

Gestión del Tiempo. Solución al problema de la Doble Ligadura

Time Managment: Solution to the problem of double constraint

David Cobos Godoy

Joca Ingeniería, Accenture, ITAE

jcobosg1@hotmail.com

Fecha de recepción: 11-12-2014

Fecha de aceptación: 21-10-2015

Resumen: Hoy en día en la búsqueda de la optimización del tiempo resulta imprescindible en cualquier empresa, administrarlo de forma eficaz permite reducir costes, aumentar la satisfacción de los clientes, mejorar los resultados con menos esfuerzos.... Los diagramas de Gantt son sin duda de gran ayuda en esta labor, existiendo herramientas informáticas que permiten no solo su representación gráfica de forma muy sencilla, sino la explotación de los datos que se desprenden de la relación existente entre el final e inicio de una actividad, con el final e inicio del resto de actividades. En el presente artículo se propone, en base a la experiencia, una metodología de trabajo para controlar el tiempo de un conjunto de actividades, así como el planteamiento y la solución al problema de la Doble Ligadura, que a buen seguro, habrá dado más de un quebradero de cabeza a muchos técnicos.

Palabras claves: gestión del tiempo, doble ligadura, camino crítico, ligadura crítica, Gantt.

Abstract: Many technicians, in their professional activity, need to control the execution deadline of all the activities or components that make up projects, works, and processes. In an attempt to address that need, and even before the existence of computers, Henry L. Grantt proposed a methodology for the graphic representation of those activities, so as to give an approximate idea of who they each interacted with the others, as well as each of the activities' impact on the total execution period.

Computer science has allowed the creation of various tools that lead to easily and intuitively elaborate Grantt diagrams, and to use the information about each activity's duration and the relation that exists between the start and end of each activity with the others. The Critical Path analysis allows the classification of activities as critical and non-critical. A delay in execution of the former will result in a delay on the total execution period, whereas non-critical activities function within a margin in such a way that a delay in completion will have little to no impact on the total execution period.

Among all of the computing tools in existence on the market for the generation of Grantt diagrams, Microsoft Project is perhaps the most widely used by technicians. It basically requires two inputs: the estimated duration of each of the activities making up a project, and the existing relations between their start and end.

Said relations require conditioning through Restraints, the end or start of an activity with the start or end of another. These restraints imply the joining of two activities under the condition that the start or end of one will only occur after a determined period of time from the start or end of the other. Microsoft Project presents the important restriction of not allowing to establish more than one restraint between two activities; meaning, if for instance, the start of one activities is conditioned by the start of another, there will not be any more relations between those two activities, such as the end of said activities, in which case incorrect or hardly comprehensive data may be constructed.

The above mentioned restriction is not a minor problem, for if analyzed correctly, when the start of one activity conditions the start of another, which frequently occurs, the ends of both activities will likely also be similarly related. For example, a facade closing evidently cannot be started until part of the structure has been completed, but it is not less true that the closing cannot be finished until after the total execution of the structure.

In this article, I will attempt to explain in simple but rigorous manner the fundamental elements of the technical programming of a project. A work methodology will be proposed to ease the work of the technicians, and I will try to offer a solution to the problem

of the Double Restraint between activities, which has certainly been making it difficult for the many technicians who use Microsoft Project on a daily basis.

Keywords: Time Management, Double Constraint, Critical Path, Critical Constraint, Gantt

Son muchos los técnicos que en su actividad profesional requieren controlar el plazo de ejecución del conjunto de actividades que integran un proyecto, una obra, un proceso... Con este fin y antes incluso de que existieran los ordenadores, Henry L. Gantt propuso una metodología para la representación gráfica de esas actividades, de forma que se pudiera tener una idea clara tanto de cómo interactuaban las unas con las otras, como la influencia de cada una de ellas en el plazo total.

Básicamente un diagrama de Gantt consiste en representar horizontalmente las actividades a modo de barras, y verticalmente las horas, días, semanas o la unidad temporal que se desee utilizar. El extremo izquierdo de la barra indica por tanto, la fecha de inicio de la actividad y el derecho, la fecha final, de esta forma la longitud de la barra no es más que la duración de la actividad representada.

La informática ha permitido la generación de diversas herramientas que permiten no solo elaborar los diagramas de Gantt de forma muy sencilla e intuitiva, sino explotar la información que se desprende de la duración de cada actividad y la relación que existe entre el inicio y final de cada una de ellas con el resto. En este sentido destaca la determinación del conocido Camino Crítico, que permite clasificar las actividades en críticas y no críticas. En las primeras, el retraso en su ejecución provocará un retraso en el plazo total, por el contrario, las no críticas presentan una holgura o margen dentro del cual, un retraso en su ejecución no influirá en el plazo total (Valbuena y González, 2007, Yepes-Piqueras, 2001).

De entre todas las herramientas informáticas existentes en el mercado para la generación de diagramas de Gantt, quizás la más extendida y usada por los técnicos sea Microsoft Project, la cual básicamente requiere dos inputs, la duración estimada de cada una de las actividades, y las relaciones existentes entre el final y comienzo de las distintas actividades que componen el proyecto.

Dichas relaciones suponen condicionar mediante Ligaduras, el fin o comienzo de una actividad, con el comienzo o final de otra, dichas ligaduras implican la unión de dos actividades bajo la condición de que su inicio o final no se podrá dar hasta que haya pasado un determinado tiempo desde el inicio o final de otra (Drudis, 1999). En este sentido, Project presenta la importante limitación de no permitir establecer más de una ligadura entre dos actividades, es decir, si por ejemplo se condiciona el inicio de una actividad al inicio de otra, ya no se podrán establecer más relaciones entre esas dos actividades, por ejemplo condicionar además del inicio el final de ambas. Como consecuencia la programación técnica podría arrojar datos inexactos, o al menos, de difícil explicación.

La mencionada limitación no es un problema menor, ya que si se analiza bien, cuando el comienzo de una actividad condiciona el comienzo de otra, lo cual es frecuente, seguramente los finales de ambas también estén igualmente relacionados. A modo de ejemplo es evidente que no se puede empezar un cerramiento de fachadas hasta haber completado una parte de la estructura, pero no es menos cierto que no se podrá terminar el cerramiento si no lo ha hecho en su totalidad la ejecución de la estructura.

En el presente artículo se tratará de explicar de forma sencilla pero rigurosa, los elementos fundamentales de la programación técnica de un proyecto, se propondrá una metodología de trabajo que facilite la labor de los técnicos, y se tratará de dar solución al problema de la Doble Ligadura entre actividades, el cual, a buen seguro, habrá dado más de un quebradero de cabeza a los muchos técnicos que utilizan el Project en su que hacer diario. Ni mucho menos se pretende plantear un manual de uso de la herramienta, dado que sobre este tema ya hay mucho escrito, se trata de aportar una visión práctica y una metodología de trabajo basada en la experiencia.

1. Elementos fundamentales de la Programación Técnica.

1.1 Actividades

En la elaboración del programa técnico de un proyecto, el técnico responsable deberá establecer las Actividades mediante las cuales pretende controlar la fecha de terminación prevista. En la medida de lo posible, el número de actividades a controlar no debería superar las 50, dado que la experiencia demuestra la complejidad de controlar una programación de más actividades (Ballenato, G. (2007).

Resulta importante definir una metodología para representarlas gráficamente, de forma que de un vistazo se tenga conocimiento de su codificación, duración y relación con el resto de actividades que componen el proyecto. Se propone representarlas mediante un rectángulo que contendrá su número identificativo y denominación en su interior, y su duración en días o en la unidad temporal que se desee utilizar en la parte superior derecha.

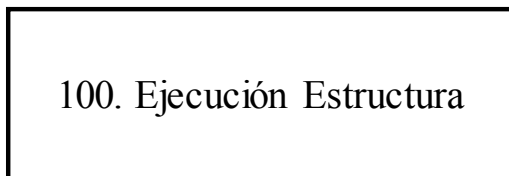


Figura 1. Representación gráfica de una Actividad

Este símbolo representaría a la actividad Ejecución de Estructura, cuyo número identificativo es el 100 y cuya duración es de 65 días. Es recomendable asignar números identificativos de 5 en 5, de forma que si por alguna razón en medio de la programación hay que insertar alguna actividad olvidada, no se rompa el orden numérico de las mismas.

1.2 Ligaduras o vínculos

Cuando el comienzo o final de una actividad está condicionado por el comienzo o final de otra, se dice que entre ambas existe una Ligadura, la cual, se caracteriza por su Tipo y Tiempo de Posposición. Se distinguen los siguientes tipos (Martínez-Aznar, 2007):

- Fin a Comienzo (FC)
- Comienzo a Comienzo (CC)

- Fin a Fin (FF)
- Comienzo a Fin (CF). *Poco frecuente.*

La programación de estas ligaduras implica asumir que el comienzo o final de una actividad, no puede realizarse hasta que haya transcurrido, *como mínimo*, un determinado tiempo desde el comienzo o final de otra/s actividad/es que se llamará Predecesora/s. A ese tiempo se denominará Tiempo de Posposición (Biafore, 2006).

Las ligaduras serán representadas mediante una flecha que irá desde el inicio o final de una actividad (predecesora), al inicio o final de otra actividad. Sobre esta flecha se escribirá la abreviatura del tipo de ligadura y su tiempo de posposición (t):

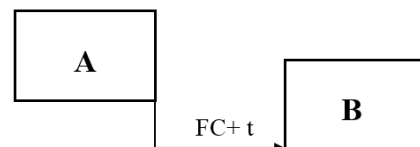


Figura 2. Representación gráfica de una actividad B y su predecesora A

1.2.1 Fin a Comienzo (FC)

Un posible ejemplo sería el siguiente: la actividad Desencofrado, cuyo número identificativo es 200 y su duración 10 días, no puede iniciarse hasta que hayan transcurrido, como mínimo, 15 días desde la finalización de la actividad Hormigonado. (*La actividad Hormigonado es predecesora de Desencofrado, ya que condiciona su inicio y/o final, en este caso su inicio. El tiempo de posposición entre el final del hormigonado y el inicio del desencofrado es de 15 días*)

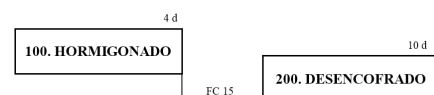


Figura 3. Ejemplo ligadura Final - Comienzo

Esta ligadura implica que en caso de que el Hormigonado empiece más tarde y/o dure más tiempo del previsto, se produzca un retraso en el inicio del desencofrado (ver flechas en color rojo).

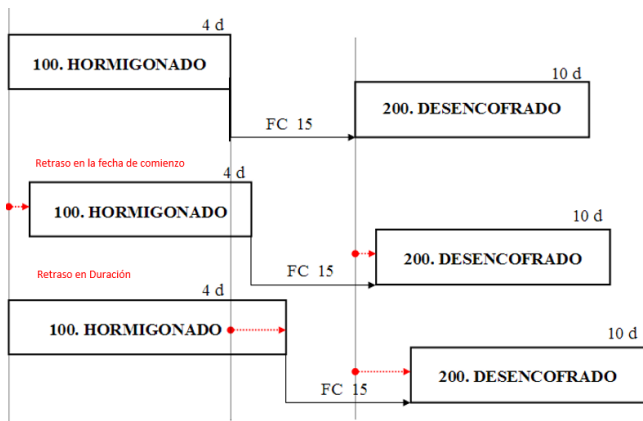


Figura 4. Ejemplo retraso en ligadura Final - Comienzo

1.2.2 Comienzo - Comienzo (CC)

Mediante esta ligadura se fuerza a que una actividad no pueda comenzar hasta que haya transcurrido un determinado tiempo desde el comienzo de otra, por ejemplo la Estructura debe comenzar, al menos, 10 días después de hacerlo la Cimentación.

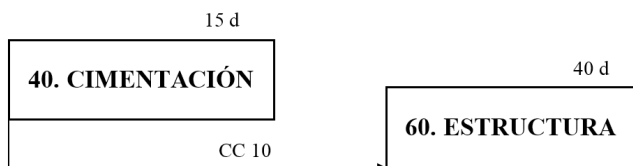


Figura 5. Representación ligadura Comienzo - Comienzo

Un retraso en el comienzo de la cimentación, supondrá un retraso en el comienzo de la estructura.

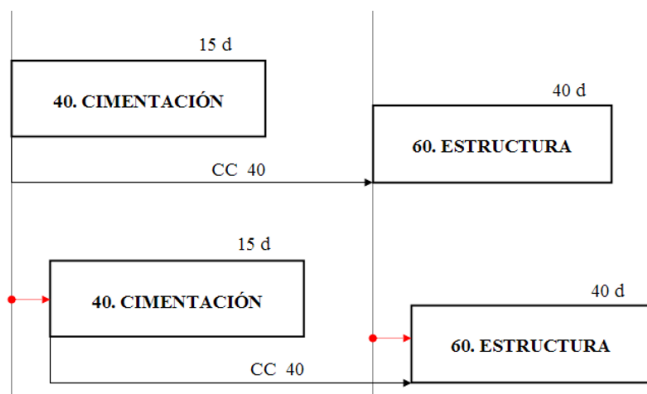


Figura 6. Ejemplo retraso en ligadura Comienzo - Comienzo

Ahora bien, tal y como están programadas las dos actividades, un aumento de duración de la cimentación no supondría un retraso, ya que sus finales no se en-

cuentran vinculados. Como se verá más adelante, y como dicta el sentido común, esta programación estaría incompleta, se trata de un caso de *Doble Ligadura*, es evidente que no se puede concluir la estructura sin que lo haya hecho la cimentación y este hecho debe quedar reflejado en la programación.

1.2.3 Fin - Fin (FF)

La actividad Terraplén está condicionada por el desvío de la línea eléctrica, de tal forma que, acabado el desvío, deben transcurrir como mínimo 20 días hasta la finalización del terraplén.

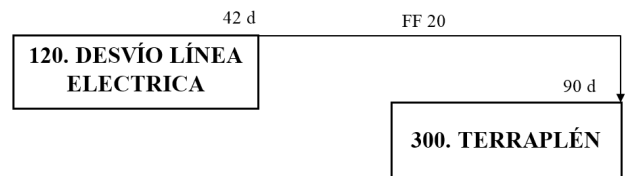


Figura 7. Ejemplo ligadura Final - Final

Si se retrasa la finalización del desvío de la línea, por comenzar más tarde y/o durar más de lo previsto, se retrasará la finalización del terraplén.

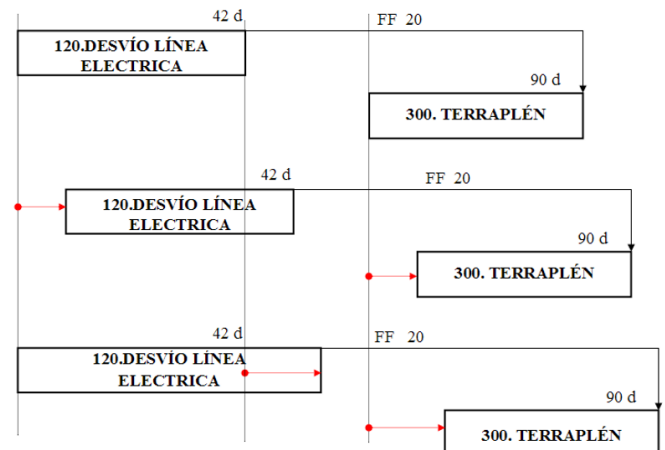


Figura 8. Ejemplo retraso ligadura Final - Final

1.2.4 Doble Ligadura (CC - FF)

Como ya se ha comentado, es muy frecuente que una actividad tenga ligaduras de tipo CC y FF con una misma actividad predecesora, de hecho, cuando entre dos actividades hay una ligadura de tipo CC, normalmente habrá una de tipo FF. Sería el caso de la Estructura y el Cerramiento de Fachadas, hasta ejecutar un determinado porcentaje de estructura, no se podrá iniciar el

cerramiento, del mismo modo que, acabada la estructura, el cerramiento terminará unos días después, pero nunca antes.

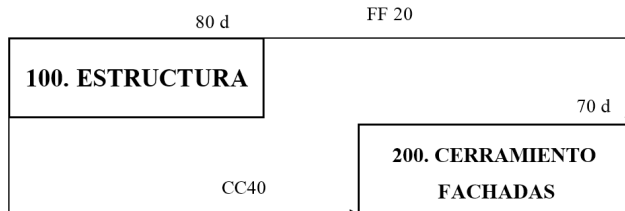


Figura 9. Ejemplo Doble Ligadura

En estos casos, el consumo de tiempo que hay por el lado de la ligadura CC y el de la ligadura FF, no será siempre el mismo. En el ejemplo se consumen 100 días por el lado de la ligadura FF y 110 por el de la ligadura CC. La ejecución de las dos actividades durará *como mínimo* la duración del camino *más largo*, en este caso, 110 días.

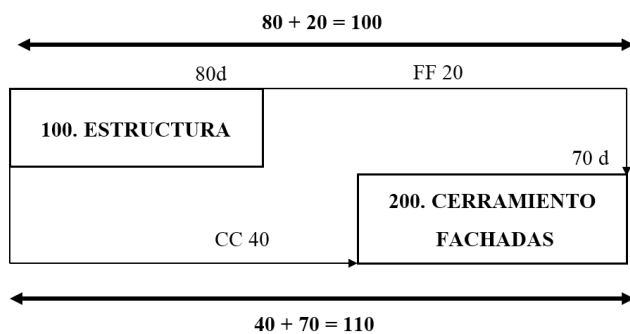


Figura 10. Ejemplo Doble Ligadura - Camino más largo

Ahora bien, el hecho de que por una parte se consuma más tiempo que por otra, provocará la existencia de lo que se podría llamar Margen de Rendimiento o Demora, el cual reflejará *cuántos días puede demorarse una de las actividades, sin que se retrase la ejecución de ambas*.

En el caso expuesto, se consume mayor tiempo por el lado de la ligadura CC, por lo que en ese lado no hay margen, o lo que es lo mismo, si se aumenta la duración del Cerramiento o se retrasa su inicio, se retrasará la ejecución de las *dos* actividades y durará más de los 110 días previstos.

Por el contrario, en la estructura existe un margen de 10 días (110 días del camino más largo – 100 días del camino más corto). Por tanto, aun ejecutándose la estructura en 10 días más de los inicialmente previstos, *si su fecha de inicio no se retrasa, la fecha de finalización*

de las dos actividades no variaría (seguiría durando 110 días), si bien, lo podría hacer el plazo total ya que pudiera haber otras actividades en las que la estructura fuera predecesora.

Como vemos en la siguiente figura, aun durando la estructura 90 días en lugar de los 80 inicialmente previstos, la duración de ambas actividades seguirá siendo 110 días.

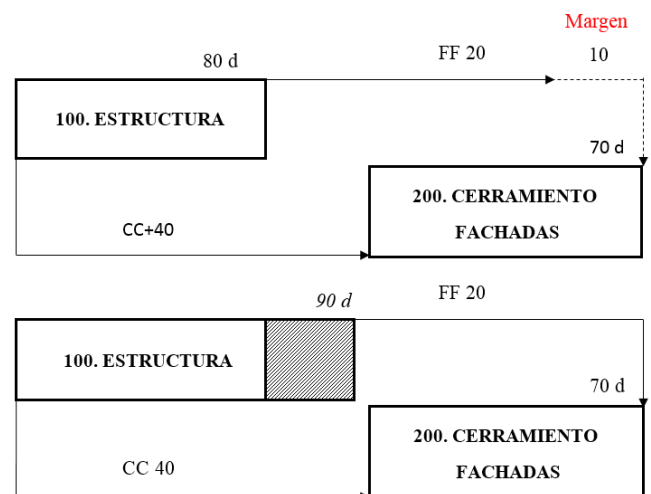


Figura 11. Ejemplo Doble Ligadura- Retraso de la estructura

En el ejemplo de la Figura 12 se consume más tiempo por el lado de la ligadura FF que por el lado de la ligadura CC.

$$\text{Tiempo por el lado FF} = 80 + 45 = 125$$

$$\text{Tiempo por el lado CC} = 50 + 70 = 120$$

$$\text{Margen} = 125 - 120 = 5$$

Ahora el margen estará por tanto en el cerramiento, de tal forma que, aun ejecutándolo 5 días más lento de los 70 inicialmente previstos, no cambiaría la fecha de ejecución de las dos actividades (seguiría durando 125 días) y *con toda seguridad, no aumentaría el plazo total, en todo caso lo disminuirá*, ya que este aumento de duración no supondrá acabarla más tarde sino empezarla antes. Por contra, cualquier aumento en la duración de la estructura provocará que la ejecución de ambas dure más de 125 días y quizás provoque un aumento del plazo total.

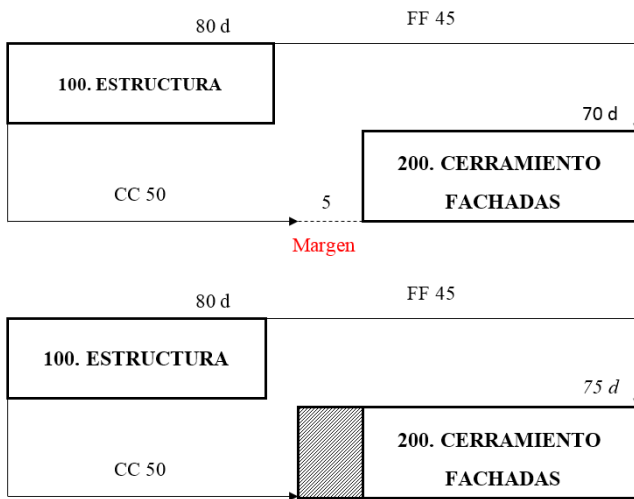


Figura 12. Ejemplo Doble Ligadura – Retraso cerramiento fachadas

A modo de conclusión se podría decir que cuando exista doble ligadura, conviene replantearse nuevamente las duraciones de las actividades fijadas de antemano. Si se consume más tiempo por el lado de la ligadura FF, se puede estudiar la posibilidad de aumentar la duración de la actividad hasta que se iguale el camino por ambos lados, con objeto de que comience lo antes posible. *Evidentemente esto no puede ser una regla fija, ya que podría conducir a rendimientos antieconómicos, pero resulta paradójico que el hacer una actividad con menos rendimiento pueda implicar una mejora en la fecha de terminación prevista.*

2. Fichas de Actividad

Una vez propuesta una metodología para la representación gráfica de las actividades y las ligaduras, así como el significado de los conceptos fundamentales a manejar, es conveniente que antes de acometer la programación en Project, se elabore para cada actividad una Ficha en la que se reflejen sus datos más importantes, que como mínimo serían los dos siguientes.

La duración justificada de la actividad en base a los rendimientos esperados. Es decir, si se prevé pintar 25 metros cuadrados por día y se deben pintar un total de 100, la duración estimada de la actividad será de cuatro días. Es igualmente importante reflejar con qué medios se prevé alcanzar dicho rendimiento: personal, horas máquina etc...

El otro elemento importante que debería contener la ficha, será la representación gráfica de cómo se relaciona el inicio y final de la misma, con el resto de actividades, o lo que es lo mismo, sus actividades predece-

soras. De forma análoga a la anterior, es conveniente justificar los tiempos de posposición entre actividades.

Resulta práctico comenzar dibujando la actividad que se está estudiando, en la parte inferior derecha. A continuación se irán dibujando a 45 grados las distintas actividades predecesoras una encima de otra, haciendo coincidir el final de la que se dibuja con el inicio de la que está debajo. En caso de que la ligadura sea de tipo FC, se dejará un espacio entre el final de la actividad que se está dibujando y el comienzo de la que está debajo de ella.

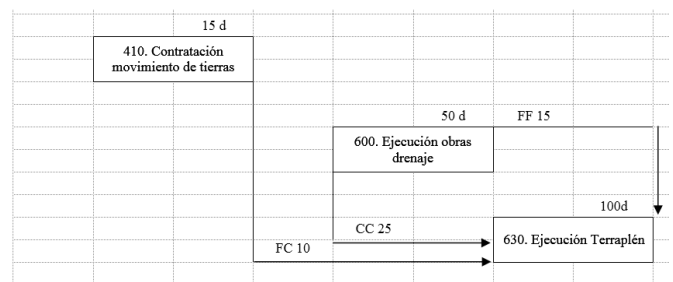


Figura 13. Ejemplo Ficha de Actividad

En el ejemplo anterior se elabora la ficha de la actividad 630. Ejecución Terraplén, la cual tiene como predecesoras a la 600. Ejecución obras drenaje y la 410. Contratación movimiento de tierras. Con el drenaje existe doble ligadura, Final – Final con 15 días de posposición y Comienzo – Comienzo con 25 días. Con la contratación del movimiento de tierras existe una ligadura Final – Comienzo con 10 días de posposición.

La elaboración de las fichas permitirá aclarar dudas en cualquier momento sobre los tiempos y ligaduras que recogerá la futura programación en Project y lo que es más importante, permitirá una vez iniciada la ejecución de los trabajos, comprobar si las hipótesis de rendimiento, recursos consumidos etc son o no ciertas. Si no lo son, la programación deberá ser modificada convenientemente, de forma que en todo momento refleje la realidad existente.

3. Programación en Project

Realizadas las Fichas de todas las actividades, es momento de incluir la información en Project, con objeto de no cometer errores, podría resultar útil traspasar toda la información a una *Tabla de Programación* que contenga de forma resumida toda la información plasmada en las fichas, se propone el siguiente modelo:

Tabla 1. Tabla de Programación

Actividad			Predecesoras		
Nº	Denominación	Duración	Nº	Tipo	Posp.
100	Cimentación	4	-	-	-
105	Estructura	5	100	CC	3
				FF	3
110	Cubierta	3	105	CC	4
				FF	2
...					

Se incluirán todas las actividades con su correspondiente numeración y duración, posteriormente en la columna Predecesoras se anotarán las ligaduras con sus actividades predecesoras, indicando su número identificativo, tipo de ligadura y tiempo de posposición.

Según esta tabla de programación, la actividad Estructura tiene como predecesoras a la 100, es decir, a la Cimentación. Entre ambas existe doble ligadura CC 3 y FF 3.

Elaborada la tabla, la introducción de los datos en Project, será mucho más sencilla, rápida y fiable.

4. Consideraciones sobre las ligaduras, tiempos de posposición y holguras.

Se darán casos en los que el comienzo o final de una actividad, esté condicionado por *más de una ligadura*. En estos casos, el comienzo o final de la actividad, lo determinará aquella ligadura que sea más restrictiva, es decir, aquella que fuerza a la actividad a *comenzar o terminar más tarde*.

En el siguiente ejemplo el comienzo de la actividad C está condicionado por dos ligaduras, una de tipo FC 1 con A, que la haría comenzar el día 3, y otra CC 5 con B, que la hace comenzar el día 6. La que marcará el comienzo de C, será la ligadura CC, ya que es la más restrictiva, *cumpléndose ésta, se cumplirán las dos*.

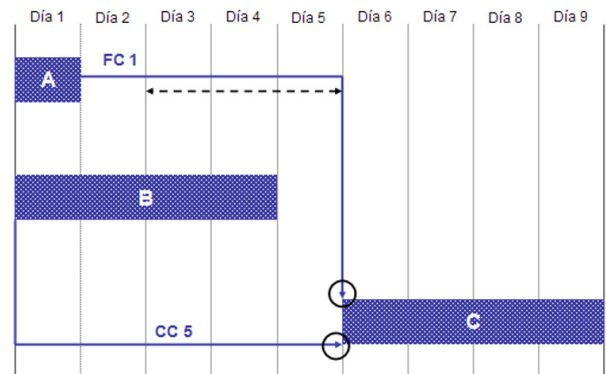


Figura 14. Ligadura más restrictiva

Como se observa en el anterior ejemplo, los tiempos de posposición son mínimos, es decir, cuando se define una ligadura, por ejemplo, del tipo FC 1, se indica que entre el final y el comienzo de las dos actividades, debe haber como *mínimo* un día.

Por otro lado, en el apartado anterior se ha incluido el concepto de Margen de Demora u Holgura, *cuyo entendimiento es fundamental para entender y sacar partido a la programación técnica*.

El significado de la holgura de una actividad será *distinto* en función de si *su ejecución se ha iniciado o no*, de esta forma, en actividades no iniciadas, la holgura hará referencia a su fecha de comienzo y en actividades iniciadas, a su duración.

El motivo de este doble significado radica en que cuando una actividad no se ha iniciado, la atención se debe centrar en que comience como muy tarde, en la fecha de comienzo que marca Project más la posible holgura que tenga la actividad, un comienzo más tardío supondrá un aumento del plazo total previsto (Martínez-Aznar, 2007).

Cuando la actividad se ha iniciado y por tanto la fecha de comienzo no es una previsión sino real, la atención debe centrarse en que la actividad dure como máximo, su duración prevista más la posible holgura que tenga la actividad, si durase más, supondría un retraso del plazo total previsto (Fernández-Tamanes, 2013).

Como se ha comentado anteriormente, el hecho de que una actividad que no ha empezado a ejecutarse tenga holgura, significa que existe un *intervalo temporal* que va desde su Fecha de Comienzo hasta la Fecha de Comienzo + Holgura, en el cual puede comenzar la actividad sin que ello implique un retraso del proyecto, ahora bien ¿Cuándo programará su comienzo Project? En estos casos, y a menos que se le indique lo contrario, *Project siempre optará por la opción de programar*

la actividad para que comience Lo Antes Posible (Terrazas, 2011).

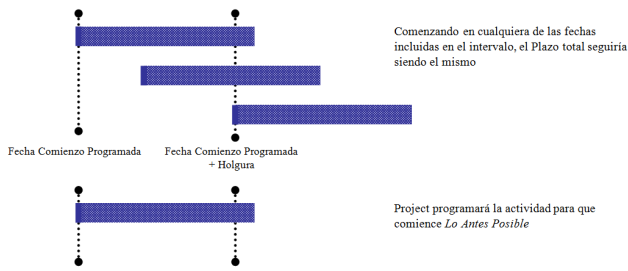


Figura 15. Intervalo temporal

La interpretación del significado de la holgura de las actividades permitirá priorizarlas en base a su influencia en el plazo Total (Biafore y Stover 2012). Una holgura cero, indica que cualquier retraso en la fecha de comienzo o fin de la actividad, supondrá un aumento del plazo total, a este tipo de actividades se las llama Críticas y por su importancia, se representarán en color rojo.

Se denomina Camino Crítico al formado por las actividades críticas, *controlar o mejorar el plazo total, implicará controlar o mejorar su camino crítico* (Sánchez-Losada, 2012).

Evidentemente, tanto el camino crítico como las holguras *son variables*, de tal forma que un cambio en las duraciones o ligaduras inicialmente programadas, podrá hacer que actividades que antes no eran críticas pasen a serlo y viceversa.

Veamos algunos ejemplos, supongamos una programación muy sencilla como esta:

Tabla 2. Tabla de Programación Ejemplo 1

Actividad			Predecesoras		
Nº	Denominación	Duración	Nº	Tipo	Posp.
10	Actividad A	2	-	-	-
15	Actividad B	2	-	-	-
20	Actividad C	3	10	FC	2
			15	CC	3

Una vez programada, se observa que las dos actividades críticas, representadas por tanto en rojo, son la A y la C. Sin embargo la B, no es crítica, presenta un margen de demora u holgura de 1 día.



Figura 16. Ejemplo 1

Dado que la actividad B no ha comenzado, el margen de demora hace referencia a cuánto se puede retrasar la fecha de inicio de la actividad sin que perjudique al plazo total. En este caso, al ser de un solo día, implica que si la actividad B en vez de comenzar el 4/11 como está programada en la Figura 16, lo hace el 5/11, el plazo total seguirá siendo el mismo, es decir, el 10/11. Veámoslo:

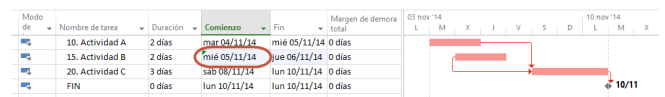


Figura 17. Ejemplo 2

Como se comprueba, el cambio de fecha de comienzo, no afecta al plazo total, sigue siendo el 10/11, ahora bien, como consecuencia de este retraso la actividad B, ya no tiene holgura, lo que implica que cualquier retraso en su comienzo supondrá un aumento del plazo total.

En efecto y tal y como se muestra en la Figura 18, si se fuerza a que la actividad comience el día 6/11, el plazo pasa del 10/11 al 11/11 y no solo eso, sino que la actividad A deja de ser crítica (ahora se representa en azul), dado que la fecha de comienzo de la actividad C ya no viene fijada por la ligadura FC entre A y C, sino por la ligadura CC entre B y C. Si A comenzase en lugar del 4/11 el 5/11, el inicio de C seguirá siendo el día 9/11 y la fecha de terminación seguiría siendo el 11/11.

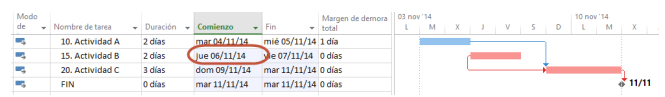


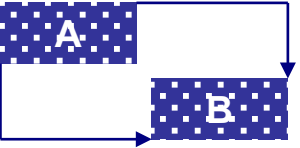
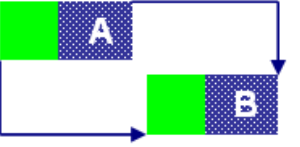
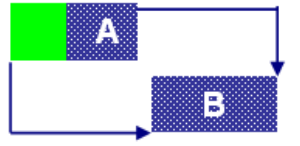
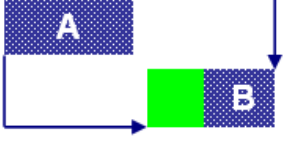
Figura 18. Ejemplo 3

5. Solución a la programación de Dobles Ligaduras

Como ya se ha mencionado, si se intentan programar las dobles ligaduras que pudieran existir en un proyecto, Project indicará que no es posible vincular dos actividades con más de una ligadura, lo cual genera la duda de cuál se debe programar para que la programación sea correcta.

Para resolver la duda planteada, se debe buscar una metodología enfocada a determinar en cada caso, qué ligadura se debe programar para que la información proporcionada por Project sea correcta, a dicha ligadura se la llamará Crítica. En la siguiente tabla se muestra para los casos posibles, qué ligadura será la crítica:

Tabla 3. Solución a dobles ligaduras

<p>Caso 1 No ha comenzado ni A ni B:</p> 	<p>La ligadura crítica será aquella que esté en el lado donde se consume más tiempo. Será CC cuando la duración de B más el tiempo de posposición de la ligadura CC sea mayor que la duración de A más el tiempo de posposición de la ligadura FF. Si es menor, la ligadura crítica será la de FF.</p>
<p>Caso 2 A y B se han iniciado</p> 	<p>En estos casos la ligadura CC ya no condiciona nada, puesto que ambas actividades ya han comenzado, los comienzos son por tanto reales, no programados. La ligadura crítica será la de FF.</p>
<p>Caso 3 A se ha iniciado, B no:</p> 	<p>En estos casos, la ligadura crítica será la de FF y la ligadura CC, será sustituida por una condición del tipo No comenzar antes de la fecha que resulte de sumarle a la Fecha de Comienzo Real de A, los días de posposición de la ligadura CC.</p>
<p>Caso 4 B se ha iniciado, A no:</p> 	<p>En estos casos la ligadura crítica será la de FF. La ligadura de CC al haber comenzado B no condiciona nada, y además ha sido incumplida.</p>

Trabajemos con el siguiente ejemplo: El trabajo a realizar consiste en la ejecución de una cimentación, una estructura y una cubierta. Es evidente que la estructura no puede empezar hasta que se haya hecho un determinado porcentaje de la cimentación, pero no es menos evidente que la estructura no puede terminar

sin que lo haya hecho la cimentación.

Tabla 4. Tabla de Programación Ejemplo 4

Actividad			Predecesoras		
Nº	Denominación	Duración	Nº	Tipo	Posp.
100	Cimentación	4	-	-	-
105	Estructura	5	100	CC	3
				FF	3
110	Cubierta	3	105	CC	4

Al iniciar la programación se deberá establecer qué ligadura de las dos existentes entre la cimentación y la estructura debe programarse. Dado que aún no habrán comenzado a ejecutarse, se tratará del primer caso planteado en la tabla anterior (no ha comenzado ni A ni B), se debe determinar por tanto por cuál de los lados se consume más tiempo, si por el lado de la ligadura CC o por el de la FF.

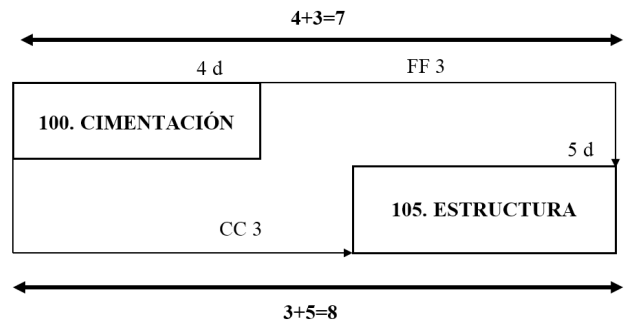


Figura 19. Doble Ligadura

Como se observa, se consume más tiempo por el lado de la ligadura CC, por tanto esta es la que se debe programar, programándose ésta, se dará cumplimiento a las dos. En efecto tal y como se observa en la Figura 1, programando la ligadura CC también se cumplirá que desde el final de la cimentación al de la estructura deben al menos transcurrir 3 días.

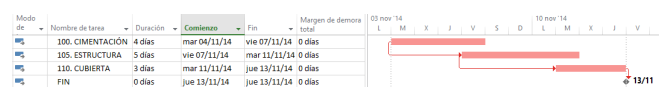


Figura 20. Ejemplo 4

Como se observa en la figura 21, si en lugar de la ligadura CC, se hubiera programado la FF, la progra-

mación sería incorrecta, dado que no se cumpliría la condición de que deben transcurrir al menos 3 días desde el inicio de la cimentación para comenzar la estructura. La programación sería por tanto incorrecta y proporcionaría una fecha de terminación incorrecta.

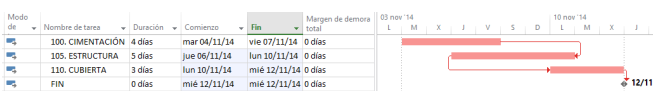


Figura 21. Ejemplo 5

En la figura 22 la ejecución de la actividad cimentación ha empezado, lleva un día de ejecución (lo cual se representa por el color verde de su primer día), sin embargo sigue programada la ligadura CC, no se ha seguido por tanto con la metodología expuesta en la tabla anterior, la cual indica en el Caso 3, que cuando A se ha iniciado y B no, la ligadura programada debe ser la FF, y la CC ser sustituida por una condición del tipo *No comenzar antes de* la fecha que resulte de sumarle a la Fecha de Comienzo Real de A, los días de posposición de la ligadura CC.

¿Qué consecuencias tiene no seguir con la metodología propuesta? como ya se ha comentado el efecto es que Project proporcionará información incorrecta, tal y como se aprecia en la figura 22 el programa asignará una holgura a la cimentación de 6 días, lo cual es a todas luces incorrecto, dado que de producirse un aumento de la duración de la cimentación de 6 días, con toda probabilidad se retrasará la terminación de la estructura y en consecuencia, la finalización del proyecto.

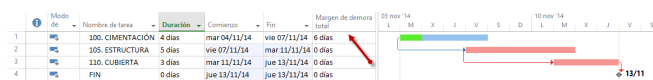


Figura 22. Ejemplo 6

¿Qué está ocurriendo? Ni más ni menos que al no estar programada la ligadura FF entre la cimentación y estructura, Project proporciona una holgura igual a los días existentes desde la finalización de la actividad Cimentación hasta la fecha final del proyecto, lo cual es evidentemente erróneo. (Nótese que al estar iniciada la actividad, la holgura hace referencia no a cuanto se puede demorar el inicio de la actividad para que no se retrase el total del proyecto, sino a cuánto más puede durar la ejecución de la actividad sin que se demore la fecha total del proyecto)

Si se retoma el ejemplo anterior y se opera como se propone en la tabla, se debe programar la ligadura FF y la CC debe sustituirse por una condición del tipo No

comenzar antes de la fecha que resulte de sumarle a la Fecha de Comienzo Real de la Cimentación (4/11/14), los 3 días de posposición de la ligadura CC con la estructura, o lo que es lo mismo 4/11/14 + 3 días = 7/11/14.

Aplicar la condición *No comenzar antes de* es muy sencillo, basta con ir a la celda donde se indica la fecha de comienzo programada para la estructura y escribir 7/11/14. Al hacer esto Project programará la actividad para que se cumpla tanto que no comience antes del 7/11/14, como para que se cumpla la ligadura FF entre la cimentación y la estructura.

Para localizar las condiciones de este tipo que se han incluido en la programación, Project las distingue insertando un cuadro en la columna información

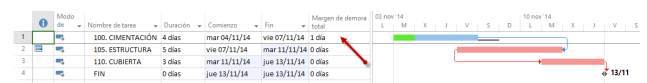


Figura 23. Ejemplo 7

Como se observa los resultados cambian, si bien la fecha de comienzo de la estructura y la de finalización del proyecto siguen siendo la misma que en la figura 22, la holgura de la cimentación es de solo un día y no de 6 como en el caso en el que no se seguía la metodología propuesta en la tabla. Ahora se podría concluir con toda certeza, que aun durando un día más de los 4 previstos la cimentación, la fecha de finalización seguiría siendo la misma.

Es obvio que el ejemplo analizado es muy sencillo y a simple vista se podría intuir que la demora de 6 días inicialmente propuesta por Project no era permisible, si bien cuando hay mayor número de actividades, no es tan fácil intuir qué es correcto y que no, resultando necesario contar con una metodología de funcionamiento clara que evite informaciones erróneas que pudieran perjudicar el devenir del proyecto.

6. Conclusión

Los diagramas de Gantt y su representación mediante los programas informáticos hoy en día disponibles como Project, contribuyen a facilitar la búsqueda de la no poco importante misión de que las cosas duren lo menos posible en base a los medios disponibles.

Para ello es necesario no solo manejar bien la herramienta, sino entender claramente los conceptos fundamentales que se han tratado a lo largo de este artículo. Además la experiencia demuestra que dis-

poner de una metodología clara de trabajo entorno a la elaboración de las Fichas de Actividad, contribuye a un mejor control de las actividades, de las desviaciones en los rendimientos inicialmente previstos, de la interacción de unas actividades con otras, y en definitiva, un mejor control del proyecto.

El problema de la Doble Ligadura planteado en el artículo no es menor, como se ha comprobado, si no se trata convenientemente la herramienta podría arrojar información incorrecta, poniendo en peligro el objetivo del control del plazo. La metodología propuesta da cumplida solución a cada una de las situaciones que pueden darse.

Bibliografía:

- BALLENATO, G. (2007). *Gestión del Tiempo. En busca de la eficacia*. Madrid: Pirámide.
- BIAFORE, B. (2006). *Gestión de Proyectos con Ms Project*. Madrid: Anaya.
- BIAFORE, B., STOVER T. S. (2012). *Gestión de Proyectos en el mundo real*. Madrid: Anaya Multimedia.
- DRUDIS, A. (1999). *Gestión de proyectos: Cómo planificarlos, organizarlos y dirigirlos*. Barcelona: Gestión 2000.
- FERNÁNDEZ-TAMANES, J. (2013). *Project 2013*. Madrid: Anaya
- MARTÍNEZ-AZNAR, G. (2007). *Organización y Gestión de Proyectos y Obras* (2007). Madrid: McGraw-Hill.
- SÁNCHEZ-LOSADA, J.M. (2012). "Modelos de Gestión de Proyectos: dirección de proyectos compatible con el pensamiento Lean". DYNA, 87(2): 214-221.
- TERRAZAS, R. (2011). Planificación y Programación de Operaciones. Perspectivas 28. Versión Online. Accesible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rp/n28/n28a02.pdf>
- VALBUENA, A. Y GONZÁLEZ W. (2007). *Organización, programación y control de obras*. Tenerife: Universidad de La Laguna.
- YEPES-PIQUERAS, V. (2001). *Planificación, programación y control en la construcción*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.