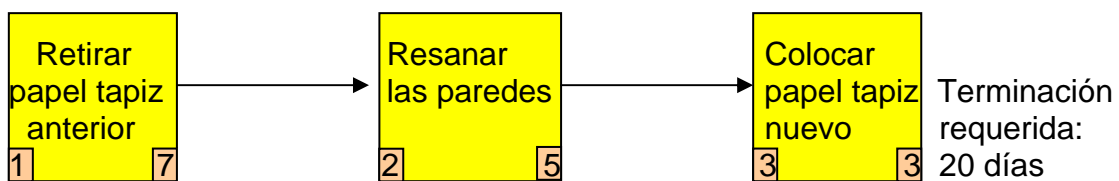


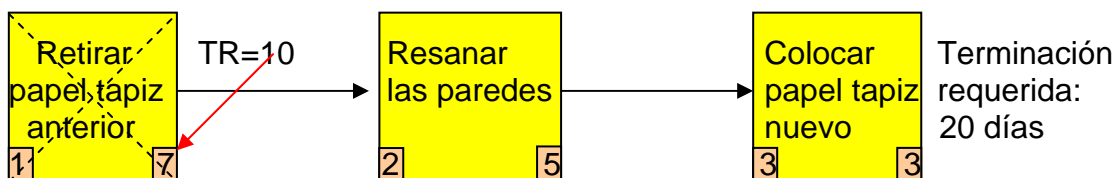
## EFECTOS DEL DESEMPEÑO REAL DEL PROGRAMA

A lo largo de un proyecto, algunas actividades se terminarán a tiempo, sin embargo, otras se terminarán antes del programado y otras más, finalizarán después del tiempo programado.

El avance real, es decir si se trabajara con mayor rapidez con lentitud que lo planeado, tendrá un efecto en las actividades restantes no terminadas del proyecto. Específicamente, las fechas de terminación reales TR de las actividades determinarán las primeras fechas de inicio y terminación para las actividades restantes en el diagrama de red, así como la holgura total.



(a)



(b)

La parte más del diagrama de red (a) un proyecto simple, muestra de lo más pronto que puede terminación proyecto es el día 15 (que es la suma de las tres actividades  $7 + 5 + 3 = 15$ ).

La fecha de terminación requerida es el día 20, por lo tanto el proyecto tiene una holgura de +5 días.

Suponga que la actividad 1 "retirar papel tapiz anterior", en realidad se termina hasta el día 10, en lugar del día 7 como fue planeado, debido a ciertas complicaciones como se observa una parte (b).

Lo anterior significa que las primeras fechas de inicio y terminación para las actividades 2 y 3 serán por lo tanto tres días después de establecido el programa original ( $10 - 7 = 3$ )

Esto significa que la actividad "retirar papel tapiz anterior", en lugar de haber sido terminado el día 7 se terminó el día 10. Para "resanar las paredes" será el día 10, ( $7 + 3$ ) y su PT será el día 15. "Colocar papel tapiz nuevo" tendrá una PI del día 15 y una PT del día 18. Al comparar esta PT nueva de la última actividad con la fecha de terminación requerida del día 20, encontramos una diferencia de dos días. El tiempo de holgura empeoró: cambió en una dirección negativa de +5 días a +2 días.

Con anterior se demuestra como las fechas de terminación reales de las actividades tienen un efecto de onda expansiva, alterando las primeras fechas de inicio y terminación de las actividades restantes y la holgura total.

Una de las actividades tachadas es para llevar un control sobre las actividades que se han terminado. En lugar de tacharla también puede ser sombreada.

## **INCORPORACIÓN DE LOS CAMBIOS DEL PROYECTO EN EL PROGRAMA**

A lo largo de un proyecto pueden ocurrir cambios que tienen impacto en el programa. Como ya fue comentado estos cambios podrían ser iniciados por cliente o por el consultor, o bien ser el resultado de un suceso imprevisto.

Los cambios iniciados por cliente pueden ser por varias razones:

- ✦ El comprador de la casa le dice al constructor que la estancia debe ser más grande y que las ventanas de las recámaras deben ser reubicadas.
- ✦ Un cliente le dice el consultor que está desarrollando ciertos sistemas de información que es necesario contar con la capacidad de producir diversos informes financieros además de gráficas que no estaban contempladas con anterioridad.

Este tipo de cambios representan revisiones al alcance del proyecto original y tendrán un impacto tanto en el tiempo como en el costo del programa. La intensidad de este impacto dependerá de cuando se soliciten los cambios.

Si dichos cambios se solicitan al inicio pueden tener menos impacto en el costo que si se solicitan cuando el proyecto está más avanzado. Por ejemplo, el cambio del tamaño de la estancia y la reubicación las ventanas de las recámaras serían relativamente más fáciles si la casa aún estuviera en la etapa de diseño y los planos aún estuvieran en preparación. Pero si los cambios se solicitaran después de que se colocaran los marcos y se instalaran las ventanas, el impacto en los costos y el programa sería mucho mayor.

Cuando el cliente solicita un cambio, el consultor estimará el impacto en el presupuesto del proyecto y luego deberá obtener la aprobación del cliente antes de proseguir. Si el cliente aprueba las revisiones propuestas al programa y al presupuesto del proyecto, cualquier tarea adicional, estimación de la duración revisada y material y costos de la mano de obra se deben incorporar.

Un ejemplo de un cambio iniciado por el Consultor en que planea un evento y toma la decisión de eliminar ciertas actividades, por limitación de espacios y costos. El plan del proyecto tendría entonces que revisarse para eliminar o modificar odas las actividades relacionadas con esta actividad. Por ejemplo un cambio iniciado por un gerente de proyecto cuando a un contratista a quien se le encargó el desarrollo de un sistema de facturación automatizado para un cliente, sugiere que, en vez de incorporar el *software* diseñado a la medida (desarrollo propio), el sistema utilice un *software* estándar disponible con el fin de reducir los costos y acelerar el programa.

Algunos cambios consisten en la adición de actividades que se pararon por alto cuando se desarrolló el plan original, como por ejemplo, el equipo de proyecto puede haber olvidado incluir actividades asociadas al desarrollo de materiales de capacitación para un sistema informático nuevo. O el cliente tal vez no haya incluido la instalación de canaletas y tuberías en el alcance de trabajo para la construcción de un restaurante.

Otros cambios se vuelven necesarios debido a sucesos imprevistos, como época de lluvias torrenciales que hace más lenta la construcción de un edificio, o bien un producto nuevo que no logra acreditar las pruebas de calidad, o bien la renuncia de un integrante clave del equipo. Todos estos sucesos tendrán un impacto en el programa o presupuesto y requerirán que se modifique el plan del proyecto.

¿**Cuáles son tres elementos que pueden afectar los cambios del proyecto?**

Todavía pueden resultar otros cambios suscitados por añadir más detalles al diagrama de red a medida que avanza el proyecto. No importa qué grado de detalle se utilice en diagrama de red inicial, habrá algunas actividades que puedan dividirse aún más a medida que el proyecto avanza.

Cualquier tipo de cambio, ya sea por cliente, o por el consultor, o por el gerente de proyecto o por cualquier suceso imprevisto, siempre requerirá una modificación al plan en términos de alcance, presupuesto o programa. Cuando estos cambios se acuerdan, se establece un plan inicial nuevo y se utiliza como punto de referencia contra el cual se compara el desempeño real del proyecto.

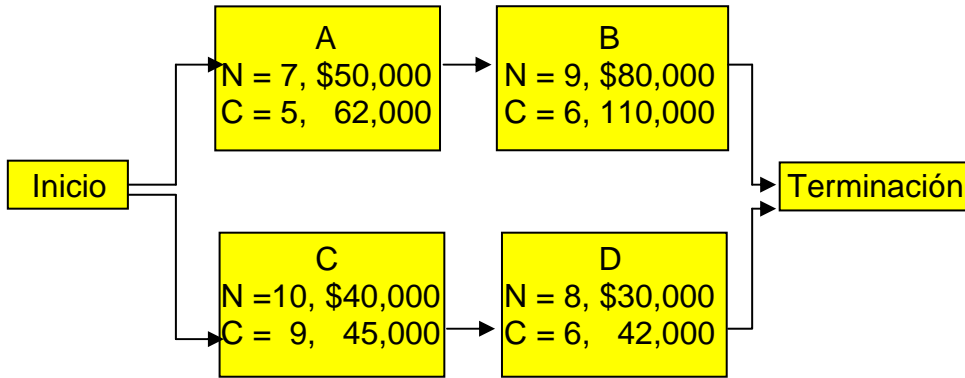
## ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DEL PROYECTO

La planeación y programación basada en “diagramas de red” permite que los programas de los proyectos sean dinámicos. Debido a que el plan de red (diagrama) y programa (tabulación) son independientes, es mucho más fácil actualizarlos en forma manual actualizar la gráfica de Gantt tradicional.

## EQUILIBRIO ENTRE TIEMPO Y COSTO

La metodología de equilibrio entre tiempo y costo se utiliza para reducir de manera paulatina, la duración del proyecto con el incremento más pequeño asociado al costo incremental. Se basa en las suposiciones siguientes:

1. Cada actividad tienen **dos pares** de estimaciones de duración y costo: **Normal y de Compresión**. El **tiempo normal** es la duración estimada del tiempo requerido para realizar la actividad bajo condiciones normales, de acuerdo con el plan. El **costo normal** es el costo estimado para terminar la actividad el tiempo normal. El **tiempo de compresión** es la duración estimada más corta del tiempo en el cual la actividad puede terminarse. El **tiempo de compresión** es el tiempo estimado para determinar la actividad, precisamente en el tiempo de compresión.



**N**= Estimaciones Normales  
**C**= Estimaciones de Compresión

En la gráfica anterior podemos observar que las cuatro actividades A ,B, C, D, tienen **dos estimaciones**, una **tiempo** normal y **costo** normal otra que contiene las estimaciones de **tiempo de compresión** y **costo de compresión**.

1. El tiempo normal estimado para realizar actividad **A** es de 7 semanas y su costo normal estimado el 50,000. El tiempo de compresión para esta actividad es de 5 semanas y el costo para terminar la actividad en esta duración es de 62,000
2. La duración del actividad puede acelerarse por incrementos que van desde su tiempo normal a su tiempo de compresión al invertir más dinero y recursos, es decir asignar a más personas, trabajar tiempo extra, utiliza más equipo etc. El aumento en los costos se asociará a la aceleración de la actividad.
3. Una actividad no puede terminarse menos tiempo de su tiempo de compresión, no importando cuántos recursos adicionales se apliquen. Por ejemplo, la actividad A no puede terminarse en menos de cinco semanas, ni la B en menos de seis semanas, no importando cuántos recursos se utilicen o cuánto dinero se gaste.
4. Los recursos necesarios para reducir la duración estimada de una actividad de su tiempo normal hasta su tiempo de compresión siempre estarán disponibles cuando se necesiten.
5. Dentro del rango entre los puntos normales y de compresión de una actividad, la relación entre tiempo y el costo será lineal. Cada actividad tienen su propio costo por periodo para acelerar la duración del actividad su tiempo normal a su tiempo de compresión es de período de aceleración de costo por tiempo se calcula como sigue:

$$\frac{\text{Costo de Compresión} - \text{Costo Normal}}{\text{Tiempo Normal} - \text{Tiempo de Compresión}}$$

$$\frac{62,000 - 50,000}{7 - 5 \text{ semanas}} = \frac{12,000}{2 \text{ semanas}} = 6,000 \text{ semanal}$$

ACTIVIDAD	N Costo Normal	C Costo de compresión	Diferencia	Incremento de Costo por actividad
<b>A</b>	<b>7</b> <b>50,000</b>	<b>5</b> <b>62,000</b>	<b>2</b> <b>12,000</b>	<b>6,000</b> (12,000/2)
<b>B</b>	<b>9</b> <b>80,000</b>	<b>6</b> <b>110,000</b>	<b>3</b> <b>30,000</b>	<b>10,000</b> (30,000/3)
Tiempo AB de terminación	<b>16</b>	<b>11</b>		
<b>C</b>	<b>10</b> <b>40,000</b>	<b>9</b> <b>45,000</b>	<b>1</b> <b>5,000</b>	<b>5,000</b> (5,000/1)
<b>D</b>	<b>8</b> <b>30,000</b>	<b>6</b> <b>42,000</b>	<b>2</b> <b>12,000</b>	<b>6,000</b> (12,000/2)
Tiempo CD de terminación	<b>18</b>	<b>Duración de Ruta Crítica</b> <b>15</b>		
<b>Costo</b>	<b>200,000</b>	<b>259,000</b>		

En este diagrama de red observamos que tiene dos rutas de principio a fin; la ruta A-B y la ruta C-D. si observamos las estimaciones normales, la ruta A-B necesitará 16 semanas para ser terminada, mientras que la ruta C-D /18 semanas en completarse.

Por lo tanto, el menor tiempo de puede terminarse proyecto con base en estas estimaciones es de 18 semanas, es decir, la duración de su ruta crítica, formada por las actividades C-D. El costo total del proyecto con base en el costo asociado con la realización de cada actividad en su tiempo normal es de:

$$50,000 + 80,000 + 40,000 + 30,000 = \$200,000$$

Si todas estas actividades se llevaran a cabo en sus tiempos de compresión respectivos, la ruta A-B tardaría 11 semanas (5+6) y la ruta C-D tardaría 15 semanas (9+6). Entonces, lo más rápido que puede terminarse el proyecto con base en las estimaciones de tiempo de compresión, es de 15 semanas, tres semanas antes que si las actividades se realizaban en sus tiempos normales.

El general, no es necesario ni constructivo colapsar (es decir, hacer en su tiempo de compresión) todas las actividades. Por ejemplo, si queremos colapsar las actividades apropiadas sólo en la cantidad necesaria para acelerar la terminación del proyecto de 18 a 15 semanas (menos 3 semanas). Cualquier colapso adicional de las actividades sólo va a aumentar el costo total del proyecto sin reducir más la duración del mismo, porque éste está determinado por la duración de la ruta crítica. En otras palabras, la aceleración de las actividades que no están en la ruta crítica no reduce tiempo de terminación del proyecto, sino que aumenta el costo total del proyecto.

***El objetivo del método equilibrio entre tiempo y costo es determinar el menor tiempo de terminación del proyecto, con base en el colapso de aquellas actividades que tengan como resultado el menor aumento del costo total del proyecto.***

Para lograr lo anterior, es necesario reducir la duración total del proyecto, pero un solo período a la vez, colapsar sólo aquellas actividades están en la(s) ruta(s) crítica(s) y tienen el menor costo de aceleración por periodo.

Con base en la ruta crítica del ejemplo, con base en las estimaciones normales de tiempo y costo, lo más pronto que podría terminarse proyecto sería en 18 semanas, como se determinó en la ruta crítica (C-D), con un costo total del proyecto de 200,000.

El costo por semana de acelerar cada actividad es como sigue

	Costo por Semana
Actividad A	6,000
Actividad B	10,000
Actividad C	5,000
Actividad D	6,000

Para poder reducir la duración total del proyecto de 18 semanas a tan sólo 17, primero debemos identificar la ruta crítica C-D y luego determinar qué actividad de la ruta crítica puede acelerarse al menor costo por semana.

Como podemos observar la actividad C es la que menor costo tiene y su importe de 5000 semanal y acelerar la actividad D tiene un costo de 6000 semanal. Por lo tanto, es menos caro acelerar la actividad C 10 y si se colapsa una semana, es decir de 10 semanas a 9 semanas, la duración total del proyecto se reduce de 18 semanas a 17 semanas, pero con un costo total del proyecto que aumenta en 5000, es decir, de 200,000 a 205,000.

Si queremos reducir la duración total del proyecto más de un periodo, de 17 semanas a 16, de nuevo debemos identificar la ruta crítica. La duración de las dos rutas es 16 semanas para A-B y 17 semanas para C-D.

Por lo tanto la ruta crítica es aún C-D y debe reducirse de nuevo. Al observar la ruta C-D vemos que aún cuando la actividad C y un costo de aceleración inferior por semana en comparación con actividad D no podemos acelerar más actividad C ya que llegamos a su tiempo de compresión de 9 semanas, cuando proyecto se redujo de 18 semanas a 17. Por lo tanto la única opción es acelerar la actividad D una semana, es decir de ocho semanas a 7. Esto reduce la duración de la ruta crítica C-D a 16 semanas, pero el costo total del proyecto aumenta en 6000 (el costo por semana por acelerar la actividad D), de 205,000 a 211,000.

Una vez más, reduzcamos otra semana la duración del proyecto, de 16 semanas de 15. Si estudiamos nuestras dos rutas, veamos que ahora son de igual duración, 16 semanas, así que ahora tenemos dos rutas críticas.

Para reducir la duración total del proyecto de 16 de 15 semanas, es necesario acelerar cada ruta una semana. Al observar la ruta C-D, vemos que la única actividad con cierto tiempo restante por colapsar el actividad D.

Puede colapsarse una semana más, de 7 semanas a 6, con un costo adicional de 6000.

Para acelerar la ruta A-B una semana, tenemos una opción de colapsar la actividad A o bien la actividad B.

La aceleración del actividad A y un costo de 6000 semanales, en comparación con un costo de 10,000 del actividad B. por consiguiente, para reducir la duración del proyecto de 16 de 15 semanas, es necesario colapsar las actividades D y A, una semana cada una.

Esto aumenta el costo total del proyecto en 12,000 (6,000+6,000), de 211,000 a 223,000

Duración del Proyecto (Semanas)	Rutas Críticas	Costo Total del Proyecto	
18	C-D	200,000	
17	C-D	205,000	(200,000+5,000=205,000)
16	C-D	211,000	(205,000+6,000=211,000)
15	C-D, A-B	223,000	(211,000+6,000+6,000=223,000)

En la tabla anterior, observamos la aceleración por incrementos en la terminación total del proyecto y el aumento por incrementos, asociado en el costo total del proyecto. Indica que reducir la duración total del proyecto una semana aumentaría el costo total del proyecto en 5000. Una reducción de dos semanas costaría 11,000 y reducir las tres semanas costaría 23,000.

Ahora intentemos nuevamente reducir la duración total del proyecto una semana, es decir de la semana 15 ahora a la semana 14.



Tenemos dos rutas críticas con la misma duración, 15 semanas. Por lo tanto, las dos deben acelerarse una semana. Sin embargo al observar la ruta C-D, vemos que las dos actividades ya están en su tiempo de compresión, 9 semanas y 6 semanas respectivamente y por lo tanto no pueden acelerarse más.

La aceleración de la ruta A-B no tendría por lo tanto ningún valor, debido a que aumentaría el costo total del proyecto, pero ningún momento reduciría la duración en tiempo del proyecto.

Nuestra capacidad para reducir la duración total del proyecto está limitada por el hecho de que la ruta C-D no puede reducirse más.

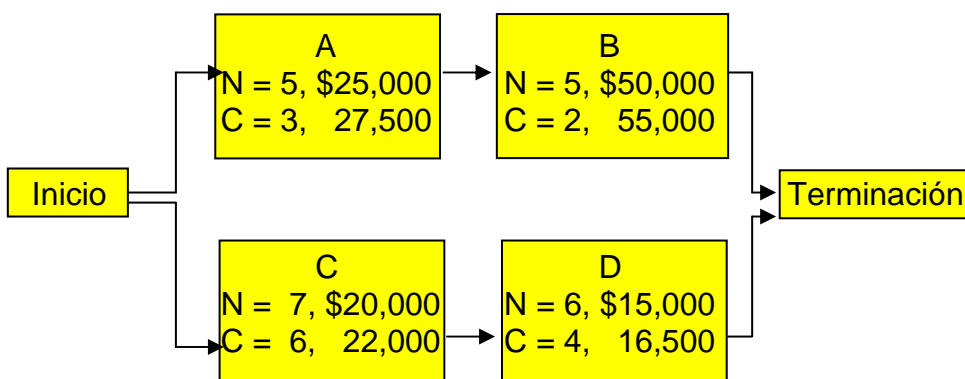
Si las cuatro actividades colapsaran, el costo total del proyecto sería de 259,000 pero no se terminaría antes de 15 semanas.

Al utilizar el método equilibrio entre tiempo y costo podemos reducir la duración del proyecto de 18 a 15 semanas, a un costo adicional de 23,000 al colapsar de manera selectiva las actividades críticas con el menor costo de aceleración por periodo. Colapsar todas las actividades, habría dado como resultado un desperdicio de 36,000 debido a que no se podría lograr ninguna reducción en la duración total del proyecto mayor a 15 semanas.

## RESUMEN

La metodología de intercambio entre tiempo y costo se utiliza para reducir la duración del proyecto de manera incremental “con el menor incremento asociado en el costo incremental”.

Se basa en las suposiciones de que cada actividad tiene una estimación de duración y un costo normal y una estimada, que la duración de la actividad puede acelerarse por incrementos al aplicar más recursos y que la relación entre tiempo y costo es lineal. El tiempo normal es la duración estimada requerida para realizar actividad bajo condiciones normales; el costo normal es el costo estimado para completar actividad en el tiempo normal. El tiempo de compresión es la duración más corta estimada en la cual actividad puede completarse; el costo de compresión es el costo estimado para completar actividad en el tiempo de compresión, que siempre será más corto.



N= Estimaciones Normales

C= Estimaciones de Compresión



## Caso 1

ACTIVIDAD	N Costo Normal	C Costo de compresión	Diferencia	Incremento de Costo por actividad
A	5 25,000	3 27,500	2 2,500	1,250 (12,000/2)
B	5 50,000	2 55,000	3 5,000	1,667 (30,000/3)
Tiempo AB de terminación	10	5		
C	7 20,000	6 22,000	1 2,000	2,000 (5,000/1)
D	6 15,000	4 16,500	2 1,500	750 (12,000/2)
Tiempo CD de terminación	13	Duración de Ruta Crítica 10		
Costo	110,000	121,000		

Duración del Proyecto (Semanas)	Rutas Críticas	Costo Total del Proyecto	
13	C-D	110,000	
12	C-D	112,000	(110,000+2,000=112,000)
11	C-D	112,750	(112,000+750=112,750)
10	C-D, A-B	114,750	(112,750+750+1,250=114,750)

Ahorro o Desperd. evitado

6,250

121,000

## Caso 2

ACTIVIDAD	N Costo Normal	C Costo de compresión	Diferencia	Incremento de Costo por actividad
A	5 100,000	3 120,000	2 20,000	10,000 (12,000/2)
B	5 50,000	2 70,000	3 20,000	6,667 (30,000/3)
Tiempo AB de terminación	10	5		
C	7 30,000	6 35,000	1 5,000	5,000 (5,000/1)
D	6 15,000	4 20,000	2 5,000	2,500 (12,000/2)
Tiempo CD de terminación	13	Duración de Ruta Crítica 10		
Costo	195,000	245,000		

Duración del Proyecto (Semanas)	Rutas Críticas	Costo Total del Proyecto	
13	C-D	195,000	
12	C-D	200,000	(195,000+5,000=200,000)
11	C-D	202,500	(200,000+2,500=202,500)
10	C-D, A-B	215,000	(202,500+10,000+2,500=215,000)
Ahorro o Desperd. evitado		30,000	245,000

## TAREA

1. ¿Cuál es la metodología equilibrio entre tiempo y costo y cuando se utiliza?
2. ¿Por qué necesita tanto los tiempos y costos normales como los de compresión para este procedimiento?
3. Suponga usted que una actividad tiene un tiempo normal de 20 semanas, un costo normal de 72,000, un tiempo de compresión de 16 semanas y un costo de compresión de 100,000 ¿Cuántas semanas, como máximo se puede reducir esta actividad? ¿Cuál es el costo por semana por acelerar esta actividad?
4. ¿Por qué no es apropiado colapsar todas las actividades en un proyecto para lograr el programa de proyecto más corto?

## Caso 3

ACTIVIDAD	N Costo Normal	C Costo de compresión	Diferencia	Incremento de Costo por actividad
A	20 72,000	16 100,000	4 28,000	7,000

	Costo Normal	Costo de Compresión
Semana 20	72,000	
19	7,000	79,000
18	7,000	86,000
17	7,000	93,000
16	7,000	100,000