
Planificación de obras desde arriba hacia abajo

Fernando G. Valderrama

SOFT, S.A. - UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

RESUMEN

Se proponen nuevos métodos para empezar a apreciar la planificación como una herramienta útil y práctica para la construcción y no como un tedioso compendio de teoría de grafos. Entre ellos:

- *Plazo de ejecución de obras por promedios históricos.*
- *Duraciones de actividades en función del coste.*
- *Cálculo del número de equipos.*
- *Reparto temporal por patrones de gasto.*

Estos criterios se basan en reglas heurísticas, la experiencia y el sentido común, y pueden utilizarse para obtener una planificación detallada y rápida, que se puede refinar posteriormente, si se desea, con cualquiera de las técnicas clásicas de dia-grama de barras.

1 EL FRACASO DE LOS MÉTODOS CLÁSICOS

Los métodos de planificación de procesos desarrollados en los años sesenta del siglo pasado, que llamaremos clásicos, como el Pert, el CPM y el Roy, se han tratado de utilizar en la construcción una y otra vez, con poco éxito.

El cuerpo teórico de estas técnicas de planificación puede llegar a ser inmenso. Consiste, como es sabido, en grafos basados en actividades, duraciones, enlaces y precedencias, con sus fechas, holguras, caminos críticos, tiempos óptimos, máximos y mínimos, más algo de probabilidades y otros conceptos estadísticos, a los que se aplica un aparato matemático prácticamente ilimitado. Sin embargo, da la impresión de que estos sistemas, con toda su complejidad, ni son útiles ni se utilizan realmente en la construcción.

Algún autor señala hasta siete razones por los que el Pert no se usa en la construcción, alguna de las cuales es tan pintoresca como “Somos todos españoles” (La programación en la construcción, Jesús Mateos Perera, 2003, Madrid, Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas).

Es necesario, sin embargo, un análisis más realista. Por un lado, no existen datos de partida suficientes para alimentar estos sistemas de cálculo. Nadie sabe los tiempos medios, mínimos y máximos de las actividades más habituales en la construcción, ni mucho menos los costes asociados a cada uno de los mismos, ni la forma que pudiera tener la curva que los relaciona. Por ello, resulta poco creíble la insistencia en estudiar y aplicar unos métodos que se basan necesariamente en datos desconocidos.

Por otro lado, muchos procesos de la construcción no se ven bien reflejados en este tipo de modelos. Por ejemplo, la relación de precedencia entre actividades es extraordinariamente flexible, ya que procesos aparentemente sucesivos pueden ejecutarse simultáneamente si la obra es grande, con relaciones de sucesión entre ellos que tienen poco que ver con los tipos clásicos de dependencias entre inicio y finalización.

Los textos que describen estos métodos y animan a utilizarlos suelen quejarse continuamente de que sus recomendaciones caen en el olvido, de que los profesionales y las empresas los desconocen, o no quieren aplicarlos; sin embargo, la conclusión más obvia es que los métodos no se usan porque no tienen la utilidad que se les supone. Al mismo tiempo, en las Escuelas se enseñan las asignaturas de planificación de manera completamente alejada de la realidad, obligando a los

alumnos a resolver grafos en los que A precede a B y dura T, sin que sepa qué representan A y B, o cómo se sabe lo que dura T.

Esto no quiere decir que no se pueda o se deba planificar, sino que es necesario usar otros sistemas. Los profesionales que planifican la ejecución de las obras aplican métodos, por supuesto, pero utilizan poco aparato matemático y potencia de cálculo, y más experiencia de la construcción, sentido común y flexibilidad.

Esta comunicación plantea nuevos sistemas para realizar una planificación realista y práctica, aplicada a la construcción.

2 ESTIMACIÓN RÁPIDA DE TIEMPOS

El desarrollo de los métodos clásicos se realizó para sectores tecnológicos muy alejados de la construcción, como el naval, aeronáutico o militar, altamente industrializados, pero sin una base histórica en la que apoyarse para realizar predicciones de plazos. La industria de la construcción, por el contrario, mantiene un carácter artesanal, en el que las predicciones de la duración de la ejecución de subsistemas aislados son difíciles, pero existe gran experiencia histórica en los plazos de ejecución agregados del conjunto de la obra. Cualquier profesional estará de acuerdo en que es más fácil estimar lo que tardará en terminarse un rascacielos de cuarenta plantas que el día en que vendrá el electricista a instalar una antena, o lo que le llevará hacerlo.

Por tanto, la manera más sencilla y realista para estimar la duración de la ejecución de una obra de edificación consiste en:

- Crear una base de datos sobre duraciones reales de obras del pasado.
- Identificar los parámetros relevantes.
- Desarrollar un modelo estadístico.

Este modelo se aplica a las obras futuras, en función del valor de los parámetros que se hayan encontrado como relevantes, obteniéndose una duración total global, incluso con su desviación estándar como medida de su fiabilidad.

Así obtenida, la duración es más un dato previo a la planificación que un resultado de laboriosos cálculos. Para quienes preconizan los métodos de programación clásicos, como suele ocurrir en el mundo académico, esta metodología puede parecer una verdadera aberración, pero resulta casi evidente cuando se propone a quienes tienen mucha experiencia en obras. Las obras duran lo que han durado obras anteriores parecidas en situaciones parecidas.

Una vez construido el modelo, la duración global de cada nuevo proyecto se obtiene con poco esfuerzo. De esta forma, esta duración puede utilizarse simplemente como referencia o ayuda para facilitar una planificación clásica más detallada por grafos, que luego se refina, ajusta o modifica sin limitaciones. Veremos más adelante cómo utilizar este resultado para obtener duraciones de actividades y otros valores que pueden aplicarse para desarrollar mejor el método clásico.

3 RELACIÓN ENTRE COSTE Y TIEMPO

El estudio más conocido sobre costes y plazos proviene de una iniciativa del gobierno británico, preocupado porque a medida que se reconocían avances en la estimación de los costes y en la calidad de la construcción, aumentaban los errores de planificación y los costes debidos a ellos.

La iniciativa “Rethinking Construction” propuso una serie de medidas, entre las que estaba la elaboración de una base de datos de indicadores, desarrollada a partir de 1999 por el Building

Cost Information Service Ltd (BCIS), que contiene en la actualidad más de 15.000 proyectos. Una de las ideas clave obtenidas en el estudio es que la predicción de tiempos tiene más variabilidad que la de costes, porque las desviaciones en costes durante el período de la construcción pueden ser compartidas por diferentes agentes de la edificación y, por tanto, no siempre afectan al usuario final, mientras que las de tiempos afectan necesariamente a todos los agentes del proceso. Según sus datos, el 20 % de los proyectos experimentaron incrementos de coste durante la construcción, mientras que el 40 % excedieron el plazo de contrato.

La base de datos no es útil sin un modelo de explotación que permita un análisis predictivo. Uno de estos modelos figura en “Predicting Construction Duration of Building Projects”, de Joe Martin, Theresa Burrows y Ian Pegg, propuesto en el XXIII Congreso FIG, en Octubre de 2006.

Estos autores detectaron en primer lugar una relación de la duración con el coste, obteniendo la siguiente aproximación lineal simplificada, promedio para todo tipo de tipologías:

$$\text{Duración en semanas} = 22.4 * \text{LOG}(\text{Coste en libras de 2005}) - 91.$$

Puesto que el logaritmo decimal de una cantidad es básicamente el número de cifras de su parte entera, la fórmula produce una estimación extraordinariamente rápida y sencilla.

Se dispone de índices más aproximados para cada tipología. Por ejemplo, los índices para vivienda colectiva y unifamiliar son, respectivamente:

$$\text{Duración en semanas} = 33 * \text{LOG}(\text{Coste en libras de 2005}) - 146.$$

$$\text{Duración en semanas} = 31 * \text{LOG}(\text{Coste en libras de 2005}) - 131.$$

La duración estimada en Gran Bretaña para un edificio de vivienda colectiva con un presupuesto de 3.000.000 de libras (3.750.000 euros), que equivale a unas cuarenta viviendas, es de 68 semanas (15 meses).

La duración estimada de la ejecución de una vivienda unifamiliar de 240.000 libras (300.000 euros) es de 36 semanas (8 meses).

Esta es la versión simplificada, limitada al coste y a la tipología. Los autores añadieron otros parámetros relevantes, como la localidad, el tipo de promotor y la forma de licitación y contratación, cuyos detalles pueden verse en la ponencia original.

4 EL MODELO EN ESPAÑA

Para aplicar este modelo en España es necesaria otra base de datos y un sistema de ajuste de los tiempos.

La única colección sistemática de casos reales desde el punto de vista de la duración en nuestro país es la recopilada por Soft SA entre 1996 y 2001, con más de trescientos proyectos. El objetivo original era exclusivamente el coste, pero los datos permiten obtener también información sobre duraciones.

A partir de estos datos, Soft ha propuesto un ajuste de las duraciones obtenidas por la expresión original, para tener en cuenta las diferencias en los ritmos de construcción en Gran Bretaña y en España para cada tipología, que figura como un resultado de su programa Presto.

El proyectista puede realizar su propio ajuste. Por ejemplo, se puede realizar una aproximación utilizando el mismo valor del coste actual en euros, como si fueran libras de 2005. De esta forma, las duraciones promedio en España de los ejemplos anteriores son:

Vivienda colectiva de 3.750.000 euros: 71 semanas (16 meses).

Vivienda unifamiliar de 300.000 euros: 39 semanas (9 meses).

5 PLANIFICACIÓN DETALLADA

El dato de la duración global, evidentemente, y por fiable que sea, no es suficiente para planificar una obra.

El proceso para realizar una planificación detallada en la construcción requiere tres pasos, que pueden ejecutarse con métodos y criterios independientes:

- 1 Seleccionar los conceptos que forman parte de la planificación.
- 2 Determinar su duración.
- 3 Situarlos en el tiempo.

En primer lugar, es necesario decidir si la planificación se realiza con las mismas unidades de obra y estructura del presupuesto o con actividades específicas.

Si se planifican los mismos capítulos y unidades de obra del presupuesto se tiene la posibilidad de comparar directamente los datos temporales y los económicos, puesto que los ingresos, es decir, las certificaciones, van vinculados a la misma estructura que las actividades. Este criterio es muy adecuado para el proyectista o el promotor que no desea entrar en detalle en la programación de la construcción, ya que contrata la obra entera y la abona por unidades de obra.

Sin embargo, la estructura del presupuesto no coincide normalmente con la forma deseada para ejecutar la obra y, además, da lugar a un número muy alto de actividades, algunas excesivamente pequeñas. Una planificación de obra desde el punto de vista del constructor se basa más bien en operaciones o procesos, algunos de los cuales se desglosan más que las unidades de obra del presupuesto, como la ejecución de la estructura, mientras que otros refunden varias unidades de obra en procesos más sencillos, como las instalaciones. Sin embargo, las actividades así definidas no muestran de forma directa la relación entre los datos temporales y los ingresos. Es necesario para ello crear una matriz de cruces entre actividades y unidades de obra, que no siempre es factible.

Los medios digitales permiten, afortunadamente, utilizar los dos criterios, de forma complementaria o exclusiva.

6 DURACIÓN BASADA EN LA DESCOMPOSICIÓN

Tras determinar la estructura de los elementos que componen la planificación temporal, es necesario estimar sus duraciones.

Si el proyectista conoce la duración estimada de una actividad, como se da por supuesto cuando se explican académicamente los sistemas de planificación, el problema ya está resuelto. Pero no es esta la situación real, al menos para una gran mayoría de actividades.

Una primera estimación de la duración de una actividad, si se conoce se estructura de precios descompuestos, se puede deducir de las duraciones de sus componentes de tipo laboral, es decir, del rendimiento de su mano de obra y su maquinaria.

Por ejemplo, si una actividad requiere excavar 1500 m³ de tierra, y el rendimiento de la excavadora es de 2.40 m³/hora, la duración estimada es de:

$$\text{Duración} = 1500 \text{ m}^3 / 2.40 \text{ m}^3/\text{hora} / 8 \text{ horas} = 78,13 \text{ días.}$$

Este sistema no es automático ni exacto:

Generalmente, los rendimientos de mano de obra y maquinaria no encajan entre sí, y es imposible deducir a partir de su análisis la organización del trabajo que ha tenido en mente el redactor del precio. ¿Cómo pueden encajar 0,15 horas de retroexcavadora con 1,2 horas de compresor, 1,38 horas de peón y 3.5 horas de camión, ejemplo típico que podemos encontrar en cualquier cuadro de precios convencional?

“¿Por qué la duración no figura en los cuadros de precios para la construcción?”. Fernando Valderrama, Dyna, Vol. 75, Nº 1, 2000; *Informació i debat* nº5, COAC.

Sin embargo, muchas veces es suficiente para una primera aproximación, sobre todo si no se tienen mejores datos. Basta para ello con elegir el rendimiento mayor y revisar los casos en los que existen criterios mejores; por ejemplo, no es el tiempo de camión, que depende de la distancia al vertedero, el que determina la duración de la excavación, sino el rendimiento de la maquinaria empleada. Estas duraciones unitarias se aplican a la medición estimada y se convierten a días, obteniendo una duración total o bruta. Más adelante veremos cómo convertirla en un plazo razonable, utilizando equipos.

7 DURACIÓN BASADA EN EL COSTE

El sistema de duraciones basadas en la descomposición sólo puede utilizarse si la actividad coincide o se asimila a una unidad de obra; en los demás casos es necesario realizar una planificación específica para la operación o una estimación a sentimiento.

Sin embargo, es posible plantear una relación de proporción entre el coste de la actividad y su plazo frente al coste y al plazo total de la obra, obtenido mediante el método rápido ya descrito o en base a la experiencia. Y, para reflejar aun mejor la realidad, los costes podrían ser en ambos casos los específicos de la mano de obra y de la maquinaria, que reflejan las duraciones probablemente mejor que los costes totales.

Así, la ejecución de una actividad cuyo importe en recursos laborales y equipos sea la décima parte del de la obra podría durar en principio la décima parte del plazo de la obra.

Alternativamente, podríamos pensar que la proporcionalidad correcta debería ser similar a la asumida para la relación del plazo de la propia obra con su coste en el modelo BCIS, es decir, logarítmica. Por ejemplo, para una actividad cuyo coste es la décima parte de la obra y la tipología promedio:

$$\text{Duración de la actividad en semanas} = 22.4 * \text{LOG} (\text{Coste de la obra} / 10) - 91 = 22.4 * \text{LOG} (\text{Coste de la obra}) - 22.4 * \text{LOG} (10) - 91 = \text{Duración de la obra} - 22.4.$$

Sin embargo, este modelo no está pensado para actividades aisladas y no puede usarse con importes pequeños, en los que salen duraciones negativas.

Por otro lado, si las duraciones mantienen una proporción lineal con el coste total y se colocan las actividades una tras otra, la duración total obtenida para la obra es exactamente el plazo de la misma. Puesto que las actividades no se ejecutan en una obra secuencialmente, sino que existen numerosos solapes, es evidente que la duración de cada actividad es realmente mucho mayor que la estricta proporción lineal del coste.

8 SIMULTANEIDAD DE ACTIVIDADES

Para obtener duraciones más reales, por tanto, podemos estimar el número de actividades simultáneas, en promedio, y multiplicar ese número por la duración proporcional al coste. Por ejemplo, si estimamos que en promedio se realizan diez actividades a la vez en una obra, la duración de cada una será unas diez veces la obtenida como proporción del coste.

*Duración de la actividad = Duración de la obra * Coste de la actividad / Coste de la obra * Número de actividades simultáneas.*

En este caso, la simple colocación de una actividad tras otra genera una duración diez veces superior a la estimada para la obra; es necesario recolocar las actividades, manualmente o mediante criterios de precedencia y solapes, para alcanzar el plazo global estimado para la obra.

Para estimar el número de actividades simultáneas se propone un método basado en el número total de actividades de la obra, ya que en una obra más grande se realizan más operaciones al tiempo. El lector puede realizar su propia estimación; por ejemplo, en una obra con una sola actividad sólo hay una actividad en marcha en cada momento, en una obra de diez actividades pueden realizarse dos o tres actividades al tiempo y en una obra de cien actividades puede que se ejecuten simultáneamente diez o doce. Esto lleva a pensar en un modelo potencial.

Para empezar por un modelo sencillo, podemos estimar el número de actividades simultáneo en una obra en la raíz cuadrada del número total de actividades.

Número de actividades simultáneas = RAIZ (Número de actividades).

El valor obtenido se multiplica por la duración proporcional al coste para obtener la duración de cada actividad, cuidando que no sobrepase el propio plazo de la obra.

9 AJUSTES DE LA SIMULTANEIDAD

Este criterio se puede mejorar con dos correcciones diferentes.

La primera es calcular el número total de actividades de la obra por separado para cada actividad, como si todas las actividades tuvieran su mismo coste, es decir, dividiendo el coste de la obra por el de la actividad. Por ejemplo, si el coste de una actividad es el 4 % del coste de la obra, suponemos que el número total de actividades es 25, obteniendo un número de actividades simultáneas de 5 (raíz de 25). La duración de esta actividad es por tanto 5 veces la duración proporcional al coste, es decir, el 20 % del plazo de la obra.

Número de actividades simultáneas = RAIZ (Coste de la obra / Coste de la actividad).

*Duración de la actividad = Coste de la actividad / Coste de la obra * Duración de la obra * RAIZ (Coste de la obra / Coste de la actividad).*

Simplificando:

*Duración de la actividad = RAIZ (Coste de la actividad / Coste de la obra) * Duración de la obra.*

Esta corrección responde al hecho de que las actividades de mayor importancia en cada obra son más críticas y reciben con seguridad más atención y más recursos, ocurriendo lo contrario con las actividades muy pequeñas. Por otra parte, independiza la duración de cada actividad del número total de actividades, y no hace falta calcularlo.

En segundo lugar, podemos introducir un factor definido por el proyectista para obtener duraciones de las actividades más ajustadas a la experiencia real. Puesto que la raíz cuadrada equivale a elevar el valor a 0,5, podemos sustituir el exponente por otro valor V:

$$\text{Número de actividades simultáneas} = (\text{Coste de la obra} / \text{Coste de la actividad}) \wedge V.$$

Sustituyendo y simplificando de nuevo:

$$\text{Duración de la actividad} = (\text{Coste de la actividad} / \text{Coste de la obra}) \wedge (1 - V) * \text{Duración de la obra}.$$

V puede variar entre 0 y 1. El coeficiente de simultaneidad V nulo (cero) indica que no hay actividades simultáneas; la duración de cada actividad es exactamente la proporcional al coste, que es la mínima posible.

El valor de V uno indica que la simultaneidad es total; puesto que todas las actividades se ejecutan al tiempo, cada una dura lo mismo que la obra.

Los valores intermedios permiten obtener duraciones situadas entre estos extremos teóricos; las duraciones más parecidas a la realidad se obtienen con valores cercanos a 0,3.

$$\text{Duración de la actividad} = (\text{Coste de la actividad} / \text{Coste de la obra}) \wedge (1 - 0,3) * \text{Duración de la obra}.$$

Por ejemplo, una actividad cuyo coste es el 4 % del coste de una obra que durará 52 semanas:

$$\text{Duración de la actividad} = (0,04) \wedge (1 - 0,3) * 52 = 5,45 \text{ semanas} = 27,25 \text{ días}.$$

Como el coeficiente de simultaneidad multiplica la duración, la simple disposición sucesiva de las actividades genera una obra cuya duración crece con la simultaneidad. Este comportamiento no es contradictorio, sólo pone de manifiesto que a medida que se admite una mayor simultaneidad el enlace sucesivo va dejando de ser válido. Es necesario ajustar la secuencia de actividades a otra más real usando precedencias y otros recursos.

10 NÚMERO DE EQUIPOS

Cuando se puede calcular la duración unitaria en función de los rendimientos, o por cualquier otro método, el valor obtenido es una duración bruta, que representa el esfuerzo total requerido en días, con un solo equipo asignado a la ejecución de la actividad. Por el contrario, el sistema de cálculo por coste genera un resultado que representa un plazo total razonable.

Cuando se pueden obtener los resultados por ambos métodos, y el plazo en base al rendimiento es mayor que el obtenido en base al coste, su cociente indica aproximadamente el número de equipos que hay que asignar a la actividad para que ambos plazos se igualen.

Por ejemplo, el número de equipos necesario en la actividad usada en los ejemplos anteriores de rendimientos y coste es:

$$\text{Equipos} = \text{Duración por rendimiento} / \text{Duración por coste} = 78,13 / 27,25 = 2,87.$$

Es decir, se necesitan aproximadamente tres máquinas para que ambas duraciones coincidan. En una obra mayor que ésta, pero con el mismo volumen de excavación, aunque la duración de la obra aumente, el plazo obtenido por coste de esta actividad es menor, por lo que hacen falta más

equipos, ya que es necesario terminar antes esta actividad a fin de dejar más tiempo para las restantes. Lo contrario ocurre en una obra más pequeña.

La posibilidad de alterar el plazo total, el coeficiente de ajuste de la simultaneidad y los demás valores que intervienen en este proceso de cálculo permite obtener modelos y simulaciones diferentes para un mismo proyecto.

11 SITUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Tras definir las actividades que aparecen en la planificación y su duración, el último paso es situarlas en el tiempo.

El procedimiento clásico se basa en establecer un sistema de precedencias, con sus diferentes tipos de relación y solapes, obteniendo fechas estimadas tempranas y tardías, holguras, etc. Este procedimiento es totalmente compatible los sistemas anteriores de cálculo de duraciones. Si la duración total obtenida al final del proceso es muy diferente a la utilizada inicialmente para las estimaciones de duraciones por coste, se pueden recalcular las duraciones de las actividades con el nuevo plazo de la obra y reajustar el diagrama de barras.

Hay otros métodos para situar las actividades en el tiempo que pueden ser más sencillas y, al mismo tiempo, más útiles y adecuadas a la construcción.

Por ejemplo, se pueden situar las actividades manualmente, sobre todo si no son muchas. La experiencia y el sentido común pueden utilizarse para fijar las fechas mediante la relación visual entre las actividades, sin limitaciones al tipo de relación, solape, etc.

Otro sistema posible es programar las actividades para que se cumpla un determinado patrón de gasto mensual.

En la construcción, el importe total del presupuesto tiende a repartirse mensualmente durante la ejecución tomando la forma de una campana de Gauss, cuyos valores acumulados dan lugar a una curva logística, llamada también curva “S”, por su forma. Esto permite obtener la curva “S” del gasto mensual previsible, definiendo la proporción entre el gasto medio y extremo, o mediante otro patrón de gasto predeterminado. Si se acepta, como parece natural, que las actividades seguirán el orden del presupuesto, podemos ir asignando las actividades secuencialmente a cada mes hasta que se agote el importe previsto para el mismo. La fracción del importe de la actividad que haya quedado sin terminar pasa al mes siguiente, continuando el proceso hasta el final de la obra.

Si el orden de las actividades es diferente al del presupuesto, o se detectan interferencias entre ellas tras el reparto, basta con realizar el mismo proceso, cambiando el orden, sin necesidad de establecer precedencias de forma explícita.

12 EJEMPLO

Se trata de la ejecución de un edificio de vivienda colectiva, cuyos datos relevantes se muestran en la primera figura. Todos los resultados presentados se han obtenido mediante una implementación de estos métodos en el programa Presto 10.1, sin modificación manual alguna.

Tiempos	Datos	Cálculo	Redondeos	Tablas	Seguridad	Divisas
Cálculo de duraciones a partir de:						
Presupuesto						
Cálculo de duraciones en proporción a:						
1: Coste de recursos						
<input type="checkbox"/> Ajustar equipos						
8 Duración del día laborable en horas						
22,5 Días laborables del mes						
0,3 Coeficiente de simultaneidad para ajustar duraciones por costes						
Tipología del edificio: VIC: Residencial vivienda: Colectiva						
3.313.762,08						
19 Plazo de la obra en meses						

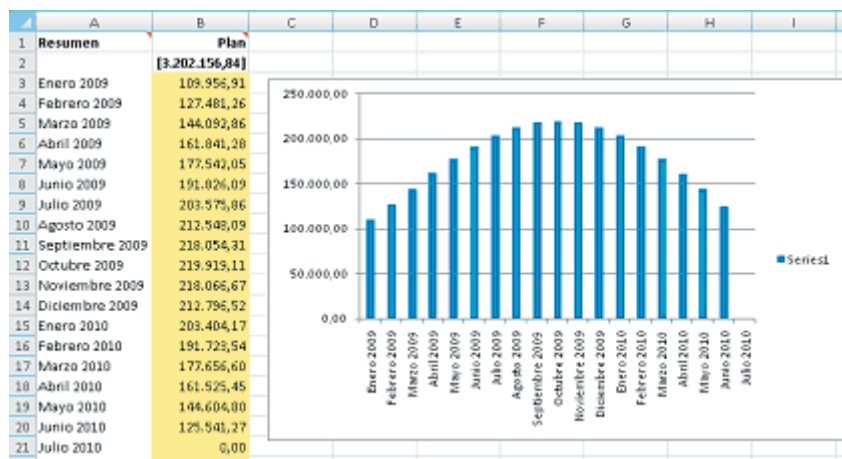
Cálculo del plazo global según el método BCIS adaptado por Soft

CodSup	CodInf	Ud	Resumen	CanPres	DurUnit	DurTiempo (3.123)	DurTot	Equipos	Importe (2.253.801,81)	
1	E02	E02TT040	m3	TRANSP.VERTED. +20km.CARGA MEC.	2.470,00	0,190	59	26	2	27.244,1
2	E04	E04CA060	m3	H.ARM. HA-25/PJ200 V.GRUA	198,45	0,560	14	11	1	33.484,47
3	E05	E05HSA010	m3	HA-25/PJ200 E.METÁL.FILARES	205,00	1,333	35	28	1	62.848,9
4	E05	E05HVA030	m3	HA-25/PJ200 E.MAD.JÁC.CUELG.	230,00	5,961	172	51	3	134.984,7
5	E05	E05HVA075	m3	HA-25/PJ200 E.MAD.ZUNCHOS PL.	108,00	7,800	108	32	3	57.689,28
6	E05	E05HFA060	m2	FORJ.DOB.VIG.AUT. 25+5, B-70	6.260,00	0,450	353	84	4	394.818,2
7	E07	E07LSB010	m2	FAB.LCV-5,2 1P.R.MADRID PALAU MORT.M-5	2.436,00	1,330	405	68	6	171.129
8	E07	E07TL330	m2	TABIQUE LHS 50x20x4cm.+CALIBEL40/51,5dBA	2.840,00	0,750	276	69	4	199.361,4
9	E07	E07TL190	m2	TABICÓN LHD MAHON 29x14x10cm. MORT.BL	1.420,00	0,520	93	25	4	36.934,2
10	E07	E07LP013	m2	FAB.LADR.PERF.7cm. 1/2P.INT.MORT.M-5	1.950,00	0,410	100	25	4	40.131
11	E07	E07TL180	m2	TABIQUE LHS MAHON 20x14x4cm.INT.MORT.M-5	1.680,00	0,450	95	24	4	31.953,6
12	E08	E08PEM010	m2	GUARNECIDO MAESTREADO Y ENLUCIDO	18.872,00	0,270	570	88	6	173.612,88
13	E09	E09PAF050	m2	CUB.INV.TRANS.PEATONES (USO PRIVADO) 8 cm	724,00	0,410	38	17	2	61.945,44
14	E10	E10AAR210	m2	ABSL.R. IMPACTO.COMPOACUSTIC BEL 110/30	4.220,00	0,153	81	22	4	85.328,4
15	E11	E11CTB080	m2	SOLT. UINORMAL.G.MEDIO 30x30 CICLARO C/R	1.160,00	0,400	59	18	3	42.653,2
16	E11	E11RAM050	m2	PARQ.ROBLE 25x5x1cm. ESP.UBOLE	2.700,00	0,450	152	52	3	167.859
17	E12	E12A0563	m2	ALIC. GRES NATURAL 20x20 RECIB. ADH. C/UTA	1.267,00	0,350	56	21	3	46.942,35
18	E13	E13EEB050	ud	P.E. BLINDADA LISA ROBLE	42,00	2,800	14	7	2	33.500,04
19	E13	E13EPL080	ud	P.P. LISA HUECA 2H SAPELLY	298,00	1,400	46	16	3	47.036,99
20	E13	E13MCL010	m2	FTE.ARM.CORR.USO PINO P/PINTAR	350,00	1,000	44	15	3	50.918
21	E14	E14PA2020	ud	VENT.CORRED.PVC 2 HOJ.125x120cm.	309,00	0,250	10	4	3	101.630,1
22	E17	E17MSB090	ud	BENCHUFE SCHUKO SIMÓN 31	815,00	0,450	46	15	3	26.520,1
23	E20	E20XVC030	ud	INST.VIVIENDA C/COCINA+2 BAÑOS	37,00	4,320	20	15	1	40.616,01
24	E22	E22BEL020	ud	ELEM.ALUMI.INY.h=80 142 kcal/h	2.140,00	0,100	27	11	2	38.498,6
25	E23	E23DCH200	m2	CONDUCTO CHAPA 0,8 mm.	265,00	1,000	34	8	4	26.163,45
26	E25	E25TA060	ud	ASCENSOR LUJO 4 PARAD.4 PER.2V	2,00		1	0	1	36.776
27	E27	E27EPA020	m2	P. PLÁST. LISA MATE ESTÁNDAR OBRA BICOLOR	17.338,00	0,100	217	43	5	83.222,4

Duraciones obtenidas para las unidades de obra con importe superior a 25.000 euros de la obra indicada en la figura anterior: Medición | Duración unitaria por rendimiento (horas / ud) | Duración por tiempo (días brutos) | Duración por coste de recursos (plazo en días) | Número de equipos necesario | Importe de la unidad de obra

Aplicando los datos del diagrama de barras
 Cuadrando la diferencia entre planificación y objetivo
 Objetivo
 Plazo de la obra en meses ...
 Proporción entre el gasto mensual máximo y mínimo
 Repartiendo el objetivo mensualmente en campana de Gauss

Valores para generar la planificación por reparto de gastos



Importes de la planificación obtenidos con los valores anteriores (traspasados a Excel)

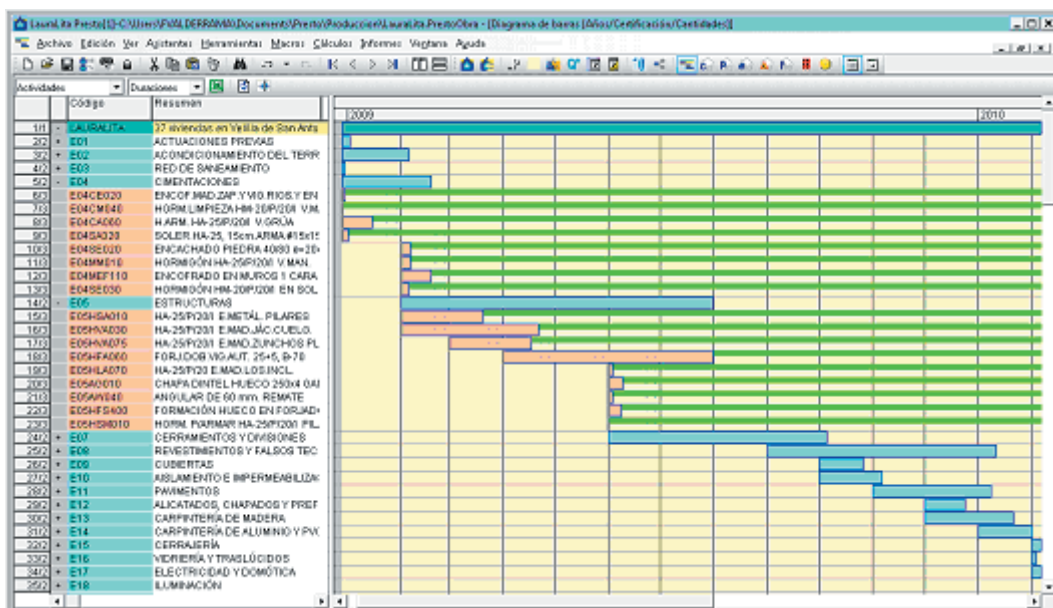


Diagrama de barras con duraciones basadas en tiempos, costes y equipos y fechas por reparto de gasto, mostrando los capítulos de cimentaciones y estructuras desplegados.

13 CONCLUSIONES

Esta comunicación plantea cuatro sistemas novedosos para determinar duraciones y fechas:

- Plazo de ejecución de obras por promedios históricos.
- Duraciones de actividades en función del coste.
- Cálculo del número de equipos.
- Reparto temporal por patrones de gasto.

Aunque algunos de estos criterios, considerados aisladamente, pueden parecer simplificaciones excesivas de la realidad, representan potentes sistemas heurísticos, basados en reglas comprobadas experimentalmente y en el sentido común. Pueden considerarse, si se desea, como una forma fácil y rápida para obtener una programación básica, que puede refinarse posteriormente con cualquier programa clásico de diagrama de barras.

Un sistema digital adecuado permitirá combinar con efectividad recursos automáticos y ajustes manuales, calculando las duraciones de las actividades por los distintos criterios, combinando precedencias, fechas fijas, fechas por reparto de gasto y otros automatismos, y modificando las prioridades entre ellos. El resultado final es la integración de estos métodos con el sistema clásico de programación por precedencias, que es simplemente un subconjunto de técnicas.

Por ejemplo, se puede planificar inicialmente por meses, repartiendo la curva de gasto, y refinar el diagrama de barras generado para ajustar las actividades con precisión de días. O, por el contrario, planificar por el método clásico y consolidar los importes por meses para obtener la curva de gasto, que indicará visualmente si la planificación parece aceptable en su conjunto.

Como conclusión, este método de planificación:

- Puede actuar simultáneamente desde lo particular a lo general, como el sistema clásico, pero también de lo general a lo particular, a partir de datos históricos y suposiciones razonables, y contrastar ambos resultados.
- Permite obtener con un mínimo esfuerzo una planificación razonable, que se puede depurar con las herramientas clásicas.
- Limita los conocimientos a menudo innecesarios que se exigen en la enseñanza y la utilización de los métodos clásicos, complementándolos con criterios específicos para la construcción, que no provienen de otros sectores industriales.

El objetivo final es empezar a apreciar la planificación como una herramienta práctica y útil para la construcción, y no como un tedioso compendio de teoría de grafos.

BIBLIOGRAFÍA

MATEOS PERERA, Jesús, 2003. *La programación en la construcción*, Madrid: Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas.

SOFT, S.A. “Costes + Datos de Edificación”, Madrid.

MARTIN, Joe, BURROWS, Theresa y PEGG, Ian. “Predicting Construction Duration of Building Projects”, XXIII Congreso FIG, Octubre de 2006.

VALDERRAMA, Fernando, 2000. “¿Por qué la duración no figura en los cuadros de precios para la construcción?”, en *Dyna*, Vol. 75, Nº 1, 2000; *Informació i debat* nº5, COAC.

SOFT, S.A., 2008. *Manual de Presto 10.1*, Madrid.

GARCÍA, Gonzalo, 2001. *Precio, tiempo y arquitectura*, Madrid: Editorial Maira.

VALDERRAMA, Fernando, 2007. *Mediciones y presupuestos: Y otros DIN-A4 del proyecto según el CTE*, Barcelona: Editorial Reverté.