades de datos sobre capítulos, unidades y precios unitarios– pasa a hablar de sistemas productivos, actividades, tareas, recursos y duraciones.

Y se da este salto precisamente ahora, cuando, para la salida de la crisis, se vuelve la cabeza hacia la productividad y la importancia de la planificación en las obras. Hay una corriente internacional que plantea como novedad –recogida aquí por los autores– los sistemas BIM (*Building Information Model*) y Last Planner, que son simplemente nuevas expresiones de una forma de hacer las cosas que se viene aplicando desde el nacimiento de nuestra empresa.

La misma herramienta que ha dado fama y honor a Fernando Valderrama (el programa Presto) ha venido siendo fuente de información para completar las bases de datos utilizadas en la defensa del presupuesto, que es al fin y al cabo el principal objetivo de la planificación.

*Manuel Javier Martínez Ruiz es ingeniero de montes y responsable del Servicio de Métodos de la Dirección Técnica de la empresa constructora Dragados.*

Este libro –que incluye los métodos clásicos de planificación– supone un punto de partida fundamental para la formación de los profesionales de la planificación que el sector de la construcción necesita para asegurar su competitividad.

Alentamos a los autores para que nos sigan suministrando herramientas de planificación y gestión del conocimiento que nos sitúen a la vanguardia de la construcción.

Madrid, octubre de 2014.

# Introducción

En la formación de los arquitectos, la planificación ni está ni se la espera. En la formación de los arquitectos técnicos o ingenieros equivalentes, la planificación se limita frecuentemente a la teoría de grafos, complementada –si el profesor es innovador y voluntarioso– con el manejo de un determinado programa de ordenador

En España, y tal vez en algunos países cercanos culturalmente, la enseñanza sigue un esquema profundamente platónico y, en esa misma medida, muy limitado. Se considera que la acción sólo es válida como resultado lógico del conocimiento. Por tanto, es necesario y suficiente entender y asimilar las bases del comportamiento profundo de los sistemas. Alcanzada esta situación –preferentemente con gran esfuerzo–, el pensamiento permite proceder deductivamente, de forma analítica y científica, de abajo arriba, hasta obtener el resultado buscado, que es evidentemente correcto y único.

Dicho en términos de estimación de costes o de tiempos: subdividimos la materia hasta el infinito y más allá, hasta los materiales y hasta cada una de las horas necesarias para colocarlos; contamos el número de ladrillos y multiplicamos por su precio unitario para obtener el coste de la obra, y así el presupuesto se construye como un gran sumatorio; enlazamos las actividades de forma lógica, y así el plazo de la ejecución se obtiene simplemente aplicando un algoritmo.

Actuamos como si la historia no existiese, como si nunca se hubiese construido un edificio similar al nuestro y no hubiese un registro de experiencias; y lo hacemos así porque nuestro método no lo necesita. La simple mención de ratios (como costes medios o rendimientos habituales de ejecución) se asimila en nuestro ámbito al uso degradante de ‘recetas’: lo más contrario posible a la buena enseñanza. Por ejemplo, muchos profesores desaconsejan el uso de cuadros de precios y harían lo mismo con las tablas de producción, si se publicasen.

Sin embargo, *muchos árboles no siempre son todo el bosque*. Innumerables profesionales han aprendido a estimar costes y tiempos con estos métodos y se han quedado una y otra vez por debajo de los valores reales. En la mayoría de los casos, una simple comprobación de ratios les indicaría cuán lejos están de llegar a la estimación correcta, aunque sigan convencidos de que ya han localizado todos los pequeños trocitos que forman el proyecto. El procedimiento de arriba abajo (el método sintético) no es menos científico que su

contrario; en las etapas iniciales del proyecto es el único posible; y cuando el nivel de detalle avanza, si los resultados no cuadran, este método suele ser el que proporciona el resultado correcto.

Hay que recurrir a programas de posgrado o cursos avanzados impartidos por profesionales para encontrar la reconciliación de los esos dos sistemas, dentro de un enfoque que transmita adecuadamente las actitudes y las aptitudes necesarias –las competencias transversales y las específicas, en términos *boloñeses*– para que la planificación sirva para algo.

Gonzalo Gómez –en el Programa Executive en Construcción que dirigía en el antiguo Centro Superior de la Edificación (CSE) de Madrid– insistía en que la planificación consistía sobre todo en pensar la forma de ejecutar la obra, analizar las alternativas y asignar los recursos; y en que el programa informático no se ponía en marcha hasta que no estaba claro todo lo anterior. La restricción más importante en la edificación no es el tiempo, sino el espacio físico que impone una limitación a los recursos que pueden trabajar al mismo tiempo y a los materiales que se necesitan. Y las decisiones más importantes del jefe de obra son el número de grúas y el día en que podrán retirarse.

Rafael Guadalupe –con su saber enciclopédico y su entusiasmo por aumentar el suyo y el de los demás– me transmitió un punto de vista amplio e integrado sobre los tiempos, los costes, el valor ganado, los riesgos, el espacio-tiempo, Monte Carlo, las curvas S y toda una serie de referencias, publicaciones, programas informáticos y casos reales de su propia actividad profesional. Además me presentó a Manuel Javier Martínez Ruiz, que ha planificado la ejecución de proyectos de edificación y obra civil por todo el mundo y ha aceptado escribir el prólogo a este libro.

He asistido también a clases magistrales de Edmundo Balbontín, la gran referencia histórica de la planificación en España, y de Víctor Sardá, que estimula al alumno a entrar en ‘modo de tiempos’ como punto de partida para realizar una planificación creíble y que se cumpla en la práctica.

Éste es mi trasfondo teórico sobre esta materia, completado con la lectura de muchos libros clásicos sobre el tema, que poco a poco he ido trasladando a nuestro programa Presto como un laboratorio de investigación personalizado, con el objetivo de que los profesionales pudiesen tener un sistema informático más adaptado a las necesidades de la construcción y, sobre todo, más integrado con los ingresos y los costes.

En ese contexto, y dentro de la colaboración que mantengo con la Editorial Reverté como asesor de esta colección de manuales universitarios, en 2012 me llegó la edición original del libro *Planejamento e controle de obras*, de Aldo Dórea Mattos, para valorar la conveniencia de su edición en español. Hojear el libro fue una agradable sorpresa, ya que hablaba de la planificación tradicional, pero también de-



dicaba un capítulo a cada uno de los temas citados más arriba, con un enfoque práctico, lleno de tablas, ejemplos y gráficos. Como cualquier libro técnico que se refiere a un contexto real, también éste necesitaba una adaptación, más costosa que una simple traducción; y la editorial en ese momento decidió no abordarlo. Lo estudié a fondo y me sirvió de inspiración para investigar algo más sobre curvas S y otros temas similares, poco conocidos en España.

En el verano de 2013, un viaje de vacaciones por Brasil termina en un hotel de playa al norte de Salvador de Bahía. El hotel está vacío, el tiempo meteorológico es malo, el tiempo cronológico que se tarda en ir y volver a la ciudad dificulta los movimientos. El segundo día, inesperadamente, aparecen unos autobuses llenos de estudiantes. Se trata de un congreso de estudiantes de ingeniería civil del nordeste de Brasil.

Me presento, me invitan a asistir y me dan el programa. La clase magistral la da Aldo D. Mattos, el único brasileño que conozco, indirectamente, entre los doscientos millones. En la clase, el profesor entusiasma con la planificación a los quinientos alumnos presentes: ni uno baja a la playa hasta que el congreso termina. Después imparte otra conferencia en la que describe las dificultades de la ejecución del nuevo estadio de Manaus, unas dificultades menos relacionadas con su inaccesible situación y su duro clima que con las exigencias y las manías de la FIFA.

Tras las conferencias, con un café delante, hablamos de su libro. Ya que en su día no se tradujo, le propongo hacer una edición adaptada. Aldo acepta que yo figure como coautor. El editor resulta estar también presente en el hotel –hemos compartido ese viaje–, por lo que los términos del acuerdo quedan inmediatamente aprobados.

El resto es este libro. El contenido es el libro de Aldo, en el que se ha prescindido de los procedimientos detallados sobre el cálculo de las redes, pues damos por supuesto que el lector dispone de un programa informático; se ha añadido un capítulo inicial que proporciona un contexto histórico a la planificación, más por su incumplimiento que por lo contrario; se han incorporado también algunos conceptos sobre estimación rápida de plazos y duraciones, así como un apartado sobre el método de Monte Carlo, ambos basados en ideas sugeridas por Rafael Guadalupe. El libro termina con un nuevo epílogo sobre el BIM, la gran esperanza blanca de la sociedad para que los edificios construidos no sólo se parezcan al proyecto en la fachada, sino también en el coste, en el plazo y en el cumplimiento de los requisitos y las necesidades de los usuarios.

Fernando Valderrama  
*En nombre de Aldo D. Mattos,  
que ya ha escrito bastante.*

A todos los ingenieros y técnicos con  
quienes trabajé en tantos proyectos  
y en tantos lugares

*AM*

A Felipe, José Antonio, Raquel,  
José Manuel, Amelia, César, Enrique,  
Eduardo, Jorge, María, Sergio, Néstor,  
Julieta y Samuel.

*FV*

# La importancia de la planificación

*Planifique anticipadamente: Noé construyó el Arca cuando no llovía.*

Cardenal Richard C. CUSHING (1885-1970)

*Una meta, sin un plan, es sólo un deseo.*

Antoine de SAINT-EXUPÉRY (1900-1944)

## Introducción

La construcción es uno de los sectores industriales que ha sufrido más cambios sustanciales en los últimos años. Con la intensificación de la competencia, la globalización de los mercados, la demanda de artículos más modernos, la velocidad con la que surgen nuevas tecnologías, el aumento del nivel de exigencia de los clientes –sean los usuarios finales o no– y la limitada disponibilidad de recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, las empresas se han dado cuenta de que es imprescindible invertir en los procesos de gestión y control, ya que sin estos sistemas de dirección se pierden de vista los principales indicadores: el tiempo, el coste, el beneficio, el retorno de la inversión y el flujo de caja. La información rápida es un recurso que vale oro.

En este contexto, los procesos de planificación y control pasan a desempeñar un papel principal en las empresas, ya que tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción. Los estudios realizados en diversos países demuestran que las deficiencias en la planificación y en el control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del sector, de sus elevados sobrecostes y de la baja calidad de sus productos.

Especialmente en España, la percepción del sector de la construcción sobre la necesidad y la validez de la planificación ha experimentado un cambio radical en los años de la última crisis:

- Porque fuera de España no se concibe iniciar un proyecto sin una planificación detallada y creíble.
- Porque existe una nueva sensibilidad al sobrecoste, cuyo control implica también el control del tiempo.
- Porque hay muchas oportunidades de trabajo para quienes sepan planificar y controlar el coste de un proyecto.

- Porque el auge del *Building Information Modeling* (BIM) implica modelar lo que se va a construir realmente y la planificación tiene mucho más sentido en esas condiciones.

En la actualidad, más que nunca, la planificación es una forma de asegurar la sostenibilidad de la empresa por su capacidad para que los administradores obtengan respuestas certeras y rápidas, gracias al seguimiento de la evolución del proyecto y, eventualmente, a su reorientación estratégica.

## La planificación dentro de la gestión del proyecto

### *Objetos y procesos*

Los profesionales de la construcción –especialmente los que han sido formados desde el punto de vista del desarrollo del proyecto– tienden a considerar el diseño como la definición más o menos exhaustiva del objeto que hay que construir, tal como quedará cuando haya sido finalizado. Una vez alcanzado este objetivo, en forma de documentación gráfica y escrita, suelen pensar que la tarea fundamental del proyecto está terminada.

Esta simplificación –fundamental para que el profesional de proyectos se centre en su tarea sin estar continuamente pensando en la viabilidad de la construcción– se apoya en que, por sus conocimientos y su experiencia, el proyectista asume que existen procedimientos que permitirán alcanzar este estado final; no es necesario pensarlos ni explicitarlos en el proyecto, puesto que otros profesionales los desarrollarán cuando sea necesario.

Plantearnos un problema proporcionando la descripción del estado final de la solución. La tarea es descubrir una secuencia de procesos que llevará a ese estado meta a partir de un estado inicial. La conversión de la descripción del proceso a la descripción del estado nos permite reconocer que hemos acertado [...]. La idea es: dado un plano, encontrar la receta.<sup>1</sup>

Esta secuencia de procedimientos no es única. Depende del contexto (como las características del lugar y del momento), de los condicionamientos de coste y plazo, de los recursos disponibles, de los conocimientos, la experiencia y la personalidad de los agentes implicados.

Dado un determinado diseño, la mayor o menor facilidad para encontrar procesos que lo generen como resultado final se conoce como ‘constructividad’.<sup>2</sup>

Sin embargo, muchos profesionales competentes, con experiencia en obra, desean empezar a construir cuanto antes y tienden a considerar la planificación como un mal necesario; no reconocen que si construyen con éxito es porque realmente están planificando

1. Herbert A. Simon, *The sciences of the artificial* (Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1966), página 211.

2. Joshua M. Lobel, *Building information: means and methods of communication in design and construction* (Cambridge, Massachusetts: Department of Architecture, MIT, 2008), página 23.

· Véase también: M. Loyola y L. Goldsack, *Constructividad y arquitectura* (Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2010).

en sus cabezas; valoran poco los métodos formalizados, adecuados para enseñarse y transmitirse a otros profesionales para que aprendan con menor esfuerzo del que requiere estar toda una vida en la obra.

### *La gestión del proyecto*

El proceso de iniciación y dirección de las actividades necesarias para desarrollar un proyecto se denomina de forma global 'gestión del proyecto' y puede definirse recurriendo a dos estándares, relativamente similares, que se usarán como referencia cuando sean aplicables: la ISO 21500<sup>3</sup> y el PMBOK.<sup>4</sup>

El *Project Management Book of Practice* (PMBOK) define la gestión del proyecto como «todos los métodos, las herramientas, las técnicas y las competencias necesarias para terminar el proyecto, en todas las fases del ciclo de vida», de modo que puedan tomarse todas las decisiones necesarias para convertir la documentación del proyecto en un edificio o en una infraestructura física.

Este proceso se inicia, explícita o implícitamente, antes de la fase de diseño y puede modelizarse y describirse formalmente, al igual que se describe el objeto que será su resultado final. No obstante, al tratarse de procesos que dependen del comportamiento de las personas y de otros elementos del entorno que no están bajo el control de los profesionales, definiéndolos no es posible llegar al grado de certeza que se puede obtener definiendo los objetos.

### LOS PROCESOS DE GESTIÓN DEL PROYECTO

La planificación, denominada en el PMBOK 'gestión del tiempo del proyecto', incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo y se centra en la definición de las actividades, su secuenciación y su duración.

La planificación es sólo uno de los puntos de vista que se pueden aplicar al análisis y la gestión de un proyecto. Las áreas de conocimiento definidas en el PMBOK –que conviene considerar siempre en relación con todas las demás áreas– son las siguientes:

1. Integración
2. Alcance
3. Tiempo
4. Costes
5. Calidad
6. Recursos humanos
7. Comunicaciones
8. Riesgos
9. Adquisiciones
10. Partes interesadas

El último de estos epígrafes se ha introducido como novedad en la quinta edición del PMBOK.

3. Norma ISO 21500: 'Directrices para la dirección y gestión de proyectos'.

4. PMBOK (*Project Management Book of Practice*): *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (Filadelfia: Project Management Institute).

Aunque la planificación como tal se desarrolla en el punto 3, todas las áreas de conocimiento incluyen su propio proceso de planificación, de manera que se planifica el tiempo, pero también el coste o la relación con las partes interesadas.

La ISO 21500 define los siguientes componentes del grupo de procesos de planificación, ordenados por grupos de materias:

GRUPO DE MATERIAS	PLANIFICACIÓN
Integración	<i>Desarrollar los planes de proyecto</i>
Alcance	<i>Definir el alcance Crear la estructura de desglose de trabajo Definir las actividades</i>
Recurso	<i>Estimar los recursos Definir la organización del proyecto</i>
Tiempo	<i>Secuenciar las actividades Estimar la duración de las actividades Desarrollar el cronograma</i>
Coste	<i>Estimar los costos Desarrollar el presupuesto</i>
Riesgo	<i>Identificar los riesgos Evaluar los riesgos</i>
Calidad	<i>Planificar la calidad</i>
Adquisiciones	<i>Planificar las adquisiciones</i>
Comunicación	<i>Planificar las comunicaciones</i>

Obsérvese el parecido de los grupos de materia con las áreas de conocimiento del PMBOK, que propone una serie de procesos muy similares a éstos.

Otro enfoque integrado para el proyecto es el *Total Cost Management Framework* (TCM) propuesto por la Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE), que se define como la aplicación eficiente de los conocimientos profesionales y técnicos para planificar y controlar los recursos, los costes, la rentabilidad y los riesgos.<sup>5</sup>

Como se ve, la planificación va mucho más allá de la asignación de fechas a las tareas de la ejecución. Requiere realizar previamente la asignación de las distintas personas o agentes necesarios, sus papeles y sus responsabilidades; posteriormente, determinar la programación de la obra, seleccionando los procedimientos constructivos con los que se va a realizar la ejecución, entre las alternativas existentes, y obteniendo a partir de ellos los medios humanos, los equipamientos y los productos necesarios; y asimismo, decidir los

5. John K Hollmann y AACE International, *Total cost management framework: an integrated approach to portfolio, program, and project management* (Morgantown, West Virginia: AACE International, 2006 y siguientes).

procedimientos de contratación y compra de estos medios. Además, exige cuantificar el coste de estos recursos y, a partir de ellos y de los ingresos, estimar el capital necesario y el coste de su financiación.

Más allá de estas definiciones formales, es importante observar los siguientes criterios:

- La planificación no se limita única y exclusivamente a la ejecución de la obra, aunque este texto se concentre en esta etapa del proyecto.
- La base de la planificación no es la teoría de grafos, sino el conocimiento de los procesos constructivos y los recursos necesarios para realizarlos.
- El objetivo de la planificación no es satisfacer la normativa o rellenar una documentación obligatoria, sino ayudar a que el proyecto finalice adecuadamente.
- La planificación está integrada con todos los aspectos del proyecto, no sólo con el tiempo, el coste y la calidad.

En todo caso, la planificación no es un resultado obtenido a posteriori a partir de unas decisiones previas ya fijadas, sino que se va depurando gradual e iterativamente a lo largo de todo el proyecto.

## **Beneficios**

Cuando se planifica una obra, la dirección adquiere un alto grado de conocimiento del proyecto, lo que le permite ser más eficiente durante la ejecución y aportar así numerosos beneficios.

### **CONOCIMIENTO EXHAUSTIVO DE LA OBRA**

Para preparar la planificación hay que estudiar concienzudamente el proyecto, analizar los métodos de construcción, identificar las productividades consideradas en la fase de oferta y determinar el tiempo en que se puede trabajar en cada zona y en cada tarea (interior, exterior, hormigonado, movimiento de tierras, etcétera).

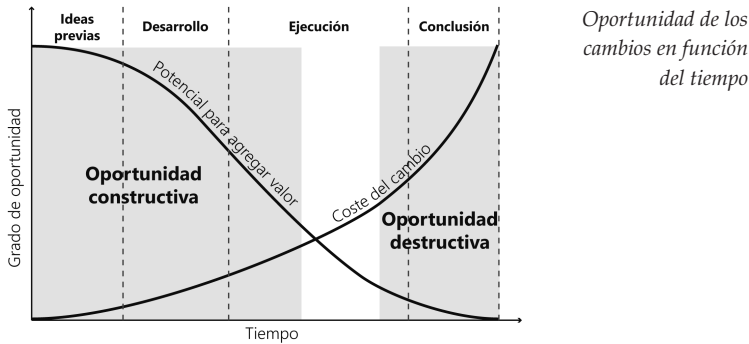
La costumbre de ponerse a pensar en la ejecución sólo unos días antes de empezar es nefasta, ya que no deja tiempo suficiente para cambiar los planes.

### **DETECCIÓN DE PROBLEMAS**

La previsión temprana de las situaciones desfavorables y de las no conformidades permite que el responsable de la ejecución tome precauciones a tiempo y adopte medidas preventivas y correctivas, lo que minimizará su impacto en el coste y en el plazo.

Sin planificación ni control, el equipo de obra acaba tomando las medidas cuando el retraso es ya irreversible.

Cuanto antes pueda intervenir la dirección, mejor. La figura siguiente ilustra lo que suele llamarse 'oportunidad constructi-



va': la etapa en la que se puede cambiar el curso de un trabajo, o incluso la planificación, con un coste relativamente bajo. Más tarde, esta intervención se vuelve menos eficaz; y su aplicación, más cara: es la 'oportunidad destructiva'.

#### AGILIDAD DE LAS DECISIONES

La planificación y el control permiten una visión real de la obra, que sirve como base fiable para tomar decisiones de gestión, como la movilización y desmovilización de las instalaciones provisionales, la reorganización de los equipos, la aceleración o subcontratación de los trabajos, la introducción de turnos, el aumento de la plantilla, la modificación de los métodos de construcción, la sustitución de equipos poco productivos, etcétera.

#### RELACIÓN CON EL PRESUPUESTO

Al analizar los rendimientos, la productividad y el tamaño de los equipos que figuran en la oferta, se sincroniza el presupuesto con la planificación, con lo que se pueden valorar las posibles deficiencias e identificar oportunidades de mejora.

Si se ignora la productividad con la que se presupuestaron los trabajos, se omite un importante parámetro de control.

#### OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS

El análisis de la planificación permite jugar con las holguras de las actividades y tomar decisiones importantes, como nivelar los recursos o aplazar la asignación de ciertos equipos. Como se verá más adelante, entender el concepto de holgura es esencial para saber qué tareas pueden iniciarse más tarde, cuál es el último momento posible para movilizar ciertos recursos y también hasta cuándo se pueden aplazar ciertos gastos sin que se retrase la obra.

#### REFERENCIA PARA EL CONTROL

El cronograma desarrollado en la planificación es un instrumento importante para el seguimiento de la obra, ya que permite comparar lo previsto con lo realizado. El plan original, el que se quiere llevar a cabo, se conoce como 'planificación de referencia' o 'línea de base' (*baseline*).



Lo que se realiza en la obra se compara con la línea de base y sobre ella se adoptan las medidas correctoras adecuadas. Una planificación de referencia también es importante para dirigir a las personas del equipo: es el objetivo deseado, la 'cartilla' que todos deben seguir en la realización de sus tareas diarias.

#### ESTANDARIZACIÓN

La planificación disciplina y unifica el conocimiento del equipo, con lo que se alcanza un consenso sobre la forma de afrontar la obra y se mejora la comunicación.

La falta de planificación y control genera frecuentes desacuerdos, porque el proyectista tiene una obra en la cabeza, la dirección de la obra otra y el constructor una tercera.

#### OBJETIVOS DE REFERENCIA

Los programas de metas y *bonus* para el cumplimiento de plazos se pueden establecer con facilidad si hay una planificación de referencia bien organizada, que permite establecer objetivos.

#### DOCUMENTACIÓN Y TRAZABILIDAD

Al generar registros y publicaciones escritas, la planificación y el control proporcionan una historia de la creación de la obra, muy útil para la resolución de incidencias, la recuperación de información, la preparación de reclamaciones contractuales, la defensa frente a reclamaciones de otras partes, la mediación de conflictos y el arbitraje. La mala gestión de los contratos es un grave problema en las empresas constructoras. Las empresas pierden a veces la oportunidad de reclamar ajustes de costes y plazos simplemente por la ausencia de registros.

#### CREACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

La planificación de una obra puede servir de base para programar otras obras similares. La compañía puede generar así su propia memoria.

#### PROFESIONALIDAD

La planificación da una imagen de seriedad y compromiso a la obra y a la empresa, causa buena impresión, inspira confianza en los clientes y ayuda a cerrar negocios.

### **Deficiencias de las empresas**

En la construcción, lamentablemente, se planifican poco las obras. Esto es más habitual en las obras pequeñas y medianas, realizadas por pequeñas empresas o por profesionales autónomos.

Las carencias de los constructores se manifiestan en diversos grados. Hay empresas que planifican, pero mal; otras que planifican bien, pero no controlan; y otras que funcionan a base de una improvisación total. Mientras que algunos constructores se esfuerzan

en generar cronogramas detallados y aplicar programas semanales de tareas, otros creen que la experiencia de sus profesionales es suficiente para garantizar el cumplimiento del plazo y del presupuesto.

Los errores de la planificación pueden tener consecuencias desastrosas para la obra y, por extensión, para la empresa que la ejecuta. Hay muchos casos de incumplimiento de plazos, sobrecostes, retrasos injustificados, discrepancias entre constructor y cliente e incluso litigios para exigir daños y perjuicios. La mejor manera de minimizar estos problemas es generar una planificación lógica y racional, porque proporciona una herramienta basada en criterios técnicos, fáciles de manejar e interpretar.

### *Errores habituales*

Los proyectos de construcción se consideran generalmente como impredecibles en cuanto a la entrega a tiempo, el cumplimiento del presupuesto y el logro de los estándares de calidad esperados.<sup>6</sup>

La construcción es un sector especial. No se fabrican productos, sino que se construyen prototipos, maquetas a escala 1:1. Una vez terminadas y entregadas, la experiencia adquirida sólo se puede usar en otras obras. A diferencia de otros sectores industriales, el promotor, el proyectista, el constructor y a veces el usuario son entidades distintas, con sus propios puntos de vista e intereses. Cada obra requiere levantar temporalmente una fábrica, situada en terrenos de otros, en la que se trabaja a la intemperie, con muchos operarios eventuales y poco cualificados.

A pesar de todo, los edificios suelen terminarse, y sus costes y plazos de ejecución no oscilan aleatoriamente entre el cero y el infinito. Hay un registro histórico y una experiencia acumulada que proporcionan referencias sobre lo que va a ocurrir. El ser humano lleva miles de años construyendo muros de un pie de ladrillo macizo, y sería ridículo decir que no sabemos cuántos ladrillos necesitan por metro cuadrado o cuánto se tarda en levantarlos. Los métodos para cuantificar por adelantado tiempos y costes, y los datos de referencia para hacerlo existen hace tiempo.

Otra cosa es que se apliquen los métodos o que se haga caso a los resultados. Las causas de las deficiencias en la planificación y el control pueden agruparse en diferentes aspectos.

### ENTENDER LA PLANIFICACIÓN Y EL CONTROL COMO UNA TAREA AISLADA

Un problema serio es que la planificación se percibe a menudo como una tarea tediosa que tiene que preparar la parte técnica de la empresa. El producto final sólo sirve para impresionar al cliente. Son hojas de cálculo, gráficos y cronogramas que no par-

6. Great Britain, Department of the Environment, Transport and the Regions. *Rethinking construction: the report of the construction task force* (Londres: Department of the Environment, Transport and the Regions, 1998, página 7.

ten de un análisis detallado y que a menudo no están revisados ni aprobados por el equipo de producción.

Sin embargo, la planificación debe ser una ayuda, no una carga. En vez de entenderse como un proceso de gestión que debe impregnar toda la estructura de la empresa, la planificación y el control suelen confundirse con el trabajo de un sector aislado o con la aplicación rutinaria de técnicas para generar planes.

Los planes generados en este ambiente carecen tanto de una base de datos coherente como de los procedimientos que garanticen la difusión a los usuarios de la información generada, en un formato adecuado y en el momento oportuno.

Las reuniones de control eficaces tienen el poder de adoctrinar al personal de campo. La planificación tiene que ser *bendecida* por todos los implicados y las informaciones de avance deben ser transmitidas a todos, desde la dirección al jefe de obra, desde el administrativo hasta el almacenista.

La generación de indicadores de rendimiento permite premiar a los mejores equipos y detectar los focos de desviaciones.

Otro problema común radica en realizar una planificación inicial, pero no actualizarla periódicamente. La obra es un sistema cambiante y dinámico, y la planificación puede convertirse rápidamente en papel mojado si no está al día. No existe planificación sin control, es un binomio inseparable. Si uno de los objetivos de la planificación es minimizar la incertidumbre en la obra, hace falta un procedimiento para recoger datos de campo que permita que el gestor valore si la planificación está siendo fructífera o si es mejor volver a programar el trabajo.

#### DESCRÉDITO POR INCERTIDUMBRE EN LOS PARÁMETROS

La incertidumbre es inherente al proceso de construcción, debido a la variabilidad de las condiciones del producto y del entorno, a la naturaleza de sus procesos de producción y a la falta de control de las propias empresas sobre estos procesos.

En vez de despreciarla porque trabaja con hipótesis que pueden no verificarse en la práctica, la planificación debe verse como un ejercicio técnico que intenta predecir el impacto de las actividades en un escenario futuro verosímil. La incertidumbre se resuelve en la planificación a medida que pasa el tiempo, aplicando cambios y ajustes en los planes y usando la productividad real de los recursos.

Ya no es aceptable la antigua creencia de que la ineficiencia y la informalidad son intrínsecas al *modus operandi* de la construcción.

#### PLANIFICACIÓN EXCESIVAMENTE INFORMAL

La informalidad está en el hábito de pensar que la planificación consiste en las órdenes dictadas por el director de la obra al jefe de obra. Se pierde así el concepto sistémico de la planificación

como visión a largo plazo, ocultado por la inmediatez de las actividades a corto plazo.

La falta de una planificación integral y formal acarrea planes a corto y medio plazo inadecuados, lo que lleva a un uso ineficiente de los recursos humanos y materiales disponibles. En general, la informalidad excesiva dificulta la comunicación entre los distintos sectores de la empresa.

#### EL MITO DEL 'GURÚ DE LAS OBRAS'

Es habitual encontrar en las empresas una sobrevaloración del 'gurú de las obras': un ingeniero que suele tomar decisiones rápidas y basadas exclusivamente en la experiencia y la intuición, sin una planificación adecuada, algo que considera una pérdida de tiempo.

Como la construcción se ha desarrollado históricamente en un ambiente de informalidad, en el que la ineficacia se considera aceptable y donde se valora al gurú en lugar del gestor, el personal de campo se ha alejado inevitablemente de la planificación y del seguimiento. En los países más avanzados, sin embargo, los jefes de obra y los gestores pasan mucho tiempo analizando la programación y planificando de antemano las acciones y las medidas que van a tomar en las siguientes semanas.

# Desviaciones en tiempo y coste

*El dinero es el rey, pero el tiempo es Dios.*

De un discurso en el RIBA, 1998.

## Relación entre tiempo y coste

Las desviaciones en tiempo son tan habituales o más que las desviaciones en coste.<sup>1</sup>

Proyectos %	Con exceso de plazo %	Con sobrecoste %
> 90	2,9	4,4
60 - 90	1,5	7,4
40 - 60	8,8	11,8
10 - 40	48,5	35,3
< 10	38,2	41,2

1. Según Y. Olawale y M. Sun "Cost and time control of construction projects: inhibiting factors and mitigating measures in practice", *Construction Management and Economics*, volumen 28, número 5, 2010, páginas 509-526.

2. P.A. Thompson y J.G. Perry (edición), *Engineering construction risks: a guide to project risk analysis and risk management* (Thomas Telford, 1992).

3. Peter W.G. Morris y George H. Hough, *The anatomy of major projects: a study of the reality of project management* (Chichester: Wiley, 1987).

4. Joe Martin, Theresa Keoughan Burrows e Ian Pegg, "Predicting construction duration of building projects", en *Shaping the change* (XXIII FIG Congress, Múnich, Alemania, octubre de 2006).

5. Fernando Valderrama, "Planificació: costs i riquesa de les nacions", *Informació i Debat* (Col·legi d'Arquitectes de Catalunya), número 3, 1999, página 39.

Thompson y Perry encontraron en 1993 que el 75 % de los proyectos financiados por el Banco Mundial tenían retrasos de al menos el 28 %, <sup>2</sup> mientras que Morris y Hough calculan que los proyectos con sobrecoste son alrededor del 50 %, con incrementos típicos entre el 40 % y el 200%.<sup>3</sup> Martin y otros encontraron que mientras el 20 % de los proyectos ejecutados en el Reino Unido en 2005 experimentaron incrementos de coste, casi el 40 % sobrepasaron el plazo fijado en el contrato.<sup>4</sup>

Además, las desviaciones en coste pueden ser absorbidas por los diferentes agentes de la construcción en diferentes proporciones, dentro de un juego de 'ganar-perder' que puede ser más o menos beneficioso para cada uno de ellos. Sin embargo, las desviaciones en tiempo son negativas para todos: cuando un proyecto se retrasa –con independencia del causante, y aunque haya una indemnización por ello–, el cliente recibe el edificio más tarde. Por tanto, el tiempo es un recurso de mayor valor, puesto que se puede canjear por dinero, pero no a la inversa.

En los países más desarrollados, la planificación temporal del proyecto es más importante que la estimación detallada del coste.<sup>5</sup>

El tiempo es oro: el coste de la mano de obra es alto, y el coste financiero –que mide el valor temporal del dinero– es crítico. En los países con pocos recursos, por el contrario, lo que cuesta son los objetos, y el tiempo tiene un valor mucho más relativo. En estos entornos es frecuente oír que la planificación no sirve para nada. Al mismo tiempo, en los países más desarrollados todos los agentes tienen un comportamiento más previsible y mayor nivel de compromiso, lo que aumenta la fiabilidad de las estimaciones temporales. De esta forma, la planificación temporal es una señal de modernización y avance.

En este mismo sentido, la llamada ‘planificación 4D’ añade a las tres dimensiones físicas el tiempo, con lo que se reconoce implícitamente su mayor importancia, ya que el coste es sólo la dimensión número cinco.

Las desviaciones de los proyectos en coste y tiempo van frecuentemente en paralelo. La relación teórica entre el tiempo que se tarda en realizar una tarea aislada y su coste es inversa, ya que para obtener una mayor productividad es necesario, en general, un mayor gasto. Sin embargo, desde el punto de vista global de la obra, debido a los costes indirectos y a otros factores, una mayor duración implica casi siempre un mayor coste. Al mismo tiempo, cuando una obra ha sufrido modificaciones importantes pero ha sido necesario terminarla en el plazo previsto, también suele ir acompañada de fuertes sobrecostes. De esta forma, alejarse del plazo adecuado es costoso, tanto por exceso como por defecto.

El Pabellón puente para la Expo 2008 de Zaragoza demuestra el impacto en el sobrecoste de un plazo reducido para la ejecución. Proyectado por Zaha Hadid con un presupuesto inicial de 21 M€, acabó costando más de 80 M€, pero se terminó a tiempo. Hugo Corres, fundador y director de Fhecor –la empresa que fue capaz de interpretar el retorcido diseño de Zaha Hadid y convertirlo en algo realizable en el poco tiempo disponible –lo resumía así:

Cuando una obra se hace en poco tiempo, se deben emplear medios extraordinarios, cuyos costes son superiores a los normales. Dobles y triples turnos de trabajo, horarios nocturnos, medidas de seguridad frente a imprevistos, etcétera.<sup>6</sup>

Lo mismo ocurre con las obras que por razones políticas deben terminarse antes de las siguientes elecciones, como la reforma de la autopista de circunvalación M-30 de Madrid, realizada en los tres años previstos, pero con un sobrecoste superior al 60%.

#### *Ejemplos de desviaciones*

Hay numerosos ejemplos de edificios y obras bien conocidos que han sufrido enormes desviaciones en los costes y plazos estimados al inicio del proyecto.

6. Llätzer Moix, *Arquitectura milagrosa* (Barcelona: Anagrama, 2010) página 129.