

OBJETIVO PARTICULAR DE LA SESIÓN

Conocer y aplicar nuevos conocimientos referidos a:

- 1) ¿Cuál es el objetivo de un proyecto de producción?
- 2) Estructura de la División de Trabajo
- 3) Matriz de Responsabilidad
- 4) Definición de Actividades
- 5) Planeación de un Proyecto
- 6) **Técnicas de evaluación y revisión de programas PERT y CPM**

Objetivo del proyecto

El primer paso en el proceso de planeación, es definir el objetivo del proyecto, es decir, en resultado esperado o el producto final. El **objetivo** debe estar **definido de manera clara** y ser un **acuerdo entre el cliente y el consultor o contratista** que realizará el proyecto. El proyecto debe ser **claro, alcanzable, específico, y medible**. El logro del objetivo del proyecto debe ser reconocible con facilidad, tanto por el cliente, por el consultor o bien por el contratista. El **objetivo es la meta**, es el **producto final tangible** que el equipo del proyecto debe entregar.

El objetivo de un proyecto, por lo general **se define en términos de alcance, programa y costo**; se requiere la terminación del trabajo dentro del presupuesto, en cierto tiempo. El objetivo nunca puede ser ambiguo, como decir, "terminar la casa", ya que según quien lo vea tendrá una percepción diferente.

Estructura de división del trabajo

Una vez que se ha definido el objetivo del proyecto, el paso siguiente es determinar qué elementos de trabajo o actividades es necesario realizar para lograrlo. Para esto, existen dos métodos de preparación de una lista. Uno de ellos es que el equipo del proyecto elabore una lista de actividades mediante "lluvia de ideas". Este método se utiliza para proyectos pequeños.

En proyectos más grandes y complejos, es difícil desarrollar una lista global de actividades, ya que se olvidarán seguramente algunas variables. En este caso es mejor crear una Estructura de División del Trabajo **EDT**.

La **EDT** (Estructura de la División de Trabajo) **divide a un proyecto en partes manejadas para asegurar que se identifiquen todos elementos necesarios para completar el alcance del trabajo del proyecto. Se puede hacer un mapa conceptual, un árbol jerárquico de elementos finales que el equipo de proyecto realizará o producirá durante el proyecto.**

Cuando un proyecto se subdivide en piezas más pequeñas se le denomina **elementos de trabajo**. No todas las ramas de la EDT tiene que dividirse en el mismo nivel. El elemento de nivel inferior en cualquier rama se le llama **paquete de trabajo**.

Los criterios que se siguen para decidir cuánto detalle o cuántos niveles colocar en la EDT son:

1. El nivel en el cual se puede asignar a una persona o a una organización la responsabilidad de realizar el paquete de trabajo, y
2. El nivel en que se desea controlar el presupuesto y monitorear y reunir datos de los costos durante el proyecto.

No hay una sola EDT única correcta para un proyecto. Por ejemplo, dos equipos diferentes pueden desarrollar EDT distintas para el mismo proyecto.

Matriz de responsabilidad

La matriz de responsabilidad es un método utilizado para mostrar en formato de tabla, a las personas responsables de la realización de los elementos de trabajo en la EDT. Es una herramienta útil ya que indica quién es la persona responsable de cada elemento de trabajo y muestra el papel que tiene cada persona como apoyo en el proyecto general.

Algunas matrices de responsabilidad utilizan una "X" para mostrar quiénes responsable de cada elemento de trabajo.

Otras matrices utilizan una "P" para indicar la responsabilidad principal y una "S" para indicar la responsabilidad de apoyo para un elemento de trabajo específico.

Definición de actividades

Debe elaborarse una lista de actividades específicas y detalladas, necesarias para realizar el trabajo total sobre todo para proyectos pequeños. Sin embargo en aquellos proyectos en los que se utiliza una estructura de división de trabajo, la persona o equipo responsables de cada paquete de trabajo, pueden definir las actividades individuales.

Una actividad, se define como una pieza de trabajo totalmente definida, que consume tiempo, pero que no necesariamente requiere el esfuerzo de quienes la realizan, por ejemplo esperar a que se seque el cemento puede tardar varios días, pero no requiere esfuerzo humano.

Una vez detalladas todas las actividades a cada uno de los paquete de trabajo, el paso siguiente es representarlas de manera gráfica en un diagrama de red que muestre la secuencia apropiada y las interrelaciones necesarias para lograr el alcance de trabajo de todo el proyecto y y para ello se elaboran la matriz de responsabilidad para el proyecto "X".

PLANEACIÓN DEL PROYECTO

Desarrollo del plan de red

La planeación de red es una **técnica** útil en la planeación, la programación y el control de proyectos que constan en muchas actividades interrelacionadas.

Existen **dos técnicas o métodos** populares de planeación de una red de proyecto, ó **Método del Camino Crítico**:

Los dos orígenes del Método del Camino Crítico (**PERT** y **CPM**) fueron desarrollados por la Armada de los EUA en 1957 para controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos espaciales, por la necesidad de terminar cada una de ellas dentro de los intervalos de tiempo disponibles. **Se utilizaron en el proyecto Polaris y en la actualidad se utilizan en todos los proyectos espaciales de la NASA.**

EL CPM, de la misma fecha, se originó por el centro de investigación de operaciones de las firmas *Dupont* y *Remington Rand*, buscando el control y la optimización de los costos de operación mediante la planeación adecuada de las actividades componentes del proyecto.

Ambos métodos aportaron los elementos administrativos necesarios para formar el método del camino crítico actual, utilizando el control de los tiempos de ejecución y los cotos de operación, para buscar que el proyecto total fueses ejecutado en el menor tiempo y al menor costo posible.

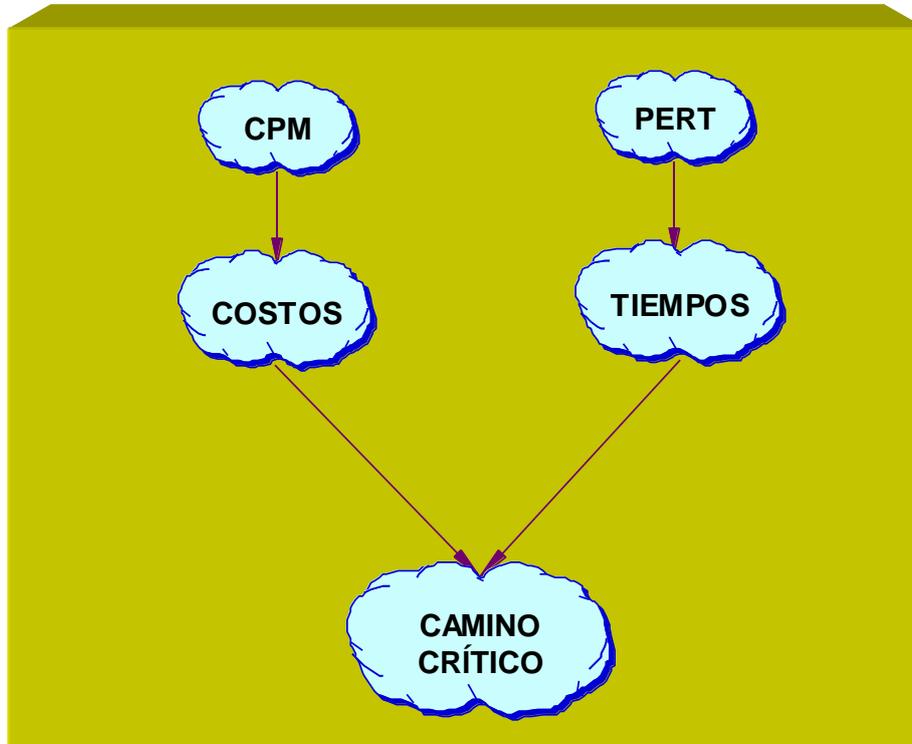
1. La técnica de evaluación y revisión de programas PERT (**P**rogram **E**valuation and **R**eview **T**echnique) y
2. El método de ruta crítica CPM (**C**ritical **P**ath **M**ethod).

Existen otras formas de planeación de red, como por ejemplo:

1. El método de Diagramas de Precedencias **PDM** y
2. La técnica de evaluación y revisión gráfica **PERT**.

Todas estas técnicas entran dentro de la categoría de **técnicas de planeación de redes**, debido a que hacen uso de un Diagrama de Red con el objeto de mostrar el flujo secuencial y las interrelaciones entre las mismas actividades.

GRÁFICA DE MUESTRA EL ENFOQUE DEL MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO



¿Qué es el Método del Camino Crítico?

PERT y CPM dan la base para formar el **Método del Camino Crítico** es el proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

¿Qué usos tiene el Método de camino crítico?

El campo de acción del este método es muy amplio, **dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño**. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a los proyectos que posean las siguientes características:

- Que el proyecto sea **único**, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
- Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de él en un **tiempo mínimo, sin variaciones, o sea, en un tiempo crítico**.
- Que se desee el **costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible**.

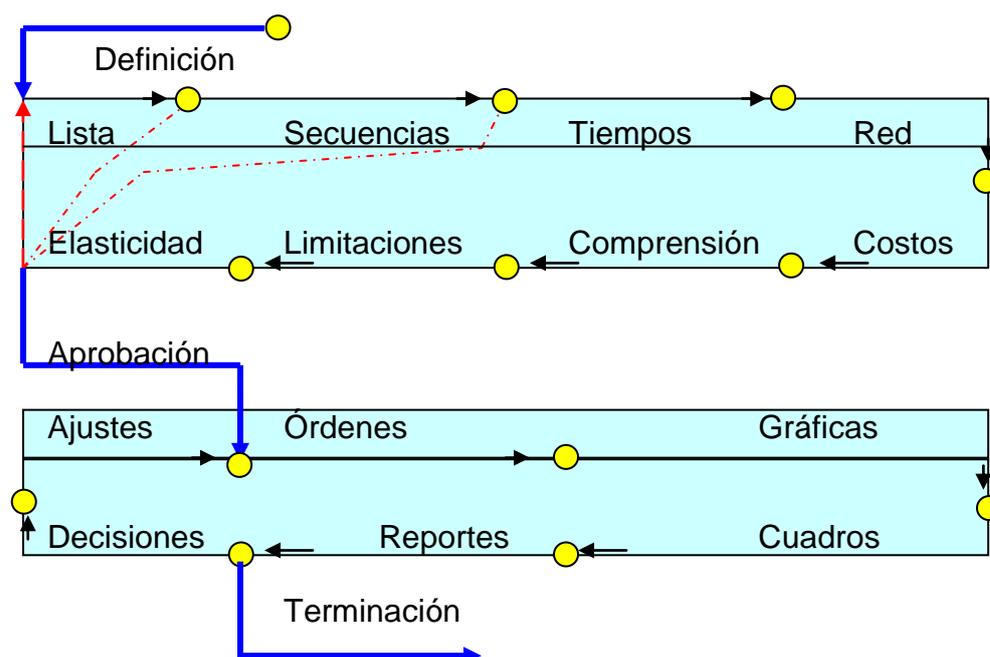
METODOLOGÍA

El método de camino crítico consta de 2 ciclos:

1. Planeación y programación
2. Ejecución y Control

El **primer ciclo de Planeación y Programación** se compone de las siguientes etapas:

- a) Definición del Proyecto
- b) Lista de Actividades
- c) Matriz de secuencias
- d) Matriz de tiempos
- e) Red de Actividades
- f) Costos y pendientes
- g) Comprensión de la red
- h) Limitaciones de tiempo, recursos y económicos
- i) Matriz de elasticidad
- j) Probabilidad de retrasos



El **segundo ciclo de Ejecución y Control** contiene las siguientes etapas:

- a) Aprobación del Proyecto
- b) Órdenes de trabajo
- c) Gráficas de control
- d) Reportes y análisis de los avances
- e) Toma de decisiones y ajustes

3. El primer ciclo Planeación y programación termina hasta que todos los directores responsables de los diversos procesos que intervienen en el proyecto están plenamente de acuerdo con el desarrollo, tiempo, costos, elementos utilizados, coordinación, etc., tomando como base la red del camino crítico diseñada para tal efecto.

Al terminarse la **primera red**, generalmente hay cambios en las actividades componentes, en las secuencias, en los tiempos y algunas veces en los costos, por lo que hay necesidad de diseñar nuevas redes hasta que exista un completo acuerdo de las personas que integran el grupo de ejecución.

El **segundo ciclo Ejecución y Control** termina al tiempo de hacer la última actividad del proyecto y entre tanto existen ajustes constantes debido a las diferencias que se presentan entre el trabajo programado y el trabajo realizado. Será necesario graficar en los esquemas de control todas las decisiones tomadas para ajustar a la realidad el plan original.

DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Como cualquier actividad a realizar, requiere conocimiento preciso y claro de lo que se quiere hacer, de su finalidad, viabilidad, elementos disponibles, capacidad financiera, etc.

Esta etapa, aunque esencial para la ejecución del proyecto, no forma parte del método. Es una etapa previa que debe desarrollarse separadamente y para la cual también puede utilizarse el **método del camino crítico**. Es una investigación de objetivos, métodos y elementos viables disponibles.

Si habláramos de la construcción de una casa, debemos definir quién solicita la casa, cuáles son sus necesidades habitacionales, cuál es su capacidad económica, sus gustos personales, el lugar donde será construida, la mano de obra disponible, facilidades de transporte, etc. Todo esto nos aclara si el proyecto va a satisfacer una necesidad y si es costeable su realización.

Si pensamos en un proyecto hipotético de ampliación de una fábrica, ampliando el departamento de producción para satisfacer la creciente demanda de sus productos. Los directivos hicieron un estudio de mercado, confirmando que existirá un incremento en la demanda para años venideros.

El tiempo disponible para llevar a cabo la ampliación es el mes de noviembre y se tienen 30 días, por ser el mes de más baja producción de acuerdo con experiencia empresarial.

La ampliación implica compra de maquinaria y una nueva distribución de planta.

El ingeniero Ortiz, jefe de mantenimiento será responsable de las actividades de la cuadrilla 1; el ingeniero Cárdenas jefe de producción, será responsable de las actividades de la cuadrilla 2; el señor Torres ingeniero electricista, fue contratado para responsabilizarse de la subestación eléctrica; el ingeniero Rendón será el responsable del basamento de las máquinas en todos los trabajos de ingeniería civil necesarios. El ingeniero Cárdenas al presupuesto de trabajo de las dos cuadrillas.

Al tomar la información, no es necesario que las actividades se existen en orden de ejecución, pero si es conveniente hacerlo porque evita omitir alguna de ellas. Habrá omisiones involuntarias que se descubrirán al elaborar la red correspondiente.

Tampoco es necesario indicar en este paso, la cantidad de trabajo, ni la cantidad de personas que lo ejecutarán, será suficiente con nombrar las actividades.

Debe numerarse progresivamente las actividades para poder ser identificadas, en algunos casos puede utilizarse claves.

Las actividades pueden ser físicas o mentales, tales como, construcciones, trámites, estudios, inspecciones, dibujos, cálculos financieros, etc. El grado de detalle de las actividades dependerá de la necesidad de control dentro del proyecto.

Actividad se define a la serie de operaciones realizadas por una persona o por un grupo en forma continua, sin interrupciones, con tiempos medibles de iniciación y terminación.

Esta lista de actividades nos sirve para que los responsables de cada proceso elaboren sus presupuestos ejecución, indicando la cantidad de material, especificaciones, mano de obra, equipo, herramientas especiales, condiciones de trabajo, costos, métodos de ejecución, etc.

Por ejemplo:

A. Jefe de mantenimiento y Jefe de producción

1. Elaboración del proyecto parcial de ampliación.
2. Cálculo del costo y preparación de presupuestos
3. Aprobación del proyecto.
4. Desempaque de las máquinas nuevas
5. Colocación de las máquinas viejas y nuevas
6. Instalación de las máquinas.
7. Pruebas generales
8. Arranque general.
9. Revisión y limpieza de máquinas viejas
10. Pintura de máquinas viejas
11. Pintura y limpieza del edificio

B. Ingeniero electricista

12. Elaboración del proyecto eléctrico
13. Cálculo de los costos y presupuestos
14. Aprobación del proyecto
15. Instalación de un transformador nuevo
16. Instalación del nuevo alumbrado.
17. Instalación interruptores y arrancadores

C. Ingeniero contratista

18. Elaboración del proyecto de obra muerta.
19. Cálculo de los costos y presupuestos
20. Aprobación del proyecto
21. Cimentación de las máquinas
22. Pisos nuevos
23. Colocación de ventanas nuevas

Como usted puede observar, se siguió una numeración progresiva de las actividades, no obstante de que se trata de 3 procesos, ésto es, con el objeto de identificarlas durante su realización.

MATRIZ DE SECUENCIAS

Existen dos procedimientos para conocer las secuencias actividades:

- a. Por **antecedentes**. Aquí se pregunta a los responsables de los procesos cuáles actividades deben quedar terminadas para ejecutar cada una de las que aparecen en la lista, cuidando que todas y cada una de ellas tengan cuando menos un antecedente. **Si son iniciales, la actividad antecedente siempre será "0"**, tal como se muestra en el cuadro inicia con la actividad **1**. Posteriormente deberá convertirse la matriz de antecedentes a matriz de secuencias, ya que ésta última es la que se utiliza para dibujar la red, como muestra la tabla inicial con actividad **0**.
- b. Por **secuencias**. Aquí se pregunta los responsables de la ejecución cuáles actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en la lista. Para ello debemos presentar la matriz de secuencias iniciando con actividad **0** que servirá para indicar el punto de partida de las demás. La información deberá tomarse una por una de las actividades listadas sin omitir ninguna. En la columna de anotaciones el programador hará las indicaciones que le ayuden aclarar situaciones de secuencias y presentación de la red. Estas anotaciones se hacen a discreción, ya que en esta matriz es solamente un papel de trabajo. Esta matriz no es definitiva, porque generalmente se hacen ajustes posteriores en relación con la existencia y disponibilidad de materiales, mano de obra y otras limitaciones ejecución.

ACTIVIDAD	ANTECEDENTES	ANOTACIONES
1	0	3,14,20 Simultáneas
2	1	
3	2	
4	3	
5	4,21	
6	5	
7	6,22	
8	7	final
9	3,14,20	
10	9	
11	10	
12	0	
13	12	
14	13	
15	14	
16	15	
17	16	
18	0	
19	18	
20	19	
21	20	
22	23	
23	21	

ACTIVIDAD	ANTECEDENTES	ANOTACIONES
0	1,12,18	
1	2	
2	3	
3	4,9	3,14,20 Simultáneas
4	5	
5	6	
6	7	
7	8	final
8	-	
9	10	
10	11	
11	-	
12	13	
13	14	
14	15	
15	16	
16	17	
17	6	
18	19	
19	20	
20	21	
21	5,23	
22	7	
23	22	

MATRIZ DE TIEMPOS

En el estudio de los tiempos, se necesitan tres cantidades estimadas por los responsables de los procesos, el tiempo medio **M**, el tiempo óptimo **O** en el tiempo pésimo **P**.

En el tiempo **M**, es el tiempo normal que se necesita para ejecución de las actividades, basado en experiencia personal del informador.

El tiempo **O** es el que representa el tiempo mínimo disponible sin importar el costo ni cuantía de los elementos materiales y humanos, es simplemente la posibilidad física de realizar actividad en el menor tiempo posible.

El tiempo **P** es un tiempo excepcionalmente grande que pudiera presentarse ocasionalmente por situaciones excepcionales como accidentes, falta de suministros, retratos del personal, causas no previstas etc. Debe contarse sólo el tiempo en que se ponga remedio al problema presentado y no debe contarse el tiempo ocioso.

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, meses y años, siendo la única condición que se tenga la misma medida para todo el proyecto.

Los tiempos anteriores servirán para promediarlos mediante la fórmula PERT obteniendo un tiempo resultante llamado estándar t que recibe la influencia del óptimo y del pésimo a la vez.

$$t = \frac{o + 4M + p}{6}$$

La t representa el **tiempo estándar (t)** igual al **tiempo óptimo (o)**, más 4 veces el tiempo medio M , más el tiempo pésimo p , y esta suma es dividida entre 6.

Esta fórmula está calculada para darle al tiempo medio una proporción mayor que los tiempos óptimo y pésimo que la afectan. Esta proporción es de 4 a 6.

El resultado de información y de los cálculos, se presenta como sigue en la matriz de tiempos:

ACTIVIDAD	o	M	p	t
1	1	2	4	3
2	1	1	1	1
3	0	0	0	0
4	2	2	2	2
5	4	6	8	6
6	2	4	5	4
7	2	5	11	6
8	0	0	0	0
9	5	7	8	7
10	2	2	2	2
11	10	12	14	12
12	1	2	4	3
13	1	1	1	1
14	0	0	0	0
15	1	2	4	3
16	4	6	8	6
17	1	2	3	2
18	1	2	4	3
19	1	1	1	1
20	0	0	0	0
21	5	6	7	6
22	3	4	5	4
23	2	3	4	3

Tanto en la Matriz de Secuencias como en la de Tiempos, se reúnen en una sola Matriz llamada **Matriz de Información**, que sirve para construir la Red medida, como se muestra a continuación:

TABLA DENOMINADA **MATRIZ DE INFORMACIÓN**

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	t
0	1,12,18	-
1	2	3
2	3	1
3	4,9	0
4	5	2
5	6	6
6	7	4
7	8	6
8	-	0
9	10	7
10	11	2
11	-	12
12	13	3
13	14	1
14	15	0
15	16	3
16	17	6
17	6	2
18	19	3
19	20	1
20	21	0
21	5,23	6
22	7	4
23	22	3

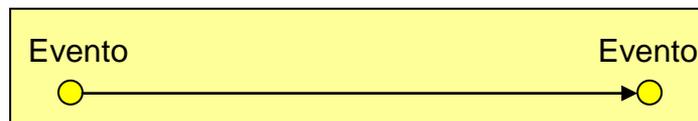
RED DE ACTIVIDADES

Red Medida de Actividades

Se llama red a la **representación** gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico.

No solamente se llama camino crítico al método, sino también a la serie de actividades contadas desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo ejecución, por lo que cualquier retraso que sufriera alguna de las actividades de la serie, provocaría un retraso en todo el proyecto.

Desde otro ángulo, camino crítico es la serie de actividades que indica la duración total del proyecto. Cada una de las actividades se representa por una flecha empieza en un evento y termina en otro.



Se le llama **evento** al momento de **iniciación** o **terminación** de una actividad. Se determina en un tiempo variable entre el más temprano y el más tardío posible, de iniciación o bien de terminación.

A los eventos se les conoce también con el nombre de **nodos**.

Elemento inicial se llama **i** y el evento final se llama **j**. El evento final de una actividad será el evento inicial de la actividad siguiente.

Las flechas no son vectores, ni representan medida alguna. No nos interesa la forma de las flechas, ya que se dibujarán de acuerdo con las necesidades y comodidades presentación de la red. Pueden ser horizontales, verticales, ascendentes, descendentes, curvas, recta, quebradas, etc.

En aquellos casos en que haya necesidad indicar que una actividad tiene interrelación o continuación con otra, se dibujarán entre ambas una línea punteada, también llamadas “ligas”.



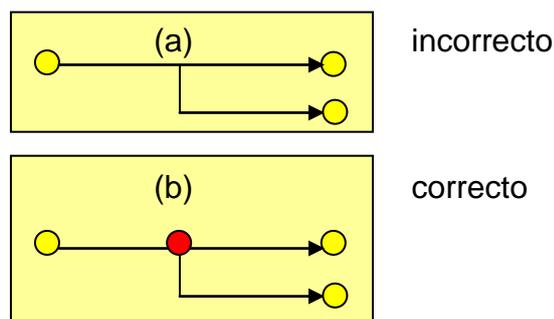
En el caso de que haya necesidad de indicar que una actividad tiene una interrelación o continuación con otra, se dibujarán entre ambas una línea punteada, que tiene el tiempo de duración “0”

Dicha **liga** puede representar en algunas ocasiones un tiempo de espera para poder iniciar la siguiente actividad.

Varias actividades pueden terminar en un evento, o bien a partir de un mismo evento.

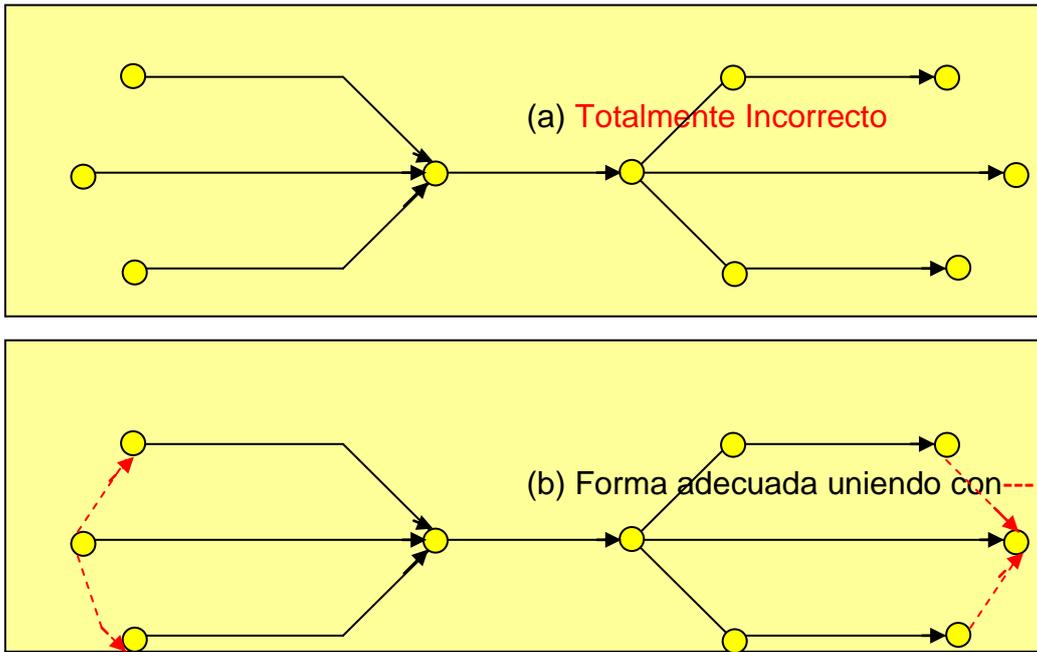
Al construir una red, debe evitarse lo siguiente:

1 Dos actividades que parten de un mismo evento y que llegan a un mismo evento (a). Esto produce confusión de tiempo y de continuidad. Debe abrirse el evento inicial o bien el evento final en dos eventos y unirlos (b).



2. Arrancar una actividad de una parte intermedia de otra actividad (b), es indispensable que cualquier actividad empiece en un **evento** o **nodo** y terminar en otro. Cuando se presenta este caso, la actividad base o inicial se divide en evento a base de porcentajes y de ellos se derivan las actividades secundarias.

4. Dejar los eventos sueltos al terminar la red. Todos ellos deben relacionarse ya sea con el evento inicial o bien con el evento final, como se muestra a continuación.



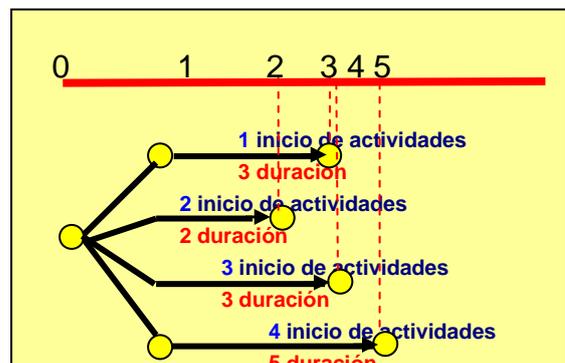
PROCEDIMIENTO PARA TRAZAR LA RED MEDIDA

Normalmente se utiliza papel cuadrículado a escala para dibujar la red medida, indicado en la parte superior la escala de medida con las unidades de tiempo seleccionadas, con un intervalo razonable para su ejecución a lo largo de todo el proyecto, como se muestra a continuación:



Como en este momento no se conoce la duración del proyecto, ya que uno de los objetivos de la red es precisamente conocerlo, este intervalo trazado es tan solo aproximado.

A continuación se inicia la red dibujando las actividades que parten del evento "0". Cada una de ellas debe dibujarse de tal forma que el evento j termine, de acuerdo con la duración estándar, en el tiempo indicado en escala superior. Para el arranque o iniciación de las actividades 1, 2, 3 y 4 con duración de 3, 2, 3 y 5 días respectivamente:



Si vamos a ampliar una fábrica, las actividades iniciales serían:

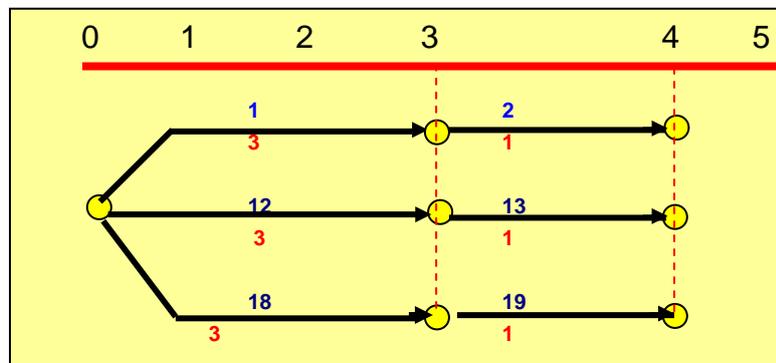


El dibujo anterior se debe a que las 3 actividades que parten de "0" tienen 3 días de duración cada una de ellas.

No debe tomarse la numeración progresiva de la matriz de secuencias para dibujar la red, sino las terminales de las actividades, de arriba hacia abajo y de izquierda hacia derecha, según se vayan apareciendo los eventos *j*.

En el caso anterior buscamos las secuencias de la actividad 1, después de la actividad 12 y por último la actividad 18. En este orden buscamos las secuencias de la 2, de la 13 y de la 19.

Si una actividad tiene "0" de duración se dibuja en sentido vertical, ya sea ascendente o descendente, de tal manera que muestre que no ocupa tiempo dentro de la red proyectada.

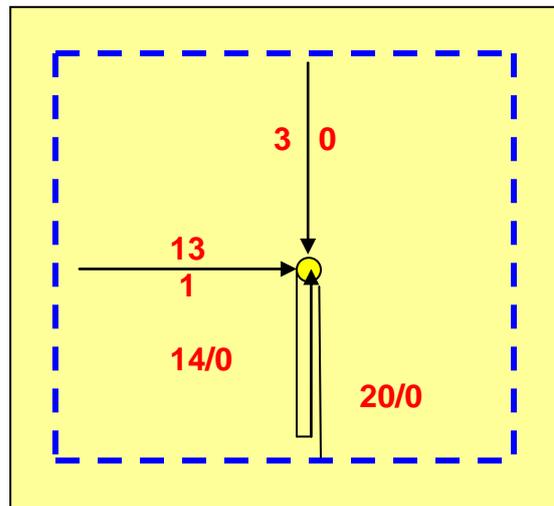
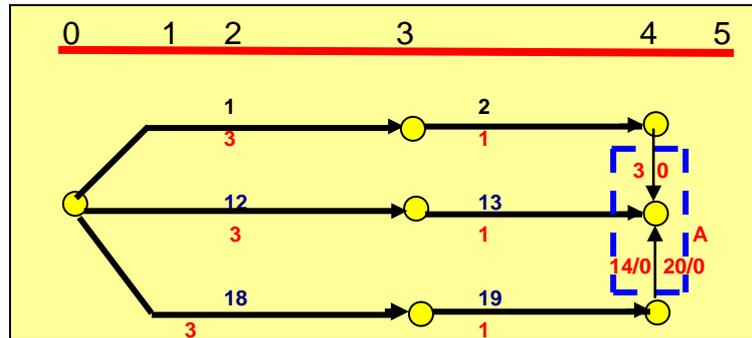


Si queremos ser estrictos, ninguna actividad puede tener tiempo de duración "0" pero en las actividades cuya duración es mínima o despreciable, no es conveniente manejarlas como una unidad de tiempo.

Por ejemplo, si la unidad contra que se trabaja está hecha a escala de un día, y la duración de la actividad es de 5 ó 10 minutos, no existe razón alguna para que una actividad tenga asignado un día de trabajo.

En nuestro ejemplo, la aprobación de los presupuestos se supone que tomarán de 1/2 hora a 1 hora para su ejecución, pero como la unidad tomada en el proyecto es de un día, el tiempo de ejecución debe ser considerado como "0".

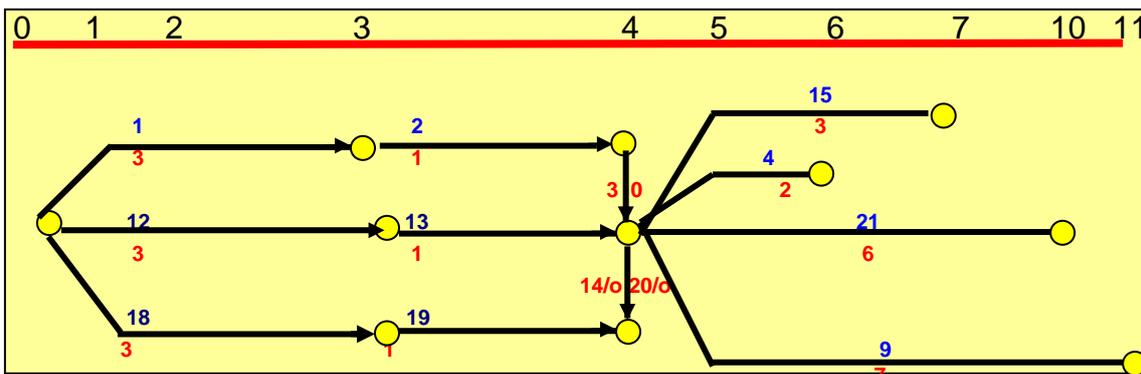
De acuerdo con la matriz de secuencias de la tabla, las actividades 3, 14 y 20 deben ser simultáneas, por lo que necesitamos un evento común para terminar las tres.



Por necesidad de construcción, la actividad 14 quedará solamente indicada con el número en forma paralela al actividad 3, que también tiene duración 0. También puede aparecer paralela al actividad 20.

En este tipo de red, la necesidad de indicar las actividades con flechas, sino sólo con líneas, excepto las líneas que nos indicarán la dirección de la continuidad.

Para continuar con el dibujo de la red, se debe recordar que al evento común convergen las actividades 3, 14 y 20 y por lo tanto debemos buscar las secuencias a estas tres actividades, que lógicamente partirán del mismo evento, continuando alargando las terminales 15, 4, 21 y 9 y en ese preciso orden de acuerdo con el método adoptado.

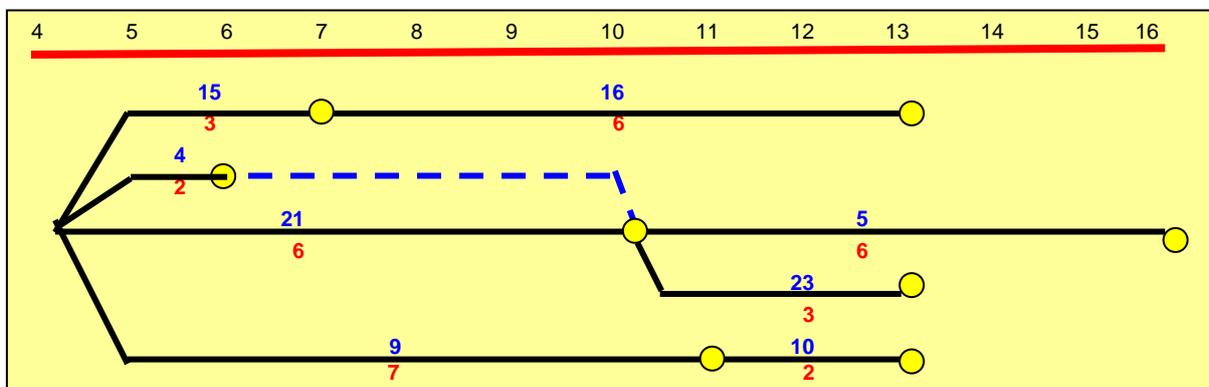


Así observamos que después de la actividad 15 sigue la 16 con duración de 6 días; después de la actividad 4 sigue la 5 con duración de 6; después de la actividad 21 sigue la 23 con una duración de 3 días y también la 5 con duración de 6 días y después de la actividad 9 sigue la 10 con duración de 2 días.

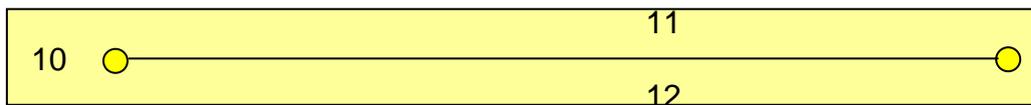
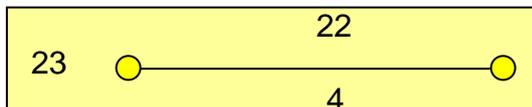
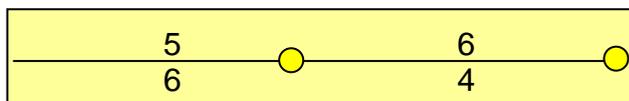
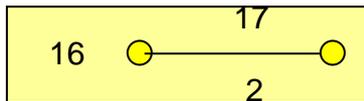
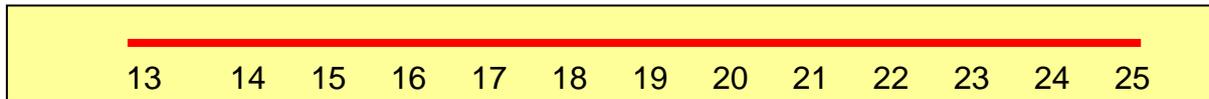
Cuando una actividad es **secuencia de dos o más actividades anteriores, debe colocarse en la red a continuación del actividad antecedente más adelantadas.**

Por eso se recomienda hacer la red al lápiz para poder borrar las actividades y cambiarías fácilmente de lugar. De esta manera hay que modifica el diagrama hecho anteriormente, ya que la actividad 5 es posterior a la 4 y a la 21; la quitamos de lugar que termina en fecha anterior y la colocamos después de la 21 que aparece en fecha más adelantada. Sin embargo, para que no se pierda la secuencia de la 4 con las cinco, se coloca una liga entre las dos.

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	t
0	1,12,18	-
1	2	3
2	3	1
3	4,9	0
4	5	2
5	6	6
6	7	4
7	8	6
8	-	0
9	10	7
10	11	2
11	-	12
12	13	3
13	14	1
14	15	0
15	16	3
16	17	6
17	6	2
18	19	3
19	20	1
20	21	0
21	5,23	6
22	7	4
23	22	3



Buscamos la continuación de las actividades 16, 5, 23, 10 encontrando que son respectivamente la 17 con 2 días; la 6 con 4 días; la 22 con 4 días y la 11 con 12 días, como se muestra a continuación:



Las actividades subsecuentes a la 17, 6, 22 y 11 son respectivamente la 6 con 4 días, la 7 con 6 días, la 7 con 6 días y ninguna para la actividad 11, por lo que en la red se coloca una liga entre la terminación de la 17 y la iniciación de la 6 para indicar la continuidad y otra entre la terminación de la 22 y la iniciación de la 7 con el mismo objeto de continuidad. Después se coloca la secuencia de la 6 solamente, ya que la 11 es el final del proceso. La secuencia de la actividad 6 es la 7 con 6 días y la secuencia de la actividad 7 es la 8 con duración "0". No existiendo ninguna otra actividad posterior a las terminales de la red, debe considerarse que se ha germinado con el proyecto por lo que la duración del mismo es de 26 días.

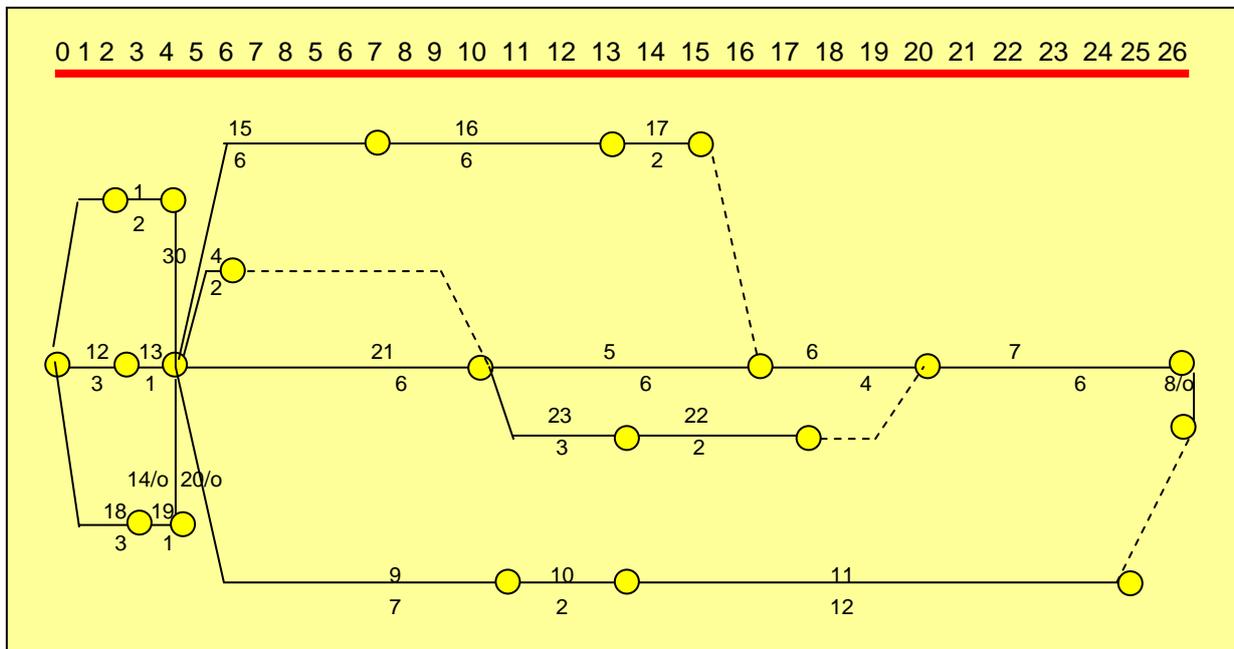
Como no deben dejarse eventos sueltos, debe ponerse una liga entre la terminal de la 11 y el evento final del proyecto, quedando toda la red como se muestra continuación, en donde se pueden observar los siguientes aspectos:

- Las actividades que tienen duración 0 se indican en forma vertical, ya sea ascendente o descendente, como las correspondientes a las actividades 3, 20 y 8.
- La actividad 14 con duración 0 no parece dibujada en la red por razones de construcción y sólo se indica junto con la actividad 20 tiene las minas características.
- Las actividades que no son subsecuentes a dos o más actividades anteriores, aparecen dibujadas a continuación de la que le precede que tenga en su evento final la fecha más alta. Como la actividad 5 es

subsecuente de las actividades 4 y 21, la actividad 4 termina al día 6 y la 21 termina el día 10. La actividad 7 es secuencia de las actividades 6 y 22 y está colocada enfrente de la que tiene la fecha más alta al terminar, o sea la actividad 6. La misma actividad 6 es posterior a las actividades 7 y cinco y está colocada a continuación de la 5 con la misma razón.

- d) Las líneas que aparecen en la gráfica significa que: la actividad 5 es continuación de la 4; la 6 es continuación de la 17; la 7 continúa de la 22 y la 11 acabará al concluir el proyecto.
- e) El camino crítico es la serie de actividades que se inician en el evento i del proyecto y terminan en el evento j del mismo, sin sufrir interrupción por lo que señalan el tamaño o duración del proyecto y está representado por las actividades 12, 13, 21, cinco, seis, 7 y ocho lanzadas con línea doble.

También la red anterior se puede dibujar con colores, para indicar diferentes responsabilidades: por ejemplo, la responsabilidad del electricista se dibuja en rojo, la del ingeniero civil convergen y la del ingeniero de planta con azul.

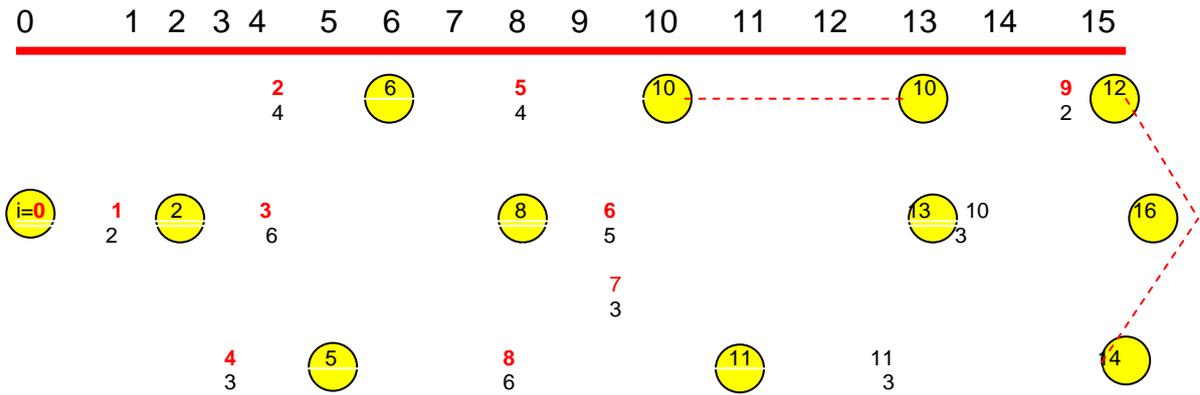


Ejercicio 1

DETERMINAR LA DURACIÓN DEL SIGUIENTE PROYECTO, SEÑALANDO EL CAMINO CRÍTICO

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	t
0	1	-
1	2,3,4	2
2	5	4
3	6,7	6
4	8	3
5	9	4
6	9,10	5
7	11	3
8	11	6
9	-	2
10	-	3
11	-	3

Solución del ejercicio 1

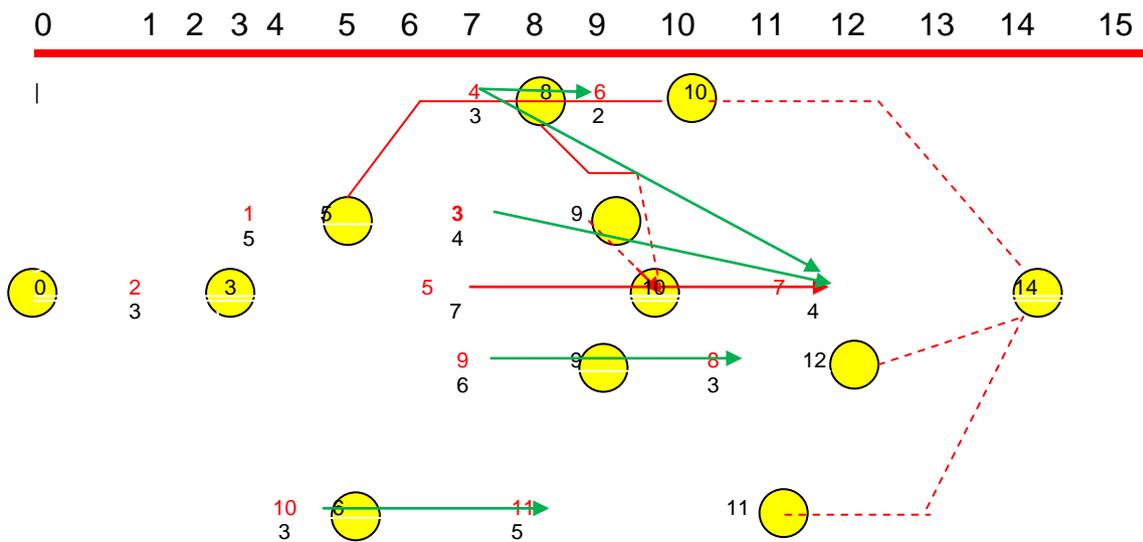


Ejercicio 2

DETERMINAR LA DURACIÓN DEL SIGUIENTE PROYECTO, SEÑALANDO EL CAMINO CRÍTICO EVITANDO SE CRUCEN LAS LIGAS

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	t
0	1,2	-
1	3,4	5
2	5,9,10	3
3	7	4
4	6,7	3
5	7	7
6	-	2
7	-	4
8	-	3
9	8	6
10	11	3
11	-	5

Solución de Ejercicio 2



Ejercicio 3

Determinar la duración del siguiente proyecto

ACTIVIDAD	SECUENCIAS	t
0	1,2	-
1	3	3
2	4,6	20
3	7	32
4	5	0
5	8	64
6	9,10	50
7	-	119
8	11	22
9	-	61
10	-	62
11	-	70

Solución al ejercicio 3

