

CIDEM

Innovar
per progressar

Eines de Progrés

Gestió de projectes amb Cadena Crítica



BIBLIOTECA DE CATALUNYA. DADES CIP

Cadena crítica. - (Eines de progrés)

A la part superior de la portada: CIDEM. - Bibliografia

I. Catalunya. Departament de Treball i Indústria II. Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial (Catalunya) III. Col·lecció: Eines de progrés
1. Gestió de projectes 2. Limitacions, Teoria de les (Gestió)

658.012.2

El text pot ser reproduït totalment o parcialment després d'haver obtingut prèviament l'autorització del Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial (CIDEM).
Es reserven tots els drets del disseny gràfic i artístic.

© Generalitat de Catalunya
Departament de Treball i Indústria
Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial (CIDEM)
Passeig de Gràcia, 129 08008 Barcelona
Tel. 93 476 72 00
E-mail: info@cidem.gencat.net
www.cidem.com

Continguts elaborats per: © **teocé** *consultors* www.teoce.com
Coordinat per CIDEM
Disseny i realització: CIDEM

1a edició: febrer de 2006
Edició: 1.000
Dipòsit Legal B-11.815-2006

Eines de Progrés



Gestió de
projectes amb
Cadena Crítica

Gestió de projectes amb Cadena Crítica

Índex

1. LA CADENA CRÍTICA	5
2. QUÈ CANVIAR? SÍMPTOMES I CAUSES DE LA PROBLEMÀTICA ACTUAL EN GESTIÓ DE PROJECTES	6
2.1 Problemàtica actual en gestió de mono i multiprojectes	6
2.2 El Problema de Fons de Multiprojectes: la necessitat d'un mecanisme de sincronització	7
2.3 El Problema de Fons de Monoprojectes: la necessitat d'un mecanisme de gestió de proteccions	11
3. A QUÈ CANVIAR? LA METODOLOGIA CADENA CRÍTICA DE GESTIÓ DE MONO I MULTIPROJECTES DE T.O.C.	18
3.1 La Planificació del Projecte: la Xarxa de Tasques	18
3.2 Programació de Monoprojectes	22
3.2.1. Anivellació de Càrregues	
3.2.2. Identificació de la Cadena Crítica	
3.2.3. Repartir vs Compartir Proteccions: el concepte de Buffer	
3.2.4. Tipus, localització i dimensionament dels Buffers de monoprojectes	
3.3. Programació de Multiprojectes: sincronització de llançaments	31
3.4. Control de projectes: gestió de Buffers	34
3.5. Elevar la limitació del sistema	39
3.6. Com realitzar el seguiment de les tasques	40
4. COM CANVIAR? PORTAR A LA PRÀCTICA CADENA CRÍTICA	44
5. BIBLIOGRAFIA D'APROFUNDIMENT	46

1. La Cadena Crítica

Què és?

Cadena Crítica és una metodologia de **planificació i gestió de projectes** que respon a la necessitat de **protegir el termini de finalització del projecte** respecte de la incertesa en les estimacions de durada de les tasques. Al mateix temps, **protegeix el compliment de l'abast i el pressupost** de les desviacions derivades dels endarriments.

És una metodologia aplicable tant en escenaris **monoprojecte** com en aquells on conviuen diferents projectes realitzats pels mateixos recursos, és a dir, **multiprojectes**.

És l'aplicació pràctica a la planificació i gestió de projectes de la **Teoria de les Limitacions (T.O.C. Theory Of Constraints)** desenvolupada pel **Dr. Eli Goldratt** i de la qual en podeu consultar l'Eina de Progrés "Model de gestió de la producció TOC".

Per a què serveix?

L'aplicació de Cadena Crítica en la gestió de projectes serveix per a:

- Disposar d'una **planificació realista** que permeti acceptar compromisos de **terminis assolibles**.
- Conèixer quina és la **capacitat d'acceptar nous projectes** sense que afectin negativament els que ja estan en marxa.
- Aconseguir un elevat grau de **compliment dels terminis** de finalització alhora que es protegeix l'**assoliment de l'abast i el pressupost del projecte**.
- Disposar d'un **sistema d'informació** de l'estat d'un projecte que detecti a temps si la data de lliurament està amenaçada i quines en són les causes.
- Aconseguir un **llenguatge** i uns **indicadors comuns per a tots els implicats en la gestió de projectes** de forma que hi hagi acord a l'hora de detectar necessitats i prioritzar actuacions.

El Procés de Canvi com a guió d'aquesta Eina

Aquest material és una eina per a conèixer la metodologia i saber com portar-la a la pràctica.

S'aborda seguint les etapes que ha d'incloure tot procés de millora i canvi:

- **Què canviar?**
Els símptomes i les causes de la problemàtica actual a la Gestió de Projectes.
- **A què canviar?**
La metodologia Cadena Crítica de Gestió de Mono i Multiprojectes de T.O.C.
- **Com canviar?**
Portar a la pràctica Cadena Crítica.

2. Què canviar? Síntomes i causes de la problemàtica actual en gestió de projectes

2.1 Problemàtica actual en gestió de mono i multiprojectes

El quadre 1 relaciona un conjunt de símptomes presents en la major part de situacions de gestió de projectes.

Per a T.O.C., quan es conviu durant molt temps amb símptomes com aquests i no es pot posar una solució definitiva, vol dir que ens cal trobar les seves causes de forma que sigui factible articular-ne una solució.

Quadre 1. Síntomes en Gestió de Mono i Multiprojectes

Poder oferir i complir terminis de finalització curts s'ha convertit en una qüestió de vital importància

Les tasques tenen endarreriments que, al final, es converteixen en incompliments de la data de finalització del projecte

Per tal d'evitar endarreriments se sacrifiquen continguts dels projectes i/o se suporten desviacions del pressupost

Els Caps dels diferents projectes competeixen entre ells pels recursos compartits

És molt difícil d'aconseguir alhora velocitat en els projectes i productivitat dels recursos:
no sempre la millor forma d'organitzar la feina dels recursos coincideix amb la millor forma d'agilitzar els projectes

Els Caps de Projectes i els de Recursos / Departaments tenen criteris oposats: velocitat per al meu projecte vs productivitat dels recursos

Els recursos són escassos i sempre hi ha més feina de la que es pot realitzar, la qual cosa representa que hi ha coses que hauran d'esperar

No es disposa de criteris homogenis i clars per a prioritzar quines tasques són més importants:
els Caps de Projectes i els de Recursos / Departaments no es posen d'acord a l'hora de definir prioritats de recursos entre els projectes

Els recursos se senten pressionats per moure's entre tasques de forma urgent i simultània

Els recursos no es troben disponibles quan se'ls necessita, fins i tot quan ja existia un compromís previ de disponibilitat

No es coneix quants projectes es poden realitzar simultàniament sense que els uns provoquin endarreriments en els altres.
I quan es coneix, és més per històrics que no per capacitat de planificació

Per tal de protegir el funcionament dels projectes ja iniciats es poden perdre oportunitats de negoci si no s'inicien de forma immediata nous projectes i viceversa

Hi ha canvis de prioritats entre els projectes: apareixen noves prioritats sense haver finalitzat les anteriors

Els sistemes de planificació només es fan servir fins a l'inici dels projectes, doncs hi ha tants canvis que les actualitzacions consumirien massa esforç

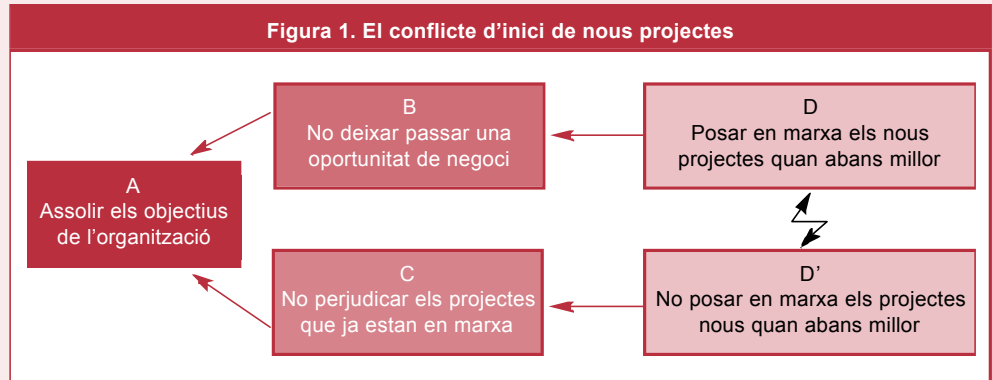
No es disposa d'un sistema d'informació que aporti visibilitat i control de l'estat del projecte en temps real:
els problemes i/o endarreriments es detecten "quan ja són història"

2.2 El problema de fons de multiprojectes: la necessitat d'un mecanisme de sincronització

Una situació de **multiprojectes** es caracteritza pel fet que **amb els mateixos recursos s'han d'executar diferents projectes**, i cal que els projectes vagin avançant simultàniament, sense que cap d'ells hagi d'esperar la finalització de la resta.

Les organitzacions volen posar en marxa els seus projectes el més aviat millor i no tenir-los esperant. Però alhora són conscients que quan més projectes hi ha en marxa, més problemes es trobaran els recursos per realitzar tot el seu treball.

La figura següent reflecteix aquest conflicte:



Per (A) assolir els objectius de l'organització existeixen dues condicions necessàries:

- (B) No deixar passar una oportunitat de negoci.
- (C) I no perjudicar els projectes que ja estan en marxa.

Ambdues s'han de produir simultàniament. El conflicte està en el fet que cada una d'elles té una condició necessària que és oposada a l'altra:

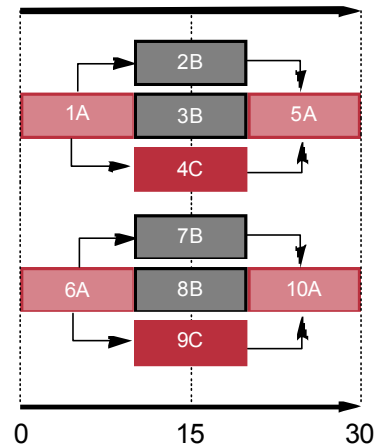
- Per no deixar passar una oportunitat de negoci, és necessari (D) posar en marxa els nous projectes com més aviat millor.
- Mentre que per no perjudicar els projectes que ja estan en marxa, és necessari (D') no posar en marxa els nous projectes com més aviat millor.

El conflicte porta a solucions de compromís en funció de situacions conjunturals i de les experiències passades:

- Si la càrrega de treball és elevada i/o s'han patit recentment situacions d'incompliment de termini, es decanta la decisió cap a D' i es conté la posada en marxa dels nous projectes, a risc de perdre'ls.
- Quan la situació anterior ha fet perdre oportunitats de negoci i especialment si la competència els ha agafat, es decanta la decisió cap a D i es posen en marxa els nous projectes a risc de crear embussos a la feina.

Les figures 2, 3 i 4 mostren una situació on s'han de realitzar alhora dos projectes. T.O.C. qüestiona el supòsit que per fer avançar els projectes, cal posar-los en marxa al més aviat possible i posa en evidència que la causa de la multitasca negativa, que retarda la finalització dels projectes, és l'absència d'un mecanisme de sincronització dels diferents projectes.

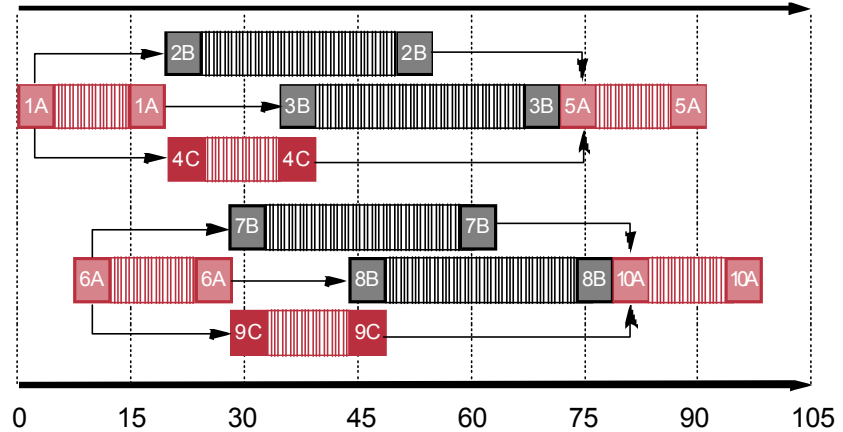
Figura 2. Xarxa de dependències funcionals i de recursos en multiprojectes



Cada projecte disposa d'una xarxa de tasques. El número identifica la tasca i la lletra, el recurs que la realitza. Cada una de les tasques té una durada de 10 dies. Entre les tasques i els recursos es produeixen:

- **Dependències funcionals:** és tècnicament impossible realitzar una tasca sense haver finalitzat les seves predecessores. S'observa que les tasques 1 i 6 permeten l'inici de les 2, 3 i 4 al primer projecte i les 7, 8 i 9 al segon.
- **Dependències de recurs:** si els recursos no estan disponibles no es poden realitzar les tasques encara que les seves precedents funcionals estiguin finalitzades. Encara que la tasca 6 estigui finalitzada, el recurs B pot no poder començar la tasca 8 pel fet que no el tinguem disponible ja que pot estar ocupat en altres tasques que també són de la seva responsabilitat, com són les 2, 3 i 7. La dependència de recurs es dona dins de cada projecte i entre l'un i l'altre.

Figura 3. Execució simultània dels dos projectes

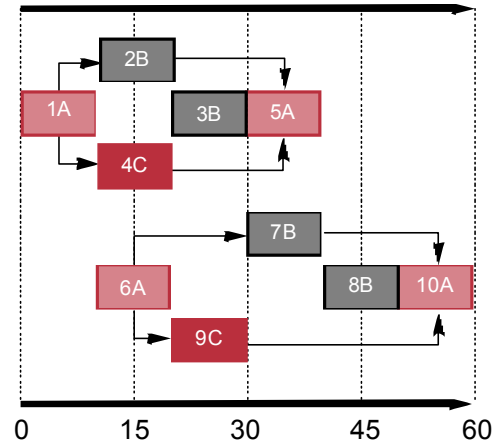


La figura representa l'execució dels projectes. Ambdós han d'anar avançant alhora ja que no volem que cap d'ells hagi d'esperar l'altre. Cada tasca es fa en dos cops, de manera que el recurs atengui de forma simultània els dos projectes. El temps que es necessita així per a completar cada tasca és la suma de:

- Un temps de procés pròpiament dit en el qual el recurs està treballant en la tasca.
- Un temps d'espera i de preparació i canvi, representat amb les caselles de color discontinu, on la tasca espera que el recurs finalitzi el seu treball en les altres tasques assignades o bé està realitzant els canvis d'una tasca a l'altra.

Tal com indica la barra temporal de la part inferior, s'han creat conflictes entre els projectes, la qual cosa provoca que el temps necessari per a finalitzar-los tots dos sigui d'entre 90 i 105 dies.

Figura 4. Exclusió sincronitzada



La figura ens mostra una forma molt diferent d'organitzar els dos projectes. S'ha eliminat la multitasca dels recursos de forma que, quan es posen a realitzar una activitat, s'hi dediquen sense interrupcions fins a finalitzar-la. Tal com indica la barra temporal, els projectes que abans es finalitzaven en un termini d'entre 90 i 105 dies, han passat a tenir una durada d'entre 40 i 60 dies. Els aspectes positius d'aquesta forma d'organització són:

- S'ha aconseguit una millora d'entre el 57 i el 43% del termini.
- L'acceptació de nous projectes és possible sense endarrerir els altres. Com es veu a la figura, a partir del dia 40, es pot lliurar un projecte cada 20 dies. La qual cosa representa que en el mateix temps que abans es realitzaven dos projectes, ara se'n poden completar quasi bé quatre.
- Aquestes millores s'aconsegueixen sense necessitat d'incrementar els recursos, fins i tot el recurs B que en l'anterior situació haguéssim volgut duplicar per poder realitzar més projectes.

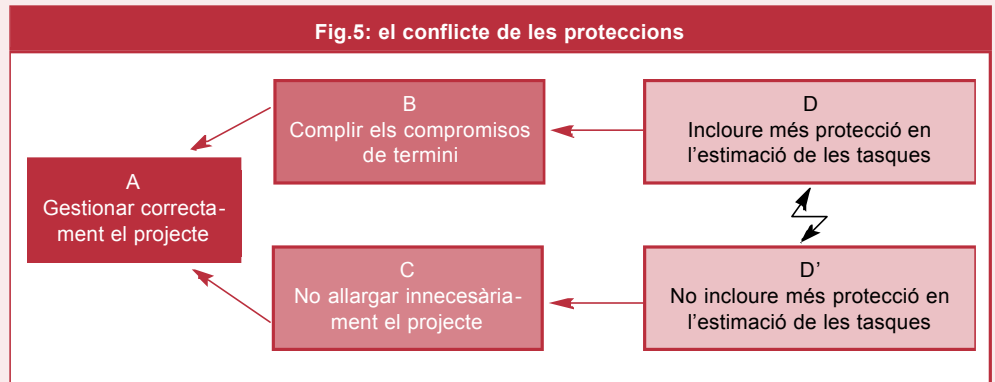
Per poder implantar aquesta forma d'organitzar els projectes cal disposar d'un mecanisme de sincronització de multiprojectes.

A mode de resum podem dir que l'absència d'un mecanisme de sincronització dels diferents projectes provoquen que es realitzin moltes tasques a l'hora -multitasca negativa- la qual cosa allarga els terminis de finalització.

2.3 El problema de fons de monoproyectos: la necessitat d'un mecanisme de gestió de proteccions

Quan es planifica un projecte, se sap que les tasques tenen incertesa i això afecta la manera de determinar les estimacions de durada.

Quan s'ha d'estimar la durada de tasques, ens trobem amb un conflicte recollit a la figura 5 i que es llegeix de la següent manera:



Per (A) gestionar correctament el projecte existeixen dues condicions necessàries:

- (B) Complir els compromisos de termini.
- (C) I no allargar innecessàriament el projecte.

Ambdues s'han de produir simultàniament. El conflicte està en el fet que cada una d'elles té una condició necessària que és oposada a l'altra:

- Per complir els compromisos de termini és necessari (D) incloure més protecció a l'estimació de les tasques.
- Mentre que per no allargar innecessàriament el projecte, és necessari (D') incloure menys protecció a les estimacions de les tasques.

El conflicte ens porta a solucions de compromís en funció de situacions conjunturals i de les experiències passades:

- Si és molt important complir o si en el passat s'han patit situacions d'incompliment, s'opta per D i s'inclou més protecció per assegurar que es podrà fer front als imprevistos.
- Quan la situació anterior ha provocat la pèrdua de competitivitat i d'oportunitats de negoci pel fet d'allargar els projectes, s'opta pel contrari, D', s'inclou menys protecció i s'accepta treballar amb més risc.

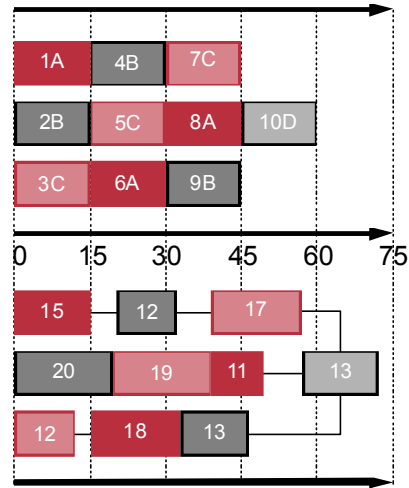
Per tal de poder resoldre el conflicte, T.O.C. es qüestiona el supòsit que opera entre les entitats B i D

- Per a complir els compromisos és necessari incloure més protecció ja que "la protecció disponible no és suficient per a compensar els imprevistos".

El discurs per a invalidar el supòsit és el següent:

- Realitat 1: Les estimacions de durada de les tasques són valors mitjans que poden tenir desviacions positives i negatives. Així quan, per exemple, es diu que una tasca té una durada de 10 dies, el que s'està dient en realitat és que la major part dels cops es triga entre 8 i 12 dies.
- Supòsit 1: Es funciona amb la creença que, quan s'executi el projecte, les desviacions positives compensaran les negatives, de tal manera que es poden sumar les estimacions per calcular la durada total del projecte.
- Realitat 2: Per tal que una tasca comenci s'han de produir dos fets: totes les seves predecessores han d'estar finalitzades i el recurs disponible. Això implica que la tasca i/o recurs amb la desviació negativa més llarga sempre serà la que condicionarà l'inici de la següent. Implica també que es perden les desviacions positives de les altres tasques i/o recursos.
- **Conclusió 1:** Si es perden moltes desviacions positives i la més negativa de totes les desviacions és la que determina l'inici de les seves successores, utilitzar la suma de les estimacions de les tasques per a calcular la durada del projecte (Supòsit 1) és erroni i porta a oferir terminis més curts dels que realment calen. Veure figura 6.

Figura 6. Efecte de les dependències i desviacions en els terminis dels projectes



La part superior mostra la planificació. Cada tasca té una estimació de 15 dies, amb la qual cosa s'espera que el projecte finalitzi en 60 dies. La lletra identifica el color i el número de la tasca.

La part inferior mostra l'execució, on la xifra que figura a cada tasca representa la seva durada real.

En contra del que s'esperava, el projecte no ha trigat 60 dies, sinó 69.

Això és així malgrat que les tasques considerades individualment han compensat desviacions positives amb negatives i s'ha obtingut una durada mitjana de 15 dies, com estava previst.

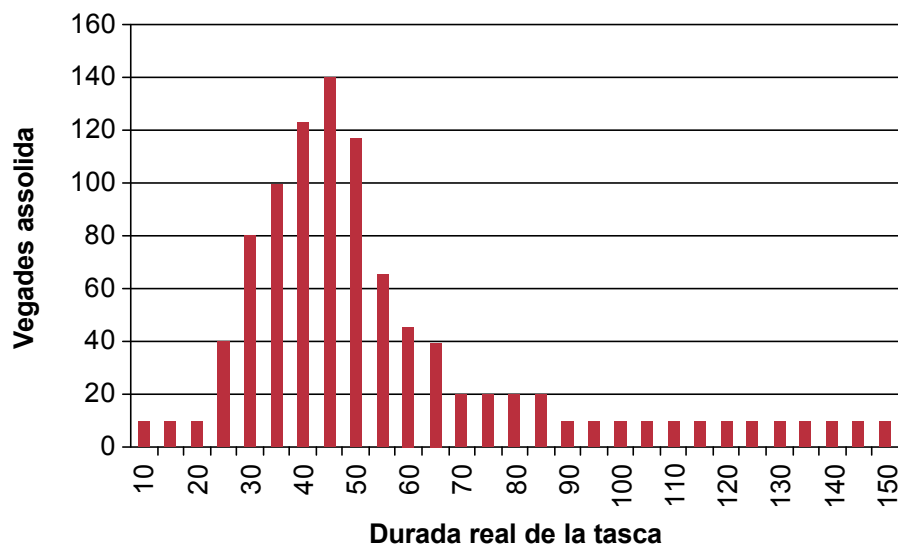
Per entendre perquè a pesar d'això el projecte ha trigat més que la suma de les estimacions, cal observar quines desviacions positives i negatives s'han perdut o han condicionat la durada. Vegem-ne dos exemples:

- La desviació positiva de la tasca 3 no ha servit ni perquè la 6, que té dependència funcional, ni la 5, que té dependència de recurs, hagin pogut començar abans. La desviació positiva de la tasca 3 s'ha perdut.
- El moment d'inici de la tasca 10 està condicionat per les màximes desviacions negatives de totes les seves predecessores, tenint en compte tant la dependència funcional com la de recurs. Els 20, 19 i 17 dies que han durat les tasques 2, 5 i 7 marquen el moment d'inici de la tasca 10.

I així es comporten totes les tasques; per tal que una tasca comenci s'han de produir dos fets: totes les seves predecessores han d'estar finalitzades i el recurs disponible. La tasca i/o recurs amb la desviació negativa més llarga sempre serà la que condicionarà l'inici de la següent. Les desviacions positives de les altres tasques i/o recursos es perden.

- Realitat 3: La variabilitat en la durada d'una tasca sotmesa a incertesa ve definida per una corba estadística asimètrica a la qual les desviacions negatives respecte del seu valor mitjà són molt més importants que les desviacions positives. Veure gràfic 1.

Gràfic 1. Distribució asimètrica de la variabilitat en la durada d'una tasca



Quan s'executa molts cops una mateixa tasca sotmesa a la incertesa, la distribució estadística que presenta s'allunya de la Distribució Normal o de Gauss, ja que les desviacions negatives i les positives no tenen la mateixa magnitud.

Posem per exemple una tasca amb un valor mitjà de 45 dies. Es poden donar desviacions positives però poques vegades es reduiran a menys de 25 dies. Per contra, les desviacions negatives del mateix valor, més de 65 dies, són molt més freqüents. I es poden donar desviacions negatives molt per sobre d'aquest valor, essent molt més importants que les positives.

N'hi ha prou amb posar un exemple quotidià per entendre aquest fet. Quan fem un trajecte en cotxe dins d'una ciutat estem sotmesos a molta incertesa i la durada dependrà de factors com l'hora, el dia de la setmana, la temporada de l'any, el clima i d'altres eventualitats que poden agreujar-la més, com ara una vaga de transports, un accident, etc.

Així, un trajecte que de mitjana trigaria uns 45 minuts, pot reduir-se en algunes circumstàncies fins a 25 minuts i molt excepcionalment, 15 o 20. Obtenir valors per sota d'aquest temps serà molt difícil. En canvi, no és infreqüent que en determinades ocasions se sobrepassin els 65 minuts. I encara que no sigui freqüent, és possible trobar alguna ocasió en la qual se superin els 90 minuts o valors superiors. Així com per les desviacions positives existeix un límit - és quasi bé impossible fer el trajecte en menys de 10 minuts - les desviacions negatives no en tenen, ja que no és impossible no arribar i que el trajecte no es finalitzi, amb la qual cosa la durada és infinita.

- **Conclusió 2:** Si (Conclusió 1) les desviacions positives es perden més que les negatives i (Realitat 3) les desviacions negatives són més grans que les positives, utilitzar la suma de les estimacions porta a oferir terminis massa curts que difícilment es podran complir.
- Realitat 4: Conscients de la incertesa que envolta la durada de les tasques, quan es realitza una estimació, les persones inclouen una protecció.
- Realitat 5: En la mesura que es vulgui incrementar la probabilitat de compliment, la protecció serà més gran.
- Realitat 6: Incloure una protecció és sinònim d'inflar els temps per tal de poder compensar la incertesa si aquesta es presenta. Per la mateixa raó, quan la incertesa no es presenta, representa que s'ha perdut una oportunitat d'haver ofert un termini més curt. Veure taula 1.

Taula 1: relació entre la protecció front al risc d'incompliment i el risc d'excedir-se en les estimacions de durades.

Cada cop que es dona una estimació de durada en una tasca s'està sotmès a un doble risc:

- Si l'estimació és massa curta s'incrementa el risc d'incompliment.
- Si l'estimació és massa llarga s'incrementa el risc d'allargar innecessàriament el projecte.

S'ha de ser conscient que el fet de no poder conèixer exactament quina durada tindrà una activitat, implica que qualsevol estimació de durada té una probabilitat de compliment: la inversa del risc d'incompliment. Però, al mateix temps té una probabilitat que amb menys temps n'haguéssim tingut prou, la qual cosa és sinònim de perdre oportunitats i competitivitat.

L'efecte d'incloure protecció és el d'allargar el projecte i quan, seguint amb l'exemple anterior del trajecte en cotxe per la ciutat, sortim del lloc de partida 60 minuts abans de la cita per garantir un 70% de probabilitat d'arribar a temps, també estem acceptant que tenim un risc d'arribar abans a la cita i perdre el temps al lloc d'arribada.

La taula recull, per a una tasca que es comporta segons la distribució de l'exemple del gràfic 1, la relació que hi ha entre la protecció que s'agafa i aquestes dues probabilitats / riscos.

La columna "% Compliment" indica la probabilitat de que la tasca duri igual o menys d'una durada determinada.

La columna "% Abans" indica, per a la mateixa probabilitat de compliment, el % de cops en que es pot trigar menys i, per tant, s'hagués pogut fer una previsió més optimista.

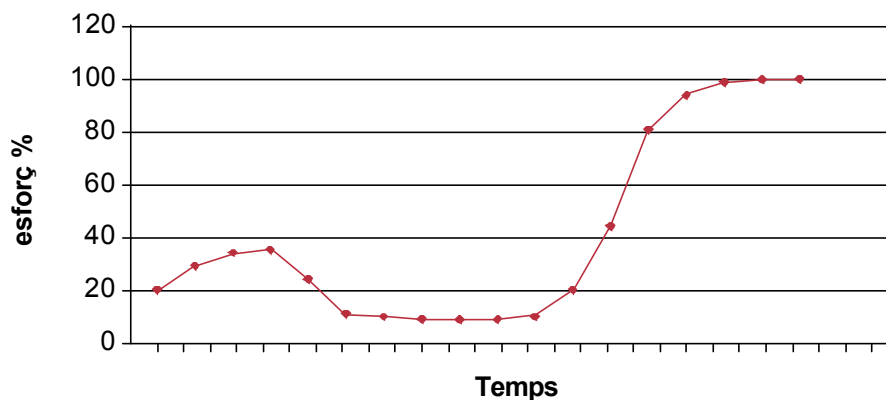
Per exemple: si agafem 45 minuts, el temps és suficient per arribar puntuals el 51% de les vegades, la qual cosa pot ser excessivament arriscada en algunes situacions. Però al mateix temps, és sinònim de dir que el 38% de les vegades n'hi hagués hagut prou amb menys temps i s'arribarà massa d'hora.

Per tant, protegir-se per complir és sinònim d'inflar les estimacions.

Durada (hores, dies, etc.)	% compliment	% "abans"
10	1	0
20	3	2
30	15	7
35	25	15
40	38	25
45	51	38
50	63	51
55	70	63
60	75	70
70	81	79
80	85	83
90	88	87
100	90	89
110	92	91
120	94	93
130	96	95
140	98	97
150	100	99

- Realitat 7: Fins al moment en què finalitza una tasca no se sap de quanta protecció disposava.
- Realitat 8: Les característiques del comportament humà i de l'organització del treball disminueixen la probabilitat d'obtenir desviacions positives i incrementen la probabilitat d'obtenir-ne de negatives. Veure gràfic 2.

Gràfic 2: Efectes del comportament humà en les durades de les tasques.



El fet que existeixi protecció en les estimacions de durada de les tasques és una realitat. Però es pot discrepar de la protecció existent. I això és una cosa que mai es coneixerà amb certesa abans de finalitzar la tasca, ja que la incertesa es manifesta a mesura que s'executa la tasca.

El problema radica en el fet que, per característiques del comportament humà i organitzatiu, malgrat que les tasques tenen protecció, aquesta es desconeix i es fa malbé. Això provoca que disminueixi la probabilitat d'obtenir desviacions positives i incrementa la de les negatives.

El gràfic il·lustra el que per a T.O.C. és el **Síndrome de l'Estudiant**: si es disposa d'un termini de X dies per a realitzar una tasca, l'esforç es concentra en dos moments: una petita part durant els primers dies i una gran part quan s'acosta la data compromesa. La resta del temps la tasca rep molt poca dedicació.

Aquest comportament és efecte i constatació de dos fets:

- Les activitats tenen protecció ja que si no fos així, la dedicació del recurs hauria de ser del 100% durant tot el temps.
- Com que els recursos tenen més feina que temps, durant la vall estan realitzant altres tasques al seu càrrec.

Com a conseqüència d'això s'obté:

- Una disminució de la probabilitat d'obtenir desviacions positives. Expressat d'una altra forma per la **Llei de Parkinson**: qualsevol feina s'allarga fins a ocupar tot el temps que hi té destinat.
- Augmenta la probabilitat d'obtenir desviacions negatives. S'ha fet malbé el temps de protecció disponible, dedicant-lo a altres tasques i deixant tota la feina pel final. Serà quan el recurs estigui actiu en la tasca que es presentaran els imprevistos.

- **Conclusió 3:** El fet d'incloure proteccions té l'efecte secundari d'allargar la durada de les tasques. Això és així ja que (Realitat 8) pel fet d'haver realitzat una estimació amb protecció, aquest serà el temps mínim en el qual es realitzarà la tasca
- **Conclusió 4:** Cada una de les tasques d'un projecte té inclòs un gran marge de seguretat que està emmascarat per la forma habitual d'operar i es fa malbé.

A mode de resum podem dir que l'absència d'un mecanisme de gestió de les proteccions que té inclosa cada una de les tasques d'un projecte, fa que es perdin i els projectes arribin tard.

Com a hipòtesi de treball i conclusió final d'aquesta anàlisi podem dir que si es disposés de:

- un mecanisme de sincronització de multiprojectes, i
- un sistema de gestió de les proteccions en les durades de les tasques;

aleshores, la gestió de projectes es trobaria en condicions de fer front als seus problemes actuals amb molta més probabilitat d'èxit.

3. A què canviar? La metodologia Cadena Crítica de Gestió de Mono i Multiprojectes de T.O.C.

3.1 La planificació del Projecte: la Xarxa de Tasques

El discurs que s'ha seguit fins aquí permet definir dues hipòtesis de treball a partir de les quals desenvolupar la solució de T.O.C.:

- Si les organitzacions disposessin d'un mecanisme correcte de gestió de les proteccions davant la incertesa, no existiria gran part de la problemàtica actual de monoproyectos.
- Si les organitzacions disposessin d'un mecanisme de sincronització de les posades en marxa dels diferents projectes, no existiria gran part de la problemàtica actual de multiproyectos.

Planificar un projecte és sinònim de construir-ne la **xarxa de tasques**, que és una **estructura de dependències funcionals** entre un conjunt de tasques que comparteixen l'objectiu d'assolir l'abast del projecte en un termini de temps determinat.

Cada tasca és un grup d'activitats realitzades per un o varis recursos, la finalització de les quals permet que un altre o altres recursos iniciïn la seva feina.

Una xarxa de tasques ha d'incloure:

- La denominació de les tasques.
- Les relacions de dependències entre elles.
- La identificació del recurs, o recursos, que la realitzarà.
- L'estimació de la durada.

A l'hora d'abordar-ne la construcció, cal ajustar el grau de detall amb el qual volem definir les tasques:

- Posar-hi massa detall pot provocar planificacions poc útils i rígides. És quasi bé impossible poder definir amb exactitud la totalitat de les tasques que s'hauran de dur a terme per executar un projecte. Si la planificació ha entrat massa en detall i després la realitat no es desenvolupa com estava previst, es percebrà la xarxa de tasques com imperfecta i rígida. Això provocarà dos efectes freqüents: que s'hauran de realitzar molts canvis i que al final es deixarà d'utilitzar o realitzar la planificació.
- Posar-hi poc detall pot provocar una disminució de control del projecte. Si durant la planificació no s'han identificat amb suficient detall les tasques, després durant l'execució apareixeran molts imprevistos que obligaran a declarar urgències amb massa freqüència.

Com a criteri general, s'hi posarà el mínim detall possible i s'anirà augmentant a mesura que es presenti alguna de les dues circumstàncies que s'expliquen a continuació.

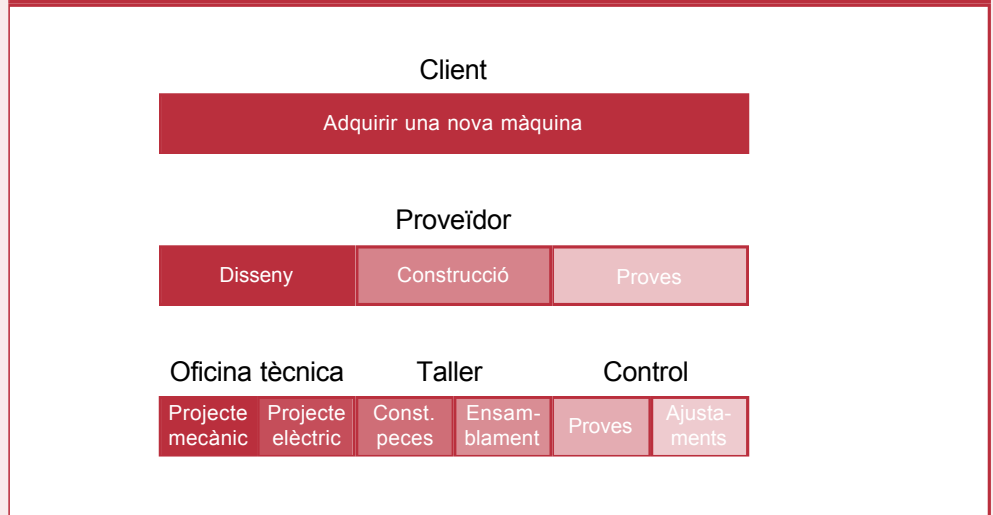
1. Si es detalla més, s'incrementa el control del projecte.

Posem per cas, figura 7, que s'està realitzant un projecte d'ampliació d'una instal·lació industrial per a la qual és necessari adquirir una màquina especial que ens dissenyarà i construirà un proveïdor. Per al client, la compra d'aquesta màquina consisteix en una sola tasca. Entrar en més detall no li aporta control ja que el procés pertany al proveïdor i ell és el seu únic interlocutor.

Però el mateix que per al client és una sola tasca, per al proveïdor que la construirà se subdivideix en tres: el disseny, la construcció i les proves. Per tal de poder planificar i controlar el procés, el proveïdor no en té prou amb el nivell de detall i l'incrementa. Per al proveïdor, existeixen tres interlocutors: els responsables de l'Oficina Tècnica, del Taller i del Departament de Control.

I de la mateixa forma, cada departament del proveïdor necessita incrementar el detall per poder realitzar el seu control. Així, el mateix treball que per al client és una tasca, per al proveïdor en són tres i per als seus departaments en seran sis.

Figura 7. Afegir detall per incrementar el control

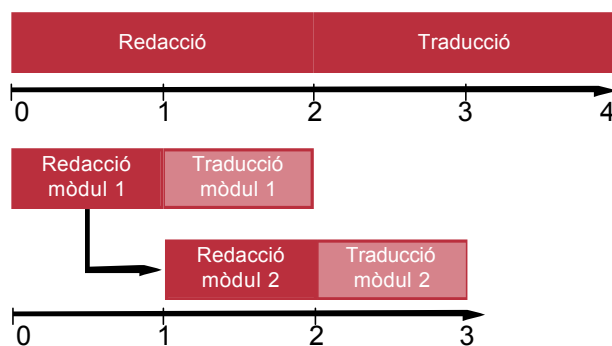


2. Si es detalla més, es redueix la durada del projecte.

Posem per cas, figura 8, que dues tasques d'un projecte són la redacció d'un manual i la seva traducció a l'anglès. Cada una de les tasques dura 2 setmanes, per la qual cosa es necessiten 4 en total.

Aquesta durada es podrà reduir si es divideix el treball en dos mòduls de manera que al mateix temps que es tradueix el primer es pot seguir redactant el segon. Així, encara que es manté la duració de dues setmanes per a la redacció i la traducció, com que hi ha un encauclament de les tasques, el temps total dura només 3 setmanes, amb la qual cosa s'ha reduït una.

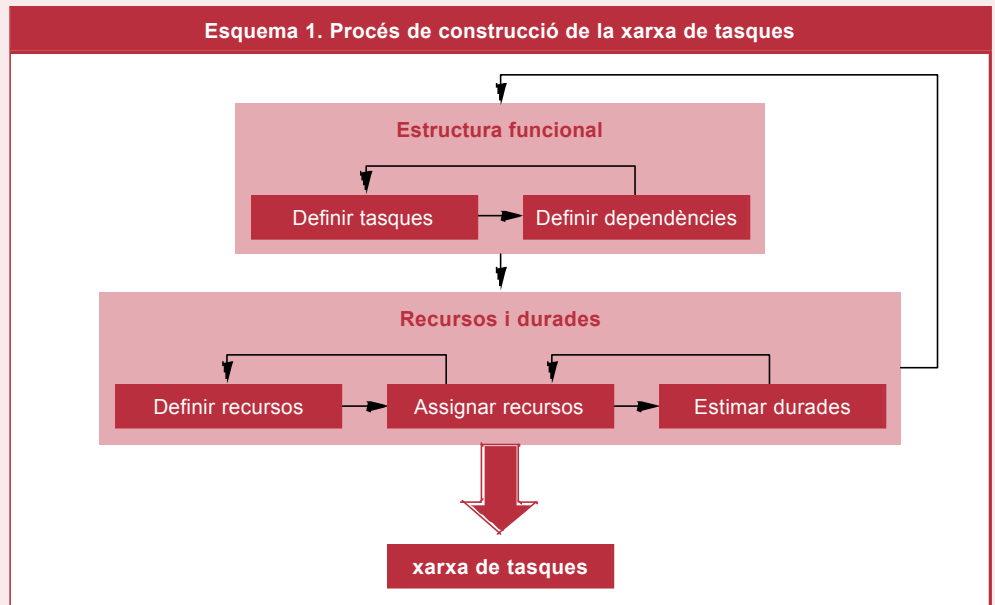
Figura 8. Afegir detall per reduir la durada



El procés per a construir una xarxa de tasques segueix les següents etapes:

1. Definició de les **tasques** necessàries per a executar el projecte.
2. Definició de les **dependències funcionals** entre les tasques.
3. Definició dels **recursos** que s'utilitzaran.
4. **Assignació dels recursos** a les tasques.
5. Estimació de **durada** de les tasques.

Aquestes etapes no constitueixen una seqüència lineal en el sentit que s'ha de finalitzar l'anterior abans de començar la següent. Tal com es veu a l'esquema 1, s'aborda primer l'estructura funcional mitjançant bucles reiteratius entre la definició de tasques i de dependències. Després, es realitza un altre bucle definint i assignant recursos i estimant-ne la durada.

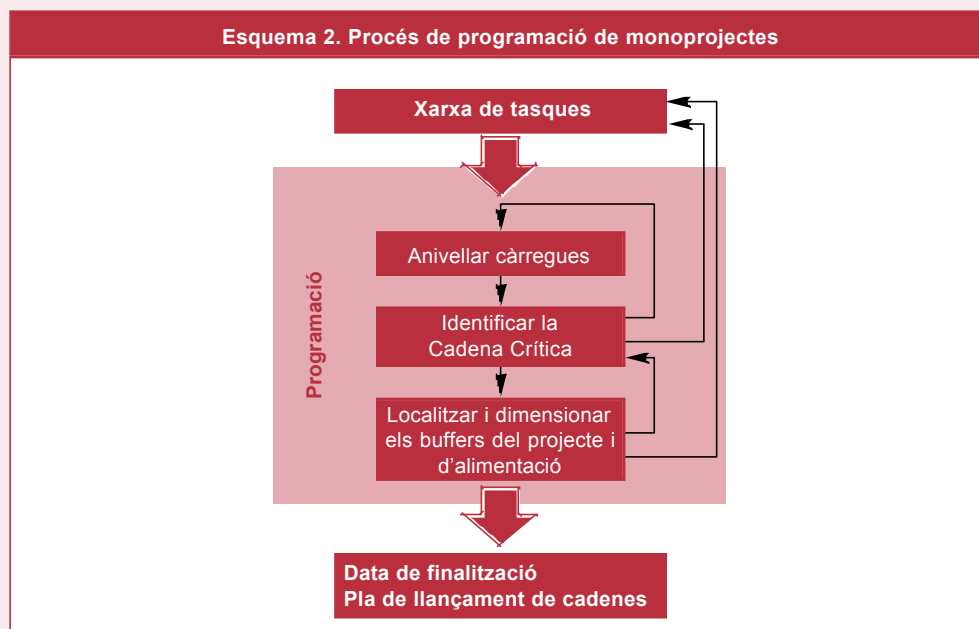


3.2 Programació de Monoprojectes

Encara que la durada de cada una de les activitats té estimacions incertes, és necessari poder donar dates de finalització del projecte. Això és el que s'aborda durant la programació, la qual consisteix en el procés de:

- Determinar una **data de finalització realista**.
- Construir un **calendari d'inicis d'activitats** de cada una de les cadenes de tasques.

Per a realitzar la programació cal disposar de la xarxa de tasques i seguir les etapes que s'expliquen a continuació, representades a l'esquema 2.



3.2.1. Anivellació de Càrregues

El punt de partida és la xarxa de tasques del projecte, com pot ésser la de la figura 9. Cada rectangle representa una tasca, amb un número que la identifica. La llargària del rectangle és el temps estimat de durada. La lletra identifica el recurs que la realitza. La unitat de temps utilitzada és la setmana.

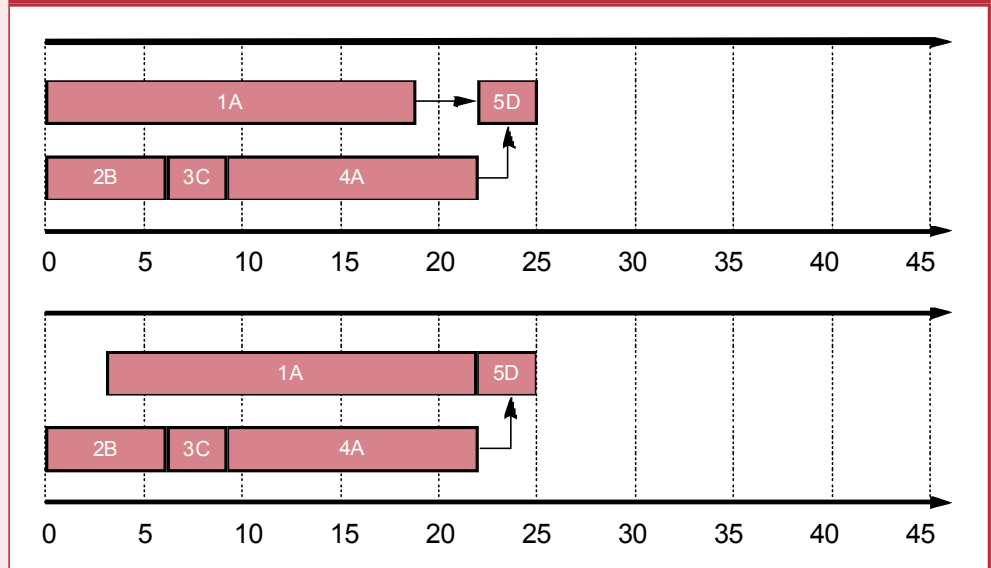
Les xarxes de tasques es poden fer, en relació al moment d'inici de les activitats, amb dos opcions:

- Començaments **"el més aviat possible"**: les tasques es situen tant aviat com es poden realitzar.
- Començaments **"el més tard possible"**: les tasques es situen el més tard possible, sense que afecti a la data final del projecte.

La part superior de la figura 9 està organitzada amb la primera opció i la part inferior amb la segona. Això implica que la tasca 1 que realitza el recurs A es pot començar, com a molt dora, la primera setmana, i com a molt tard, la quarta. En la resta de tasques no hi ha diferència entre les dos opcions.

En la programació T.O.C. **les tasques s'han de situar el més tard possible**, això es fa amb la finalitat de **no despistar als recursos del que realment és important**: si una tasca s'avança, el recurs té moltes més possibilitats de fer multitasca, la qual cosa es vol evitar per no allargar els projectes.

Figura 9. Xarxa de tasques inicial

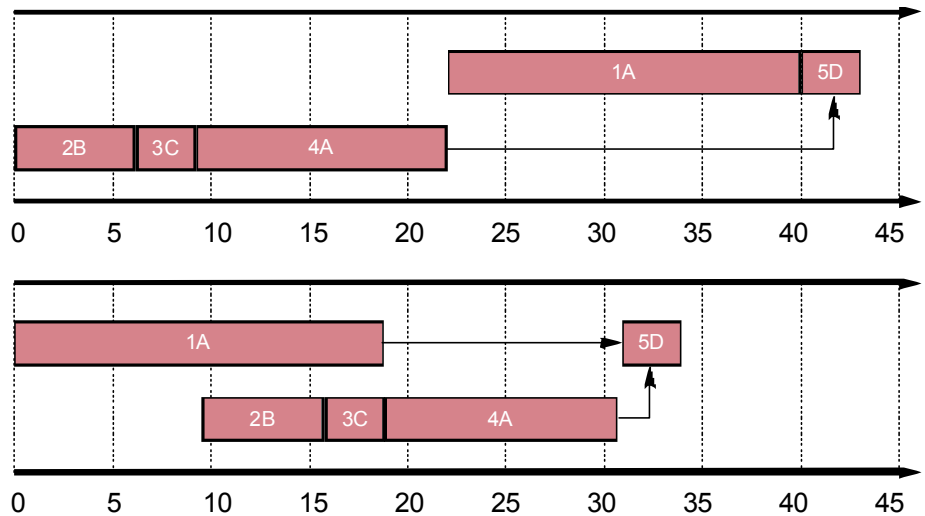


Existeixen moments en els que la planificació del projecte necessitaria que el mateix recurs realitzés més d'una tasca de forma simultània. Per exemple, si es disposa d'un únic recurs A, és impossible que realitzi simultàniament les tasques 1 i 4 ja que es solapen en el mateix temps.

Cal resoldre els conflictes entre aquestes tasques de forma que la càrrega de treball dels recursos estigui anivellada en el temps.

El criteri que es fa servir és el d'avançar aquelles tasques que menys afectin el termini del projecte. Això es pot aconseguir avançant les tasques precedides per una seqüència més curta. Això es comprova fàcilment comparant les dos opcions recollides a la figura 10, a on, encara que cap d'elles mantingui sobrecàrrega per al recurs A, el termini total del projecte es veu afectat de formes diferents.

Figura 10. Anivellació de càrregues incorrecta i correcta



- La xarxa de tasques superior ha optat per realitzar la tasca 4 primer que la 1. Pel fet que la tasca 4 ve precedida per les tasques 2 i 3 el resultat és que el projecte passa a necessitar 43 setmanes.
- En canvi, l'opció contrària de realitzar primer la tasca 1, dona un termini de 34 setmanes. Això ve donat pel fet que la tasca 1 no té cap tasca predecessora. Aquesta segona opció serà més competitiva pel que fa al termini.

3.2.2. Identificació de la Cadena Crítica.

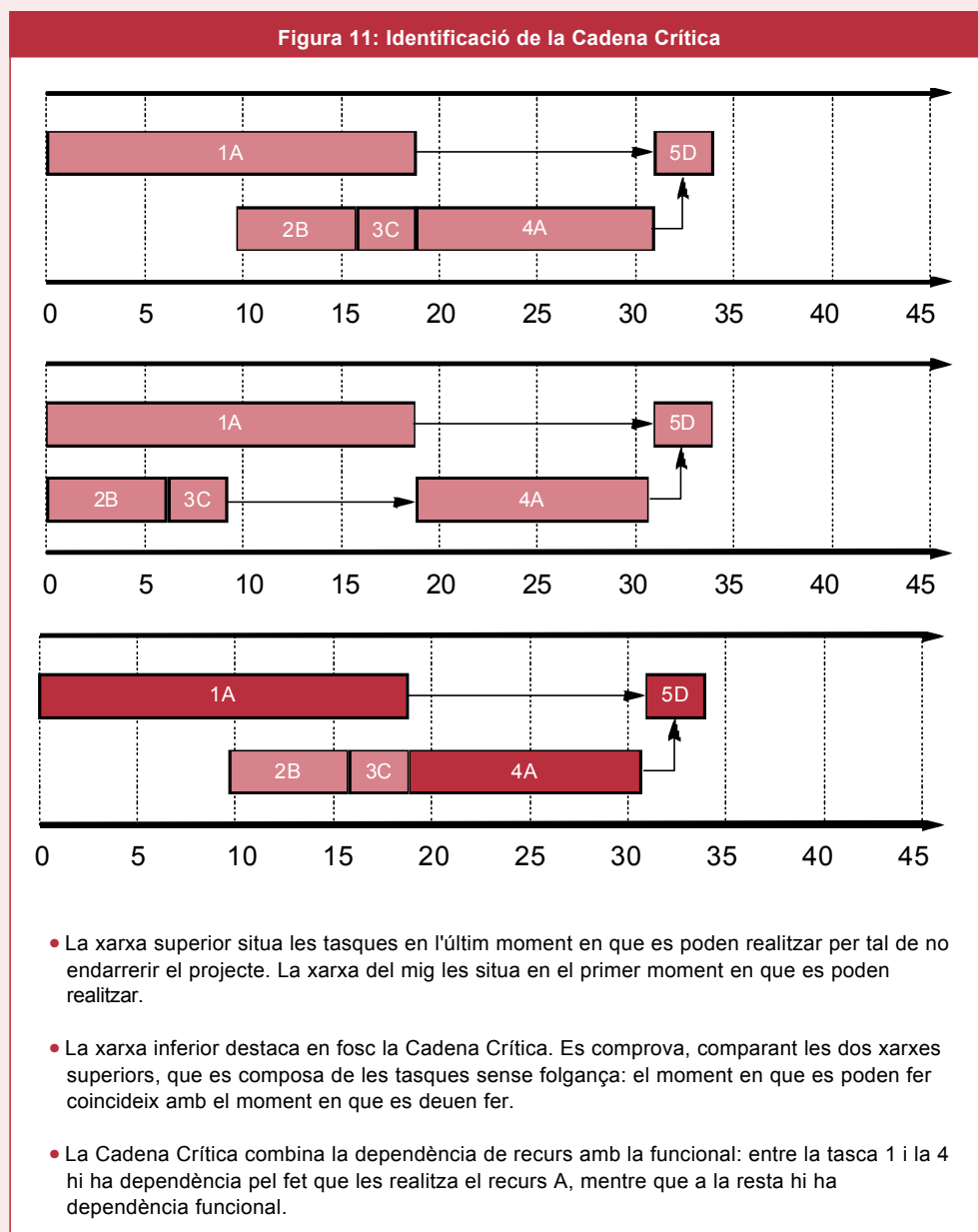
En els projectes, hi ha tasques que disposen de folgança i d'altres que no. Hi ha tasques que en el moment en què es "poden fer", coincideixen amb el moment en què "s'han de fer" per no provocar un retard en la data de lliurament. El "poder fer" vindrà definit per dues variables:

- La **dependència funcional**: totes les tasques predecessores estan finalitzades.
- La **dependència de recurs**: el recurs està disponible per a realitzar la tasca.

La Cadena Crítica serà la seqüència més llarga de tasques sense folgança que estan connectades l'una amb l'altra o per dependència funcional o de recurs. La Cadena Crítica condiona la durada del projecte de forma que si es produeix un endarreriment en qualsevol de les seves tasques, es traslladarà a través de les activitats que la succeeixen i es convertirà en un endarreriment de la data de finalització del projecte.

Els conceptes tradicionals de planificació de projectes, com per exemple Camí Crític, tan sols tenen en compte la dependència funcional per a determinar la durada del projecte i consideren que una tasca es "pot fer" quan totes les seves predecessores ja estan realitzades. Però la realitat no és així: no sols s'han d'haver finalitzat les tasques que la precedeixen, sinó que a més, el recurs que l'ha de realitzar ha d'estar disponible.

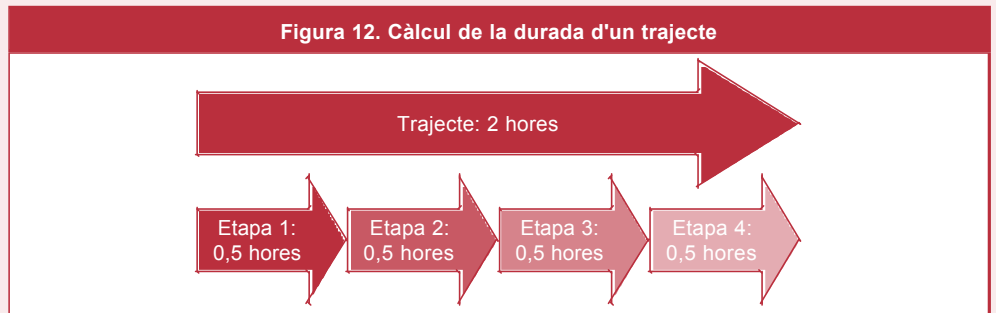
La figura 11 mostra com s'apliquen aquests conceptes en la identificació de la Cadena Crítica.



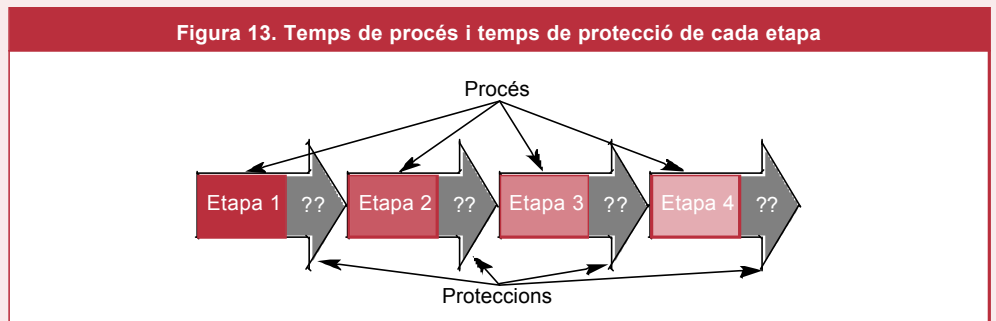
3.2.3. Repartir vs Compartir Proteccions: el concepte de Buffer

La Cadena Crítica determina el termini del projecte de forma que qualsevol desviació en la durada de les seves tasques es tradueix en un endarreriment del projecte. Per poder acceptar un compromís de durada del projecte, cal disposar d'un mecanisme mitjançant el qual les desviacions que pugui tenir cada tasca no afectin la data de finalització del projecte.

Per entendre com aconseguir-ho, s'utilitzarà l'exemple de com funciona la gestió del temps quan es realitza un trajecte per carretera. Tal com mostra la figura 12, el trajecte es descompon en etapes, de la mateixa forma que la Cadena Crítica es descompon en tasques. I per saber el temps necessari pel trajecte, se suma el temps que es triga en cada etapa.



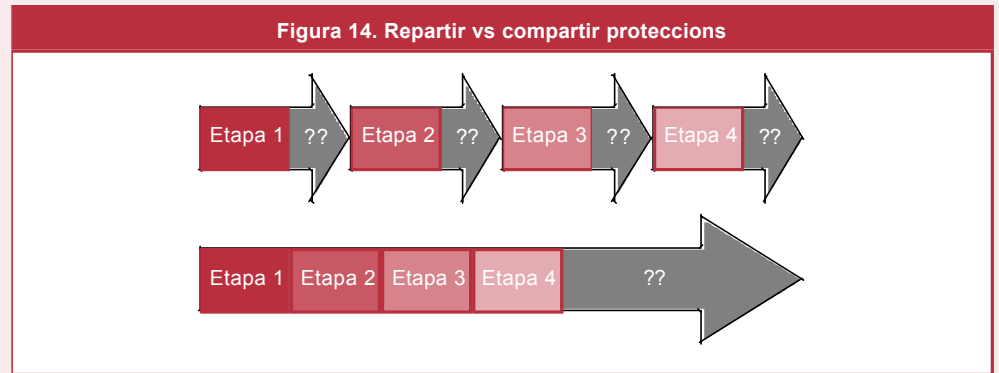
Com es veu a la figura 13, cada etapa té una estimació de durada que es descompon en dues parts: el temps necessari per fer el recorregut i un temps de protecció per als imprevistos. En l'estimació de temps necessari per a cada tasca, encara que desconeguda, sempre s'hi inclou una protecció.



Si els imprevistos tenen una probabilitat desconeguda de succeir, o no, i la seva durada és imprevisible, és poc probable que succeeixin en cada etapa durant el temps exacte de les proteccions incloses. El més probable és que en alguna etapa no hi hagi cap imprevist i en altres sí. I quan es presentin pot ser que la seva durada sigui inferior, igual o superior a la durada de la protecció.

El que es defineix és una realitat on cada etapa del trajecte està protegida amb un temps "per si de cas", i en alguns casos aquest temps pot sobrar i en d'altres pot ser insuficient. Si durant el trajecte alguna etapa té una desviació positiva i s'executa en menys temps del que s'havia previst, la conducta que millor protegeix l'hora final d'arribada és la de reservar la protecció sobrant per si en una etapa posterior tenim alguna desviació negativa.

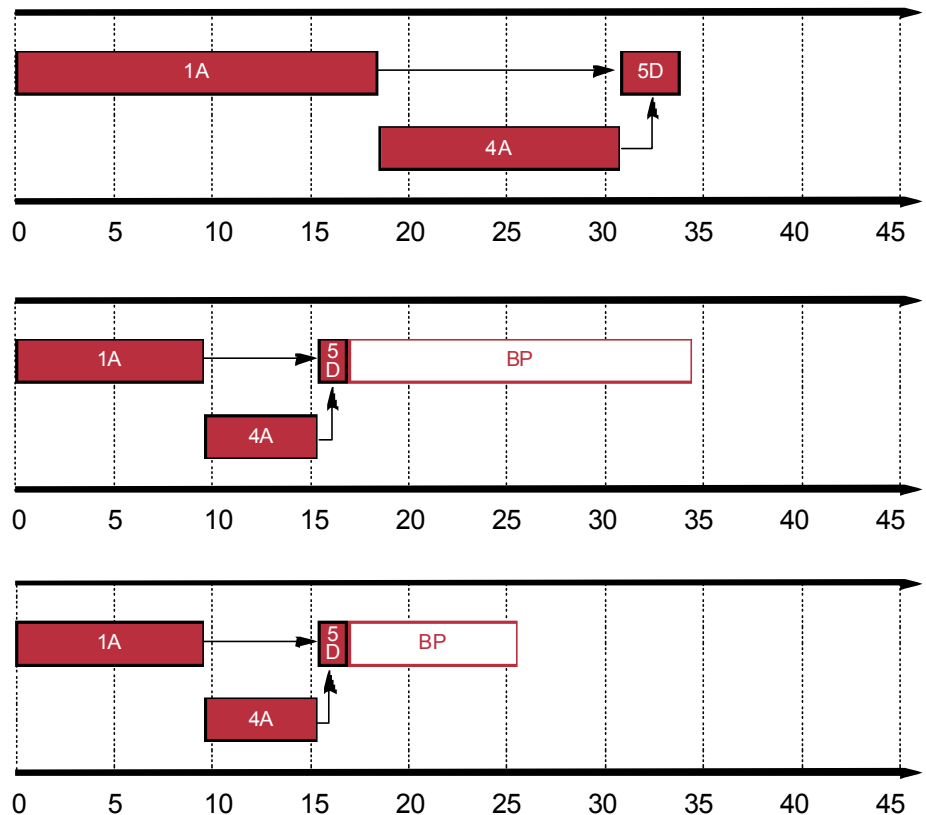
Aquesta forma d'organitzar el temps consisteix en gestionar les proteccions de forma que no es considera que pertanyen a cada una de les tasques de forma individual sinó que pertanyen al conjunt del trajecte, tal com mostra la figura 14.



En els projectes és millor organitzar el temps de la mateixa forma: **en lloc de repartir les proteccions assignant-les com a "propietat" de cada tasca, cal compartir-les entre totes les tasques de la Cadena Crítica, situant-les juntes al final.** La realitat fa que la probabilitat que totes les tasques de la Cadena Crítica necessitin la protecció és inferior al fet que algunes d'elles les necessitin. Això significa que el temps necessari serà inferior i els projectes es podran realitzar amb menys temps.

S'anomena **Buffer del Projecte** la protecció compartida entre les tasques de la **Cadena Crítica** de forma que la data final del projecte no es vegi afectada per les **oscil·lacions de la durada de cada una de les tasques.** Tal com mostra la figura 15, se situa al final de la Cadena Crítica. El compromís de durada del projecte serà la suma de la Cadena Crítica i el Buffer del Projecte.

Figura 15. El Buffer del Projecte



- La part superior mostra la Cadena Crítica del projecte de la figura 11, la protecció de cada tasca està inclosa en la seva estimació.
- La part del mig ha situat les proteccions de totes les tasques al final de la Cadena Crítica de forma compartida: el Buffer del Projecte.
- Pel fet de compartir les proteccions, el projecte en el seu conjunt té més probabilitats de complir el termini, i fins i tot de reduir-ne la durada. Això és pel fet que és menys probable que totes les tasques tinguin desviacions negatives que no pas algunes d'elles.
- El Buffer no és un temps extra que afegim per a protegir el projecte, sinó que és un temps construït amb les proteccions de cada tasca, per la qual cosa pertany a les tasques i existeix per consumir-se.

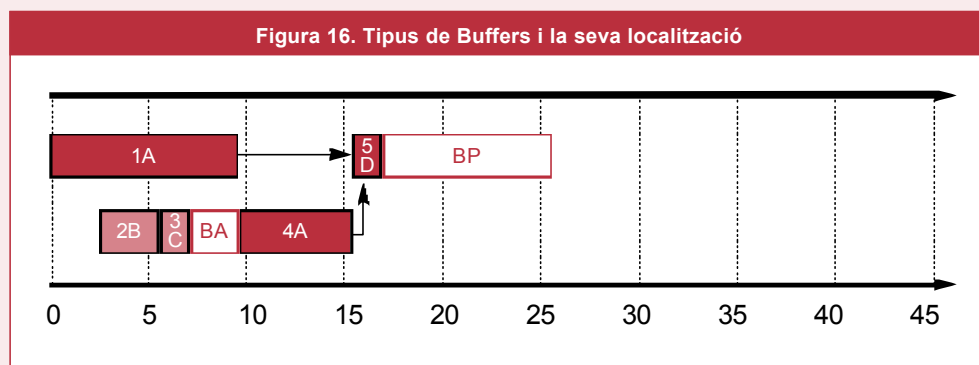
3.2.4. Tipus, localització i dimensionament dels Buffers de monoproyectos.

Dins del projecte trobem dos tipus de Buffers:

- **Buffer del Projecte.** És la protecció compartida entre les tasques de la Cadena Crítica per tal d'evitar que les desviacions individuals de les tasques afectin la data de finalització.
- **Buffers d'Alimentació.** La Cadena Crítica necessita el treball d'altres tasques del projecte sense la finalització de les quals es quedaria aturada. Cada una de les cadenes que alimenten la Cadena Crítica protegirà la seva data de compromís de la mateixa forma que ho fa la Cadena Crítica: compartirà les proteccions de cada una de les tasques mitjançant un Buffer d'Alimentació que eviti que les desviacions individuals de les tasques de qualsevol altra part del projecte puguin afectar el desenvolupament de la Cadena Crítica.

Tal com indica la figura 16, els llocs on localitzem els Buffers són:

- Al final de la Cadena Crítica es localitza el Buffer del Projecte.
- En els punts de connexió entre les tasques de la Cadena Crítica i les tasques que l'alimenten es localitzen els Buffers d'Alimentació.



Pel que fa al seu dimensionament, encara que cal fer-ho per a cada projecte i cadena en particular, el criteri general és que dues terceres parts del temps pertanyen a les tasques i una tercera part al Buffer (tant pel del Projecte com pel d'Alimentació).

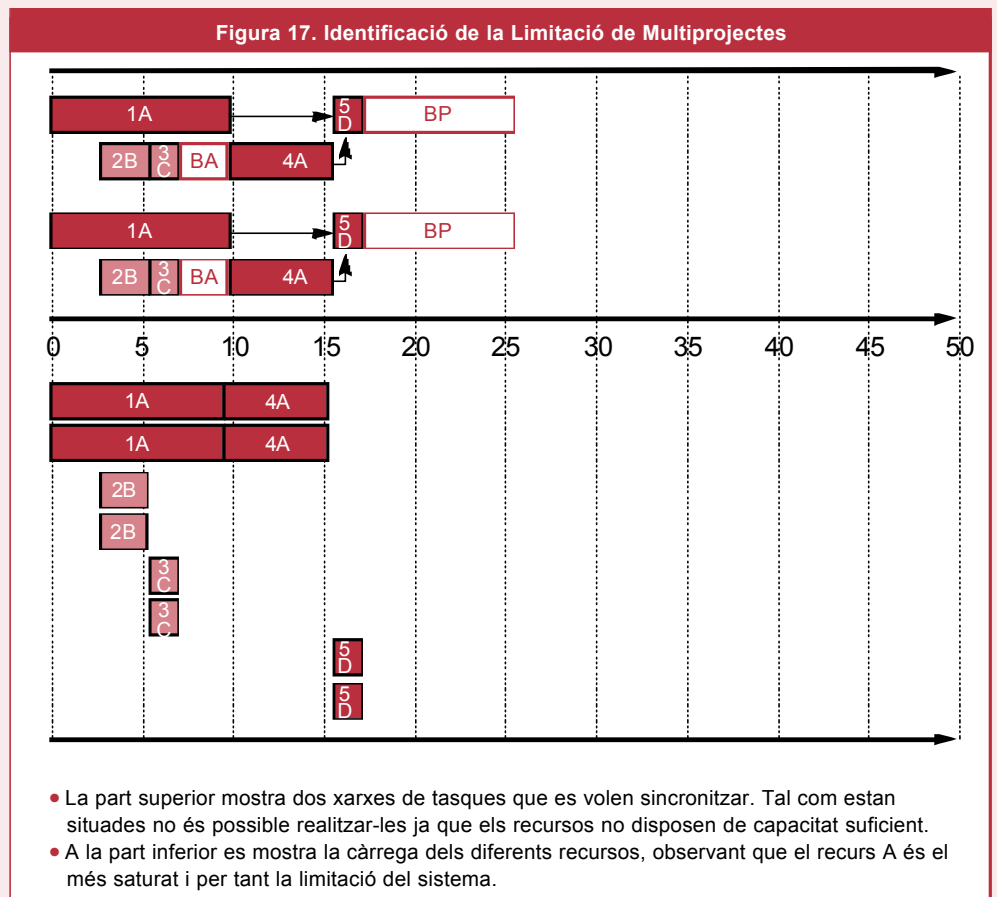
3.3 Programació de Multiprojectes: sincronització de llançaments

La limitació d'una situació de multiprojectes és la capacitat dels recursos de fer front a les seves tasques sense realitzar multitasca negativa. En funció del nombre de projectes que es posin en funcionament en un horitzó de temps determinat, podrà assumir-se o no la càrrega de treball.

Per tal de conèixer, aconseguir i millorar la capacitat màxima de projectes que pot executar de forma simultània un equip, cal aplicar les passes del procés de millora de T.O.C. tal com es defineixen al quadre 3 (veure pàg. 44), del qual n'ampliem a continuació les tres primeres.

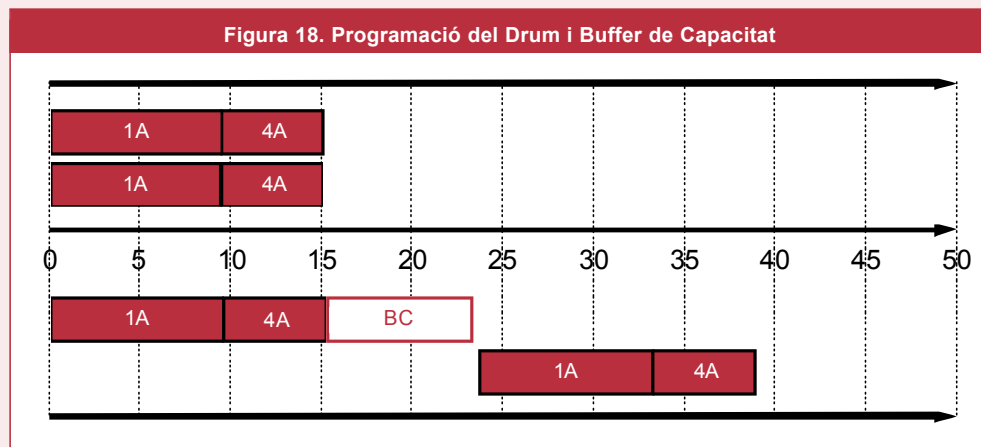
1. IDENTIFICAR la limitació del sistema

Per identificar la limitació cal conèixer la saturació dels recursos. Per això cal posar en relació la capacitat de cada recurs i la càrrega que li representen les tasques dels diferents projectes que té assignades. El % del temps que representa la càrrega sobre la capacitat serà la saturació dels recursos. A la figura 17 s'explica de forma pràctica aquest concepte.



2. EXPLOTAR la limitació del sistema.

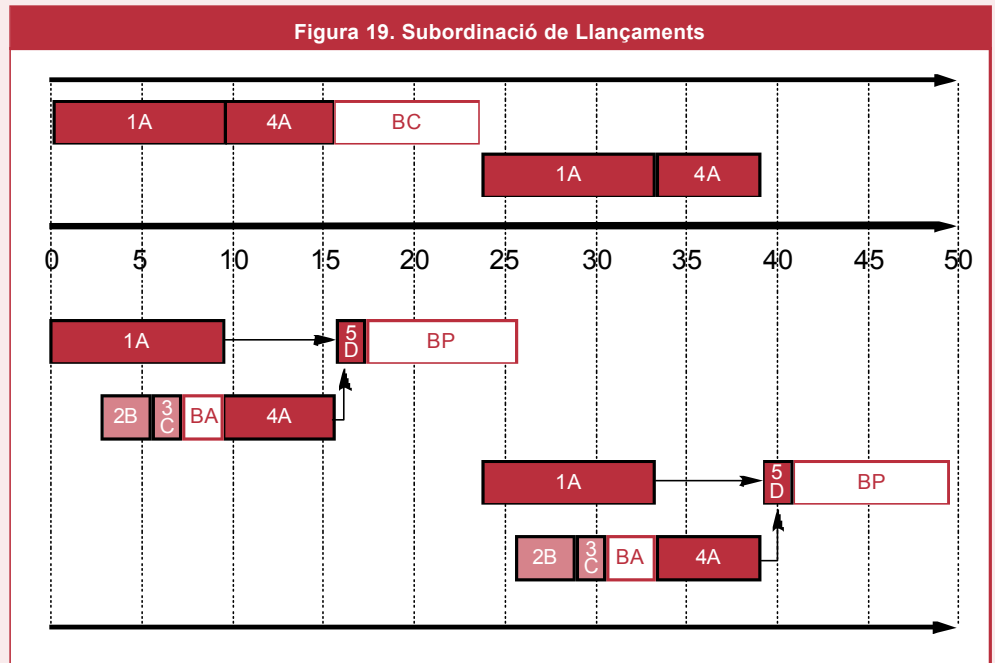
A la part superior de la figura 18 veiem que el recurs A necessitaria el doble de la seva capacitat. Per tal d'obtenir la millor productivitat que pot assolir, s'utilitzen dos conceptes que queden recollits a la part inferior de la mateixa figura:



- La **Programació del Drum**. Sense tenir en compte cap dels altres recursos, s'anivella la càrrega de la limitació programant-ne la seva feina. Es parla de la limitació com a Drum (Tambor), ja que el seu ritme marcarà el ritme de tots els projectes.
- El **Buffer de Capacitat**. Per tal d'evitar que les desviacions de durada de les tasques del Drum en un projecte afectin el següent projecte, se situa un Buffer entre l'última tasca del Drum d'un projecte i la primera tasca del següent. S'anomena de Capacitat pel fet que protegeix la capacitat de complir amb tots els projectes per part del recurs limitació, la qual cosa és sinònim de protegir la capacitat del sistema d'assolir més projectes. Es pot calcular amb els mateixos criteris que els anteriors Buffers encara que pot convenir dimensionar-lo amb més protecció ja que el que està protegint és un aspecte molt important de les organitzacions que realitzen multiprojectes: la seva capacitat de realitzar diferents projectes alhora.

3. SUBORDINAR totes les altres coses a la limitació del sistema.

Tal com mostra la figura 19, un cop es disposa de la Programació del Drum, es tornen a posar les tasques de la limitació en relació a les de la resta de recursos. Les tasques del Drum determinaran les dates d'inici de les activitats dels projectes, ja que se subordinen al seu calendari.



Els recursos que no són limitació disposaran de **marge de capacitat** per poder portar a terme tot el seu treball de forma subordinada al correcte funcionament del Drum. En alguns casos es podran produir conflictes derivats del fet que algun recurs tingui assignades diferents tasques al mateix temps, però els Buffers d'Alimentació seran suficients per absorbir els possibles endarreriments sense que afectin a la programació.

3.4 Control de projectes: gestió de Buffers

La planificació i programació dels projectes no ha reduït l'incertesa existent a la realitat, el que ha fet és preparar el projecte de forma que sigui menys feble davant dels seus atacs. Durant la gestió del projecte, les tasques duraran el temps que tenien estimat, o no.

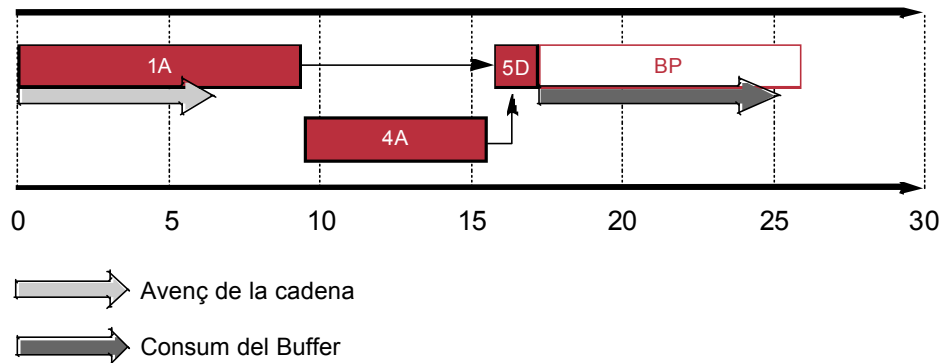
Durant la gestió del projecte es produiran **desviacions** que es convertiran en **amenaces d'incompliment**. El control ha de consistir en detectar-les a temps, de manera que puguin realitzar-se les correccions oportunes abans que representin incompliments reals.

La informació per a conèixer l'estat d'un projecte la dona la proporció existent entre l'avenç del projecte i la protecció restant:

- L'**avenç del projecte** és fàcilment monitoritzable a partir del grau d'execució de la Cadena Crítica.
- La **protecció restant** és igualment monitoritzable a partir del coneixement del consum que s'ha fet del Buffer del Projecte.

Aquesta forma de monitoritzar i conèixer l'estat d'un projecte es reflecteix a les figures 20 i 21, gràfics 3 i 4 i taula 2, on s'hi detallen algunes característiques de funcionament.

Figura 20. Mecanisme de Control de Buffers



El Control de Buffers aporta informació de l'estat d'un projecte a partir de la monitorització de:

- El consum del Buffer.
- L'avanç de la Cadena Crítica.

A l'exemple s'observa:

- Del temps de protecció disponible al Buffer se n'ha consumit quasi bé el 90%, que és el temps que representa la fletxa que en monitoritza l'execució.
- Del temps previst de durada de la Cadena Crítica s'ha avançat menys d'un 40%.

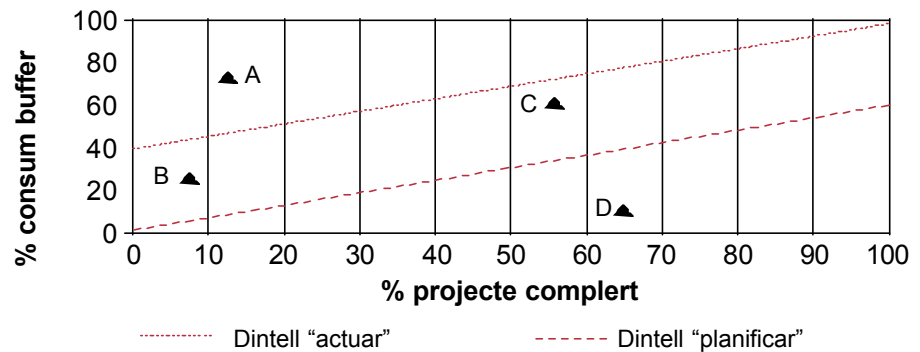
Si per fer el 40% del treball s'ha utilitzat el 90% de la protecció, és evident que aquest projecte es troba amb serioses dificultats per finalitzar a temps. La proporció "(% de consum del Buffer) / (% d'avanç de la Cadena Crítica)" indica l'estat del projecte:

- Quan el seu valor és 1, el projecte s'està executant com s'havia previst.
- Quan supera aquest valor, el projecte s'està endarrerint.
- Quan és inferior, el projecte pot finalitzar abans.

El valor d'aquesta informació ve donat per:

- Es disposa d'un indicador objectiu de l'estat del projecte.
- Es disposa d'informació que permet "dimensionar" quantitativament l'estat del projecte.
- Quan és el cas, detecta a temps l'activitat que està provocant la problemàtica.
- Permet l'acord entre els diferents interlocutors.
- Es un sistema senzill i de funcionament molt intuïtiu.
- Permet disposar d'informació permanent en temps present.

Gràfic 3. Control de Multiprojectes



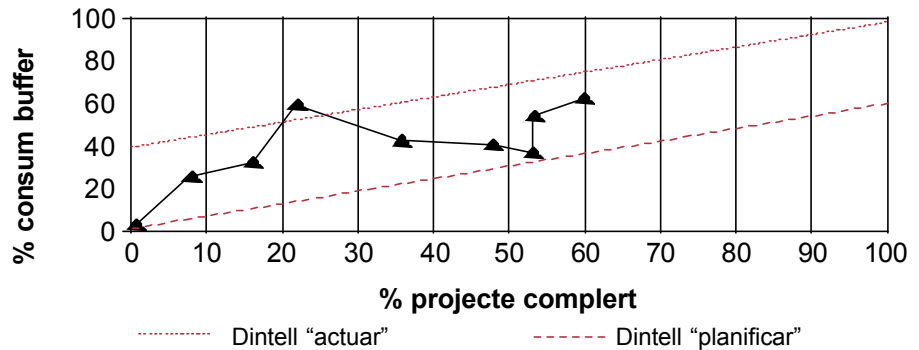
Mitjançant una representació gràfica de la informació dels projectes en marxa se n'obté una ràpida visió de conjunt.

Al gràfic observem:

- L'eix vertical assenyalava el % de consum del Buffer.
- L'eix horitzontal assenyalava el % d'avenç de la Cadena Crítica.
- Cada punt assenyalava l'estat de cada projecte respecte dels dos valors.
- Les dues línies que creuen el gràfic el divideixen en 3 àrees en funció de l'estat del projecte:
 - Zona verda "monitorització": quan el projecte es troba per sota de la línia "Dintell 'planificar' " indica que el projecte està marxant segons el previst o millor.
 - Zona groga "planificació": quan el projecte es troba entre les dues línies, indica que es corre risc d'incompliment. Cal preparar accions correctores per si la situació no canvia.
 - Zona vermella "acció": quan el projecte es situa per sobre de la línia "Dintell actuar" cal aplicar les accions correctores ja que altrament, és molt probable que es finalitzi fora de termini.
- Els punts A, B, C i D indiquen la localització de 4 projectes. S'observa la facilitat amb la qual es valora la seva situació i la possibilitat de discriminar quins requereixen atenció pel risc d'incompliment que tenen i quins funcionen correctament. La capacitat de prioritzar assignacions d'esforços, atenció i recursos en cas de conflictes entre projectes es converteix en una tasca senzilla.

© Gràfic funcionalitat del programa informàtic ProChain Pipeline, marca registrada de ProChain Solutions, Inc.

Gràfic 4. Control de Monoprojectes

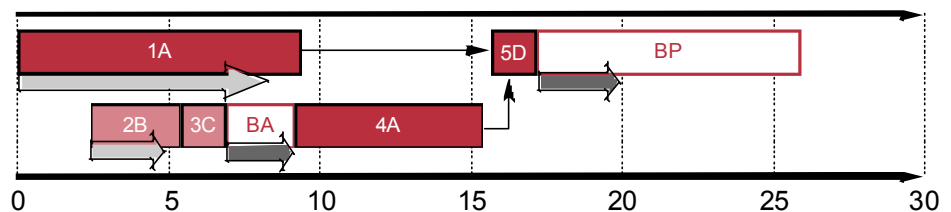


Cada projecte té el seu propi gràfic de control que funciona amb els mateixos criteris que s'han descrit per multiprojectes al gràfic 3.

La diferència amb l'anterior, és que aquell era una foto estàtica de la situació dels diferents projectes en un moment donat i ara es disposa, per a un projecte individual, de la situació durant tot el seu desenvolupament.

© Gràfic funcionalitat del programa informàtic ProChain Project Scheduling, marca registrada de ProChain Solutions, Inc.

Figura 21. Identificació de causes de penetració en buffers



Es representa l'estat d'un projecte del qual s'ha realitzat un control de Buffers il·lustrant la utilitat del sistema amb el coneixement de les causes dels problemes que pot tenir. En aquest cas s'observa:

- La Cadena Crítica avança a major velocitat que el consum del Buffer del Projecte.
- El Buffer d'Alimentació s'ha consumit totalment sense que les tasques de la cadena d'alimentació s'hagin concluit. La tasca activa en el moment present d'aquesta cadena és la 2 realitzada pel recurs B.

D'aquestes dades es pot concloure que quan el recurs A finalitzi la tasca 1, tenim molt risc de que la Cadena Crítica hagi d'esperar el treball de les tasques 2 i 3. L'esforç ha de concentrar-se en resoldre aquest aspecte per tal de protegir el bon desenvolupament de la resta del projecte.

El control de buffers es converteix en un sistema d'informació que respon a les necessitats de control dels diferents rols de l'organització implicats en els projectes: la direcció general, les direccions dels projectes, les direccions dels recursos o departaments i els recursos.

Durant la gestió cada un d'aquests nivells d'implicats s'enfronta a una sèrie de **decisiones** la qualitat de les quals determinarà l'èxit dels projectes i de l'organització. Per tal de respondre a aquestes necessitats de presa de decisions, la gestió de buffers converteix les dades en informació, donant així resposta a les preguntes que es planteja. El quadre 2 identifica les necessitats a que ha de donar resposta un sistema d'informació de gestió de projectes.

Quadre 2. Continguts del Sistema d'Informació per Nivells Jeràrquics

Nivell jeràrquic	Objectiu	Continguts del sistema d'informació
Direcció general	Assolir els objectius de l'organització	<ul style="list-style-type: none"> • Quina és la situació individual d'assoliment del termini de cada projecte? Quins estan dins del termini, quins arribaran tard i amb quin retard i quins tenen problemes? • Quins projectes requereixen més intervenció de la Direcció General? • Quants projectes pot realitzar l'organització de forma simultània?
Direcció de projectes	Assolir els objectius dels projectes	<ul style="list-style-type: none"> • Quina data prevista de finalització té el projecte? • Quines tasques i/o recursos posen en perill la finalització a termini del projecte?
Direcció de recursos	Utilització efectiva dels recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Quines previsions de necessitats de recursos hi ha per a un horitzó de temps determinat? Quan i on es necessiten quins i quants recursos? • Quins projectes necessiten més els recursos en aquests moments? • Quines prioritats s'han de marcar els recursos?
Recursos	Utilització efectiva del temps	<ul style="list-style-type: none"> • Quines prioritats tenen les tasques pendents?

El Control de Buffers aporta respostes a les qüestions que es planteja un sistema d'informació a tots els nivells jeràrquics de l'organització.

Sense ser exhaustius, podem observar-ne algunes característiques:

- Tots els membres de l'organització identificats al quadre utilitzen la mateixa informació: la relació entre l'avenç de la Cadena Crítica i les Cadenes d'Alimentació i els seus respectius Buffers.
- Quan, en un moment donat, diferents projectes competeixen pels mateixos recursos, sempre es podrà establir quin és l'ordre de prioritats en funció de la situació del Control de Buffers dels diferents projectes. I aquesta serà una informació objectiva sense possibilitat de desacord entre els diferents Caps de Projecte i Caps de Recursos / Departaments.
- Per la mateixa raó, es poden ordenar per prioritats les diferents tasques que estan a càrrec d'un recurs concret, tant si es tracta de tasques del mateix projecte com de diferents projectes.
- Els caps de Recursos / Departaments disposen d'informació suficient per conèixer quins, quants i on es necessiten recursos.

3.5 Elevar la limitació del sistema

Les limitacions dels dos escenaris possibles s'han definit com:

- **Monoprojectes:** ens limita el **temps** en que podem realitzar un projecte.
- **Multiprojectes:** ens limita la **capacitat** del sistema per abordar més projectes.

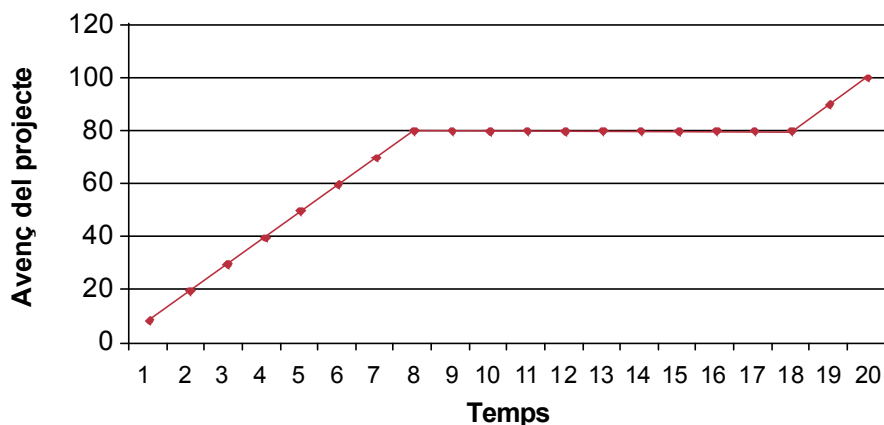
La identificació i explotació de la limitació i la subordinació ens permeten optimitzar el sistema tal qual és en el moment present. Però sovint això no és suficient per a respondre a tota la demanda a la qual s'ha de donar resposta. En aquests casos cal elevar la limitació, que consistirà en:

- **Monoprojectes:** si es vol reduir el temps total del projecte s'ha d'**actuar sobre la Cadena Crítica, reduint la seva durada**. Això es podrà aconseguir fonamentalment amb dos polítiques: l'increment de la capacitat dels recursos presents a la Cadena Crítica o la reducció del temps necessari per a realitzar les tasques que la componen, mitjançant la redefinició o millora de processos.
- **Multiprojectes:** per tal d'incrementar la capacitat del sistema per realitzar més projectes s'han d'aplicar les mateixes polítiques que en monoprojectes **focalitzades en el recurs limitació i les seves tasques**. Això s'aconseguirà amb l'increment de capacitat del recurs limitació o amb la reducció del temps de les seves tasques mitjançant la redefinició o millora dels seus processos.

3.6 Com realitzar el seguiment de les tasques

Quan s'està executant el projecte, la forma tradicional de fer-ne el seguiment genera un estat d'avenç del projecte semblant al del gràfic 5.

Gràfic 5. Informació d'avenç del projecte en els sistemes tradicionals



Els sistemes tradicionals de seguiment de projectes construeixen la informació a partir de la següent pregunta: **"Quanta feina s'ha realitzat?"** i el seu resultat és un gràfic com el que es presenta, on la feina avança normalment en els moments inicials fins arribar al voltant del 80%, on es deté durant un temps important per, finalment, avançar de forma ràpida fins al final.

Durant tot el temps en què la informació s'estabilitza en el 80%, l'efecte provocat és que no es disposa d'informació i es desconeix l'estat real del projecte: si en cada seguiment s'obté la mateixa resposta que en l'anterior, és evident que el resultat serà que no se sap què passa realment.

L'origen d'aquest problema recau en la mateixa pregunta utilitzada per obtenir les dades: si un recurs està treballant en el projecte, no pot contestar un dia que ha realitzat menys feina que el dia anterior, per tant torna a donar el mateix valor. Una altra forma de dir-ho és que és impossible que les persones que estan treballant comuniquin que l'endemà tenen menys feina feta que el dia anterior, com si en lloc de treballar haguessin estat "destreballant".

La durada de les tasques està sotmesa a la incertesa, i aquesta incertesa només es manifesta durant la seva execució, per tant només aleshores es podrà conèixer el volum i l'efecte. I, com mostra el gràfic, es perd la informació en el moment en què seria més valuosa: quan la tasca s'està executant i es manifesta la incertesa i la seva durada real.

Per poder disposar de la informació de seguiment cal realitzar un canvi en la forma d'executar-lo. Davant dels sistemes tradicionals, Cadena Crítica munta tot el sistema de seguiment a partir d'una pregunta diferent, la resposta de la qual dóna informació precisa de com s'està manifestant la incertesa en cada tasca. En lloc de preguntar "Quanta feina s'ha realitzat" es pregunta "**Quants dies manquen per finalitzar**". Gràcies a la resposta a aquesta pregunta s'obté informació precisa de l'avenç del projecte i del consum del Buffer, i s'aconsegueix que els recursos no només "consumeixin" protecció sinó que, quan tenen una desviació positiva, li retornin temps al Buffer.

Posem per cas una tasca amb una estimació de 15 dies. Tal com es detalla a la taula 3, el seguiment aporta informació sobre els dies que manquen per finalitzar, la qual cosa permetrà calcular l'estat del Buffer i de la Cadena:

- Fins al dia 5, el recurs considera que la tasca avança com s'havia estimat i reporta cada dia que li queda un dia menys de treball.
- Els dies 6, 7, 8 i 9 es presenten imprevistos i el recurs considera que li manquen més dies per finalitzar: en lloc d'estimar que en 10, 9, 8 i 7 dies haurà acabat, informa que n'hi queden 11, 13, 14 i 14 en funció de la valoració que fa de l'imprevist.
- Entre els dies 10 i 14 considera que la nova estimació és la correcta i cada dia informa que n'hi queda un menys per finalitzar.
- El dia 15 fan efecte les correccions que es decideixen per evitar que els imprevistos afectin el projecte i, en lloc d'estimar que n'hi manquen 8, n'estima 6.
- A partir del dia 16 i fins al final, el recurs considera que l'última estimació és la correcta.

Taula 3. Seguiment de l'estat de la tasca

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Seguiment (dies que manquen per finalitzar)	14	13	12	11	10	11	13	14	14	13	12	11	10	9	6	4	3	2	1	0

Per poder calcular el consum de Buffer i l'avenç de la Cadena es farà el següent:

- **L'estat del Buffer** es calcula en funció del dia en què es troba la tasca i de quants dies li manquen per finalitzar. La durada real de la tasca serà igual a la suma del dia en què es troba més els dies que manquen, la qual cosa, restada de l'estimació inicial, informa dels dies en què s'ha excedit la tasca, que són els dies que consumirà del Buffer.

Consum de Buffer = Dia en què estem + Dies que manquen per finalitzar - Estimació inicial.

Taula 4: consum de Buffer																				
Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Seguiment (dies que manquen per finalitzar)	14	13	12	11	10	11	13	14	14	13	12	11	10	9	6	4	3	2	1	0
Consum de buffer	0	0	0	0	0	2	5	7	8	8	8	8	8	8	6	5	5	5	5	5

És important destacar que amb aquesta forma de realitzar el seguiment i calcular el consum del Buffer s'aconsegueix l'objectiu de **no perdre les desviacions positives**: les tasques no només poden necessitar temps del Buffer sinó que també li'n poden retornar quan no el necessiten.

Així veiem a l'exemple que dels dies 9 a 14 s'estan consumint 8 dies del Buffer mentre que al final de la tasca sols n'ha utilitzat 5. El Buffer funciona en tot moment com un pulmó que es va inflant i desinflant de forma que es pot visibilitzar la protecció disponible del projecte.

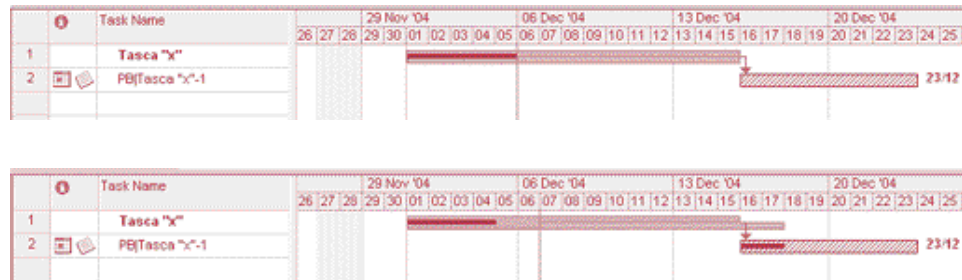
- **L'avenç de la Cadena** es calcula en funció dels dies que manquen per finalitzar i de l'estimació inicial. Si una tasca té uns dies estimats, el seu avenç - el treball realitzat - serà igual a aquesta estimació menys els dies que manquen.

Avenç de la Cadena = Estimació inicial - Dies que manquen per finalitzar.

De la mateixa forma que el Buffer aporta visibilitat de l'estat de la protecció del projecte, el consum de la Cadena també pot avançar i retrocedir. Així, per exemple, el dia 5 l'avenç era de 5 dies i el dia 6 de 4.

Taula 5. avenç de Cadena																				
Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Seguiment (dies que manquen per finalitzar)	14	13	12	11	10	11	13	14	14	13	12	11	10	9	6	4	3	2	1	0
Avenç de cadena	1	2	3	4	5	4	2	1	1	2	3	4	5	6	9	11	12	13	14	15

Figura 22. el seguiment de les tasques



La figura il·lustra de forma gràfica el que s'ha exposat sobre la visibilitat del projecte utilitzant la tasca d'exemple de les taules 3, 4 i 5:

- La barra vermella indica l'estimació de durada de la tasca, en aquest cas 15 dies.
- La barra blanca és el Buffer, en aquest cas de 8 dies.
- La barra rosa és la projecció dels dies restants per finalitzar la tasca.
- Les barres negres indiquen, respectivament, l'avenç de la Cadena i el consum del Buffer.

A la primera figura, el projecte es troba, segons indica la línia vermella, en el seu cinquè dia i com que el seguiment informa que manquen 10 dies per finalitzar, la barra rosa coincideix amb la durada estimada, per tant no s'està consumint Buffer i la Cadena ha avançat 5 dies.

A la segona figura el projecte es troba en el seu sisè dia i com que el seguiment informa que manquen 11 dies, la barra rosa penetra dins del Buffer consumint 2 dies, i l'avenç és només de 4 dies.

© ProChain Project Scheduling és marca registrada de ProChain Solutions, Inc. Microsoft Windows XP i Microsoft Office Project 2003 són marques registrades de Microsoft Corporation.

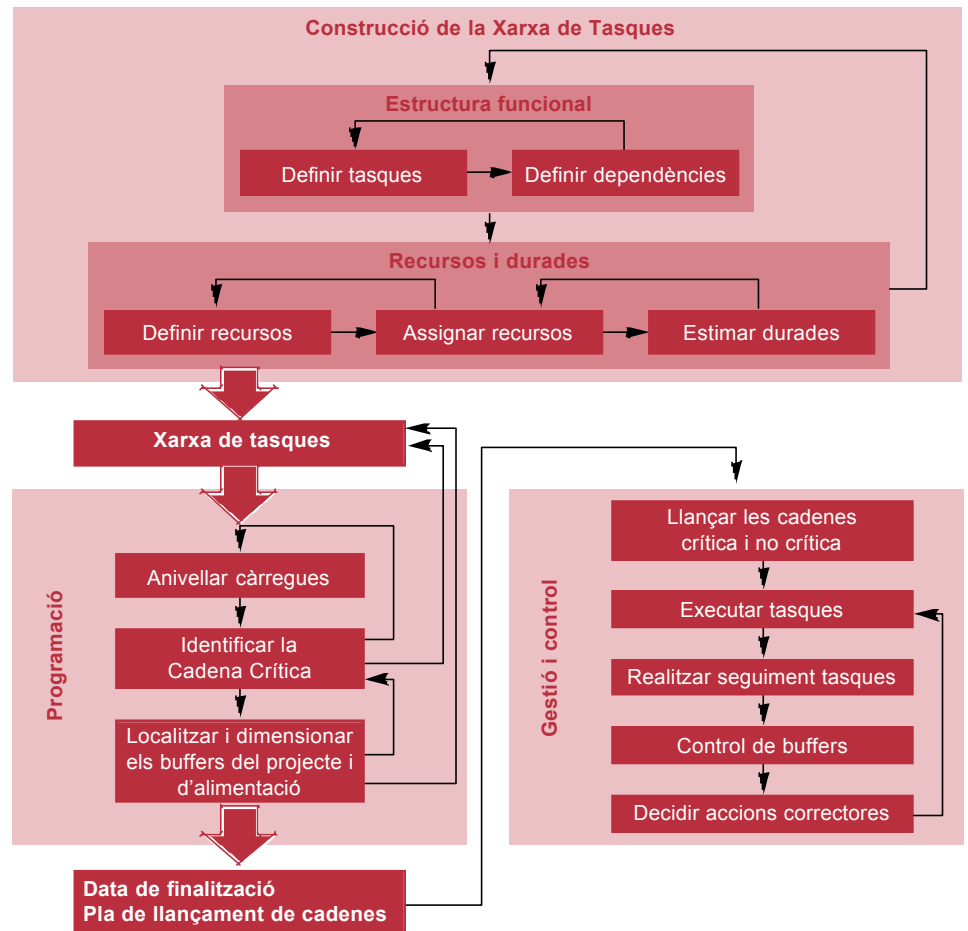
4. Com canviar? Portar a la pràctica la cadena crítica

El quadre 3 i l'esquema 3 següents sintetitzen i esquematitzen els aspectes que cal tenir presents i implantar per poder aplicar Cadena Crítica.

Quadre 3. Aplicació del Procés de Millora de T.O.C. a mono i multiprojectes

Passes del procés	Monoprojecte	Multiprojectes
1. IDENTIFICAR la limitació del sistema	La limitació és el temps necessari per finalitzar el projecte: la Cadena Crítica . (Veure punt 3.2.2, pàg.25)	La limitació és la capacitat d'un recurs per assolir més projectes: el Drum . (Veure pas 1 del punt 3.3, pàg.31).
2. EXPLOTAR la limitació del sistema	El Buffer del Projecte permet que la Cadena Crítica no tingui endarreriments. (Veure punt 3.2.3, pàg.26)	La Programació del Drum i el Buffer de Capacitat permeten que el Drum assoleixi la seva productivitat màxima. (Veure pas 2 del punt 3.3, pàg.32)
3. SUBORDINAR totes les altres coses a l'explotació de la limitació del sistema	El Buffer d'Alimentació permet que les altres tasques no afectin la Cadena Crítica. (Veure punt 3.2.4, pàg.30)	El Programa de Llançaments de projectes i el marge de capacitat de cada recurs respecte del Drum, permeten que la resta de recursos no afectin la Programació del Drum. (Veure pas 3 del punt 3.3, pàg.33)
4. ELEVAR la limitació del sistema	Reduir el temps de la Cadena Crítica. (Veure punt 3.5, pàg.39)	Incrementar la capacitat del Drum. (Veure punt 3.5, pàg.39)
5. Si en alguna de les passes anteriors s'ha romput la limitació, cal TORNAR al primer punt per evitar que la INÈRCIA sigui la limitació.		
Aquest punt és molt important ja que les decisions preses en els punts 2 i 3 respecte a l'explotació de la limitació i la subordinació de la resta, es refereixen a la limitació existent en una planificació determinada. Si la limitació ha canviat a resultes de les decisions preses, s'ha de reiniciar el procés.		

Esquema 3. Procés de planificació, programació i control de projectes amb Cadena Crítica



Les etapes de Construcció de la Xarxa de Tasques i de Programació s'han vist amb detall en els corresponents apartats de l'Eina. El que es vol destacar en aquest moment és la diferència entre el seguiment i les replanificacions dels sistemes tradicionals i de Cadena Crítica.

Tal com s'expressa a l'esquema, les diferències entre les estimacions i la durada real de les tasques no generen la necessitat de replanificacions constants ja que els Buffers no sols absorbeixen aquestes diferències sinó que així ens aporten la informació necessària per poder conèixer en tot moment i en temps present l'estat del projecte.

El bucle que va des de "Executar tasques" fins a "Decidir accions correctores" no tan sols no implica replanificacions sinó que es converteix en el sistema bàsic de control i gestió del projecte.

5. Bibliografia d'aprofundiment

La bibliografia sobre Cadena Crítica en particular i sobre T.O.C. en general, és molt extensa i es poden aconseguir moltes referències en qualsevol buscador o llibreria de la Web. Els llibres que es relacionen a continuació són exclusivament els que, al nostre criteri, donen una visió general i són imprescindibles per conèixer aquesta metodologia. Els dos primers fan referència directa a Cadena Crítica i els altres tres completen el conjunt de novel·les de gestió que ha escrit Eli Goldratt.

- Goldratt, E.: **Cadena Crítica**. Ed. Díaz de Santos. Madrid, 2.001.(ISBN: 84-7978-484-9).
- Newbold, R. C.: **Project Management in the Fast Lane. Applying the Theory of Constraints**. Ed. The St. Lucie Press / APICS Series on Constraints Management. USA, 1.998. (ISBN: 1-57444-195-7).
- Goldratt, E.; Fox, J.: **La Meta. Un proceso de mejora continua**. Ed. Díaz de Santos. Madrid, 1.993. (ISBN: 84-7978-095-9).
- Goldratt, E.: **No es cuestión de suerte**. Ed. Díaz de Santos. Madrid, 1.995. (ISBN: 84-7978-200-5).
- Goldratt, E.: **Necesario pero no suficiente**. Ed. Díaz de Santos. Madrid, 2.001. (ISBN: 84-7978-487-3).

Oficina central

Pg. de Gràcia, 129
08008 Barcelona
Tel. 93 476 72 00
Fax. 93 476 73 00
info@cidem.gencat.net
www.cidem.com

Xarxa Territorial del CIDEM a Catalunya**Delegació Bages**

Av. Bases de Manresa, 1
08242 Manresa
Tel. 93 877 73 73
Fax 93 877 73 74
manresa@cidem.gencat.net

Delegació Berguedà

C/Barcelona, 49 3r
08600 Berga
Tel. 93 821 35 53
Fax 93 822 09 55
berga@cidem.gencat.net

Delegació Girona

C/Migdia, 50-52
17003 Girona
Tel. 972 94 01 20
Fax 972 94 01 64
girona@cidem.gencat.net

Delegació Lleida

Av. Segre, 7
25007 Lleida
Tel. 973 72 80 00
Fax 973 22 19 38
lleida@cidem.gencat.net

Delegació Tarragona

C/Pompeu Fabra, 1
43004 Tarragona
Tel. 977 25 17 17
Fax 977 25 17 10
tarragona@cidem.gencat.net

Delegació Terres de l'Ebre

C/ de la Rosa, 9
43500 Tortosa
Tel. 977 44 93 33
Fax 977 44 95 75
tortosa@cidem.gencat.net