

Disseny de bases de dades

Dolors Costal Costa

P05/05002/00530

Índex


Introducció	5
Objectius	5
1. Introducció al disseny de bases de dades	7
1.1. Etapes del disseny de bases de dades.....	7
2. Disseny conceptual: el model ER	10
2.1. Construccions bàsiques	11
2.1.1. Entitats, atributs i interrelacions.....	11
2.1.2. Grau de les interrelacions.....	13
2.1.3. Interrelacions binàries	16
2.1.4. Exemple: base de dades de cases de colònies.....	18
2.1.5. Interrelacions n -àries	21
2.1.6. Interrelacions recursives	23
2.1.7. Entitats dèbils	25
2.2. Extensions del model ER	26
2.2.1. Generalització/especialització	26
2.2.2. Entitats associatives	28
2.3. Exemple: base de dades del personal d'una entitat bancària.....	30
3. Disseny lògic: la transformació del model ER al model relacional	34
3.1. Introducció a la transformació d'entitats i interrelacions	34
3.2. Transformació d'entitats	34
3.3. Transformació d'interrelacions binàries	35
3.3.1. Connectivitat 1:1.....	35
3.3.2. Connectivitat 1:N.....	36
3.3.3. Connectivitat M:N.....	37
3.3.4. Influència de la dependència d'existència en la transformació de les interrelacions binàries	38
3.4. Transformació d'interrelacions ternàries	39
3.4.1. Connectivitat M:N:P.....	39
3.4.2. Connectivitat M:N:1.....	40
3.4.3. Connectivitat N:1:1	41
3.4.4. Connectivitat 1:1:1.....	42
3.5. Transformació d'interrelacions n -àries	43
3.6. Transformació d'interrelacions recursives	43
3.7. Transformació d'entitats dèbils	45
3.8. Transformació de la generalització/especialització	46
3.9. Transformació d'entitats associatives	47

3.10. Resum de la transformació del model ER al model relacional	48
3.11. Exemple: base de dades del personal d'una entitat bancària	48
Resum	50
Exercicis d'autoavaluació	51
Solucionari	53
Glossari	57
Bibliografia	58

Disseny de bases de dades

Introducció

En altres mòduls didàctics s'estudien les bases de dades relacionals i també el llenguatge relacional, SQL, que ens proporciona mecanismes per a crear, actualitzar i consultar aquestes bases de dades.

Cal complementar aquests coneixements amb un aspecte que és fonamental per a poder utilitzar adequadament la tecnologia de les bases de dades relacionals: el disseny. Aquest serà l'objecte d'estudi d'aquest mòdul, que tractarà del **disseny de bases de dades** per al cas específic del model relacional. 

Concretament, en aquest mòdul explicarem en què consisteix el disseny d'una base de dades, analitzarem les etapes en què es pot descompondre, i descriurem amb detall les etapes del disseny conceptual i lògic d'una base de dades relacional.

Objectius

En els materials didàctics d'aquest mòdul l'estudiant trobarà les eines indispensables per a assolir els objectius següents:

1. Conèixer les etapes que integren el procés del disseny d'una base de dades.
2. Conèixer les estructures del model ER.
3. Saber fer el disseny conceptual de les dades d'un sistema d'informació mitjançant el model ER.
4. Saber fer el disseny lògic d'una base de dades relacional partint d'un disseny conceptual expressat amb el model ER.

1. Introducció al disseny de bases de dades

En altres mòduls hem après com és una base de dades relacional i hem estudiat un llenguatge, l'SQL, que ens proporciona mecanismes per a crear aquestes bases de dades, per a actualitzar-les i consultar-les.

Recordau que les bases de dades relacionals i el llenguatge SQL s'han estudiat als mòduls "El model relacional i l'àlgebra relacional" i "El llenguatge SQL", respectivament.

Encara ens falta, però, resoldre algunes qüestions fonamentals per a poder emprar la tecnologia de les bases de dades relacionals, per exemple: com es pot decidir quines relacions ha de tenir una base de dades determinada o quins atributs han de tenir les relacions, quines claus primàries i quines claus foranes s'han de declarar, etc. La tasca de prendre aquest conjunt de decisions s'anomena *dissenyar la base de dades*.

Una base de dades serveix per a emmagatzemar la informació que s'utilitza en un sistema d'informació determinat. Les necessitats i els requisits dels futurs usuaris del sistema d'informació s'han de tenir en compte per a poder prendre adequadament les decisions anteriors.

En resum, el **disseny d'una base de dades** consisteix a definir l'estructura de les dades que ha de tenir la base de dades d'un sistema d'informació determinat. En el cas relacional, aquesta estructura serà un conjunt d'esquemes de relació amb els seus atributs, dominis d'atributs, claus primàries, claus foranes, etc.

Si recordeu els tres mons presentats –el real, el conceptual i el de les representacions–, observareu que el disseny d'una base de dades consisteix en l'obtenció d'una representació informàtica concreta a partir de l'estudi del món real d'interès.

Recordau que hem vist els tres mons en el mòdul "Les dades: conceptes introductoris".

1.1. Etapes del disseny de bases de dades

El disseny d'una base de dades no és pas un procés senzill. Habitualment, la complexitat de la informació i la quantitat de requisits dels sistemes d'informació fan que sigui complicat. Per aquest motiu, quan es dissenyen bases de dades, és interessant aplicar la vella estratègia de dividir per a vèncer.

Per tant, convé descompondre el procés del disseny en diverses etapes, en cadascuna de les quals s'obté un resultat intermedi que serveix de punt de partida de l'etapa següent, i a la darrera etapa s'obté el resultat desitjat. D'aquesta manera no cal resoldre de cop tota la problemàtica que planteja el disseny, sinó que a cada etapa s'afronta un sol tipus de subproblema. D'aquesta manera es divideix el problema i alhora se simplifica el procés.

Descompondrem el disseny de bases de dades en tres etapes: !

1) Etapa del disseny conceptual: en aquesta etapa s'obté una estructura de la informació de la futura BD independent de la tecnologia que cal emprar. No es té en compte encara quin tipus de base de dades s'utilitzarà –relacional, orientada a objectes, jeràrquica, etc.–; en conseqüència, tampoc no es té en compte amb quin SGBD ni amb quin llenguatge concret s'implementarà la base de dades. Així, doncs, l'etapa del disseny conceptual ens permet concentrar-nos únicament en la problemàtica de l'estructuració de la informació, sense haver-nos de preocupar alhora de resoldre qüestions tecnològiques.

El resultat de l'etapa del disseny conceptual s'expressa mitjançant algun model de dades d'alt nivell. Un dels més emprats és el **model entitat-interrelació** (*entity-relationship*), que abreviarem amb la sigla **ER**.

2) Etapa del disseny lògic: en aquesta etapa es parteix del resultat del disseny conceptual, el qual es transforma de manera que s'adapti a la tecnologia que s'ha d'emprar. Més concretament, cal que s'ajusti al model de l'SGBD amb el qual es desitja implementar la base de dades. Per exemple, si es tracta d'un SGBD relacional, aquesta etapa obtindrà un conjunt de relacions amb els seus atributs, claus primàries i claus foranes.

Aquesta etapa parteix del fet que ja s'ha resolt la problemàtica de l'estructuració de la informació a un nivell conceptual i ens permet concentrar-nos en les qüestions tecnològiques relacionades amb el model de base de dades.

Més endavant explicarem com es fa el disseny lògic d'una base de dades relacional prenent com a punt de partida un disseny conceptual expressat amb el model ER, és a dir, veurem com es pot transformar un model ER en un model relacional.

3) Etapa del disseny físic: en aquesta etapa es transforma l'estructura obtinguda a l'etapa del disseny lògic amb l'objectiu d'aconseguir una major eficiència i, a més, es completa amb aspectes d'implementació física que dependran de l'SGBD.

Per exemple, si es tracta d'una base de dades relacional, la transformació de l'estructura pot consistir en els fets següents: tenir emmagatzemada alguna relació que sigui la combinació de diverses relacions que s'han obtingut a l'etapa del disseny lògic, partir una relació en diverses relacions, afegir algun atribut calculable a una relació, etc. Els aspectes d'implementació física que cal completar consisteixen normalment en l'elecció d'estructures físiques d'implementació de les relacions, la selecció de la mida de les memòries intermèdies (*buffers*) o de les pàgines, etc.

A l'etapa del disseny físic –amb l'objectiu d'aconseguir un bon rendiment de la base de dades–, s'han de tenir en compte les característiques dels processos que

El resultat del disseny conceptual

Si reprenem la idea dels tres mons, podem afirmar que l'etapa del disseny conceptual obté un resultat que se situa al món de les concepcions, i no pas al món de les representacions.

La manera d'elaborar un disseny conceptual expressat amb el model ER s'explica a l'apartat 2 d'aquest mòdul. !

El resultat del disseny lògic


El resultat del disseny lògic se situa ja al món de les representacions.

El disseny lògic d'una base de dades relacional s'explica a l'apartat 3 d'aquest mòdul didàctic. !

El resultat del disseny físic

El resultat de l'etapa del disseny físic se situa al món de les representacions, igual que el resultat de l'etapa del disseny lògic. La diferència respecte a l'etapa anterior és que ara es tenen en compte aspectes de caràcter més físic del món de les representacions.

consulten i actualitzen la base de dades com ara els camins d'accés que utilitzen i les freqüències d'execució. També cal considerar els volums que s'espera tenir de les diferents dades que es volen emmagatzemar.

En aquesta assignatura introductòria a les bases de dades no expliquem l'etapa del disseny físic, perquè requereix uns coneixements previs d'estructures d'implementació física que no hem estudiat i, per tant, aquest tema queda pendent per a altres assignatures. 

2. Disseny conceptual: el model ER

En aquest apartat tractarem del disseny conceptual d'una base de dades mitjançant el model ER. El que explicarem és aplicable al disseny de qualsevol tipus de base de dades –relacional, jeràrquica, etc.–, atès que, com ja hem dit, a l'etapa del disseny conceptual no es té en compte encara la tecnologia concreta que s'emprarà per a implementar la base de dades. !

El **model ER** és un dels enfocaments de modelització de dades que més es fa servir actualment per la seva simplicitat i llegibilitat. La seva llegibilitat es veu afavorida perquè proporciona una notació diagramàtica molt entenedora. És una eina útil tant per a ajudar el dissenyador a reflectir en un model conceptual els requisits del món real d'interès, com per a comunicar-se amb l'usuari final sobre el model conceptual obtingut i, així, poder verificar si satisfà els seus requisits.

El model ER resulta fàcil d'aprendre i d'utilitzar en la majoria d'aplicacions. A més a més, existeixen eines informàtiques d'ajuda al disseny (eines CASE*) que fan servir alguna variant del model ER per a fer el disseny de les dades.

* La sigla CASE correspon al terme anglès *Computer Aided Software Engineering*.

El nom complet del model ER és *entity-relationship*, i prové del fet que els principals elements que inclou són les entitats i les interrelacions (*entities* i *relationships*). Traduirem aquest nom per 'entitat-interrelació'.

El model entitat-interrelació

Alguns autors anomenen *entitat-relació* el model ER, però en el nostre cas hem preferit traduir *relationship* per 'interrelació' i no per 'relació', a fi d'evitar confusions entre aquest concepte i el de *relació* que s'empren en el model relacional.

L'origen del model ER es troba en treballs efectuats per Peter Chen el 1976. Posteriorment, molts altres autors han descrit variants i/o extensions d'aquest model. Així, a la literatura es troben moltes formes diferents del model ER que poden variar simplement en la notació diagramàtica o en alguns dels conceptes en què es basen per a modelitzar les dades.

Quan es vol fer servir el model ER per a comunicar-se amb l'usuari, és recomanable emprar una variant del model que inclogui només els seus elements més simples –entitats, atributs i interrelacions– i, potser, algunes construccions addicionals, com ara entitats dèbils i dependències d'existència. Aquests eren els elements inclosos en el model original proposat per Chen. En canvi, per a portar a terme la tasca de modelitzar pròpiament dita, sol ser útil fer servir un model ER més complet que inclogui construccions més avançades que estenen el model original.

Segons la noció de *model de dades* que hem utilitzat en els altres mòduls, un model de dades té en compte tres aspectes de les dades: l'estructura, la manipulació i la integritat. El model ER, però, habitualment es fa servir per a reflectir aspectes de l'estructura de les dades i de la seva integritat, però no de la seva manipulació. !

Recordeu el model relacional, que s'ha estudiat al mòdul "El model relacional i l'àlgebra relacional". !

2.1. Construccions bàsiques

2.1.1. Entitats, atributs i interrelacions

Per **entitat** entenem un objecte del món real que podem distingir de la resta d'objectes i del qual ens interessin algunes propietats.

Exemples d'entitat


Alguns exemples d'entitat són un empleat, un producte o un despatx. També són entitats altres elements del món real d'interès, menys tangibles però igualment distingibles de la resta d'objectes, com ara una assignatura impartida en una universitat, un préstec bancari, una comanda d'un client, etc.

Les propietats dels objectes que ens interessin s'anomenen **atributs**.

Exemples d'atribut


D'una entitat *empleat*, ens pot interessar, posem per cas, tenir-ne enregistrats el DNI, l'NSS, el nom, el cognom i el sou com a atributs.

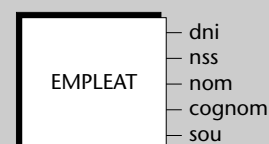
El terme *entitat* es fa servir tant per a anomenar objectes individuals com per a fer referència a conjunts d'objectes similars dels quals interessin els mateixos atributs; és a dir, que, per exemple, s'utilitza per a designar tant un empleat concret d'una empresa com el conjunt de tots els empleats de l'empresa. Més concretament, el terme *entitat* es pot referir a **instàncies o ocurrencies concretes** (empleats concrets) o a **tipus o classes d'entitats** (el conjunt de tots els empleats).

El model ER proporciona una **notació diagramàtica** per a representar gràficament les entitats i els seus atributs: 

- Les **entitats** es representen amb un rectangle. El nom de l'entitat s'escriu en majúscules a dins del rectangle.
- Els **atributs** es representen mitjançant el seu nom en minúscules unit amb un guionet al rectangle de l'entitat a la qual pertanyen. Moltes vegades, com que hi ha molts atributs per a cada entitat, es llisten tots a part del diagrama per a no complicar-lo.


Cadascun dels atributs d'una entitat pren valors d'un cert domini o conjunt de valors. Els valors dels dominis han de ser atòmics, és a dir, no han de ser descomponibles. A més, tots els atributs han de ser univaluats. Un atribut és univaluat si té un sol valor per a cada ocurrencia d'una entitat.

Recordeu que les dues accepcions del terme *entitat* ja han estat presentades al mòdul "Les dades: conceptes introductoris". 



Notació diagramàtica d'entitats i atributs

La figura mostra la notació diagramàtica per al cas d'una entitat *empleat* amb els atributs *dni*, *nss*, *nom*, *cognom* i *sou*.

Recordeu que els valors dels atributs de les relacions també han de ser atòmics, tal com s'ha explicat al mòdul "El model relacional i l'àlgebra relacional". 

Exemple d'atribut univaluat

L'atribut *sou* de l'entitat *empleat*, per exemple, pren valors del domini dels reals i només pren un valor per a cada empleat concret i, per tant, cap empleat no pot tenir més d'un valor per al *sou*.

Com ja hem comentat anteriorment, una entitat ha de ser distingible de la resta d'objectes del món real. Això fa que per a tota entitat sigui possible trobar un conjunt d'atributs que permetin identificar-la. Aquest conjunt d'atributs formen una **clau de l'entitat**.


Exemple de clau

L'entitat *empleat* té una clau que consta de l'atribut *dni* perquè tots els empleats tenen números de DNI diferents.

Una determinada entitat pot tenir més d'una clau, és a dir, diverses **claus candidates**.


Exemple de clau candidata

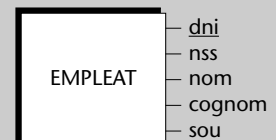
L'entitat *empleat* té dues claus candidates, la que és formada per l'atribut *dni* i la que és constituïda per l'atribut *nss*, atès que l'NSS també serà diferent per a cadascun dels empleats.

El dissenyador escull una **clau primària** entre totes les claus candidates. En la notació diagramàtica, la clau primària se subratlla per a distingir-la de la resta de claus. 


Exemple de clau primària

En el cas de l'entitat *empleat*, podem escollir *dni* com a clau primària. A la figura del marge veiem que la clau primària se subratlla per a distingir-la de la resta.

 Els conceptes de *clau candidata* i *clau primària* d'una entitat són similars als conceptes de *clau candidata* i *clau primària* d'una relació, que hem estudiat al mòdul "El model relacional i l'àlgebra relacional".



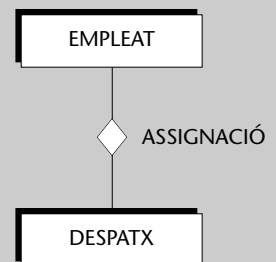
Es defineix **interrelació** com una associació entre entitats.

Les interrelacions es representen en els diagrames del model ER mitjançant un rombe. Al costat del rombe s'indica el nom de la interrelació amb lletres majúscules. 

Exemple d'interrelació

Considerem una entitat *empleat* i una entitat *despatx* i suposem que als empleats se'ls assignen despatxos on treballar. Aleshores hi ha una interrelació entre l'entitat *empleat* i l'entitat *despatx*.

Aquesta interrelació, que podríem anomenar *assignació*, associa els empleats amb els despatxos on treballen. La figura del marge mostra la interrelació *assignació* entre les entitats *empleat* i *despatx*.




El terme *interrelació* es pot fer servir tant per a anomenar associacions concretes o ocurrences d'associacions com per a designar conjunts o classes d'associacions similars.

Exemple

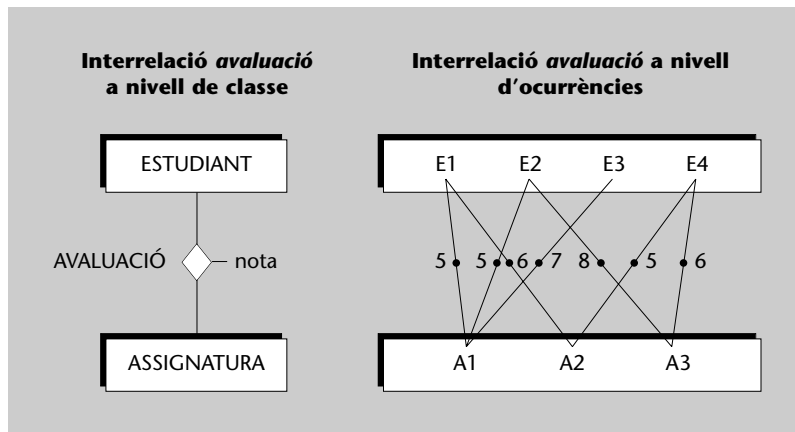
Una interrelació s'aplica tant a una associació concreta entre l'empleat de DNI '50.455.234' i el despatx 'Diagonal, 20' com a l'associació genèrica entre l'entitat *empleat* i l'entitat *despatx*.

De vegades interessa reflectir algunes propietats de les interrelacions. Per aquest motiu, les interrelacions poden tenir també atributs. Els **atributs de les interrelacions**, igual que els de les entitats, tenen un cert domini, han de prendre valors atòmics i han de ser univaluats.

Els atributs de les interrelacions es representen mitjançant el seu nom en minúscules unit amb un guionet al rombe de la interrelació a la qual pertanyen. 

Exemple d'atribut d'una interrelació

Observem l'entitat *estudiant* i l'entitat *assignatura* que es mostren a la figura següent:



Entre aquestes dues entitats hi ha la interrelació *avaluació* per a indicar de quines assignatures han estat avaluats els estudiants. Aquesta interrelació té l'atribut *nota*, que serveix per a especificar quina nota han obtingut els estudiants de les assignatures avaluades.

Convé observar que l'atribut *nota* ha de ser forçosament un atribut de la interrelació *avaluació*, i que no seria correcte considerar-lo un atribut de l'entitat *estudiant* o un atribut de l'entitat *assignatura*. Ho explicarem analitzant les ocurrències de la interrelació *avaluació* que es mostren a la figura anterior.

Si *nota* es considerés un atribut d'*estudiant*, aleshores per a l'estudiant 'E1' de la figura necessitaríem dos valors de l'atribut, un per a cada assignatura que té l'estudiant i, per tant, no seria univaluat. Similarment, si *nota* fos atribut d'*assignatura*, tampoc no podria ser univaluat perquè, per exemple, l'assignatura 'A1' requeriria tres valors de nota, una per a cada estudiant que s'hi ha matriculat. Podem concloure que l'atribut *nota* està lligat alhora a una assignatura i a un estudiant que la cursa i que, per això, ha de ser un atribut de la interrelació que associa ambdues entitats.

2.1.2. Grau de les interrelacions

Una interrelació pot associar dues o més entitats. El nombre d'entitats que associa una interrelació és el **grau de la interrelació**.

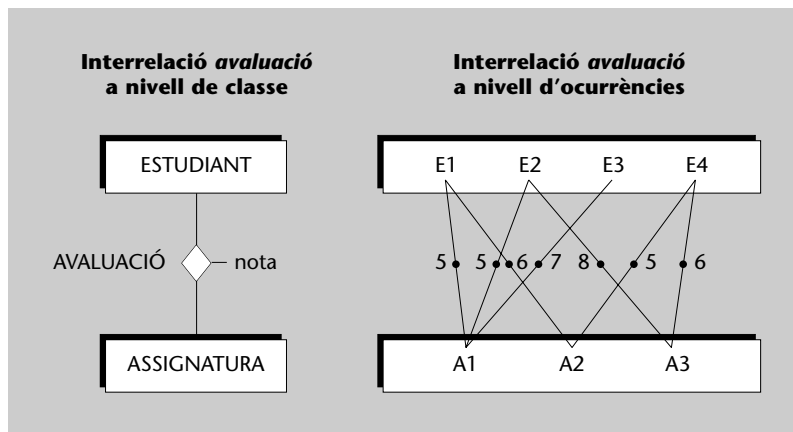
Interrelacions de grau dos

Les interrelacions *avaluació* i *assignació* dels exemples anteriors tenen grau dos:

- La interrelació *avaluació* associa l'entitat *estudiant* i l'entitat *assignatura*, és a dir, associa dues entitats.
- Anàlogament, la interrelació *assignació* associa *empleat* i *despatx*.

Les interrelacions de grau dos s'anomenen també **interrelacions binàries**. Totes les interrelacions de grau més gran que dos s'anomenen, en conjunt, **interrelacions n -àries**. Així, doncs, una interrelació n -ària pot tenir grau tres i ser una interrelació ternària, pot tenir grau quatre i ser una interrelació quaternària, etc.

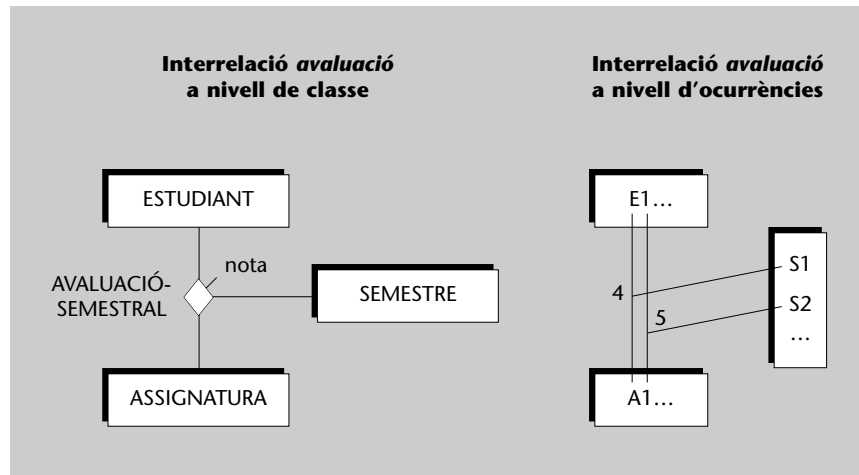
A continuació presentarem un exemple que ens il·lustrarà el fet que, de vegades, les interrelacions binàries no ens permeten modelitzar correctament la realitat i és necessari utilitzar interrelacions de grau més gran.



Considerem la interrelació *avaluació* de la figura anterior, que té un atribut *nota*. Aquest atribut *nota* permet enregistrar la nota obtinguda per cada estudiant a cada assignatura de la qual ha estat avaluat. Una interrelació permet establir una única associació entre unes entitats individuals determinades. En altres paraules, només es pot interrelacionar una vegada l'estudiant 'E1' i l'assignatura 'A1' a través de la interrelació *avaluació*.

Observeu que, si hi poguéssim haver més d'una interrelació entre l'estudiant 'E1' i l'assignatura 'A1', no podríem distingir aquestes diferents ocurrències de la interrelació. Aquesta restricció fa que s'enregistri una única nota per estudiant i assignatura.

Suposem que desitgem enregistrar diverses notes per cada assignatura i estudiant corresponents als diversos semestres en què un mateix estudiant ha cursat una assignatura determinada (malauradament, alguns estudiants han de fer una assignatura diverses vegades abans d'aprovar-la). La interrelació anterior no ens permetria reflectir aquest cas. Caldria augmentar el grau de la interrelació, tal com es mostra a la figura següent:



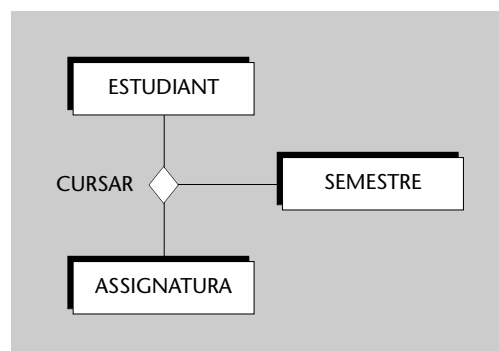
La interrelació ternària *avaluació-semesteral* associa estudiants, assignatures i una tercera entitat que anomenem *semester*. El seu atribut *nota* ens permet reflectir totes les notes corresponents a diferents semestres que un estudiant té d'una assignatura.

De fet, el que succeeix en aquest cas és que, segons els requisits dels usuaris d'aquesta BD, una nota pertany alhora a un estudiant, a una assignatura i a un semestre i, lògicament, ha de ser un atribut d'una interrelació ternària entre aquestes tres entitats.

Aquest exemple demostra que una interrelació binària pot no ser suficient per a satisfer els requisits dels usuaris i pot ser necessari aplicar una interrelació de grau més gran. Convé observar que això també pot passar en interrelacions que no tenen atributs. **!**

Exemple d'interrelació ternària sense atributs

Considerem un cas en el qual desitgem saber per a cada estudiant quines assignatures ha cursat cada semestre, tot i que no volem enregistrar la nota que n'ha obtingut. Llavors aplicariem també una interrelació ternària entre les entitats *estudiant*, *assignatura* i *semester* que no tindria atributs, tal com es mostra a la figura següent:



Hem analitzat casos en què calia usar interrelacions ternàries per a poder modelitzar correctament certes situacions del món real d'interès. Cal remarcar que, similarment, de vegades pot ser necessari utilitzar interrelacions de grau encara més gran: quaternàries, etc. **!**

En el subapartat següent analitzarem amb detall les interrelacions binàries i, més endavant, les interrelacions n -àries.

Les relacions n -àries s'analitzen en el subapartat 2.1.4 d'aquest mòdul didàctic.

2.1.3. Interrelacions binàries

Connectivitat de les interrelacions binàries

La **connectivitat d'una interrelació** expressa el tipus de correspondència que hi ha entre les ocurrences d'entitats associades amb la interrelació. En el cas de les interrelacions binàries expressa el nombre d'ocurrences d'una de les entitats amb les quals una ocurrencia de l'altra entitat pot estar associada segons la interrelació.

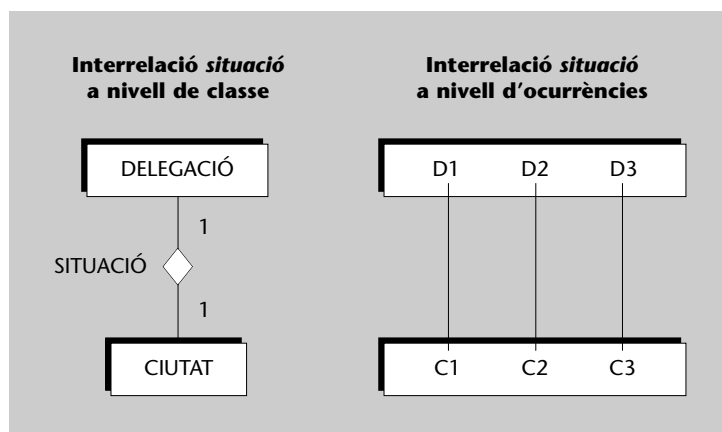
Una interrelació binària entre dues entitats pot tenir tres tipus de connectivitat: !

- **Connectivitat un a un (1:1).** La connectivitat 1:1 es denota posant un 1 a banda i banda de la interrelació.
- **Connectivitat un a molts (1:N).** La connectivitat 1:N es denota posant un 1 a una banda de la interrelació i una N a l'altra.
- **Connectivitat molts a molts (M:N).** La connectivitat M:N es denota posant una M a una de les bandes de la interrelació i una N a l'altra.

Exemples de connectivitat en una interrelació binària

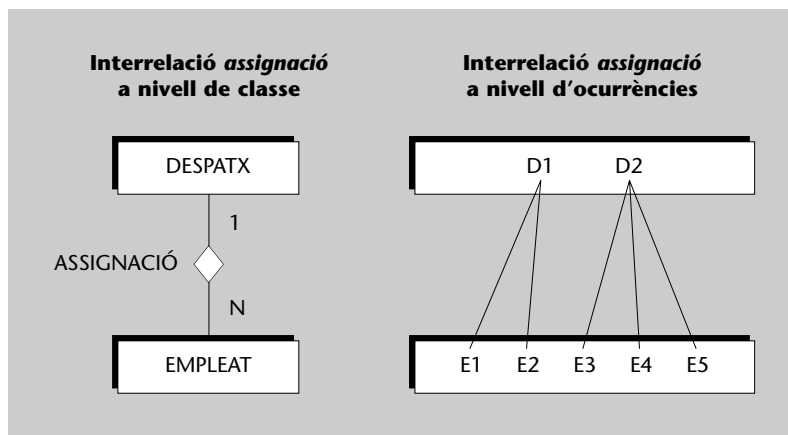
A continuació analitzarem un exemple de cadascuna de les connectivitats possibles per a una interrelació binària:

a) Connectivitat 1:1



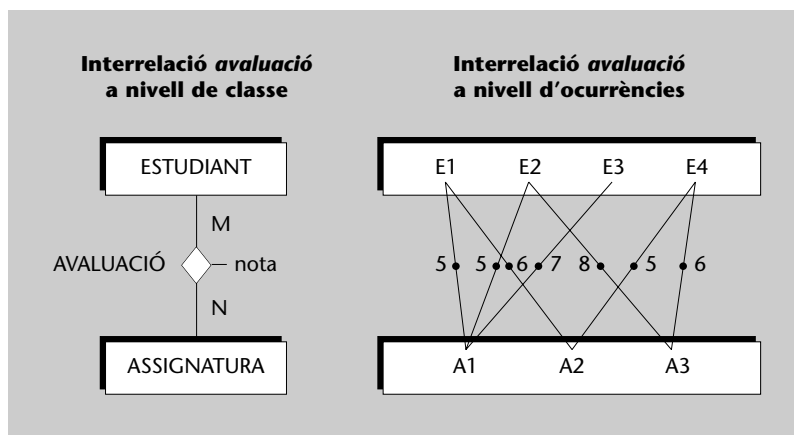
La interrelació anterior té connectivitat 1:1. Aquesta interrelació associa les delegacions d'una empresa amb les ciutats on estan situades. El fet que sigui 1:1 indica que una ciutat té només una delegació i que una delegació està situada a una única ciutat.

b) Connectivitat 1:N



La interrelació *assignació* entre l'entitat *empleat* i l'entitat *despatx* té connectivitat 1:N, i la N és a la banda de l'entitat *empleat*. Això significa que un empleat té un sol despatx assignat, però que, en canvi, un despatx pot tenir diversos empleats, és a dir, pot tenir un o més empleats assignats.

c) Connectivitat M:N




Per a analitzar la connectivitat M:N, considerem la interrelació *avaluació* de la figura anterior. Ens indica que un estudiant pot ser avaluat de diverses assignatures i, alhora, que una assignatura pot tenir diversos estudiants per avaluar.

És molt habitual que les interrelacions binàries M:N i totes les n -àries tinguin atributs. En canvi, les interrelacions binàries 1:1 i 1:N no tenen perquè tenir-ne. Sempre es poden assignar aquests atributs a l'entitat del costat N, en el cas de les 1:N, i a qualsevol de les dues entitats interrelacionades en el cas de les 1:1. Aquest canvi de lloc de l'atribut es pot fer perquè no origina un atribut multivaluat. !

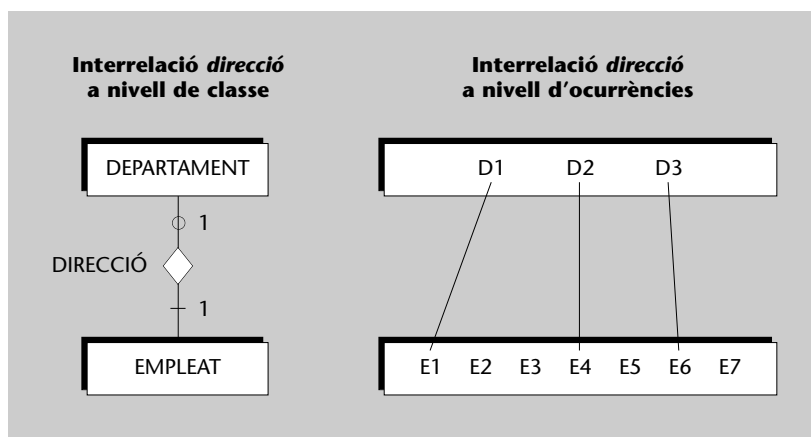
Dependències d'existència a les interrelacions binàries

En alguns casos, una entitat individual només pot existir si hi ha com a mínim una altra entitat individual associada amb aquesta mitjançant una interrelació binària determinada. En aquests casos, es diu que la darrera entitat és una **entitat obligatòria a la interrelació**. Quan això no succeeix, es diu que és una **entitat opcional a la interrelació**.

En el model ER, un cercle a la línia de connexió entre una entitat i una interrelació indica que l'entitat és opcional a la interrelació. L'obligatorietat d'una entitat a una interrelació s'indica amb una línia perpendicular. Si no es consigna ni un cercle ni una línia perpendicular, es considera que la dependència d'existència és desconeguda. 

Exemple de dependències d'existència

La figura següent ens servirà per a entendre el significat pràctic de la dependència d'existència. L'entitat *empleat* és obligatòria a la interrelació *direcció*. Això indica que no pot existir un departament que no tingui un empleat que fa de director del departament. L'entitat *departament*, en canvi, és opcional a la interrelació *direcció*. Pot ser que hi hagi un empleat que no està interrelacionat amb cap departament: hi pot haver –i és el cas més freqüent– empleats que no són directors de departament.



Aplicarem la dependència d'existència a les interrelacions binàries, però no a les *n*-àries.

2.1.4. Exemple: base de dades de cases de colònies

En aquest punt, i abans de continuar explicant construccions més complexes del model ER, pot resultar molt il·lustratiu veure l'aplicació pràctica de les construccions que hem vist fins ara. Per aquest motiu, analitzarem un cas pràctic de disseny amb el model ER que correspon a una base de dades destinada a la gestió de les inscripcions d'un conjunt de cases de colònies. El model ER d'aquesta base de dades serà força senzill i inclourà només entitats, atributs i interrelacions binàries (no inclourà interrelacions *n*-àries ni altres tipus d'estructures).

La descripció següent explica amb detall els aspectes dels requisits dels usuaris que cal tenir en compte en fer el disseny conceptual de la futura base de dades:

a) Cada casa de colònies té un nom que la identifica. De cadascuna es desitja saber, a part del nom, la capacitat (el nombre de nens que s'hi poden allotjar com a màxim), la comarca on està situada i les ofertes d'activitats que proporciona. Una casa pot oferir activitats com ara natació, esquí, rem, pintura, fotografia, música, etc.

b) Cal tenir en compte que en una casa de colònies es poden practicar diverses activitats (de fet, cada casa n'ha d'oferir com a mínim una) i també pot passar que una mateixa activitat es pugui dur a terme a diverses cases. Però tota activitat que s'enregistri a la base de dades ha de ser oferta com a mínim a una de les cases.

c) Interessa tenir una avaluació de les ofertes d'activitats que proporcionen les cases. S'assigna una qualificació numèrica que indica el nivell de qualitat que té cadascuna de les activitats ofertes.

d) Les cases de colònies allotgen nens que s'hi han inscrit per a passar-hi unes petites vacances. Es vol tenir constància dels nens que s'allotgen a cadascuna de les cases en el moment actual. S'ha de suposar que hi ha cases que estan buides (no s'hi allotja cap nen) durant algunes temporades.

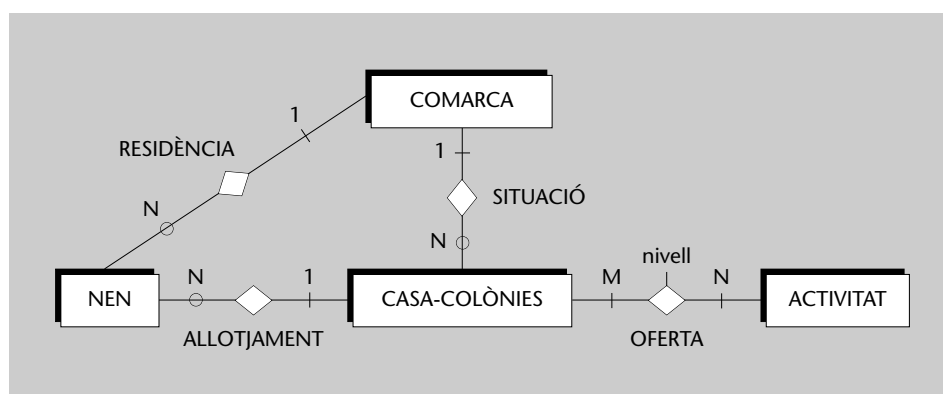
e) Dels nens que s'allotgen actualment en alguna de les cases interessa saber un codi que se'ls assigna per a identificar-los, el nom, el cognom, el telèfon dels seus pares i la seva comarca de residència.

f) De les comarques on hi ha cases o bé on resideixen nens, es vol tenir enregistrats la superfície i el nombre d'habitants. S'ha de considerar que hi pot haver comarques on no resideix cap dels nens que s'allotgen en un moment determinat a les cases de colònies, i comarques que no disposen de cap casa.

És possible,...

... per exemple, que una activitat com ara l'esquí tingui una qualificació de 10 a l'oferta de la casa Grèvol i que la mateixa activitat tingui una qualificació de 8 a la casa Esquirol.

La figura següent mostra un diagrama ER que satisfà els requisits anteriors. Els atributs de les entitats no figuren al diagrama i es llisten a part.



Els atributs de les entitats que figuren al diagrama són els següents (les claus primàries són les subratllades):

CASA-COLÒNIES
nom-casa, capacitat
 ACTIVITAT
nom-activitat

NEN

codi-nen, nom, cognom, telèfon

COMARCA

nom-comarca, superfície, nombre-habitants

A continuació comentem els aspectes més rellevants d'aquest model ER: !

1) Una de les dificultats que de vegades es presenta durant la modelització conceptual és decidir si una informació determinada ha de ser una entitat o un atribut. Al nostre exemple, pot resultar difícil decidir si *comarca* s'ha de modelitzar com una entitat o com un atribut.

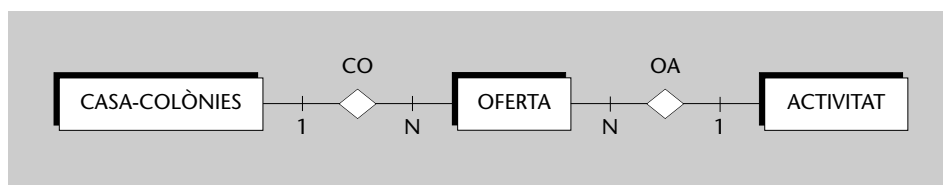
A primera vista podria semblar que *comarca* ha de ser un atribut de l'entitat *casa-colònies* per a indicar on està situada una casa de colònies, i també un atribut de l'entitat *nen* per a indicar la residència del nen. Però aquesta solució no seria adequada, perquè es volen tenir informacions addicionals associades a la comarca: la superfície i el nombre d'habitants. Cal que *comarca* sigui una entitat per a poder reflectir aquestes informacions addicionals com a atributs de l'entitat.

L'entitat *comarca* haurà d'estar, evidentment, interrelacionada amb les entitats *nen* i *casa-colònies*. Observeu que així, a més, es fa palès que les comarques de residència dels nens i les comarques de situació de les cases són informacions d'un mateix tipus.

2) Una altra decisió que cal prendre és si el concepte *activitat* s'ha de modelitzar com una entitat o com un atribut. *Activitat* no té informacions addicionals associades; no té, per tant, més atributs que els que formen la clau. Tot i així, és necessari que *activitat* sigui una entitat a fi que, mitjançant la interrelació *oferta*, es pugui indicar que una casa de colònies ofereix activitats.

Observeu que les activitats ofertes no es poden expressar com un atribut de *casa-colònies* perquè una casa pot oferir moltes activitats i, en aquest cas, l'atribut no podria prendre un valor únic.

3) Una altra elecció difícil, que sovint es presenta en dissenyar un model ER, és la de si una informació determinada s'ha de modelitzar com una entitat o com una interrelació. Per exemple, podríem haver establert que *oferta*, en comptes de ser una interrelació, fos una entitat de la manera següent:




L'entitat *oferta* representada a la figura anterior té els atributs que presentem a continuació:

OFERTA
nom_casa, nom_activitat, nivell

Aquesta solució no reflecteix del tot adequadament la realitat. Si analitzem la clau d'*oferta* podem veure que s'identifica amb *nom-casa*, que és la clau de l'entitat *casa-colònies*, i amb *nom-activitat*, que és la clau de l'entitat *activitat*. Això ens ha de fer sospitar que *oferta*, de fet, correspon a una associació o interrelació entre *cases* i *activitats*. En conseqüència, reflectirem la realitat amb més exactitud si modelitzem *oferta* com una interrelació entre aquestes entitats.

4) Finalment, un aspecte que cal cuidar durant el disseny conceptual és el fet d'evitar les redundàncies. Per exemple, si haguéssim interrelacionat *comarca* amb *activitat* per a saber quines activitats es fan a les cases de cadascuna de les comarques, hauríem tingut informació redundant. La interrelació *oferta* juntament amb la interrelació *situació* ja permeten saber, de manera indirecta, quines activitats es fan a les comarques.

2.1.5. Interrelacions *n*-àries

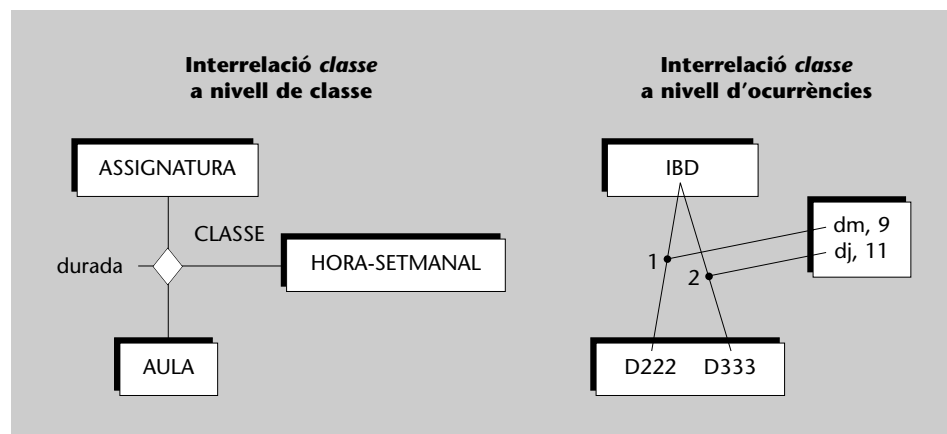
Les interrelacions *n*-àries, igual que les binàries, poden tenir diferents tipus de connectivitat. En aquest subapartat, analitzarem primer el cas particular de les interrelacions ternàries i, a continuació, tractarem de les connectivitats de les interrelacions *n*-àries en general. 

Connectivitat de les interrelacions ternàries

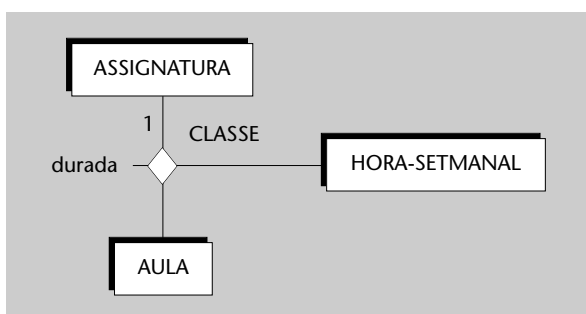
Cadascuna de les tres entitats associades amb una interrelació ternària pot estar connectada amb connectivitat "un" o bé amb connectivitat "molts". Segons això, les interrelacions ternàries poden tenir quatre tipus de connectivitat: M:N:P, M:N:1, N:1:1 i 1:1:1.

Observeu que usem M, N i P per a representar "molts" i 1 per a representar "un".

Analitzarem com es decideix la connectivitat adequada d'una interrelació ternària mitjançant l'exemple següent. Considerem una interrelació que anomenem *classe* i que associa les entitats *assignatura*, *aula* i *hora-setmanal*. Aquesta interrelació permet enregistrar classes presencials. Una classe correspon a una assignatura determinada, s'imparteix en una aula determinada i a una hora de la setmana determinada. Per exemple, podem enregistrar que es fa classe de l'assignatura IBD a l'aula D222 els dimarts a les 9, tal com es mostra a la figura següent. L'atribut *durada* ens permet saber quantes hores dura la classe.

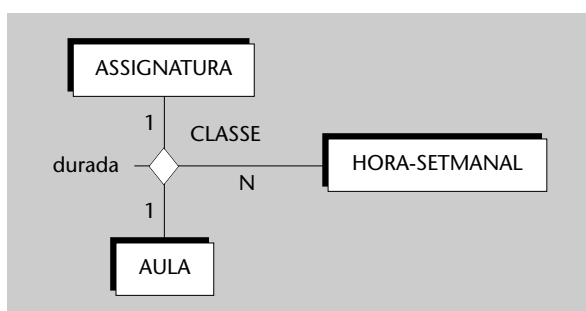


Per a decidir si la banda de l'entitat *assignatura* es connecta amb “un” o amb “molts”, cal preguntar-se si, donades una *aula* i una *hora-setmanal*, es pot fer classe de només una o bé de moltes assignatures en aquella aula i hora. La resposta seria que només es pot fer classe d'una assignatura en una mateixa aula i hora. Això ens indica que *assignatura* es connecta amb “un”, tal com reflectim a la figura següent:



Com ens indica aquest exemple, per a decidir com s'ha de connectar una de les entitats, cal preguntar-se si, fixades ocurrències concretes de les altres dues, és possible connectar-hi només “una” o bé “moltes” ocurrències de la primera entitat. **!**

Usarem el mateix procediment per a determinar com es connecten les altres dues entitats de l'exemple. Com que, fixades una assignatura i una aula, és possible que es faci classe d'aquella assignatura a aquella aula a diverses hores de la setmana, aleshores *hora-setmana* es connecta amb “molts”. Finalment, l'entitat *aula* es connecta amb “un”, atès que, fixades una assignatura i hora de la setmana, només es pot fer una classe d'aquella assignatura a aquella hora. La connectivitat resultant, doncs, és N:1:1.




Cas general: connectivitat de les interrelacions n -àries

El que hem explicat sobre la connectivitat per a les interrelacions ternàries és fàcilment generalitzable a interrelacions n -àries.

Una interrelació n -ària pot tenir $n + 1$ tipus de connectivitat, atès que cadascuna de les n entitats pot estar connectada amb “un” o amb “molts” a la interrelació*.

* Recordeu que per a les interrelacions ternàries hi ha quatre tipus de connectivitat possibles.

Per a decidir si una de les entitats es connecta amb “un” o amb “molts”, cal preguntar-se si, fixades ocurrències concretes de les altres $n - 1$ entitats, és possible connectar-hi només una o bé moltes ocurrències de la primera entitat: 

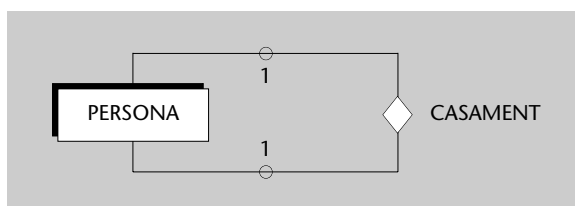
- Si la resposta és que només una, l'entitat es connecta amb “un”.
- Si la resposta és que moltes, l'entitat es connecta amb “molts”.

2.1.6. Interrelacions recursives

Una **interrelació recursiva** és una interrelació a la qual alguna entitat està associada més d'una vegada.

Exemple d'interrelació recursiva

Si, d'una entitat *persona*, volem tenir constància de quines persones estan actualment casades entre elles, caldrà definir la interrelació següent, que associa dues vegades l'entitat *persona*:



Una interrelació recursiva pot ser tant binària com n -ària:

1) **Interrelació recursiva binària**: interrelació on les ocurrències associen dues instàncies de la mateixa entitat*. Les interrelacions binàries recursives poden tenir connectivitat 1:1, 1:N o M:N, com totes les binàries. També s'hi pot expressar la dependència d'existència igual que a la resta d'interrelacions binàries.

* Aquest és el cas de la interrelació *casament* anterior.

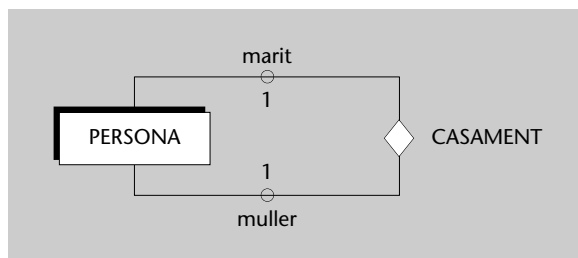
Exemple d'interrelació recursiva binària

La interrelació *casament* té connectivitat 1:1 perquè un marit està casat amb una sola muller i una muller està casada amb un sol marit. També té un cercle a les dues bandes (segons la dependència d'existència) perquè hi pot haver persones que no estiguin casades.

En una interrelació recursiva, pot interessar distingir els diferents papers que una mateixa entitat té a la interrelació. Amb aquest objectiu, es pot etiquetar cada línia de la interrelació amb un rol. A les interrelacions no recursives normalment no s'especifica el rol perquè, com que totes les entitats interrelacionades són de classes diferents, les seves diferències de rol se sobreentenent.

Rols diferents

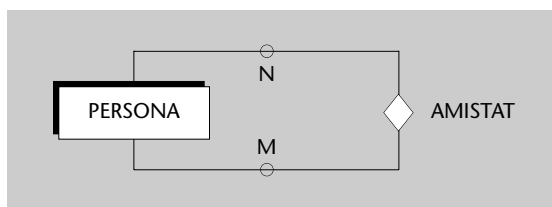
Una ocurrència de la interrelació *casament* associa dues persones concretes. Per a reflectir el paper diferent que té cadascuna d'elles a la interrelació, una de les persones tindrà el rol de marit i l'altra tindrà el rol de muller.



Algunes interrelacions recursives no presenten diferenciació de rols; llavors les línies de la interrelació no s'etiqueten.

No-diferència de rols

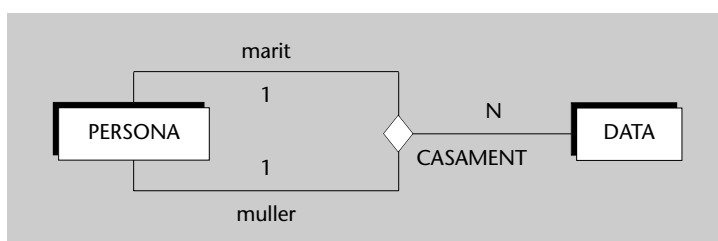
Considerem una interrelació *amistat* que associa persones concretes que són amigues. A diferència del que passava a la interrelació *casament*, on una de les persones és el marit i l'altra la muller, en aquest cas no hi ha diferenciació de rols entre les dues persones interrelacionades. A continuació es mostra aquesta interrelació. Observeu que la seva connectivitat és M:N, atès que una persona pot tenir molts amics i, alhora, hi pot haver moltes persones que la tenen per amiga.



2) **Interrelació recursiva *n*-ària**: interrelació recursiva on les ocurrències associen més de dues instàncies.

Exemple d'interrelació recursiva ternària

Considerem una interrelació que enregistra tots els casaments que s'han produït en un conjunt de persones determinat al llarg del temps. Aquesta interrelació permet tenir constància no tan sols dels casaments vigents, sinó de tots els casaments que s'han produït en un cert període de temps.




Aquesta interrelació és recursiva i ternària. Una ocurrència de la interrelació associa una persona que és el marit, una altra persona que és la muller i la data del seu casament. La connectivitat és N:1:1. A les bandes del *marit* i de la *muller* els correspon un 1 perquè un marit o una muller, en una data determinada, es casa amb una sola persona. A la banda de l'entitat *data*, li correspon una N perquè es podria donar el cas que hi hagués més d'un casament, en dates diferents, entre les mateixes persones.

2.1.7. Entitats dèbils

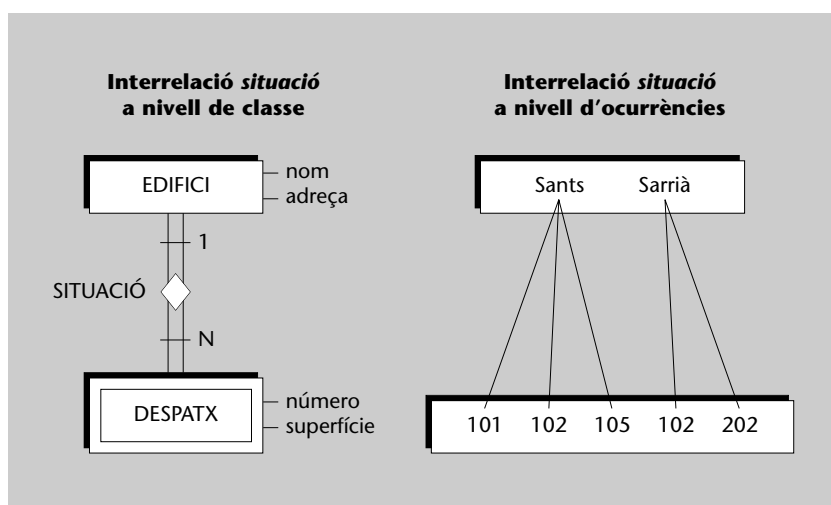
Les entitats que hem considerat fins ara tenen un conjunt d'atributs que formen les seves claus primàries i que permeten identificar-les completament. Aquestes entitats s'anomenen, de manera més específica, **entitats fortes**. En aquest subapartat considerarem un altre tipus d'entitats que anomenarem *entitats dèbils*.

Una **entitat dèbil** és una entitat els atributs de la qual no la identifiquen completament, sinó que només la identifiquen de manera parcial. Aquesta entitat ha de participar en una interrelació que ajuda a identificar-la.


Una entitat dèbil es representa amb un rectangle doble i la interrelació que ajuda a identificar-la es representa amb una doble ratlla. 

Exemple d'entitat dèbil

Considerem les entitats *edifici* i *despatx* de la figura següent. Suposem que hi pot haver despatxos amb el mateix número a edificis diferents. Aleshores, el seu número no identifica completament un despatx. Per a identificar completament un despatx, cal tenir en compte en quin edifici està situat. De fet, podem identificar un despatx mitjançant la interrelació *situació*, que l'associa a un únic edifici. El nom de l'edifici on està situat juntament amb el número de despatx l'identifiquen completament.



A l'exemple anterior, la interrelació *situació* ens ha permès completar la identificació dels despatxos. Per a tota entitat dèbil, sempre hi ha d'haver una única interrelació que en permeti completar la identificació. Aquesta interrelació ha de ser binària amb connectivitat 1:N i l'entitat dèbil ha de ser al costat N. Així, una

ocurrència de l'entitat dèbil està associada amb una única ocurrència de l'entitat del costat 1 i serà possible completar-ne la identificació de manera única. A més, l'entitat del costat 1 ha de ser obligatòria a la interrelació perquè, si no fos així, alguna ocurrència de l'entitat dèbil podria no estar interrelacionada amb cap de les seves ocurrències i no es podria identificar completament. 

2.2. Extensions del model ER

En aquest subapartat estudiarem algunes construccions avançades que estenen el model ER estudiat fins ara.


2.2.1. Generalització/especialització

En alguns casos, hi ha ocurrències d'una entitat que tenen característiques pròpies específiques que ens interessa modelitzar. Per exemple, pot passar que dels empleats d'una empresa que són directius es vulgui tenir constància de quin cotxe de l'empresa tenen assignat; que dels empleats tècnics interressi tenir una interrelació amb una entitat *projecte* que indiqui en quins projectes treballen i es vulgui conèixer la seva titulació, i, finalment, que dels empleats administratius convingui enregistrar l'antiguitat. Hi haurà, però, algunes característiques comunes a tots els empleats: tots s'identifiquen per un DNI, tenen un nom, un cognom, una adreça i un telèfon.

La **generalització/especialització** permet reflectir el fet que hi ha una entitat general, que anomenem *entitat superclasse*, que es pot especialitzar en entitats subclasse:

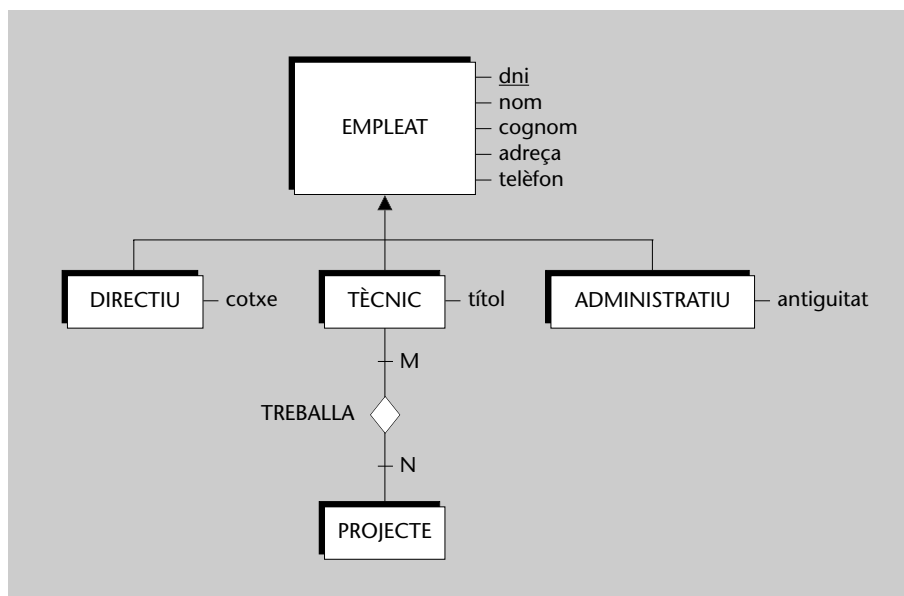
- a) L'**entitat superclasse** ens permet modelitzar les característiques comunes de l'entitat vista a un nivell genèric.
- b) Les **entitats subclasse** ens permeten modelitzar les característiques pròpies de les seves especialitzacions.

Cal que es compleixi que tota ocurrència d'una entitat subclasse sigui també una ocurrència de la seva entitat superclasse.

Denotem la generalització/especialització amb una fletxa que surt de les entitats subclasse i que es dirigeix a l'entitat superclasse. 

Exemple d'entitats superclasse i subclasse

En la figura de la pàgina següent hi ha representades l'entitat superclasse, que correspon a l'empleat de l'exemple anterior, i les entitats subclasse, que corresponen al directiu, al tècnic i a l'administratiu del mateix exemple.



En la generalització/especialització les característiques (atributs o interrelacions) de l'entitat superclasse es propaguen cap a les entitats subclasse. És el que s'anomena **herència de propietats**.

En el disseny d'una generalització/especialització es pot seguir un dels dos processos següents:

1) Pot passar que el dissenyador primerament identifiqui la necessitat de l'entitat superclasse i, posteriorment, reconegui les característiques específiques que fan necessàries les entitats subclasse. En aquests casos es diu que ha seguit un **procés d'especialització**.

2) L'alternativa és que el dissenyador modelitzi en primer lloc les entitats subclasse i, després, s'adoni de les seves característiques comunes i identifiqui l'entitat superclasse. Llavors es diu que ha seguit un **procés de generalització**.

La generalització/especialització pot ser de dues maneres:

a) **Disjunta**. En aquest cas no pot passar que una mateixa ocurrència aparegui a dues entitats subclasse diferents. Es denota gràficament amb l'etiqueta D.

b) **Encavalcada**. En aquest cas no hi ha la restricció anterior. Es denota gràficament amb l'etiqueta S.

A més, la generalització/especialització també es pot classificar de la manera següent:

1) **Total**. En aquest cas tota ocurrència de l'entitat superclasse ha de pertànyer a alguna de les entitats subclasse. Es denota amb l'etiqueta T.

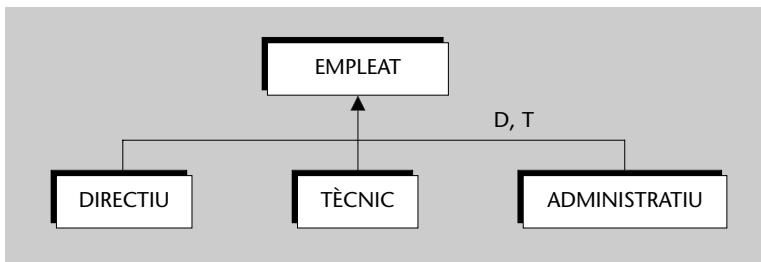
2) **Parcial**. En aquest cas no cal que això passi. Es denota amb l'etiqueta P.

El nostre exemple dels empleats...

... correspon a una generalització/especialització disjunta perquè cap empleat no pot ser de més d'un tipus. Es denota amb l'etiqueta D.

La generalització/especialització dels empleats


La generalització/especialització dels empleats és total perquè suposem que tot empleat ha de ser directiu o tècnic o administratiu. Es denota amb l'etiqueta T.



2.2.2. Entitats associatives

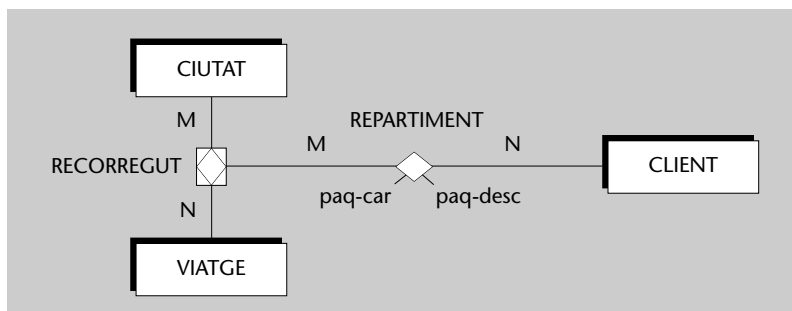
En aquest subapartat veurem un mecanisme que ens permet considerar una interrelació entre entitats com si fos una entitat.

L'entitat resultant de considerar una interrelació entre entitats com si fos una entitat és una **entitat associativa**, i tindrà el mateix nom que la interrelació sobre la qual es defineix.

La utilitat d'una entitat associativa és que es pot interrelacionar amb altres entitats i, de manera indirecta, ens permet tenir interrelacions en què intervenen interrelacions. Una entitat associativa es denota requadrant el rombe de la interrelació de la qual prové. 

Exemple d'entitat associativa

La figura següent mostra un exemple d'entitat associativa:

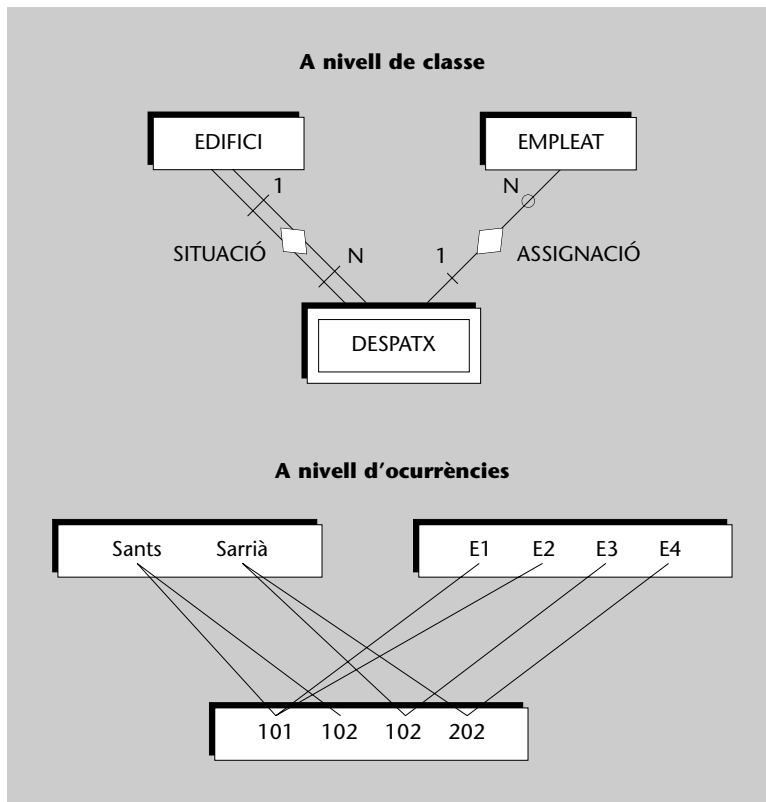


Recorregut és una interrelació de connectivitat M:N que enregistra les ciutats per on han passat els diferents viatges organitzats per una empresa de repartiment de paquets. Considerem *recorregut* una entitat associativa per tal de poder-la interrelacionar amb l'entitat *client* i reflectir per ordre de quins clients s'han fet repartiments en una ciutat del recorregut d'un viatge, i el nombre de paquets carregats i descarregats per indicació d'aquell client.

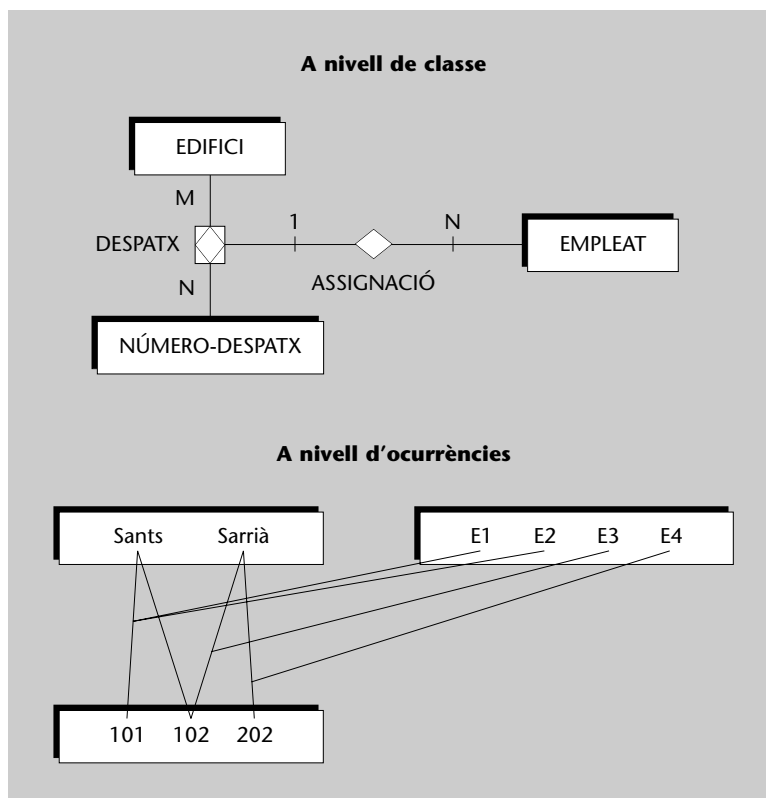
El mecanisme de les entitats associatives subsumeix el de les entitats dèbils i resulta encara més potent. És a dir, sempre que usem una entitat dèbil podem substituir-la per una entitat associativa, però no a l'inrevés.


Exemple de substitució d'una entitat dèbil per una d'associativa

A continuació es mostra l'entitat dèbil *despatx*, que té la interrelació *assignació* amb l'entitat *empleat*.



Podríem modelitzar aquest cas fent que *despatx* fos una entitat associativa si considerem una nova entitat *número-despatx* que conté simplement números de despatxos. Aleshores l'entitat associativa *despatx* s'obté de la interrelació entre *edifici* i *número-despatx*.



Encara que les entitats dèbils es puguin substituir pel mecanisme de les entitats associatives, és adequat mantenir-les al model ER perquè resulten menys complexes i són suficients per a modelitzar moltes de les situacions que es produeixen al món real. 

2.3. Exemple: base de dades del personal d'una entitat bancària

En aquest subapartat veurem un exemple de disseny conceptual d'una base de dades mitjançant el model ER.

Es tracta de dissenyar una base de dades per a la gestió del personal d'una entitat bancària determinada que disposa de molts empleats i d'una àmplia xarxa d'agències. La descripció següent resumeix els requisits dels usuaris de la futura base de dades:

- a) Els empleats s'identifiquen per un codi d'empleat, i també desitgem conèixer el seu DNI, el seu NSS, el seu nom i el seu cognom. Serà important enregistrar la seva ciutat de residència, considerant que hi ha ciutats on no resideix cap empleat.
- b) Interessa saber a quines ciutats estan ubicades les diverses agències de l'entitat bancària. Aquestes agències bancàries s'identifiquen per la ciutat on són i per un nom que permet distingir les agències d'una mateixa ciutat. Es vol tenir constància del nombre d'habitants de les ciutats, i de l'adreça i el telèfon de les agències. S'ha de considerar que la base de dades també inclou ciutats on no hi ha cap agència.
- c) Un empleat, en un moment determinat, treballa en una sola agència, la qual cosa no impedeix que pugui ser traslladat a una altra o, fins i tot, tornar a treballar en una agència on ja havia treballat anteriorment. Es vol tenir constància de l'historial del pas dels empleats per les agències.
- d) Els empleats poden tenir títols acadèmics (encara que no tots en tenen). Es vol saber quins títols tenen els empleats.
- e) Cada empleat té una categoria laboral determinada (auxiliar, oficial de segona, oficial de primera...). A cada categoria li correspon un sou base determinat i un preu de l'hora extra determinat. Es vol tenir constància de la categoria actual de cada empleat, i del sou base i el preu de l'hora extra de cada categoria.
- f) Alguns empleats (no tots) estan afiliats a alguna central sindical. S'ha arribat al pacte de descomptar de la nòmina mensual la quota sindical als afiliats a cada central. Aquesta quota és única per a tots els afiliats a una central determinada. És necessari emmagatzemar les afiliacions a una central dels empleats i les quotes corresponents a les diferents centrals sindicals.

Els atributs de les entitats que figuren al diagrama són els següents (les claus primàries s'han subratllat):

EMPLEAT

codi-empleat, dni, nss, nom, cognom

FIX (entitat subclasse d'empleat)

codi-empleat, antiguitat

TEMPORAL (entitat subclasse d'empleat)

codi-empleat, data-inici-cont, data-final-cont

CIUTAT

nom-ciutat, nombre-hab

AGÈNCIA (entitat dèbil: nom-agència la identifica parcialment,
s'identifica completament amb la ciutat de situació)

nom-agència, adreça, telèfon

TÍTOL

nom-títol

CATEGORIA

nom-categ, sou-base, hora-extra

CENTRAL-SINDICAL

central, quota

TIPUS-PRÉSTEC

codi-préstec, tipus-interès, període-vigència

DATA

data

A continuació, comentarem els aspectes que poden resultar més complexos d'aquest model ER:

1) L'entitat *agència* s'ha considerat una entitat dèbil perquè el seu atribut *nom-agència* només permet distingir les agències situades en una mateixa ciutat, però per a identificar de manera total una agència, cal saber a quina ciutat està situada. Així, la interrelació *situació* és la que ens permet completar la identificació de l'entitat *agència*.

2) La interrelació *petició* és ternària i associa empleats fixos que fan peticions de préstecs, tipus de préstec demanats pels empleats i dates en què es fan aquestes peticions.

3) El costat de l'entitat *data* es connecta amb "molts" perquè un mateix empleat pot demanar un mateix tipus de préstec diverses vegades en dates diferents. L'entitat *fix* es connecta amb "molts" perquè un tipus de préstec determinat pot ser demanat en una mateixa data per diversos empleats. També l'entitat *tipus-préstec* es connecta amb "molts" perquè és possible que un empleat en una data determinada demani més d'un préstec de tipus diferent.

4) L'atribut *concedit/no* indica si el préstec s'ha concedit o no. És un atribut de la interrelació perquè el seu valor depèn alhora de l'empleat fix que fa la petició, del tipus de préstec demanat i de la data de la petició.


5) La interrelació *trasllat* també és una interrelació ternària que permet enregistrar el pas dels empleats per les diverses agències. Un trasllat concret associa un empleat, una agència on l'empleat treballa i una data que indica la data inicial en què l'empleat comença a treballar a l'agència. L'atribut de la interrelació *data-fi* indica en quina data l'empleat finalitza la seva assignació a l'agència (*data-fi* tindrà el valor nul quan un empleat treballa en una agència en el moment actual i no se sap quan se'l traslladarà). Observeu que *data-fi* ha de ser un atribut de la interrelació. Si es col·loqués a una de les tres entitats interrelacionades, no podria ser un atribut univaluat.

Convé observar que aquesta interrelació no enregistra totes i cadascuna de les dates en què un empleat està assignat a una agència, sinó només la data inicial i la data final de l'assignació. És molt habitual que, per a informacions que són certes durant tot un període de temps, s'enregistri a la base de dades únicament l'inici i el final del període.

Fixeu-vos que l'entitat *agència* s'ha connectat amb "un" a la interrelació *trasllat* perquè no pot passar que, en una data, un empleat determinat sigui traslladat a més d'una agència.

6) Finalment, comentarem la generalització/especialització de l'entitat *empleat*. Els empleats poden ser de dos tipus; es volen enregistrar propietats diferents per a cadascun dels tipus i també es requereixen algunes propietats comunes a tots els empleats. Per aquest motiu, és adequat fer servir una generalització/especialització.

3. Disseny lògic: la transformació del model ER al model relacional

En aquest apartat tractarem del disseny lògic d'una base de dades relacional. Partirem del resultat de l'etapa del disseny conceptual expressat mitjançant el model ER i veurem com es pot transformar en una estructura de dades del model relacional. 


3.1. Introducció a la transformació d'entitats i interrelacions


Els elements bàsics del model ER són les entitats i les interrelacions:

- a) Les entitats, quan es tradueixen al model relacional, originen **relacions**.
- b) Les interrelacions, en canvi, quan es transformen, poden donar lloc a **claus foranes** d'alguna relació ja obtinguda o poden donar lloc a una **nova relació**.

En el cas de les interrelacions, cal tenir en compte el seu grau i la seva connectivitat per a poder decidir quina és la transformació adequada:

- 1) Les interrelacions binàries 1:1 i 1:N donen lloc a claus foranes.
- 2) Les interrelacions binàries M:N i totes les n -àries es tradueixen en noves relacions.

Als subapartats següents explicarem de manera més concreta les transformacions necessàries per a obtenir un esquema relacional a partir d'un model ER. Més endavant proporcionem una taula que resumeix els aspectes més importants de cadascuna de les transformacions per tal de donar-ne una visió global. Finalment, descrivim la seva aplicació en un exemple. 

 Trobareu la taula resum de les transformacions al subapartat 3.10 d'aquest mòdul; al subapartat 3.11 en veurem l'exemple d'aplicació.

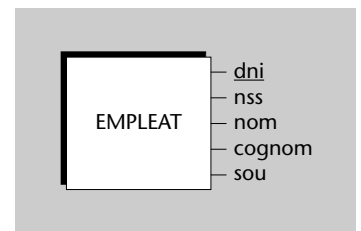
3.2. Transformació d'entitats

Començarem el procés transformant totes les entitats d'un model ER adequadament. Cada entitat del model ER es transforma en una relació del model relacional. Els atributs de l'entitat seran atributs de la relació i, anàlogament, la clau primària de l'entitat serà la clau primària de la relació.


Exemple de transformació d'una entitat


Segons això, l'entitat de la figura del marge es transforma en la relació que tenim a continuació:

EMPLEAT(DNI, NSS, nom, cognom, sou)



Un cop transformades totes les entitats en relacions, cal transformar totes les interrelacions en què aquestes entitats intervenen.

Si una entitat intervé en alguna interrelació binària 1:1 o 1:N, pot ser necessari afegir nous atributs a la relació obtinguda a partir de l'entitat. Aquests atributs formaran claus foranes de la relació. 

Veurem les transformacions de les interrelacions binàries al subapartat següent. 

3.3. Transformació d'interrelacions binàries

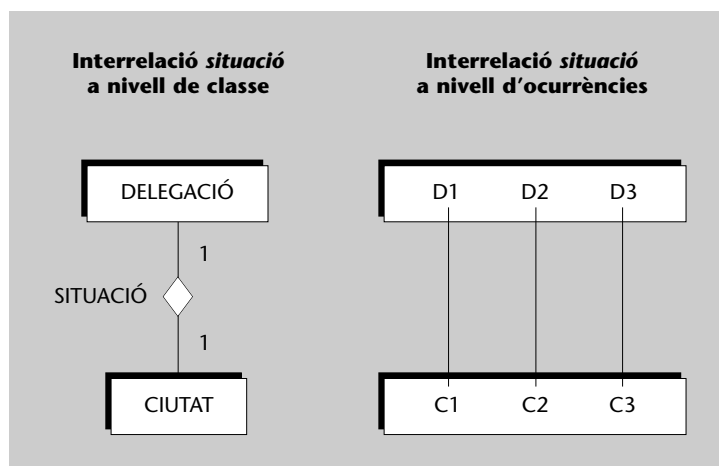
Per a transformar una interrelació binària cal tenir en compte la seva connectivitat, i si les entitats són obligatòries o opcionals a la interrelació.

3.3.1. Connectivitat 1:1

El punt de partida és que les entitats que intervenen en la interrelació 1:1 ja s'han transformat en relacions amb els seus corresponents atributs.

Aleshores només caldrà afegir a qualsevol d'aquestes dues relacions una clau forana que referencii l'altra relació.

Exemple de transformació d'una interrelació binària 1:1



Per a la interrelació de la figura anterior, tenim dues opcions de transformació:

- Primera opció:

```
DELEGACIÓ(nom-del, ..., nom-ciutat)
  on {nom-ciutat} referencia CIUTAT
CIUTAT(nom-ciutat, ...)
```

- Segona opció:

```
DELEGACIÓ(nom-del, ...)
CIUTAT(nom-ciutat, ..., nom-del)
  on {nom-del} referencia DELEGACIÓ
```

Totes dues transformacions ens permeten saber a quina ciutat hi ha una delegació i quina delegació té una ciutat. Així, doncs, reflecteixen correctament el significat de la interrelació *situació* del model ER.

A la primera transformació, com que una delegació està situada en una única ciutat, l'atribut *nom-ciutat* té un únic valor per a cada valor de la clau primària {*nom-del*}. Observeu que, si poguéssim tenir diversos valors, la solució no seria correcta segons la teoria relacional.

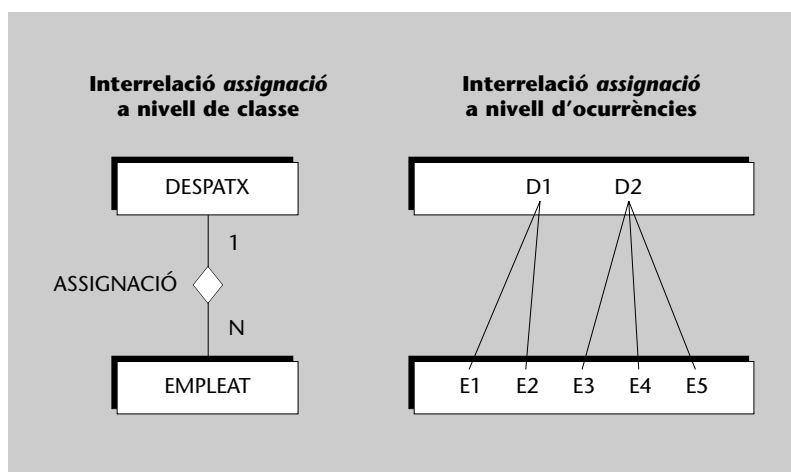
A la segona transformació, atès que una ciutat té una sola delegació, l'atribut *nom-del* també pren un sol valor per a cada valor de la clau primària {*nom-ciutat*}.

També cal tenir en compte que, en totes dues transformacions, la clau forana que s'hi afegeix es converteix en una clau alternativa de la relació perquè no admet valors repetits. Per exemple, a la segona transformació, no hi pot haver més d'una ciutat amb la mateixa delegació i, així, *nom-del* ha de ser diferent per a totes les tuples de *CIUTAT*.

3.3.2. Connectivitat 1:N

Partim del fet que les entitats que intervenen en la interrelació 1:N ja s'han transformat en relacions amb els seus corresponents atributs. En aquest cas només cal afegir a la relació corresponent a l'entitat del costat N una clau forana que referenciï l'altra relació.

Exemple de transformació d'una interrelació binària 1:N



La interrelació de la figura anterior es transforma en:

```
DESPATX(desp, ...)
EMPLEAT(emp, ..., desp)
on {desp} referencia DESPATX
```

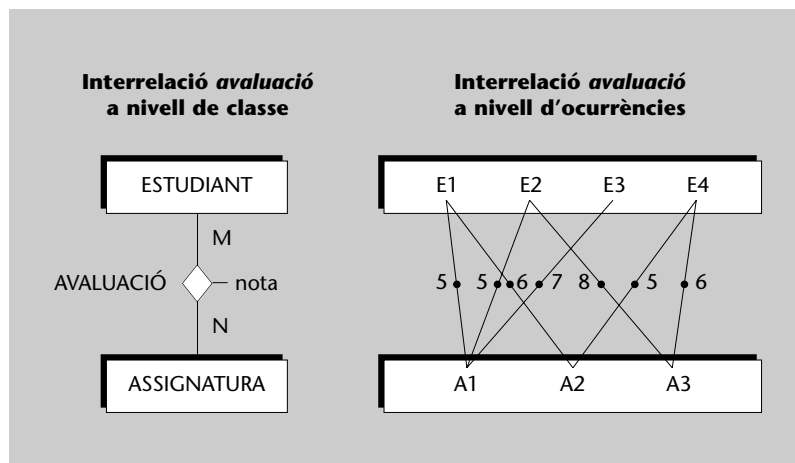
Aquesta solució ens permet saber a quin despatx està assignat cada empleat i també ens permet consultar, per a cada despatx, quins empleats hi ha. És a dir, que reflecteix correctament el significat de la interrelació *assignació*.

Atès que un empleat està assignat a un únic despatx, l'atribut *desp* té un valor únic per a cada valor de la clau primària {*emp*}. Si haguéssim posat la clau forana {*emp*} a la relació *DESPATX*, la solució hauria estat incorrecta, perquè *emp* hauria pres diversos valors, un per a cadascun dels diversos empleats que poden estar assignats a un despatx.

3.3.3. Connectivitat M:N

Una interrelació M:N es transforma en una relació. La seva clau primària estarà formada pels atributs de la clau primària de les dues entitats interrelacionades. Els atributs de la interrelació seran atributs de la nova relació.

Exemple de transformació d'una interrelació binària M:N



La interrelació de la figura anterior es transforma en:

```
ESTUDIANT(est, ...)
ASSIGNATURA(assig, ...)
AVALUACIÓ(est, assig, nota)
on {est} referencia ESTUDIANT
i {assig} referencia ASSIGNATURA
```

Observeu que la clau d'*avaluació* ha de constar tant de la clau d'*estudiant* com de la clau d'*assignatura* per a identificar completament la relació.

La solució que hem presentat reflecteix correctament la interrelació *avaluació* i el seu atribut *nota*. Permet saber, per a cada estudiant, quines notes té de les diverses assignatures i, per a cada assignatura, quines notes tenen els diferents estudiants d'aquella assignatura.

En el cas M:N no es poden utilitzar claus foranes per a transformar la interrelació perquè obtindríem atributs que poden prendre diversos valors, i això no es permet al model relacional. !

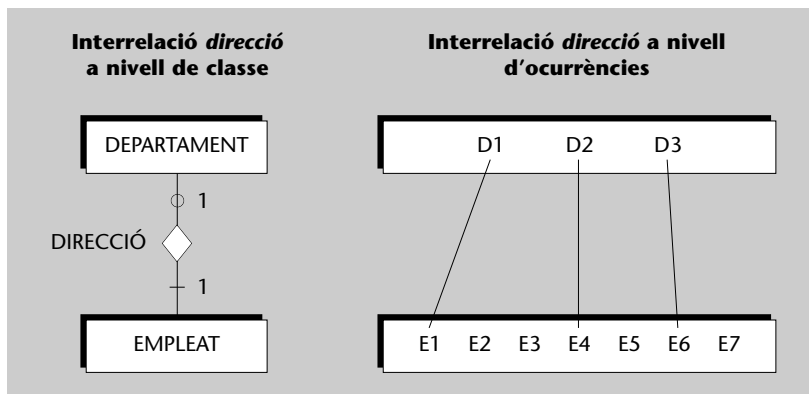
3.3.4. Influència de la dependència d'existència en la transformació de les interrelacions binàries

La dependència d'existència o, més concretament, el fet que alguna de les entitats sigui opcional en una interrelació s'ha de tenir en compte en fer la transformació d'algunes interrelacions binàries 1:1 i 1:N.

Si una de les entitats és opcional a la interrelació, i la transformació ha consistit a posar una clau forana a la relació que correspon a l'altra entitat, aleshores aquella clau forana pot prendre valors nuls.

Exemple de transformació d'una entitat opcional a la interrelació

A l'exemple següent, l'entitat *departament* és opcional a *direcció* i, per tant, hi pot haver empleats que no siguin directors de cap departament:



En principi, hi ha dues opcions de transformació:

- Primera opció:

```
DEPARTAMENT(dept, ..., emp-cap)
  on {emp-cap} referencia EMPLEAT
EMPLEAT(emp, ...)
```

- Segona opció:

```
DEPARTAMENT(dept, ...)
EMPLEAT(emp, ..., dept)
  on {dept} referencia DEPARTAMENT
  i dept pot prendre valors nuls
```


La segona transformació dóna lloc a una clau forana que pot prendre valors nuls (perquè hi pot haver empleats que no són directors de cap departament). Aleshores serà preferible la primera transformació perquè no provoca l'aparició de valors nuls a la clau forana i, així, ens estalvia espai d'emmagatzematge.

A les interrelacions 1:N, el fet que l'entitat del costat 1 sigui opcional també provoca que la clau forana de la transformació tingui valors nuls. En aquest cas, però, no es poden evitar aquests valors nuls perquè hi ha una única transformació possible.

3.4. Transformació d'interrelacions ternàries

La transformació de les interrelacions ternàries presenta similituds importants amb la transformació de les binàries M:N. No és possible representar la interrelació mitjançant claus foranes, sinó que cal usar una nova relació. Perquè la nova relació reflecteixi tota la informació que la interrelació modelitza, cal que contingui les claus primàries de les tres entitats interrelacionades i els atributs de la interrelació.

Així, doncs, la transformació d'una interrelació ternària sempre dona lloc a una nova relació, la qual tindrà com a atributs les claus primàries de les tres entitats interrelacionades i tots els atributs que tingui la interrelació. La clau primària de la nova relació depèn de la connectivitat de la interrelació.

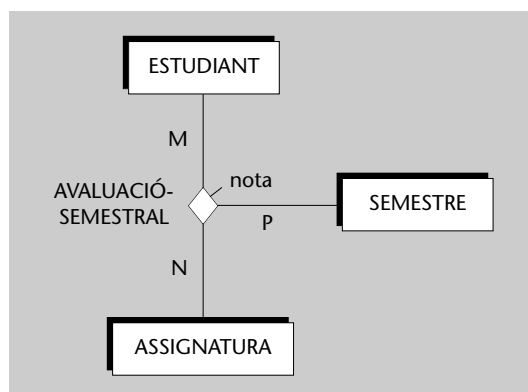
A continuació analitzarem quina ha de ser la clau primària de la nova relació segons la connectivitat. Començarem pel cas M:N:P i acabarem amb el cas 1:1:1. 

3.4.1. Connectivitat M:N:P

Quan la connectivitat de la interrelació és M:N:P, la relació que s'obté de la seva transformació té com a clau primària tots els atributs que formen les claus primàries de les tres entitats interrelacionades.

Exemple de transformació d'una interrelació ternària M:N:P

N'analitzarem la transformació amb un exemple:



La interrelació anterior es transforma en:

```
ESTUDIANT(est, ...)
ASSIGNATURA(assig, ...)
SEMESTRE(sem, ...)
AVALUACIÓ-SEMESTRAL(est, assig, sem, nota)
    on {est} referencia ESTUDIANT,
       {assig} referencia ASSIGNATURA
       i {sem} referencia SEMESTRE
```

Per a identificar completament la relació, la clau ha de constar de la clau d'*estudiant*, de la clau d'*assignatura* i de la clau de *semestre*. Si en faltés una de totes tres, la clau de la relació podria tenir valors repetits. Considerem, per exemple, que no hi hagués la clau de *semestre*. Com que *semestre* està connectada amb “molts” a la interrelació, hi pot haver estudiants que han estat avaluats d’una mateixa assignatura en més d’un semestre. Llavors, per a aquests casos hi hauria valors repetits a la clau de la relació *AVALUACIÓ-SEMESTRAL*.

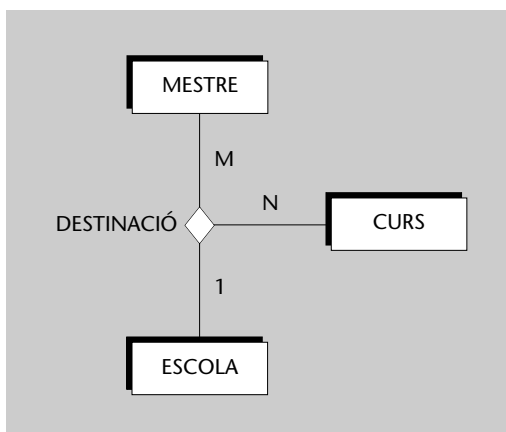
Observeu que, de la mateixa manera que és necessària la clau de *semestre*, també ho són la d'*estudiant* i la d'*assignatura*.

3.4.2. Connectivitat M:N:1

Quan la connectivitat de la interrelació és M:N:1, la relació que s’obté de la seva transformació té com a clau primària tots els atributs que formen les claus primàries de les dues entitats dels costats de la interrelació etiquetats amb M i amb N.

Exemple de transformació d’una interrelació ternària M:N:1

Ho il·lustrarem amb un exemple:



Aquesta interrelació reflecteix les destinacions que es donen als mestres d’escola en els diferents cursos. L’1 que figura a la banda d’escola significa que un mestre no pot ser destinat a més d’una escola en un mateix curs.

L’exemple de la figura es transforma en:

```
MESTRE(codi-mestre, ...)
CURS(codi-curs, ...)
ESCOLA(codi-esc, ...)
```



```

DESTINACIÓ(codi-mestre, codi-curs, codi-esc)
on {codi-mestre} referencia MESTRE,
{codi-curs} referencia CURS
i {codi-esc} referencia ESCOLA

```

No cal que la clau inclogui *codi-esc* per a identificar completament la relació. Si es fixen un mestre i un curs, no hi pot haver més d'una escola de destinació i, per tant, no hi haurà claus repetides.

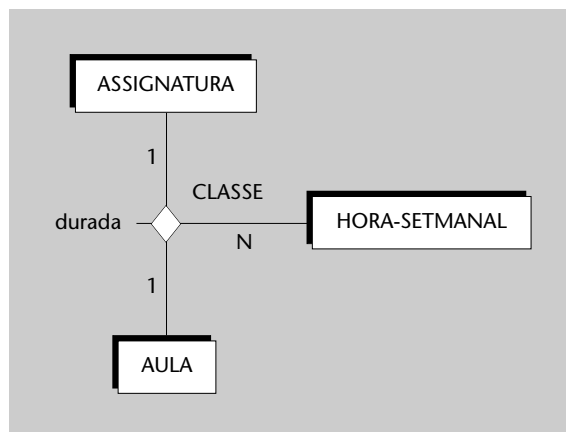
3.4.3. Connectivitat N:1:1

Quan la connectivitat de la interrelació és N:1:1, la relació que s'obté de la seva transformació té com a clau primària els atributs que formen la clau primària de l'entitat del costat N i els atributs que formen la clau primària de qualsevol de les dues entitats que estan connectades amb 1.

Així, doncs, hi ha dues possibles claus per a la relació que s'obté. Són dues claus candidates entre les quals el dissenyador haurà d'escollir la clau primària.

Exemple de transformació d'una interrelació ternària N:1:1

Vegem-ne un exemple:



1) Una possible transformació és la següent:

```

HORA-SETMANAL(codi-hora, ...)
AULA(codi-aula, ...)
ASSIGNATURA(assig, ...)
CLASSE (codi-hora, codi-aula, assig, durada)
on {codi-hora} referencia HORA-SETMANAL,
{codi-aula} referencia AULA
i {assig} referencia ASSIGNATURA

```

En aquest cas, tot i que la clau no inclou l'atribut *assig*, identifica completament la relació perquè per a una hora-setmanal i aula determinades hi ha una única assignatura de la qual es fa classe a aquella hora i aula.

2) La segona transformació possible és aquesta altra:

```
HORA-SETMANAL(codi-hora, ...)
AULA(codi-aula, ...)
ASSIGNATURA(assig, ...)
CLASSE (codi-hora, assig, codi-aula, durada)
    on {codi-hora} referencia HORA-SETMANAL,
    {codi-aula} referencia AULA
    i {assig} referencia ASSIGNATURA
```

Ara la clau inclou l'atribut *assig* i, en canvi, no inclou l'atribut *codi-aula*. La relació queda també completament identificada perquè, per a una assignatura i hora-setmanal determinades, es fa classe a una única aula d'aquella assignatura a aquella hora.

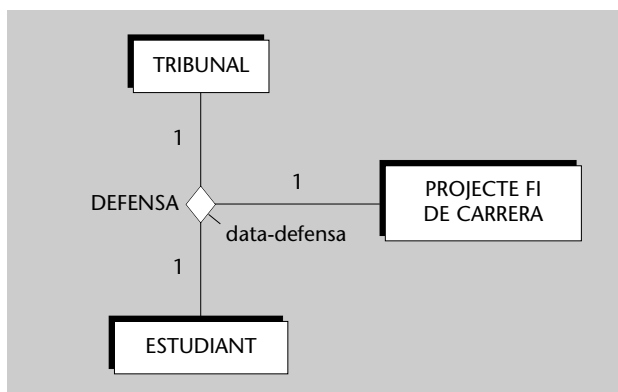
3.4.4. Connectivitat 1:1:1

Quan la connectivitat de la interrelació és 1:1:1, la relació que s'obté de la seva transformació té com a clau primària els atributs que formen la clau primària de dues entitats qualssevol de les tres interrelacionades.

Així, doncs, hi ha tres claus candidates per a la relació.

Exemple de transformació d'una interrelació ternària 1:1:1

Vegem-ne un exemple:



Aquesta interrelació enregistra informació de lectures de defenses de projectes de fi de carrera. Hi intervé l'estudiant que presenta el projecte, el projecte presentat i el tribunal avaluador.

La transformació de l'exemple anterior es mostra tot seguit:

```
TRIBUNAL(trib, ...)
ESTUDIANT(est, ...)
PROJECTE_FI_CARRERA(pro, ...)
```

Per a la nova relació *DEFENSA* tenim les tres possibilitats següents:

- Primera opció:

```
DEFENSA(trib, est, pro, data-defensa)
    on {trib} referencia TRIBUNAL,
```

```
{est} referencia ESTUDIANT,  
{pro} referencia PROJECTE-FI-CARRERA
```

- Segona opció:


```
DEFENSA(trib, pro, est, data-defensa)  
on {trib} referencia TRIBUNAL,  
   {est} referencia ESTUDIANT,  
   {pro} referencia PROJECTE-FI-CARRERA
```

- Tercera opció:

```
DEFENSA(est, pro, trib, data-defensa)  
on {est} referencia ESTUDIANT,  
   {pro} referencia PROJECTE-FI-CARRERA,  
   {trib} referencia TRIBUNAL
```

En tots tres casos, és possible comprovar que la clau identifica completament la relació si es té en compte la connectivitat de la interrelació *defensa*.

3.5. Transformació d'interrelacions n -àries

La transformació de les interrelacions n -àries es pot veure com una generalització del que hem explicat per a les ternàries. 

En tots els casos, la transformació d'una interrelació n -ària consistirà en l'obtenció d'una nova relació que conté tots els atributs que formen les claus primàries de les n entitats interrelacionades i tots els atributs de la interrelació.

Podem distingir els casos següents:

- Si totes les entitats estan connectades amb “molts”, la clau primària de la nova relació estarà formada per tots els atributs que formen les claus de les n entitats interrelacionades.
- Si una o més entitats estan connectades amb “un”, la clau primària de la nova relació estarà formada per les claus de $n - 1$ de les entitats interrelacionades, amb la condició que l'entitat, la clau de la qual no s'hi ha inclòs, ha de ser una de les que està connectada amb “un”.

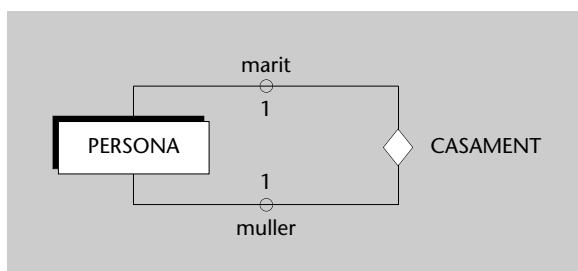
3.6. Transformació d'interrelacions recursives

Les transformacions de les interrelacions recursives són similars a les que hem vist per a la resta d'interrelacions.

Així, doncs, si una interrelació recursiva té connectivitat 1:1 o 1:N, dona lloc a una clau forana i, si té connectivitat M:N o és n -ària, origina una nova relació.

Mostrarem la transformació d'alguns exemples concrets d'interrelacions recursives per a il·lustrar els detalls de l'afirmació anterior. !

Exemple de transformació d'una interrelació recursiva binària 1:1



La interrelació de la figura anterior és recursiva, binària i té connectivitat 1:1. Les interrelacions 1:1 originen una clau forana que es posa a la relació corresponent a una de les entitats interrelacionades. Al nostre exemple, només hi ha una entitat interrelacionada, l'entitat *persona*. Aleshores, la clau forana haurà d'estar a la relació PERSONA. Aquesta clau forana haurà de referenciar la mateixa relació perquè reflecteix una interrelació entre una ocurrència de persona i una altra ocurrència de persona. Així, obtindrem:

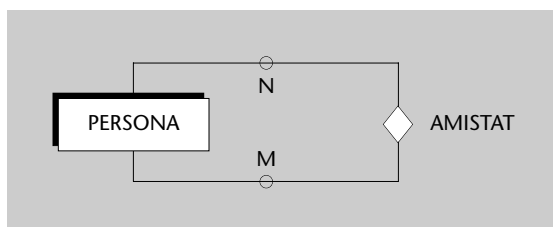
```
PERSONA(codi-per, ..., codi-conjuge)
on {codi-conjuge} referencia PERSONA
i codi-conjuge admet valors nuls
```

La clau forana {codi-cònjuge} referència la relació PERSONA a la qual pertany.

Convé tenir en compte que, en casos com aquest, els atributs de la clau forana no poden tenir els mateixos noms que els atributs de la clau primària que referencien perquè, segons la teoria relacional, una relació no pot tenir noms d'atributs repetits.

Exemple de transformació d'una interrelació recursiva M:N

Vegem a continuació un exemple en què intervé una interrelació recursiva i amb connectivitat M:N.



Les interrelacions M:N es tradueixen en noves relacions que tenen com a clau primària les claus de les entitats interrelacionades.

Al nostre exemple, la interrelació lliga ocurrències de *persona* amb altres ocurrències de *persona*. En aquest cas, la clau primària de la nova relació estarà formada per la clau de l'entitat *persona* dues vegades. Convindrà donar noms diferents a tots els atributs de la nova relació. Així, la traducció de l'exemple anterior serà:

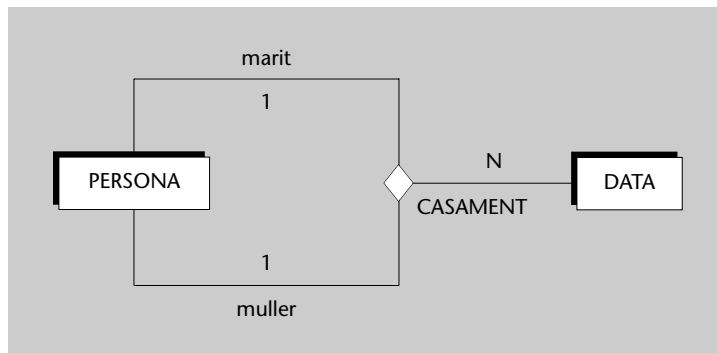
```

PERSONA(codi-per, ...)
AMISTAT (codi-per, codi-per-amiga)
    on {codi-per} referencia PERSONA
    i {codi-per-amiga} referencia PERSONA

```

Exemple de transformació d'una interrelació recursiva n -ària $N:1:1$

Finalment, analitzarem un exemple en què la interrelació recursiva és n -ària:



La interrelació *casament* anterior és recursiva, ternària i té connectivitat $N:1:1$. Les interrelacions $N:1:1$ originen sempre una nova relació que conté, a més dels atributs de la interrelació, tots els atributs que formen la clau primària de les tres entitats interrelacionades.

Al nostre exemple, la interrelació associa ocurrències de *persona* amb altres ocurrències de *persona* i amb ocurrències de *data*. Aleshores, la clau de *persona* haurà de figurar dues vegades a la nova relació, i la clau de *data*, només una.

La clau primària de la relació que s'obté per a interrelacions $N:1:1$ està formada per la clau de l'entitat del costat N i per la clau d'una de les entitats dels costats 1 .

Al nostre exemple, a tots dos costats 1 de la interrelació tenim la mateixa entitat: *persona*. La clau primària estarà formada per la clau de l'entitat *data* i per la clau de l'entitat *persona*.

Segons tot això, la transformació serà la següent:

```

PERSONA(codi-per, ...)
DATA(data-cas, ...)
CASAMENT(data-cas, codi-per, codi-conjuge)
    on {data-cas} referencia DATA,
    {codi-per} referencia PERSONA
    i {codi-conjuge} referencia PERSONA

```

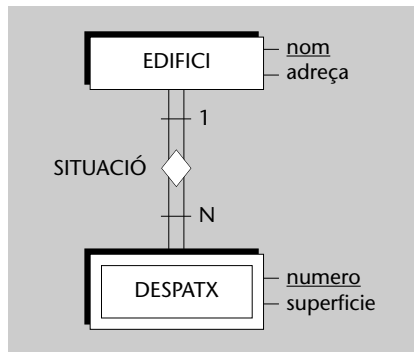
3.7. Transformació d'entitats dèbils

Les entitats dèbils es tradueixen al model relacional igual que la resta d'entitats, amb una petita diferència. Aquestes entitats sempre estan al costat N d'una interrelació $1:N$ que completa la seva identificació.

Així, doncs, la clau forana originada per aquesta interrelació $1:N$ ha de formar part de la clau primària de la relació corresponent a l'entitat dèbil.

Exemple de transformació d'entitat dèbil

Ho explicarem amb un exemple:



Aquest exemple es transforma tal com es mostra tot seguit:

```

EDIFICI(nom, adreça)
DESPATX(nom, numero, superfície)
    on {nom} referencia EDIFICI
  
```

Observeu que la clau forana {*nom*} forma part també de la clau primària de *DESPATX*. Si no fos així, i la clau primària contingués només l'atribut *número*, els despatxos no quedarien totalment identificats, atès que hi pot haver despatxos situats en edificis diferents que tinguin el mateix número.

3.8. Transformació de la generalització/especialització

Cadascuna de les entitats superclasse i subclasse que formen part d'una generalització/especialització es transforma en una relació:

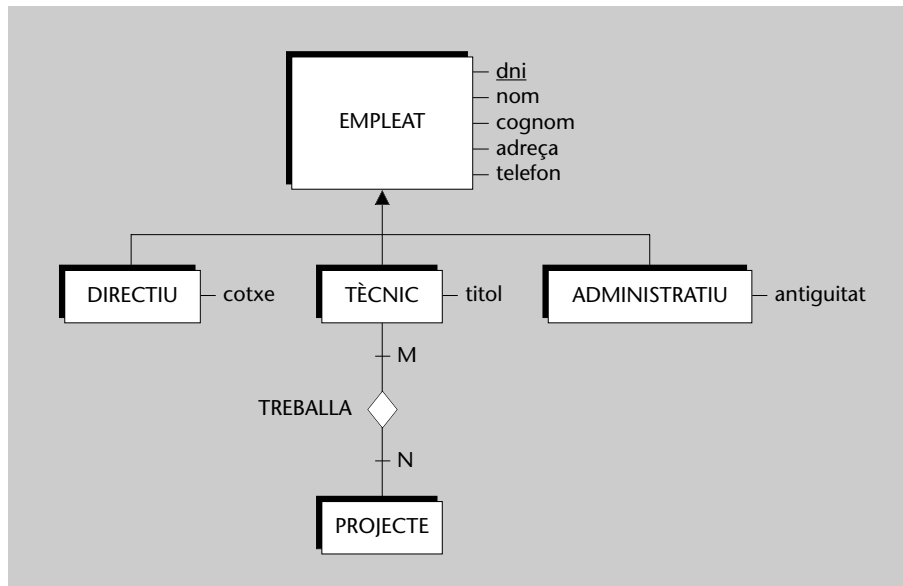
- a) La relació de l'entitat superclasse té com a clau primària la clau de l'entitat superclasse i conté tots els atributs comuns.
- b) Les relacions de les entitats subclasse tenen com a clau primària la clau de l'entitat superclasse i contenen els atributs específics de la subclasse.

Exemple de transformació de la generalització/especialització

Vegem-ne un exemple (vegeu el gràfic a la pàgina següent) que conté una generalització/especialització i, també, una interrelació M:N en què intervé una de les entitats subclasse. Aquest exemple es tradueix al model relacional com s'indica tot seguit:

```

EMPLEAT(DNI, nom, adreça, telefon)
DIRECTIU(DNI, cotxe)
    on {DNI} referencia EMPLÉAT
ADMINISTRATIU (DNI, antiguitat)
    on {DNI} referencia EMPLÉAT
TECNIC (DNI, titol)
    on {DNI} referencia EMPLÉAT
PROJECTE(pro, ...)
TREBALLAR(DNI, pro, superfície)
    on {DNI} referencia TECNIC
    i {pro} referencia PROJECTE
  
```



Convé observar que els atributs comuns s'han situat a la relació *EMPLEAT* i que els atributs específics s'han situat a la relació de la seva entitat subclasse. Així, *cotxe* és a *DIRECTIU*, *títol* a *TÈCNIC* i *antiguitat* a *ADMINISTRATIU*.

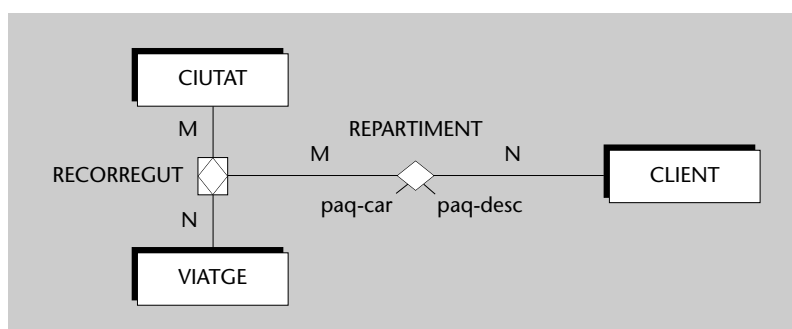
D'altra banda, la interrelació específica per als empleats tècnics anomenada *treballa* es transforma en la relació *TREBALLA*. Observeu que aquesta relació té una clau forana que referencia només els empleats tècnics, i no els empleats directius o administratius.

3.9. Transformació d'entitats associatives

Una entitat associativa té el seu origen en una interrelació. En conseqüència, succeeix que la transformació de la interrelació originària és, alhora, la transformació de l'entitat associativa.

Exemple de transformació d'una entitat associativa

Vegem-ne un exemple que inclou una entitat associativa interrelacionada amb una altra entitat:



La transformació de l'exemple anterior serà:

```

CIUTAT(nom-ciutat, ...)
VIATGE(id-viatge, ...)
  
```

```


RECORREGUT(nom-ciutat, id-viatge)
  on {nom-ciutat} referencia CIUTAT
  i {id-viatge} referencia VIATGE
CLIENT (codi-client, ...)
REPARTIMENT(nom-ciutat, id-viatge, codi-client, paq-car, paq-desc)
  on {nom-ciutat, id-viatge} referencia RECORREGUT
  i {codi-client} referencia CLIENT

```

Tal com es pot veure, la traducció de la interrelació *recorregut* és, alhora, la traducció de la seva entitat associativa.

La relació *REPARTIMENT* ens il·lustra la transformació d'una interrelació en què participa una entitat associativa. Com que es tracta d'una interrelació M:N entre *recorregut* i *ciutat*, una part de la clau primària de *REPARTIMENT* referencia la clau de *RECORREGUT*, i la resta, la clau de *CIUTAT*.

3.10. Resum de la transformació del model ER al model relacional


La taula que mostrem a continuació resumeix els aspectes més bàsics de les transformacions que hem descrit a les seccions anteriors amb l'objectiu de donar-ne una visió ràpida: 

Element del model ER	Transformació al model relacional
Entitat	Relació
Interrelació 1:1	Clau forana
Interrelació 1:N	Clau forana
Interrelació M:N	Relació
Interrelació <i>n</i> -ària	Relació
Interrelació recursiva	Com a les interrelacions no recursives: <ul style="list-style-type: none"> • Clau forana per a binàries 1:1 i 1:N • Relació per a binàries M:N i <i>n</i>-àries
Entitat dèbil	La clau forana de la interrelació identificadora forma part de la clau primària
Generalització/especialització	<ul style="list-style-type: none"> • Relació per a l'entitat superclasse • Relació per a cadascuna de les entitats subclasse
Entitat associativa	La transformació de la interrelació que l'origina és alhora la seva transformació

3.11. Exemple: base de dades del personal d'una entitat bancària

En aquest apartat aplicarem les transformacions que hem explicat en el cas pràctic de la base de dades del personal d'una entitat bancària. Abans hem presentat el disseny conceptual d'aquesta base de dades. A continuació, en veurem la transformació al model relacional.

Començarem per transformar totes les entitats en relacions i totes les interrelacions 1:1 i 1:N en claus foranes d'aquestes relacions.

 Hem fet el disseny conceptual de la base de dades del personal de l'entitat bancària al subapartat 2.3 d'aquest mòdul didàctic.


```

EMPLEAT(codi-empleat, DNI, NSS, nom, cognom, nom-categ, central, ciutat-res)
    on {nom-categ} referencia CATEGORIA,
    {central} referencia CENTRAL-SINDICAL,
    l'atribut central admet valors nuls
    i {ciutat-res} referencia CIUTAT
FIX(codi-empleat, antiguitat)
    on {codi-empleat} referencia EMPLEAT
TEMPORAL(codi-empleat, data-inici-cont, data-final-cont)
    on {codi-empleat} referencia EMPLEAT
CIUTAT(nom-ciutat, nombre-hab)
AGÈNCIA(nom-ciutat, nom-agencia, adreça, telefon)
    on {nom-ciutat} referencia CIUTAT
TÍTOL(nom-titol)
CATEGORIA(nom-categ, sou-base, hora-extra)
CENTRAL-SINDICAL(central, quota)
TIPUS-PRÉSTEC(codi-prestec, tipus-interes, periode-vigencia)
DATA(data)

```

Observeu que, a la transformació de la generalització/especialització corresponent a l'entitat *empleat*, hem situat els atributs comuns a la relació *EMPLEAT* i els atributs específics a les relacions *FIX* i *TEMPORAL*.

A la relació *AGÈNCIA*, l'atribut *nom-ciutat* és una clau forana i alhora forma part de la clau primària perquè *agència* és una entitat dèbil que requereix la interrelació *situació* per a ser identificada.

Vegem ara les relacions que s'obtenen a partir de la transformació de les interrelacions binàries i *n*-àries:

```

TITULACIÓ(codi-empleat, nom-titol)
    on {codi-empleat} referencia EMPLEAT
    i {nom-titol} referencia TÍTOL
TRASLLAT(codi-empleat, data, nom-ciutat, nom-agencia, data-fi)
    on {codi-empleat} referencia EMPLEAT,
    {nom-ciutat, nom-agencia} referencia AGÈNCIA
    i {data} referencia DATA
PETICIÓ(codi-empleat, codi-prestec, data, concedit/no)
    on {codi-empleat} referencia FIX,
    {codi-préstec} referencia TIPUS-PRÉSTEC
    i {data} referencia DATA

```


Per a escollir les claus primàries adequades per a aquestes relacions s'ha hagut de tenir en compte la seva connectivitat.

Resum

Aquest mòdul és una introducció a un tema de gran interès: el **disseny de bases de dades**.

Primerament, hem explicat què s'entén per *dissenyar una base de dades* i hem analitzat les etapes en què es pot descompondre el procés de disseny:

- l'etapa del disseny conceptual,
- l'etapa del disseny lògic,
- l'etapa del disseny físic.

A la resta del mòdul hem tractat del disseny conceptual i del disseny lògic de bases de dades. No hem estudiat el disseny físic perquè requereix uns coneixements previs d'estructures d'implementació física que fan inadequat explicar-lo en aquesta assignatura introductòria. Serà convenient estudiar el disseny físic en assignatures més avançades. 

Per al disseny conceptual hem adoptat l'enfocament del **model ER**, un model de dades molt utilitzat i entenedor. Hem descrit les diverses construccions que proporciona i hem donat exemples d'aplicació a casos pràctics.

Pel que fa al disseny lògic, l'hem centrat en el cas d'utilització de la **tecnologia relacional**. Així, hem explicat com es pot transformar un model conceptual expressat mitjançant el model ER en una estructura de dades del model relacional.

Exercicis d'autoavaluació

1. Feu un disseny conceptual d'una base de dades mitjançant el model ER que satisfaci els requisits que es resumeixen a continuació:

a) Un directiu d'un club de futbol vol disposar d'una base de dades que li permeti controlar dades que li interessin sobre competicions, clubs, jugadors, entrenadors... d'àmbit estatal.

b) Els clubs cada temporada disputen diverses competicions (lliga, copa...) entre si. El nostre directiu desitja informació històrica de les classificacions obtingudes pels clubs en les diferents competicions al llarg de totes les temporades. La classificació s'especificarà mitjançant un número de posició: 1 significa campió, 2 significa subcampió, etc.

c) Els diversos clubs estan agrupats en les federacions regionals corresponents. Tota federació té com a mínim un club. De les federacions vol conèixer el nom i la data de creació, i dels clubs, el nom i el nombre de socis.

d) És molt important la informació sobre jugadors i entrenadors. S'identificaran per un codi, i vol saber el nom, l'adreça, el telèfon i la data de naixement de tots. Cal esmentar que alguns entrenadors poden haver estat jugadors en la seva joventut. Dels jugadors, a més, en vol saber el pes, l'alçada, l'especialitat o les especialitats i quin domini en tenen (grau d'especialitat). Tot jugador ha de tenir com a mínim una especialitat, però hi pot haver especialitats en les quals no hi hagi cap jugador. Dels entrenadors li interessa la data en què van iniciar la seva carrera com a entrenadors de futbol.

e) De totes les persones que figuren a la base de dades (jugadors i entrenadors), en vol conèixer l'historial de contractacions per part dels diversos clubs, incloent-hi l'import i la data de baixa de cada contractació. En un moment determinat, una persona pot estar contractada per un únic club, però pot canviar de club posteriorment i, fins i tot, pot tornar a un club en el qual ja havia treballat.

f) També vol enregistrar les ofertes que les persones que figuren a la base de dades han rebut dels clubs durant la seva vida esportiva (i de les quals s'ha pogut assabentar). Considera important tenir constància de l'import de les ofertes. S'ha de tenir en compte que en un moment determinat una persona pot rebre moltes ofertes sempre que vinguin de clubs diferents.

2. Feu un disseny conceptual d'una base de dades mitjançant el model ER que satisfaci els requisits que es resumeixen a continuació:

a) Es vol dissenyar una base de dades per a facilitar la gestió d'una empresa dedicada al transport internacional de mercaderies que opera a tot l'àmbit europeu.

b) L'empresa disposa de diverses delegacions repartides per tota la geografia europea. Les delegacions s'identifiquen per un nom, i es vol enregistrar també el seu telèfon. En una determinada ciutat no hi ha mai més d'una delegació. Es desitja conèixer la ciutat on està situada cada delegació. S'ha de suposar que no hi ha ciutats amb el nom repetit (almenys en l'àmbit d'aquesta base de dades).

c) El personal de l'empresa es pot separar en dos grans grups:

- Administratius, dels quals interessa saber quin nivell d'estudis tenen.
- Conductors, dels quals interessa saber l'any que van obtenir el carnet de conduir i el tipus de carnet que tenen.

De tot el personal de l'empresa es vol conèixer el codi d'empleat (que l'identifica), el nom, el telèfon i l'any de naixement. Tots els empleats estan assignats a una delegació determinada. Es vol tenir constància històrica d'aquest fet tenint en compte que poden anar canviant de delegació (fins i tot poden tornar a una delegació on ja havien estat anteriorment).

d) L'activitat de l'empresa consisteix a efectuar els viatges pertinents per tal de transportar les mercaderies segons les peticions dels seus clients. Tots els clients s'identifiquen per un codi de client. Se'n vol conèixer, a més, el nom i el telèfon de contacte.

e) L'empresa, per a dur a terme la seva activitat, disposa de molts camions identificats per un codi de camió. Es vol tenir constància de la matrícula, la marca i la tara dels camions.

f) Els viatges els organitza sempre una delegació i s'identifiquen per un codi de viatge, que és intern de cada delegació (i que es pot repetir en delegacions diferents). Per a cadascun dels viatges que s'han fet, cal saber:

- Quin camió s'ha utilitzat (ja que cada viatge es fa amb un únic camió).

- Quin (o quins) conductors hi han anat (considerant que en viatges llargs hi poden anar diversos conductors). Es vol saber també l'import de les dietes pagades a cada conductor (atès que les dietes poden ser diferents per als diferents conductors d'un mateix viatge).
- El recorregut del viatge, és a dir, la data i l'hora en què el camió arriba a cadascuna de les ciutats on haurà de carregar o descarregar. Suposarem que un viatge no passa mai dues vegades per una mateixa ciutat.
- El nombre de paquets carregats i paquets descarregats en cada ciutat, i per a cadascun dels clients. En un mateix viatge es poden deixar i/o recollir paquets a diferents ciutats per encàrrec d'un mateix client. També, en un mateix viatge, es poden deixar i/o recollir paquets en una mateixa ciutat per encàrrec de diferents clients.

3. Feu un disseny conceptual d'una base de dades mitjançant el model ER que satisfaci els requisits que es resumeixen a continuació:

a) Cal dissenyar una base de dades per a una empresa immobiliària amb l'objectiu de gestionar la informació relativa a la seva cartera de pisos en venda.

b) Cadascun dels pisos que tenen pendents de vendre té assignat un codi de pis que l'identifica. A més d'aquest codi, es vol conèixer l'adreça del pis, la superfície, el nombre d'habitacions i el preu. Tenen aquests pisos classificats per zones (perquè als seus clients de vegades només els interessin els pisos d'una zona determinada) i es vol saber a quina zona està situat cada pis. Les zones tenen un nom de zona que és diferent per a cada zona d'una mateixa població, però que pot coincidir en zones de poblacions diferents. De vegades es dona el cas que en alguna de les zones no hi tenen cap pis pendent de vendre.

c) De les poblacions es vol tenir el nombre d'habitants. De les zones es vol saber quines són limítrofes (perquè, en cas de no disposar de pisos en una zona que desitja un client, se li puguin oferir els que es tinguin en altres zones limítrofes amb la primera). Cal considerar que hi pot haver zones sense cap altra zona limítrofa en algunes poblacions petites que consten d'una sola zona.

d) Dels pisos tenen codificades diverses característiques, com ara tenir ascensor, ser exterior, tenir terrassa, etc. Cada característica s'identifica per un codi i té una descripció. Per a cada característica i pis es vol saber si el pis satisfà aquella característica o no. A més, volen tenir constància del propietari o propietaris de cada pis.

e) També necessiten disposar d'informació relativa als seus clients actuals que busquen pis (si dues o més persones busquen pis conjuntament només es guarda informació d'una d'elles com a client de l'empresa). En particular, interessa saber les zones on busca pis cada client (només en cas que tingui alguna zona de preferència).

f) A cadascun d'aquests clients li assignen un venedor de l'empresa perquè s'ocupi d'atendre'l. De vegades, aquestes assignacions varien amb el temps i es canvia el venedor assignat a un determinat client. També és possible que a un client se li torni a assignar un venedor que ja havia tingut anteriorment. Es vol tenir constància de les assignacions dels clients actuals de l'empresa.

g) Els venedors, clients i propietaris s'identifiquen per un codi de persona. De tots ells es vol enregistrar el nom, l'adreça i el telèfon. A més, dels venedors es vol tenir el número de Seguretat Social i el sou, i dels propietaris, el NIF. Hi pot haver persones que siguin alhora clients i propietaris, o bé venedors i propietaris, etc.

h) Finalment, per a ajudar a programar i consultar les visites que els clients fan als pisos en venda, es vol guardar informació de totes les visites corresponents als clients i als pisos actuals de l'empresa. De cada visita cal saber el client que la fa, el pis que es va a veure i l'hora concreta en què s'inicia la visita. Entenem que l'hora de la visita és formada per la data, l'hora del dia i el minut del dia (per exemple, 25-FEB-98, 18:30). Cal considerar que un mateix client pot visitar un mateix pis diverses vegades per a assegurar-se de si li agrada o no, i també que, per tal d'evitar conflictes, no es programen mai visites de clients diferents a un mateix pis i a la mateixa hora.

4. Transformeu a relacional el disseny conceptual que heu obtingut a l'exercici 1.

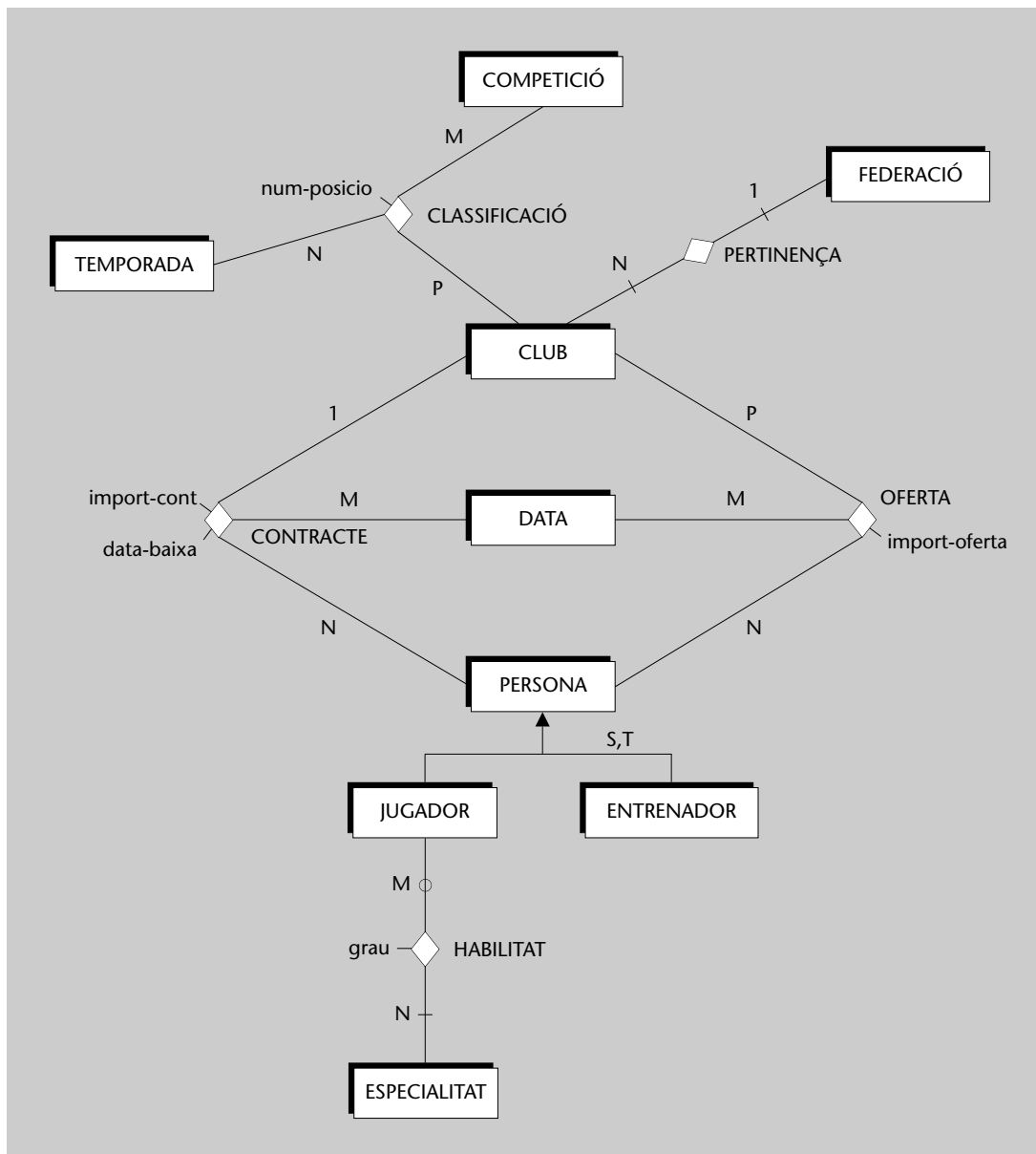
5. Transformeu a relacional el disseny conceptual que heu obtingut a l'exercici 2.

6. Transformeu a relacional el disseny conceptual que heu obtingut a l'exercici 3.

Solucionari

Exercicis d'autoavaluació

1. La figura següent mostra un diagrama ER que satisfà els requisits que s'han descrit:

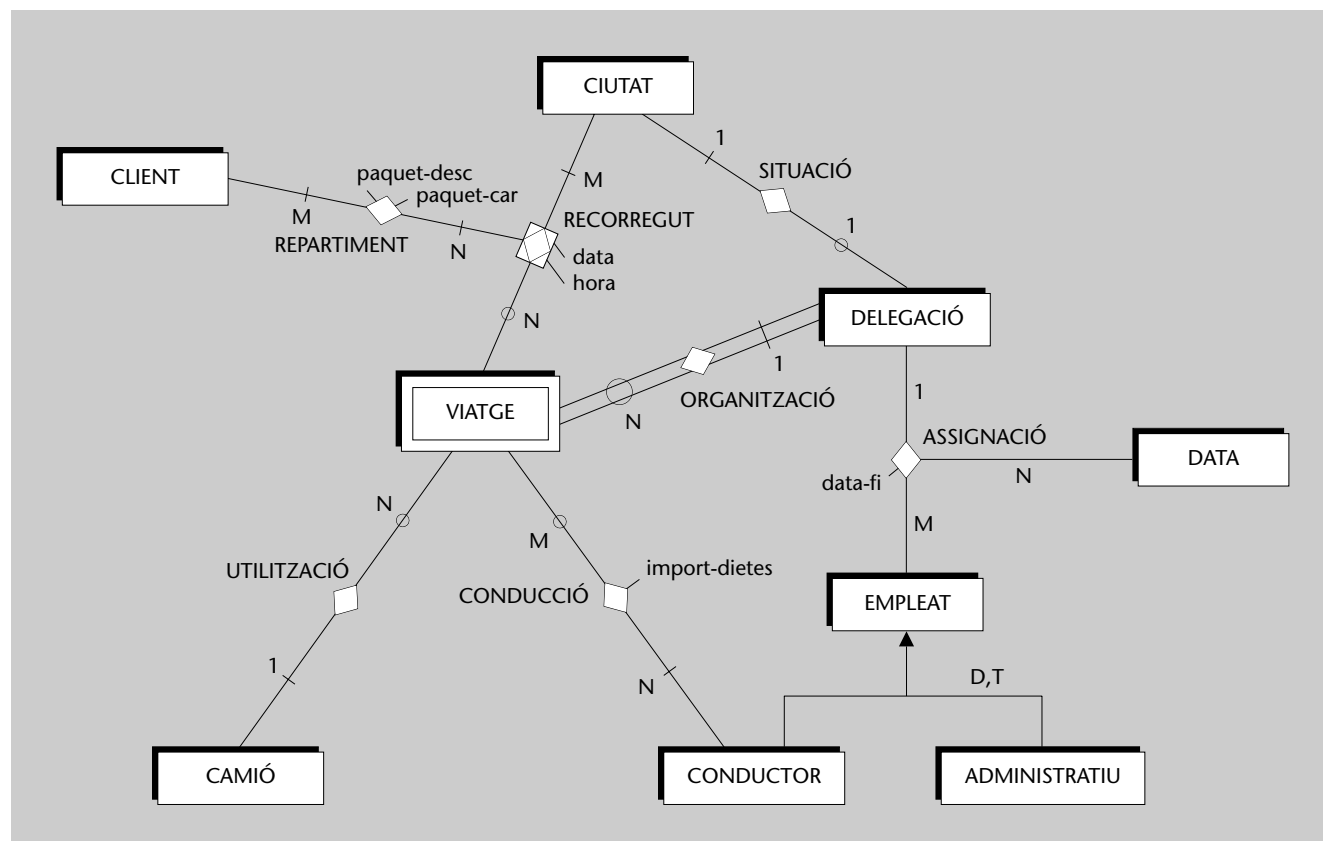


Els atributs de les entitats que figuren al diagrama són els següents (les claus primàries s'han subratllat):

COMPETICIÓ
nom-comp
 TEMPORADA
codi-temp
 FEDERACIÓ
nom-fed, data-creacio
 CLUB
nom-club, nombre-socis
 PERSONA
codi-persona, nom, adreça, telefon, data-naixement
 JUGADOR (entitat subclasse de persona)
codi-persona, pes, alçada
 ENTRENADOR (entitat subclasse de persona)

codi-persona, data-inici-carrera
 ESPECIALITAT
nom-esp
 DATA
data

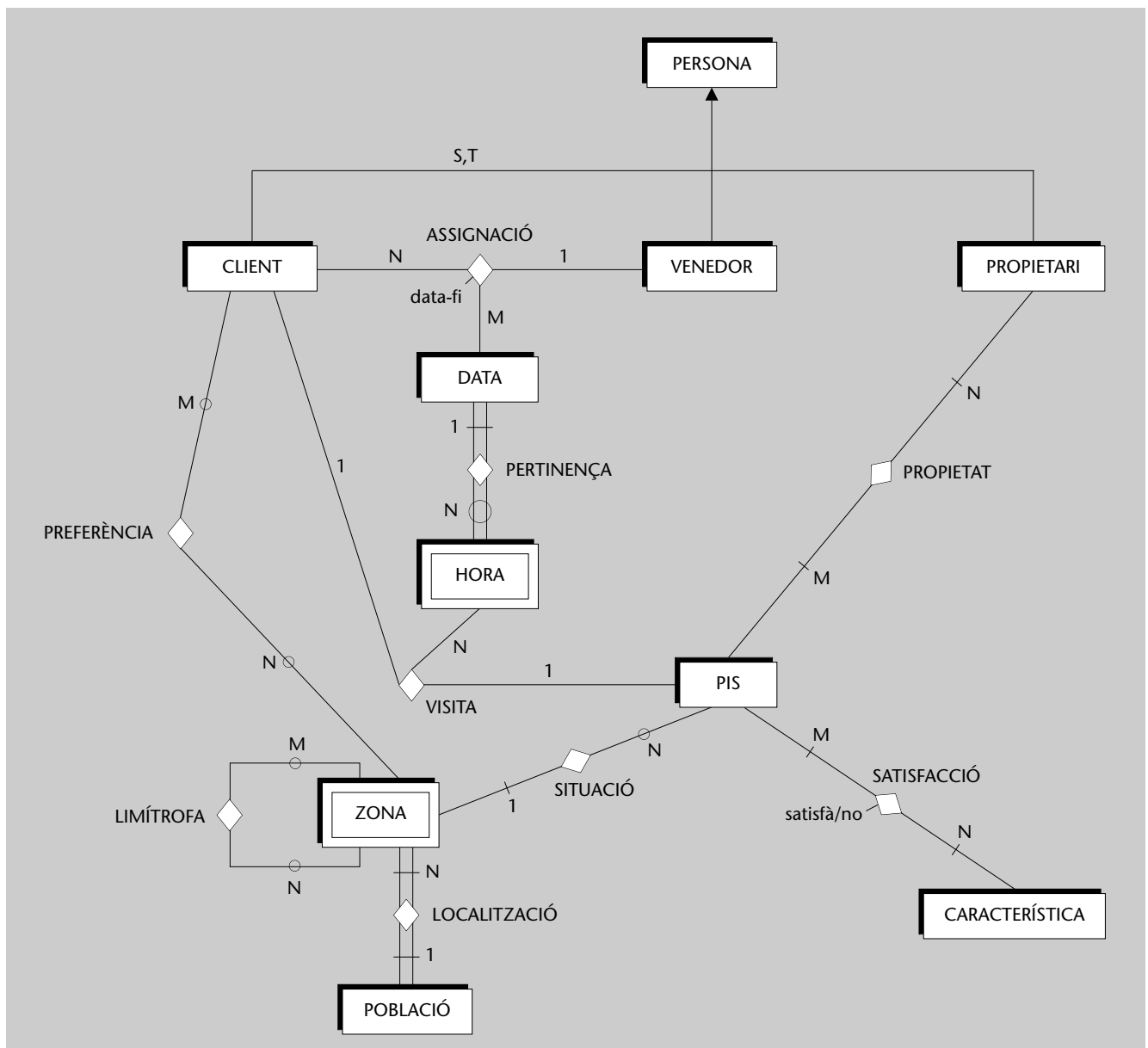
2. La figura següent mostra un diagrama ER que satisfà els requisits que s'han descrit:



Els atributs de les entitats que figuren al diagrama són els següents (les claus primàries s'han subratllat):

CIUTAT
nom-ciutat
 DELEGACIÓ
nom-del, telefon
 EMPLEAT
codi-empleat, nom, telefon, any-naixement
 CONDUCTOR (subclasse d'empleat)
codi-empleat, any-carnet, tipus-carnet
 ADMINISTRATIU (subclasse d'empleat)
codi-empleat, nivell-estudis
 DATA
data
 VIATGE (entitat debil: codi-viatge l'identifica parcialment, s'identifica completament amb la delegacio d'organitzacio)
codi-viatge
 CAMIÓ
codi-camio, matricula, marca, tara
 CLIENT
codi-client, nom, telefon-contacte

3. La figura següent mostra un diagrama ER que satisfà els requisits que s'han descrit:



Els atributs de les entitats que figuren al diagrama són els següents (les claus primàries s'han subratllat):

POBLACIÓ
nom-pobl, nombre-hab
 ZONA (entitat dèbil: nom-zona l'identifica parcialment, s'identifica completament amb la població de localització)
nom-zona
 PIS
codi-pis, adreça, superfície, nombre-habitacions, preu
 CARACTERÍSTICA
codi-car, descripció
 PERSONA
codi-persona, nom, adreça, telèfon
 VENEDOR (entitat subclasse de persona)
codi-persona, nss, sou
 CLIENT (entitat subclasse de persona)
codi-persona
 PROPIETARI (entitat subclasse de persona)
codi-persona, nif

DATA
data
 HORA (entitat dèbil: hora-minut l'identifica parcialment, s'identifica completament amb la data de pertinença)
hora-minut

4. El resultat de la transformació a relacional del model ER proposat com a solució de l'exercici 1 consta de les relacions següents:

COMPETICIÓ(nom-comp)
 TEMPORADA(codi-temp)
 FEDERACIÓ(nom-fed, data-creació)
 CLUB(nom-club, nombre-socis, nom-fed)
 on {nom-fed} referencia FEDERACIÓ
 PERSONA(codi-persona, nom, adreça, telèfon, data-naixement)
 JUGADOR(codi-persona, pes, alçada)
 on {codi-persona} referencia PERSONA
 ENTRENADOR(codi-persona, data-inici-carrera)
 on {codi-persona} referencia PERSONA
 ESPECIALITAT(nom-esp)
 DATA(data)
 HABILITAT(codi-persona, nom-esp, grau)
 on {codi-persona} referencia JUGADOR
 i {nom-esp} referencia ESPECIALITAT
 CLASSIFICACIÓ(nom-comp, codi-temp, nom-club, num-posició)
 on {nom-comp} referencia COMPETICIÓ,
 {codi-temp} referencia TEMPORADA
 i {nom-club} referencia CLUB
 CONTRACTE(codi-persona, data, nom-club, import-cont, data-baixa)
 on {codi-persona} referencia PERSONA,
 {data} referencia DATA
 i {nom-club} referencia CLUB
 OFERTA(codi-persona, data, nom-club, import-oferta)
 on {codi-persona} referencia PERSONA,
 {data} referencia DATA
 i {nom-club} referencia CLUB

5. El resultat de la transformació a relacional del model ER proposat com a solució de l'exercici 2 consta de les relacions següents:

CIUTAT(nom-ciutat)
 DELEGACIÓ(nom-del, telèfon, nom-ciutat)
 on {nom-ciutat} referencia CIUTAT
 EMPLEAT(codi-empleat, nom, telèfon, any-naixement)
 CONDUCTOR(codi-empleat, any-carnet, tipus-carnet)
 on {codi-empleat} referencia EMPLEAT
 ADMINISTRATIU(codi-empleat, nivell-estudis)
 on {codi-empleat} referencia EMPLEAT
 DATA(data)
 VIATGE(nom-del, codi-viatge, codi-camió)
 on {nom-del} referencia DELEGACIÓ
 i {codi-camió} referencia CAMIÓ
 CAMIÓ(codi-camió, matrícula, marca, tara)
 CLIENT(codi-client, nom, telèfon-contacte)
 ASSIGNACIÓ(codi-empleat, data, nom-del, data-fi)
 on {codi-empleat} referencia EMPLEAT,
 {nom-del} referencia DELEGACIÓ
 i {data} referencia DATA
 CONDUCCIÓ(codi-empleat, nom-del, codi-viatge, import-dietes)
 on {codi-empleat} referencia CONDUCTOR
 i {nom-del, codi-viatge} referencia VIATGE
 RECORREGUT(nom-ciutat, nom-del, codi-viatge, data, hora)
 on {nom-ciutat} referencia CIUTAT
 i {nom-del, codi-viatge} referencia VIATGE
 REPARTIMENT(nom-ciutat, nom-del, codi-viatge, codi-client, paquets-car, paquets-desc)
 on {nom-ciutat, nom-del, codi-viatge} referencia RECORREGUT
 i {codi-client} referencia CLIENT

6. El resultat de la transformació a relacional del model ER proposat com a solució de l'exercici 3 consta de les relacions següents:

```
POBLACIÓ(nom-pobl, nombre-hab)
ZONA(nom-pobl, nom-zona)
    on {nom-pobl} referencia POBLACIÓ
PIS(codi-pis, adreça, superfície, nombre-habitacions, preu, nom-pobl, nom-zona)
    on {nom-pobl, nom-zona} referencia ZONA
CARACTERÍSTICA(codi-car, descripció)
PERSONA(codi-persona, nom, adreça, telèfon)
VENEDOR(codi-persona, nss, sou)
    on {codi-persona} referencia PERSONA
CLIENT(codi-persona)
    on {codi-persona} referencia PERSONA
PROPIETARI(codi-persona, nif)
    on {codi-persona} referencia PERSONA
DATA(data)
HORA(data, hora-minut)
    on {data} referencia DATA
ASSIGNACIÓ(codi-client, data, codi-venedor, data-fi)
    on {codi-client} referencia CLIENT,
    {data} referencia DATA
    i {codi-venedor} referencia VENEDOR
PREFERÈNCIA(codi-persona, nom-pobl, nom-zona)
    on {codi-persona} referencia CLIENT
    i {nom-pobl, nom-zona} referencia ZONA
SATISFACCIÓ(codi-pis, codi-car, satisfà/no)
    on {codi-pis} referencia PIS
    i {codi-car} referencia CARACTERÍSTICA
LIMÍTROFA(nom-pobl, nom-zona, nom-pobl-lim, nom-zona-lim)
    on {nom-pobl, nom-zona} referencia ZONA
    i {nom-pobl-lim, nom-zona-lim} referencia ZONA
PROPIETAT(codi-pis, codi-persona)
    on {codi-pis} referencia PIS
    i {codi-persona} referencia PROPIETARI
```

Per a la interrelació *visita*, hi ha dues transformacions possibles:

1)

```
VISITA(data, hora-minut, codi-pis, codi-persona)
    on {data, hora-minut} referencia HORA,
    {codi-persona} referencia CLIENT
    i {codi-pis} referencia PIS
```

2)

```
VISITA(data, hora-minut, codi-persona, codi-pis)
    on {data, hora-minut} referencia HORA,
    {codi-persona} referencia CLIENT
    i {codi-pis} referencia PIS
```

Glossari

atribut d'una entitat

Propietat que interessa d'una entitat.

atribut d'una interrelació

Propietat que interessa d'una interrelació.

connectivitat d'una interrelació

Expressió del tipus de correspondència entre les ocurrences d'entitats associades amb la interrelació.

disseny conceptual

Etape del disseny d'una base de dades que obté una estructura de la informació de la futura BD independent de la tecnologia que es vol emprar.

disseny físic

Etapa del disseny d'una base de dades que transforma l'estructura obtinguda a l'etapa del disseny lògic amb l'objectiu d'aconseguir una major eficiència i que, a més, la completa amb aspectes d'implementació física que dependran de l'SGBD que s'ha d'utilitzar.

disseny lògic

Etapa del disseny d'una base de dades que parteix del resultat del disseny conceptual i el transforma de manera que s'adapti al model de l'SGBD amb el qual es desitja implementar la base de dades.

entitat

Objecte del món real que podem distingir de la resta d'objectes i del qual ens interessen algunes propietats.

entitat associativa

Entitat resultant de considerar una interrelació entre entitats com una nova entitat.

entitat dèbil

Entitat els atributs de la qual no la identifiquen completament, sinó que només la identifiquen de manera parcial.

entitat obligatòria en una interrelació binària

Entitat tal que una ocurrència de l'altra entitat que intervé en la interrelació només pot existir si es dona com a mínim una ocurrència de l'entitat obligatòria a que hi està associada.

entitat opcional en una interrelació binària

Entitat tal que una ocurrència de l'altra entitat que intervé en la interrelació pot existir encara que no hi hagi cap ocurrència de l'entitat opcional a que hi està associada.

generalització/especialització

Construcció que permet reflectir que existeix una entitat general, que anomenem *entitat superclasse*, que es pot especialitzar en entitats subclasse. L'entitat superclasse ens permet modelitzar les característiques comunes de l'entitat vista a un nivell genèric, i amb les entitats subclasse podem modelitzar les característiques pròpies de les seves especialitzacions.

grau d'una interrelació

Nombre d'entitats que associa la interrelació.

interrelació

Associació entre entitats.

interrelació recursiva

Interrelació a la qual alguna entitat està associada més d'una vegada.

Bibliografia

Batini, C.; Ceri, S.; Navathe, S.B. (1992). *Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley.

Teorey, T.J. (1999). *Database Modeling & Design. The Fundamental Principles* (3a ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.