

Model Entitat-Relació

Carlos Manuel Martí Hernández

Índex

Introducció	5
Resultats d'aprenentatge	7
1 Conceptes del model Entitat-Relació. Entitats. Relacions	9
1.1 Entitats i atributs	9
1.1.1 Domini dels atributs	10
1.1.2 Valor nul dels atributs	11
1.1.3 Atributs simples i compostos	11
1.1.4 Atributs monovaluats i multivaluats	12
1.1.5 Cardinalitat dels atributs	13
1.1.6 Atributs derivats	13
1.1.7 Clau primària	14
1.1.8 Notació	15
1.2 Interrelacions	15
1.2.1 Atributs de les interrelacions	16
1.2.2 Grau de les interrelacions	17
1.2.3 Connectivitat de les interrelacions	17
1.2.4 Interrelacions recursives	22
1.2.5 Notació	24
1.3 Entitats febles	24
1.3.1 Notació	26
2 Diagrames Entitat-Relació	27
2.1 Disseny de bases de dades	27
2.1.1 Fases del disseny de BD	27
2.1.2 Disseny conceptual d'una BD	31
2.1.3 Captura i abstracció dels requeriments de dades	32
2.1.4 Identificació d'entitats	35
2.1.5 Designació d'interrelacions	37
2.1.6 Establiment de claus	38
2.1.7 Establiment de cardinalitats	40
2.1.8 Restriccions de participació i límits de cardinalitat	41
2.1.9 Elaboració d'un esquema conceptual	42
2.2 Extensions del model Entitat-Relació	44
2.2.1 Especialització i generalització	44
2.2.2 Agregacions d'entitats	51
2.2.3 Exemple: BD d'un institut de formació professional	54
3 Annex: Decisions de disseny	59
3.1 Alternatives de disseny	59
3.1.1 Ús alternatiu d'entitats o d'atributs	60
3.1.2 Ús alternatiu d'entitats o d'interrelacions	62
3.1.3 Ús alternatiu d'interrelacions binàries o ternàries	63

3.1.4	Ubicació dels atributs de les interrelacions	65
3.1.5	L'entitat DATA	67
3.2	Paranys de disseny	68
3.2.1	Encadenament erroni d'interrelacions binàries 1-N	69
3.2.2	Ús incorrecte d'interrelacions binàries M-N	70
3.2.3	Falses interrelacions ternàries	70

Introducció

Un model de dades consisteix en un conjunt d'eines conceptuais per descriure les dades, les seves interrelacions, el seu significat, i les limitacions necessàries per tal de garantir-ne la coherència.

En aquesta unitat estudiarem el model de dades més àmpliament utilitzat, el model Entitat-Relació (o, abreujadament, model ER). El model ER és un model de dades d'alt nivell. Es basa en una percepció del món real que es tradueix en una col·lecció d'objectes anomenats *entitats* (*entities*), i de relacions (*relationships*) entre aquelles.

El seu èxit és degut, probablement, al fet que la seva notació es basa en una sèrie de diagrames molt senzills i entenedors. Per aquest motiu, actualment, la majoria d'eines de disseny de bases de dades (BD) fan servir els conceptes del model ER.

En l'apartat "Conceptes del model entitat-relació. Entitats. Relacions", s'estudien aquestes estructures bàsiques, les quals es corresponen, fonamentalment, amb les proposades en la formulació original del model. La utilització d'aquests elements més simples (sobretot entitats, atributs i interrelacions) pot resultar especialment útil en la comunicació entre els dissenyadors de BD i els usuaris.

En l'apartat "Diagrames entitat-relació", s'examina en què consisteix el disseny de bases de dades, les fases en què es desglossa, i les decisions que cal prendre durant les diferents etapes del disseny conceptual. També s'examinen les anomenades *extensions del model ER*, que comprenen algunes estructures més complexes (generalitzacions, especialitzacions i entitats associatives), les quals ens permetran modelitzar qualsevol situació del món real que ens interessi.

Al llarg de tota la unitat, es recomana analitzar amb deteniment els exemples que s'hi exposen, ja que permetran comprendre millor els conceptes teòrics que il·lustren.

Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat l'alumne/a:

1. Dissenya models lògics normalitzats interpretant diagrames entitat/relació.

- Identifica, selecciona i ordena la informació que ha de contenir la base de dades, segons els requeriments de l'usuari.
- Analitza la informació a representar i decideix el disseny per a la base de dades, segons els requeriments de l'usuari.
- Defineix les entitats: nom, atributs, dominis dels atributs i camps claus.
- Defineix les relacions: nom, atributs i grau.
- Realitza el disseny lògic de la base de dades utilitzant el model Entitat-Relació.
- Utilitza eines gràfiques per a representar el disseny lògic.

1. Conceptes del model Entitat-Relació. Entitats. Relacions

Les estructures bàsiques del model Entitat-Relació (model ER) es corresponen, fonamentalment, amb els conceptes proposats en la formulació original d'aquest model que va fer el Dr. Peter Pin Shan Chen en el seu treball *The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data* l'any 1976.

La notació d'aquestes construccions és fonamentalment diagramàtica, tot i que en alguns casos es pot afegir alguna especificació textual. Aquests diagrames són generalment coneguts com a **diagrames ER** (en referència al model) o **diagrames Chen** (en referència a l'autor).

Els diagrames ER són molt eficaços a l'hora de modelitzar la realitat (empresarial o de qualsevol índole) per obtenir un esquema conceptual entenedor. A causa d'això, moltes de les eines d'enginyeria del programari assistida per ordinador (eines CASE), que també ajuden en el disseny de BD, utilitzen els conceptes del model ER en els seus diagrames.

Actualment, tant en la bibliografia especialitzada com en les eines CASE de disseny de BD, es poden trobar petites variacions a partir de la notació original proposada inicialment pel Dr. Chen.

La utilització dels elements més simples del model ER, entitats, atributs i interrelacions, i potser d'alguna altra construcció addicional, com ara les entitats febles, poden ser de gran utilitat en la comunicació entre els dissenyadors de BD i els usuaris.

L'enginyeria del programari és aquella branca de l'enginyeria que permet elaborar programari de qualitat i amb un cost efectiu.

CASE, *computer aided software engineering*, en anglès

1.1 Entitats i atributs

Una **entitat** és alguna cosa que existeix en el món real, distingible de la resta de coses, i de la qual ens interessen algunes propietats.

Les entitats poden tenir una existència física, com per exemple una persona, un cotxe o un llibre, però també poden consistir en conceptes més abstractes, com ara una assegurança o un deute.

Exemple d'entitat

Imaginem que estem dissenyant la BD d'un institut de secundària, dedicat a l'ensenyament de diferents cicles formatius de formació professional. Cada persona concreta, alumna de l'institut esmentat, existeix en el món real i, per tant, es pot considerar una entitat.

ALUMNE

Exemple d'entitat

Les entitats en els diagrames ER es representen amb un rectangle.

Així, doncs, amb el terme *entitat* es pot fer referència a un objecte específic del món real, però també a un conjunt d'objectes semblants, dels quals ens interessin les mateixes característiques. Per tant, hem de distingir:

- **Entitats-instància**, com a objectes concrets del món real (per exemple, l'alumne *Manel Riba* és una entitat-instància).
- **Entitats-tipus**, com a conjunts d'entitats-instància (per exemple, l'entitat tipus *alumne*).

Anomenem **atributs** les característiques que ens interessin de les entitats.

Habitualment, només ens interessarà modelitzar una part dels atributs d'una entitat, ja que hi podrà haver dades que només seran d'utilitat en àmbits molt específics.

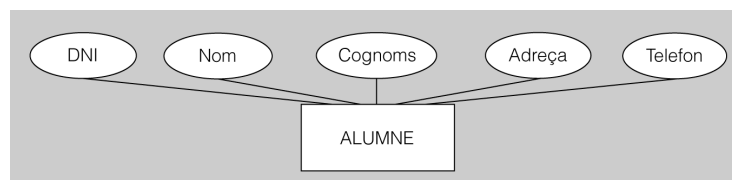
Exemples d'atributs

En una entitat-instància referent als alumnes d'un institut (figura 1.1), ens pot resultar interessant recollir certes dades personals, per tal d'identificar correctament els alumnes a l'hora de comunicar-nos amb ells, o d'expedir notes i títols acadèmics, com ara el DNI, el nom, els cognoms, l'adreça, el telèfon, etc.

En canvi, altres dades de la mateixa entitat no seran d'interès per a nosaltres, encara que sí que ho puguin ser per a una BD que pertanyi a un altre àmbit. Per exemple, des d'un punt de vista sanitari, podria ser interessant registrar l'alçada, el pes o el grup sanguini d'aquestes mateixes persones.

Els atributs en els diagrames ER es representen amb una el·lipse.

FIGURA 1.1. Exemples d'atributs



1.1.1 Domini dels atributs

Els atributs de cada entitat-instància adopten valors concrets. Aquests valors han de ser vàlids.

Perquè un valor d'un atribut sigui vàlid, ha de pertànyer al conjunt de valors acceptables per a l'atribut en qüestió. Aquest conjunt de valors vàlids s'anomena **domini**.

Exemples de domini i de valors vàlids

El domini de l'atribut Nom de l'entitat ALUMNE podria consistir en el conjunt de totes les cadenes de caràcters possibles d'una longitud determinada, tot exclouent les xifres i els caràcters especials. Serien valors vàlids per a l'atribut Nom, definit d'aquesta manera,

“Laia”, “Pol”, etc. En canvi, no ho serien, per exemple, una data, un nombre o una cadena de caràcters que n’inclogués algun d’especial, com ara “Mariona”.

1.1.2 Valor nul dels atributs

Els atributs d’una entitat-instància poden no tenir cap valor per a algun atribut concret. En aquests casos, també es diu que l’atribut té **valor nul**.

Exemple de valor nul

Pot passar que un alumne no tingui telèfon. Aleshores, l’atribut Telefon de l’entitat ALUMNE no contindrà cap valor o, dit d’una altra manera, tindrà un valor nul.

1.1.3 Atributs simples i compostos

Es poden considerar dos tipus diferenciats d’atributs: els atributs simples i els compostos.

Un **atribut simple** no es pot dividir en parts més petites sense que això comporti la pèrdua del seu significat.

Exemple d’atribut simple

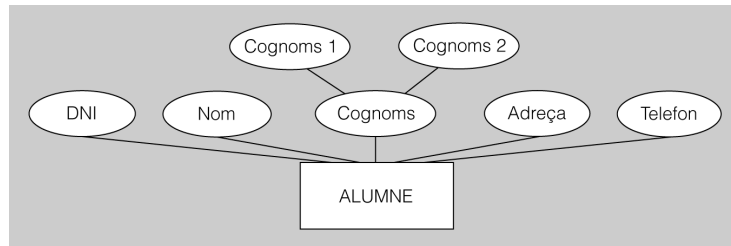
L’atribut Nom és un atribut simple, perquè el seu significat és indivisible (encara que en alguns casos emmagatzemi noms compostos, com ara Joan Manel), i per tant no té sentit dividir el seu valor en cadenes de caràcters més petites per tractar-les per separat.

Un **atribut compost** és el que està subdividit en parts més petites (que també tenen la consideració d’atributs), les quals tenen un significat propi.

Exemple d’atribut compost

L’atribut Cognoms es pot tractar com un atribut compost (figura 1.2), perquè es pot dividir en dues parts més petites (dos atributs, en definitiva) que emmagatzemin, una, el primer cognom, i l’altra el segon cognom. Aquests dos atributs es poden tractar per separat sense problemes.

Com que moltes persones estrangeres només tenen un cognom, en aquest exemple, l’atribut Cognom1 sempre tindrà algun valor per a qualsevol entitat-instància, però l’atribut Cognom2 haurà d’admetre valors nuls.

FIGURA 1.2. Exemple d'atribut compost

Pot resultar interessant utilitzar atributs compostos si ens consta que els usuaris es referiran, de vegades, a l'atribut globalment considerat, i de vegades als seus components per separat.

D'altra banda, els atributs compostos agrupen els atributs relacionats, estructurant-los jeràrquicament, de manera que normalment contribueixen a la comprensibilitat dels models.

1.1.4 Atributs monovaluats i multivaluats

En el model relacional...

... els atributs resultants només poden ser simples i monovaluats. Però el model ER també pot servir per fer derivar el model conceptual resultant cap a altres models lògics que sí que acceptin els atributs compostos o els multivaluats.

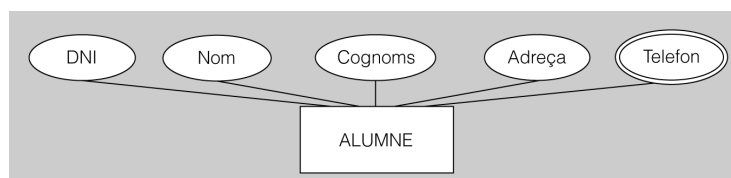
Una altra manera de caracteritzar els atributs és en funció de si són atributs monovaluats o multivaluats.

Un **atribut monovaluat** és el que només pot emmagatzemar, com a màxim, un sol valor per a cada entitat instància concreta, en un moment determinat.

Exemple d'atribut monovaluat

És evident que cada persona només pot tenir un DNI vàlid. Per tant, l'atribut DNI de l'entitat ALUMNE s'haurà de tractar necessàriament com un atribut monovaluat.

Un **atribut multivaluat** pot emmagatzemar, per a cada entitat instància concreta, diferents valors al mateix temps.

FIGURA 1.3. Exemple d'atribut multivaluat

Exemple d'atribut multivaluat

En el món real, una persona pot tenir més d'un telèfon (figura 1.3). Per exemple, pot disposar d'un telèfon fix al domicili particular, d'un altre a la feina, i a més pot tenir un telèfon mòbil. Per tant, l'atribut Telefon de l'entitat ALUMNE es pot tractar com un atribut multivaluat.

Els atributs multivaluats es representen en els diagrames ER amb una el·lipse de doble traç.

1.1.5 Cardinalitat dels atributs

Si cal, es poden especificar a continuació del nom de l'atribut, entre parèntesis i separats per comes, el límit màxim i el mínim de valors que s'han d'emmagatzemar, això és la **cardinalitat dels atributs**. I es poden presentar les opcions següents:

- NomAtribut (1, 1): atribut univaluat obligatori (valor per defecte, si no s'especifica res).
- NomAtribut (0, 1): atribut univaluat opcional (admet valors nuls).
- NomAtribut (1, n): atribut multivaluat obligatori (no admet valors nuls).
- NomAtribut (0, n): atribut multivaluat opcional (admet valors nuls).

Exemples de límits superior i inferior

Seguint amb el cas de l'atribut Telefon, es podria establir, per exemple, un límit inferior a 0 (ja que un alumne pot no disposar de cap telèfon durant un període de temps determinat) o a 1 (si volem obligar l'alumne a donar un telèfon de contacte, encara que no sigui el seu, sinó el d'un familiar, amic o veí).

I es podria limitar el nombre màxim de telèfons a emmagatzemar, per exemple, a 2 (si es preveu la possibilitat, força habitual, de tenir un fix i un mòbil) o a 3 (si, a més, considerem la possibilitat de registrar el telèfon del centre de treball).

1.1.6 Atributs derivats

Es diu que un **atribut és derivat** quan el seu valor es pot calcular a partir d'altres atributs o bé d'altres entitats interrelacionades.

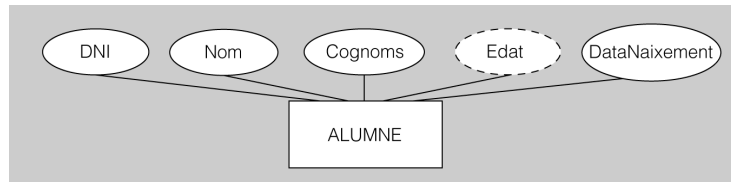
Quan un atribut serveix per calcular el valor d'un atribut derivat, se'l considera atribut base d'aquest.

Exemples d'atribut derivat

Podríem necessitar saber quina és l'edat en anys dels alumnes, per tal de permetre'ls sortir o no de l'institut durant els períodes d'esbarjo, en funció d'aquella (figura 1.4). Si l'entitat ALUMNE té un atribut anomenat DataNaixement, en podríem modelitzar un altre de derivat, anomenat Edat, que es calculés a partir de la data actual (prenent la data del sistema) de la data de naixement (registrada en l'atribut DataNaixement).

També podríem necessitar saber el nombre total d'assignatures a les quals està matriculat cada alumne. Podríem establir un atribut derivat anomenat NombreAssignatures, el valor del qual es calcula en funció del nombre d'ocurrències d'una altra entitat-típus anomenada ASSIGNATURA interrelacionades amb cadascuna de les instàncies de l'entitat ALUMNE.

Els atributs derivats en els diagrames ER es representen amb una el·lipse de traç discontinu.

FIGURA 1.4. Exemple d'atribut derivat

Els atributs derivats constitueixen una redundància, és a dir, una repetició normalment innecessària de dades. Per aquest motiu, les dades dels atributs derivats inclosos en els diagrames ER no s'acostumen a emmagatzemen (i molt especialment si traduïm aquest esquema conceptual a l'esquema lògic més freqüentment utilitzat, és a dir, al model relacional), sinó que es calculen quan és necessari.

La clau primària en els diagrames ER es representa subratllant els atributs que la formen.

1.1.7 Clau primària

Una entitat instància concreta s'ha de poder distingir de la resta d'objectes del món real. Per tant, qualsevol modelització ER ha d'indicar, per a tota entitat tipus, un atribut o un conjunt d'atributs que la permeti identificar unívocament.

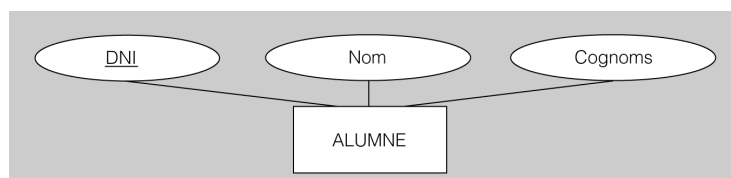
L'atribut o el conjunt d'atributs que identifiquen unívocament les entitats instància s'anomenen **clau primària** de l'entitat.

Exemples de clau primària

Podríem seleccionar l'atribut DNI de l'entitat ALUMNE com a clau primària (figura 1.5), ja que sabem que en el món real no han d'existir dos documents d'identitat iguals i, per tant, ens servirà amb tota seguretat per distingir qualsevol alumne de la resta.

En els països on no existeixen documents d'identitat, com els anglosaxons, hauríem d'optar per una solució alternativa. Podríem afegir al nostre model un atribut identificador, de tipus codi, encara que aquest no existís al món real: CodiAlumne.

O també podríem considerar com a clau primària un conjunt d'atributs tal que fes impossible o, si més no, molt difícil, que es repetissin les combinacions dels seus valors per a diferents entitats-instància: Nom+Cognoms+Telefon.

FIGURA 1.5. Exemple de clau primària

Notacions ER alternatives

Actualment no existeix cap notació estandarditzada universalment per representar els esquemes del model ER. Cada recurs bibliogràfic o cada programari de disseny presenta, doncs, variacions i ampliacions sobre la reduïda notació proposada originàriament per Peter Chen.

1.1.8 Notació

El model ER ens permet representar entitats i atributs mitjançant una senzilla notació diagramàtica.

En aquesta representació respectarem les característiques següents:

- Com a regla general, no farem servir accents ni caràcters especials, només lletres i xifres.
- Representarem les entitats tipus escrivint el seu nom en majúscules i en singular, a dins d'un rectangle.
- Representarem cada atribut escrivint el seu nom amb la primera lletra en majúscula i la resta en minúscules, dins d'una el·lipse unida amb un guió amb el rectangle que representa l'entitat tipus de la qual formen part:
 - Si un atribut té un nom compost, cada nom començarà amb majúscula per tal de fer-lo més llegidor. Per exemple, TelefonFix, TelefonMobil.
 - Si el nom d'un atribut correspon a unes sigles, ha d'anar íntegrament en majúscules, com ara DNI (document nacional d'identitat).
 - Les el·lipses dels atributs en què es pot descompondre un atribut han d'anar unides amb un guió amb l'el·lipse de l'atribut compost.
 - L'el·lipse d'un atribut multivaluat estarà formada per un traç doble.
 - Els límits d'un atribut multivaluat, en cas d'existir, s'han d'especificar a continuació del nom de l'atribut, entre parèntesis i separats per una coma.
 - L'el·lipse d'un atribut derivat estarà formada per un traç puntejat.
 - Els atributs que formen part d'una clau primària han d'anar subratllats.

Si hem d'establir qualsevol altra característica de les dades que no tingui predefinida una notació diagramàtica concreta, haurem d'afegir al diagrama les especificacions textuais necessàries.

1.2 Interrelacions

Una **interrelació** consisteix en una associació entre dues o més entitats.

Amb el terme *interrelació* podem fer referència tant a una associació concreta entre diferents entitats instància, com també a una associació de caire més genèric, entesa com a un conjunt d'associacions de la mateixa tipologia, entre diferents entitats tipus.

Exemple d'interrelació

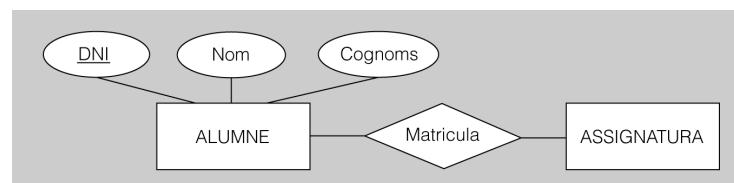
Ja coneixem l'entitat ALUMNE (figura 1.6). Però per dissenyar la BD del nostre institut necessitarem més entitats. Per exemple, serà convenient disposar d'una entitat per emmagatzemar les assignatures que conformin l'oferta formativa del centre. Podem anomenar, aquesta nova entitat, ASSIGNATURA.

En un centre educatiu, els alumnes es matriculen d'assignatures. Doncs bé, per modelitzar aquesta característica del món real, no necessitarem cap nova entitat. Només ens caldrà establir una associació entre les dues entitats de què disposem, ALUMNE i ASSIGNATURA, mitjançant una interrelació.

D'aquesta manera, modelitzarem l'associació de cada alumne amb totes les assignatures en què estigui matriculat, i, recíprocament, de cada assignatura amb tots els estudiants respectius. Podríem anomenar aquesta interrelació, per exemple, Matricula.

Les interrelacions en els diagrames ER es representen amb un rombe.

FIGURA 1.6. Exemple d'interrelació



1.2.1 Atributs de les interrelacions

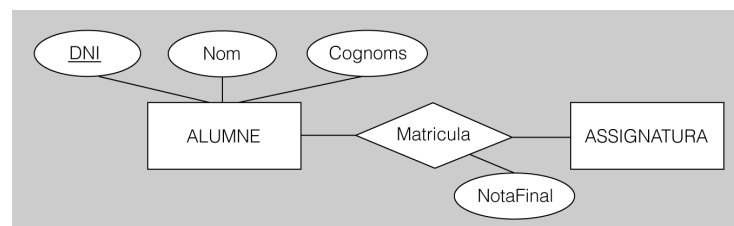
De vegades, ens pot interessar reflectir algunes característiques de determinades interrelacions. La manera de fer-ho és afegir els atributs necessaris, com faríem si treballéssim amb entitats. Aquests atributs són els **atributs de la interrelació**.

Exemple d'atribut d'interrelació

La secretaria del nostre institut necessitarà tenir constància, com a mínim, de la nota final obtinguda per cada alumne en cada assignatura en què s'hagi matriculat alguna vegada (figura 1.7).

La manera més senzilla de fer-ho seria afegir, a la interrelació Matricula, un atribut anomenat, per exemple, NotaFinal, que servís per emmagatzemar aquesta dada per a cada associació existent entre instàncies de les entitats ALUMNE i ASSIGNATURA.

FIGURA 1.7. Exemple d'atribut d'interrelació



Les propietats dels atributs de les interrelacions són idèntiques a les descrites prèviament en relació als atributs de les entitats.

1.2.2 Grau de les interrelacions

El grau d'una interrelació depèn del nombre d'entitats que aquesta associa.

Les interrelacions de grau dos també s'anomenen *binàries*. I les de grau superior a dos s'anomenen genèricament *n-àries*. Les interrelacions *n-àries* de grau tres també poden ser anomenades *ternàries*, i les de grau quatre, *quaternàries*.

Trobareu un exemple d'interrelació de grau dos (només associa dues entitats: ALUMNE i ASSIGNATURA) en la figura del subapartat "Atributs de les interrelacions".

Exemple d'interrelació de grau tres

Fins ara, la interrelació Matricula només permet emmagatzemar una matrícula de cada alumne en cada assignatura, i el seu atribut NotaFinal només permet reflectir una sola nota final de curs (figura 1.8).

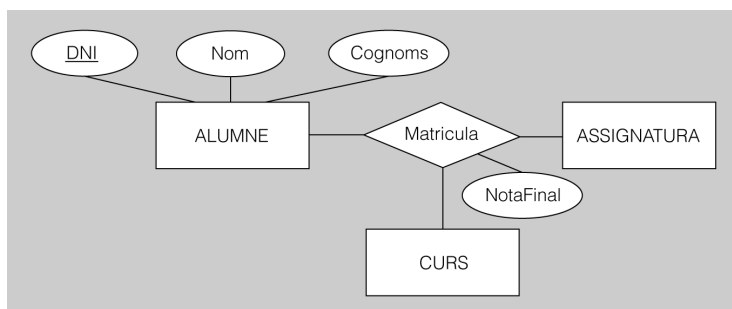
Però aquest esquema no permet modelitzar el fet que un alumne es pot haver de matricular més d'un cop d'una mateixa assignatura (i obtenir una nota final en cada nova matrícula) fins a obtenir una qualificació igual o superior a l'aprobat.

Una manera d'aconseguir representar aquesta característica del món real consistiria a afegir, en nostre disseny, una nova entitat que fes referència a l'element temporal. La podríem anomenar CURS, per exemple.

I, a continuació, només cal que la interrelació Matricula (tot conservant l'atribut NotaFinal) interrelacioni tres entitats: ALUMNE, ASSIGNATURA i CURS.

I el nou esquema ja permetrà registrar matrícules successives d'un mateix alumne en una mateixa assignatura, però al llarg de diferents cursos acadèmics, amb les respectives qualificacions obtingudes.

FIGURA 1.8. Exemple d'interrelació de grau tres



1.2.3 Connectivitat de les interrelacions

La **connectivitat** (també anomenada *cardinalitat*) d'una interrelació indica el tipus de correspondència que hi ha entre les ocurrences de les entitats que ella mateixa permet associar.

Interrelacions binàries

Tractant-se d'interrelacions binàries, la cardinalitat expressa el nombre màxim d'instàncies d'una de les entitats amb les quals una instància de l'altra entitat pot estar associada segons la interrelació en qüestió.

Una N en un costat de la interrelació també es representa freqüentment amb un asterisc (*)

Les interrelacions binàries poden oferir tres tipus de connectivitat:

- Un a un (1:1)
- Un a uns quants (1:N)
- Uns quants a uns quants (N:M)

Un 1 al costat d'una entitat indica que, com a màxim, només una de les seves instàncies (la qual podrà variar en cada cas) tindrà la possibilitat d'estar associada amb cadascuna de les instàncies de l'altra entitat.

La cardinalitat 1 també es pot representar convertint la línia que uneix la interrelació amb l'entitat en una fletxa que apunti cap a l'entitat.

En canvi, una N (o una M) al costat d'una entitat indica que serà una pluralitat de les seves instàncies (les quals també podran variar en cada cas) la que tindrà la possibilitat d'estar associada amb cadascuna de les instàncies de l'altra entitat.

La cardinalitat N (o M) també es pot representar amb una fletxa de doble punta que vagi de la interrelació cap a l'entitat.

És molt important adonar-se que, independentment del tipus de connectivitat, una interrelació només permet associar una sola vegada unes entitats instància determinades entre elles.

Exemple de connectivitat 1:1

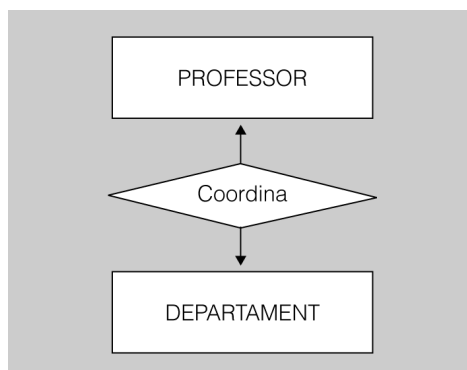
Com els alumnes, els professors també formen part de la comunitat educativa (a més d'altres col·lectius que de moment no necessitem tenir en compte, veure figura 1.9).

Els professors s'organitzen professionalment en departaments, en funció de la seva especialitat (per exemple: matemàtiques, filosofia, informàtica, etc.).

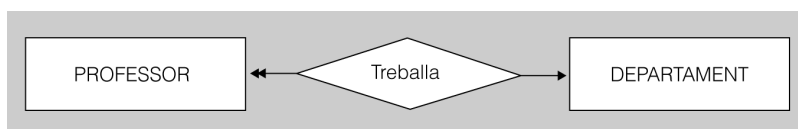
Per tal de reflectir aquestes dues realitats, haurem d'afegir al nostre model dues noves entitats: PROFESSOR i DEPARTAMENT.

Cada departament és coordinat per un sol professor, i un professor només pot coordinar un sol departament. Per tal de reflectir aquesta circumstància, haurem d'establir una interrelació entre les entitats PROFESSOR i DEPARTAMENT amb cardinalitat 1:1. Podem anomenar la nova interrelació Coordina.

Si més d'un extrem de la interrelació té una N, per raó d'elegància es representa amb consonants successives, començant per M: M, N, P, Q, etc.

FIGURA 1.9. Exemple de connectivitat 1:1**Exemple de connectivitat 1:N**

Ja sabem que tot professor d'institut està assignat a un departament (figura 1.10). Però encara ens falta establir una nova interrelació entre PROFESSOR i DEPARTAMENT que reflecteixi aquesta realitat. La podem anomenar Treballa.

FIGURA 1.10. Exemple de connectivitat 1:N

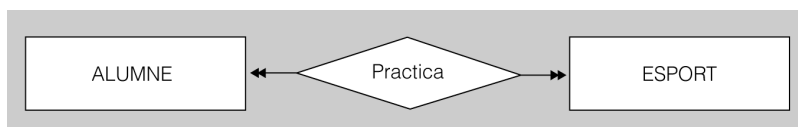
Com que cada professor només pot treballar a un departament, al costat de la interrelació que connecta l'entitat DEPARTAMENT, hi anirà un 1.

Inversament, com que cada departament pot tenir més d'un professor assignat, al costat de la interrelació que connecta l'entitat PROFESSOR, hi anirà una N.

Exemple de connectivitat N:M

Imaginem que al nostre institut s'organitzen activitats esportives extraescolars (figura 1.11). Cal incorporar al nostre model una nova entitat (que podem anomenar ESPORT, per exemple) i una nova interrelació que l'associï amb l'entitat ALUMNE (que podem anomenar Practica).

Els alumnes tenen la possibilitat d'inscriure's com a practicants d'un o més esports. I els esports, evidentment, poden ser practicats per més d'un alumne. Per tant, a un costat de la interrelació, hi anirà una N, i a l'altre una M.

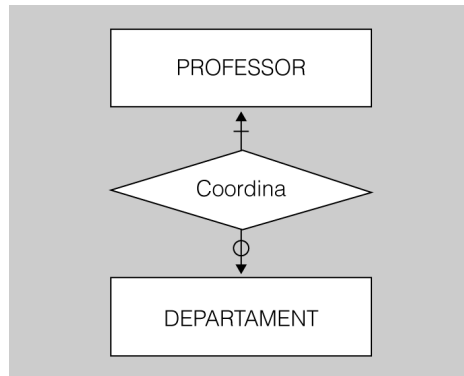
FIGURA 1.11. Exemple de connectivitat M:N**Dependències d'existència a les interrelacions binàries**

De vegades, una entitat instància només té sentit si existeix com a mínim una altra entitat instància associada amb ella mitjançant una interrelació binària determinada. En aquests casos, es diu que la darrera entitat és una **entitat obligatòria** per a la interrelació. Altrament, es diu que es tracta d'una **entitat opcional** per a la interrelació.

Les entitats opcionals en els diagrames ER es representen superposant un cercle a la línia que uneix l'entitat a la relació.

Les entitats obligatòries en els diagrames ER es representen superposant un petit guió a la línia que uneix l'entitat a la relació.

FIGURA 1.12. Exemple de dependència d'existència



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

Tindrem en compte aquesta característica només pel que faci a les interrelacions binàries, però no a les n-àries.

Exemple de dependències d'existència

L'entitat PROFESSOR és obligatòria en la interrelació Coordina (figura 1.12). D'aquesta manera, s'indica que no pot existir un departament que no tingui cap professor que faci de coordinador del departament. L'entitat DEPARTAMENT, en canvi, és opcional en la interrelació Coordina, ja que la majoria dels professors no coordinaran cap departament.

Interrelacions ternàries i n-àries

La **cardinalitat de les interrelacions n-àries** expressa el nombre màxim d'instàncies d'una de les entitats amb les quals una combinació concreta d'instàncies de les altres entitats pot estar associada segons la interrelació en qüestió.

Les interrelacions ternàries poden oferir quatre tipus de connectivitat:

- 1:1:1
- 1:1:N
- 1:M:N
- M:N:P

En què 1 indica que com a màxim només una de les seves instàncies (la qual podrà variar en cada cas) tindrà la possibilitat d'estar associada amb cada combinació concreta d'instàncies de les altres entitats. I en què N, M o P indica que diverses

instàncies poden estar relacionades amb cada combinació d'instàncies de les altres entitats.

En general, les interrelacions n-àries poden oferir $n + 1$ tipus de connectivitat. Així, per exemple, una interrelació quaternària (és a dir, n-ària de grau 4) tindrà cinc tipus possibles de cardinalitat (perquè en aquest cas $n + 1 = 4 + 1 = 5$).

Exemple de connectivitat M:N:P

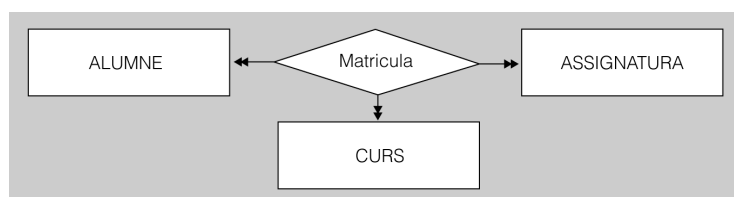
Ja coneixem la interrelació Matricula, que associa les entitats ASSIGNATURA, ALUMNE i CURS. Però encara no hem establert les seves cardinalitats (figura 1.13).

Un alumne, en un curs determinat, es pot matricular d'unes quantes assignatures. Per tant, al costat de l'entitat ASSIGNATURA, hi haurà una N (però si només es pogués matricular d'una sola assignatura, hi hauria d'haver un 1).

Un alumne es pot haver de matricular d'una mateixa assignatura durant més d'un curs acadèmic, fins que la superi. Per tant, al costat de l'entitat CURS, hi haurà una N (però si només fos possible matricular-se un cop d'una assignatura, hi hauria d'haver un 1).

És evident que, durant un curs acadèmic, diferents alumnes poden estar matriculats en una mateixa assignatura. Per tant, al costat de l'entitat ALUMNE, també hi haurà una N (però si només s'acceptés la matrícula d'un alumne per assignatura i curs, hi hauria d'haver un 1).

FIGURA 1.13. Exemple de connectivitat M:N:P



Límits de cardinalitat

De vegades, pot resultar útil establir **límits mínims i màxims a les cardinalitats de les interrelacions**. Per fer-ho, només cal afegir una etiqueta del tipus *mín..màx*, per tal d'expressar els límits respectius, al costat de la línia que uneix cada entitat amb la interrelació.

Els valors *mín* i *màx* podran tenir els valors següents:

- Zero, per indicar la possibilitat que no existeixi cap associació entre instàncies.
- Qualsevol nombre enter, per indicar un límit mínim o màxim concret de possibilitats d'associació entre instàncies.
- Un asterisc (*), per indicar la possibilitat d'un nombre il·limitat d'associacions entre instàncies.

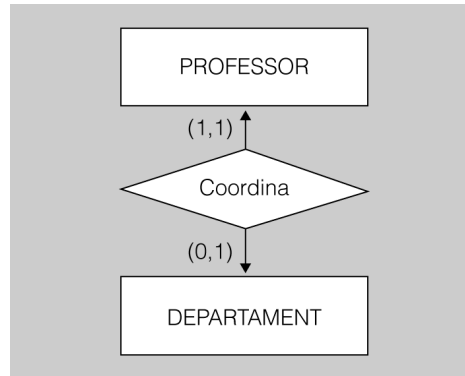
Exemple de límits de cardinalitat

Ja coneixem la interrelació Coordina, que associa les entitats PROFESSOR i DEPARTAMENT amb cardinalitat 1:1 (figura 1.14).

Cada departament ha de tenir assignat un, i només un, professor que el coordini. Per tal de reflectir aquesta limitació, haurem d'afegir l'etiqueta 1..1 al costat de la línia que uneix l'entitat PROFESSOR amb la interrelació Coordina.

D'altra banda, no tots els professors s'encarreguen de coordinar un departament (de fet, el més freqüent és que no se n'encarreguin). I si ho fan, només es poden encarregar de la coordinació d'un. Per tal de reflectir aquesta limitació haurem d'afegir l'etiqueta 0..1 al costat de la línia que uneix l'entitat DEPARTAMENT amb la interrelació Coordina.

FIGURA 1.14. Exemple de límits de cardinalitat



1.2.4 Interrelacions recursives

Tot i que altres interrelacions associen instàncies de diferents entitats, aquesta característica no és aplicable a les interrelacions recursives.

Una **interrelació recursiva** associa les instàncies d'una entitat amb altres instàncies de la mateixa entitat.

Es diu que una interrelació recursiva és de grau 2 (o binària) si només hi participa una entitat, la qual es relaciona amb ella mateixa.

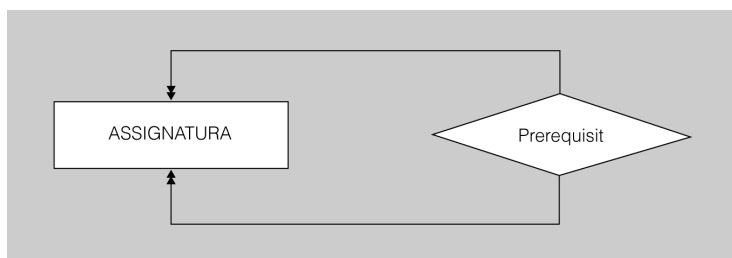
Les interrelacions recursives en els diagrames ER es representen connectant una mateixa entitat més d'una vegada, mitjançant una única relació.

Exemple d'interrelació recursiva binària

Imaginem que al nostre institut s'estableix, com a requisit per cursar certes assignatures, el fet d'haver superat prèviament una altra o unes altres assignatures (figura 1.15).

Podríem modelitzar aquesta situació mitjançant una interrelació recursiva binària sobre l'entitat ASSIGNATURA, i anomenar-la, per exemple, Prerequisit.

Si considerem que cada assignatura pot tenir més d'una altra assignatura com a prerequisit, i que al mateix temps cada assignatura pot ser prerequisit d'una pluralitat d'assignatures, la cardinalitat hauria de ser M:N.

FIGURA 1.15. Exemple d'interrelació recursiva binària

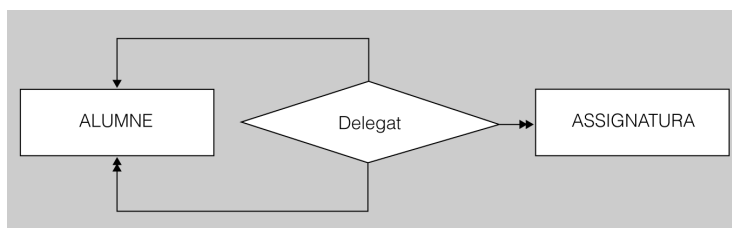
Si en una interrelació recursiva participen, addicionalment, més entitats, parlarem d'interrelacions recursives de grau 3 (o ternàries), de grau 4 (o quaternàries), i així successivament.

Exemple d'interrelació recursiva ternària

Cada alumne del nostre institut té un delegat per assignatura, que el representa davant del professorat que la imparteix, per tal de fer més fluïdes les comunicacions sobre les qüestions relatives al funcionament d'aquella que no siguin d'índole personal (figura 1.16).

Podríem modelitzar aquesta situació mitjançant una interrelació recursiva ternària, anomenada, per exemple, Delegat. Una ocurrència d'aquesta interrelació associarà un alumne que actuarà com a delegat en l'àmbit d'una assignatura, un altre alumne que actuarà com a estudiant de la mateixa assignatura, i l'assignatura en qüestió.

La connectivitat és 1:M:N. En els dos costats de l'entitat ALUMNE hi ha un 1 i una N, perquè, d'una banda, un delegat d'una assignatura pot representar més d'un estudiant (N), i, d'una altra banda, un estudiant d'una assignatura només pot tenir un sol representant en l'àmbit d'aquesta (1). I al costat de l'entitat ASSIGNATURA hi ha una M, perquè un alumne pot actuar com a representant d'un altre en diferents àmbits, corresponents a diferents assignatures.

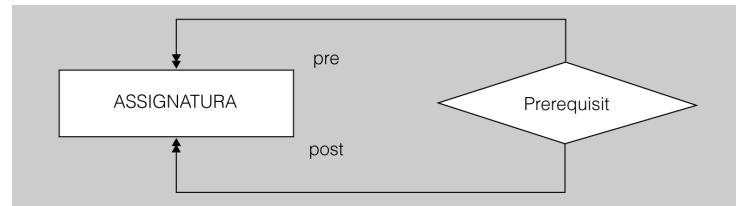
FIGURA 1.16. Exemple d'interrelació recursiva ternària

En una interrelació no recursiva, el paper, o rol, que interpreta cada entitat implicada se sobreentén i, per tant, no cal especificar-lo.

En el cas de les interrelacions recursives, pot tenir importància especificar els diferents papers o **rols** que interpreten les instàncies d'una mateixa entitat, si aquests rols no coincideixen plenament. Si el rol és exactament el mateix, no cal especificar-lo.

Exemple de diferenciació de rols

Podríem etiquetar les dues línies de la interrelació Prerequisit com a "pre" i "post", per exemple, per tal de modelitzar en el primer cas el rol de prerequisit acadèmic i, en el segon cas, el rol d'assignatura autoritzada (figura 1.17).

FIGURA 1.17. Exemple de diferenciació de rols

1.2.5 Notació

Com amb les entitats, la notació diagramàtica per representar les interrelacions i les seves propietats també és força senzilla:

- Tota interrelació es representa amb un rombe, que va unit, mitjançant línies, a totes les entitats que associa.
- Els atributs d'una interrelació, quan existeixen, es representen de la mateixa manera que els atributs d'una entitat.
- La connectivitat d'una interrelació es representa afegint una etiqueta amb un 1 o una N, segons calgui, a cadascuna de les línies que la uneix amb les entitats que hi participen.
- L'opcionalitat es representa superposant un cercle a la línia de connexió corresponent, i l'obligatorietat, superposant un petit guió perpendicular a la línia de connexió de què es tracti.
- Si cal establir límits (0, enter, *) a la cardinalitat d'una interrelació, s'ha d'afegir a cadascuna de les seves línies de connexió una etiqueta amb el límit inferior i el superior separats per dos punts seguits.
- La recursivitat d'una interrelació es representa fent arribar dues línies de connexió a la mateixa entitat. Si participen més entitats de la mateixa interrelació recursiva, s'hi han de fer arribar les línies de connexió corresponents des de la interrelació.
- Si cal fer una diferenciació dels rols d'una interrelació recursiva, s'ha d'afegir una etiqueta, amb l'especificació textual adequada, al costat de cadascuna de les línies de connexió.

1.3 Entitats febles

Les entitats que disposen d'un atribut o, si no, d'un conjunt d'atributs capaços d'establir una clau primària que serveixi per distingir cada instància de l'entitat de la resta d'ocurrències es poden anomenar, més específicament, *entitats fortes*.

Les **entitats febles** són aquelles que no disposen de prou atributs per a designar unívocament les seves instàncies. Per tal d'aconseguir-ho, han d'estar associades, mitjançant una interrelació, amb una entitat forta que les ajudi.

La interrelació entre una entitat feble i la seva forta associada és sempre de cardinalitat 1:N, i es resta l'1 al costat de l'entitat forta, i la N al costat de la feble.

Cada instància d'una entitat feble està associada amb una única ocurrència de l'entitat forta (per això és en el costat 1 de la interrelació), i així és possible completar-ne la identificació de manera única.

D'altra banda, l'entitat del costat 1 ha de ser obligatòria en la interrelació perquè, si no fos així, alguna instància de l'entitat feble podria no estar associada amb cap de les ocurrències de l'entitat forta i, aleshores, no es podria identificar completament.

Les entitats febles, doncs, no tenen clau primària, però sí un atribut (o un conjunt d'atributs) anomenat *discriminant*, que permet distingir entre elles totes les instàncies de l'entitat feble que depenen d'una mateixa instància de l'entitat forta.

Tot i no ser un cas gaire freqüent, es poden encadenar entitats febles, de tal manera que una entitat que actuï com a part feble en la interrelació que mantingui amb una altra entitat, pot actuar al mateix temps com a entitat forta respecte a una altra entitat que, al seu torn, la necessiti per identificar completament les seves instàncies.

Addicionalment a la interrelació que els serveix per identificar-se completament, les entitats febles poden participar en altres interrelacions, com qualsevol altra entitat.

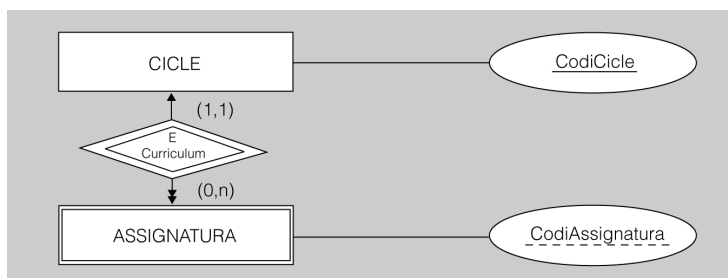
Exemple d'entitat feble

Ha arribat el moment d'establir una clau primària per a l'entitat ASSIGNATURA (figura 1.18). Podríem adoptar una codificació derivada de la utilitzada en els currículums oficials: C1, C2, C3, etc. (de Crèdit 1, Crèdit 2, i així successivament). Podríem anomenar aquest atribut CodiAssignatura. Però això no permetria distingir les assignatures dels diferents cicles formatius impartits en el nostre institut.

Per aconseguir la identificació inequívoca de cada crèdit, en primer lloc hauríem de comptar amb una nova entitat anomenada, per exemple, CICLE, per emmagatzemar tots els cicles impartits al centre. Aquesta entitat seria forta, i les seves instàncies es distingirien inequívocament les unes de les altres mitjançant una clau primària que es podria dir CodiCicle.

A continuació, hauríem d'establir una interrelació binària anomenada, per exemple, Curriculum, en la qual participés l'entitat ASSIGNATURA com a entitat feble, en el costat N de la interrelació, i l'entitat CICLE com a entitat forta, en el costat 1.

Les relacions febles en els diagrames ER es representen amb un rectangle de doble línia.

FIGURA 1.18. Exemple d'entitat feble

1.3.1 Notació

Per incorporar les entitats febles als diagrames ER, cal aplicar unes poques regles de notació addicionals:

- Les entitats febles es representen escrivint el seu nom en majúscules i en singular, dins d'un rectangle dibuixat amb una línia doble.
- La interrelació que uneix l'entitat feble amb la seva forta es representa amb un rombe també de línia doble.
- L'atribut o el conjunt d'atributs que actuen com a discriminants han d'anar subratllats amb una línia discontinua.

2. Diagrames Entitat-Relació

Els diagrames Entitat-Relació són un estàndard actual en el disseny de bases de dades. De fet, es tracta d'una eina sense la qual, possiblement, les bases de dades tal com les entenem actualment no existirien.

Els diagrames Entitat-Relació són eines gràfiques clau en el disseny de bases de dades. La seva confecció ha de ser sistemàtica i rigorosa si es vol obtenir un sistema vàlid i eficient, ja que serà a partir d'aquests diagrames que es desenvoluparà tota la implementació de bases de dades en els sistemes gestors de bases de dades concrets que correspongui a cada empresa o organisme.

2.1 Disseny de bases de dades

El disseny de BD s'estructura, fonamentalment, en tres grans etapes:

- Disseny conceptual
- Disseny lògic
- Disseny físic

Encara que ens centrem en l'estudi i en la pràctica del disseny conceptual, no s'han de perdre de vista les altres fases del disseny, que també són importants, per tal d'obtenir una visió de conjunt de tots aquests processos.

Conèixer com s'estructura el model Entitat-Relació és important. I també ho són qüestions que ens han de permetre aprofitar la tecnologia proporcionada per les BD i els corresponents sistemes gestors, com ara els següents:

- Quines entitats ha d'incloure una BD determinada.
- Quines interrelacions s'han de considerar.
- Quins atributs han d'existir i en quines entitats o interrelacions s'han d'incorporar.
- Quines claus primàries ja es poden establir en la fase de disseny conceptual.

2.1.1 Fases del disseny de BD

Dissenyar BD no és una tasca senzilla. Encara que la porció del món real que es vulgui modelitzar en un cas concret sigui relativament petita, les estructures de

Món real

Quan parlem de *món real*, ens referim a l'escenari o situació concreta que es vol modelitzar per tal de ser explotada mitjançant una BD.

dades resultants poden arribar a tenir un cert grau de complexitat. Tanmateix, a mesura que augmenta la informació a considerar, i la seva complexitat, el model de dades necessari per representar-la es pot convertir, certament, en una construcció complicada.

Voler resoldre de cop tota la problemàtica que pot comportar la modelització d'una BD no és, doncs, una opció gaire realista. En afrontar una tasca d'aquesta envergadura, és preferible dividir-la en subtasques per tal de simplificar-la.

Així, doncs, resulta convenient descompondre el disseny de BD en diferents etapes, de manera que en cadascuna només s'examinin certs aspectes, o tipus de problemes, per tal de minimitzar la possibilitat d'error. Aleshores, a partir del resultat obtingut en cada fase, es pot continuar treballant en la fase següent, fins a arribar al resultat esperat, al final de l'última fase.

És habitual estructurar el disseny de BD en les tres etapes o fases següents:

1. Disseny conceptual.
2. Disseny lògic.
3. Disseny físic.

Fase de disseny conceptual

El primer que cal fer, durant la fase de disseny conceptual, és recopilar tota la informació necessària de la part del món real que ens proposem modelitzar amb una BD.

Aquesta recopilació d'informació es realitzarà per diferents vies, com ara aquestes:

- Entrevistes amb els futurs usuaris de la BD que s'està dissenyant.
- Examen de la documentació proporcionada per aquests mateixos usuaris.
- Observació directa dels processos a informatitzar.

A continuació, s'han d'estructurar convenientment les dades necessàries per tal de donar resposta a totes les necessitats derivades del conjunt d'informacions compendiades.

L'objectiu del disseny conceptual consisteix en l'obtenció d'una especificació sistemàtica.

L'esmentada especificació sistemàtica resultat del disseny conceptual ha de complir dos tipus de requisits:

- **De dades.** El model resultant ha de tenir en compte l'estructura completa de les dades i la seva integritat.
- **Funcionals.** Un bon esquema conceptual també haurà de preveure les necessitats bàsiques en matèria de manipulació de dades (és a dir, les operacions d'inserció, esborrament, consulta i modificació, d'aquestes). Durant les fases posteriors, pot ser convenient depurar el disseny per tal d'optimitzar les operacions a realitzar sobre les dades.

Finalment, cal triar un model de dades d'alt nivell i traduir els requisits anteriors a un esquema conceptual de la futura BD expressat amb els conceptes i la notació corresponents. Un dels models de dades d'alt nivell més utilitzats és el **model entitat-interrelació**.

Expressat en la terminologia del model ER, l'esquema de dades desenvolupat durant la fase de disseny conceptual ha d'especificar totes les entitats necessàries, i les interrelacions entre elles, amb les cardinalitats adequades, i també els atributs que corresponguin en cada cas.

El model ER

Una **entitat**, en el model ER, és una abstracció que ens interessa modelitzar, i mitjançant la qual s'agrupen les instàncies del món real que tenen unes característiques comunes.

Una **interrelació**, en el model ER, és l'associació entre instàncies de diferents entitats tipus. Aquesta associació es pot donar amb diverses cardinalitats.

Un atribut, en el model ER, és una característica d'una entitat que ens interessa tenir registrada.

El model resultant s'ha de revisar per tal de garantir la satisfacció de totes les necessitats detectades, d'una banda, i per evitar redundàncies de les dades (és a dir, repeticions indesitjades d'aquestes), d'una altra.

El resultat de la fase de disseny conceptual pertany a l'anomenat **món de les concepcions**, però encara no al **món de les representacions**, ja que no s'hi especifica cap representació informàtica concreta.

Com es pot veure, durant la fase de disseny conceptual no cal tenir en compte, encara, ni el tipus de BD que s'utilitzarà posteriorment ni, encara menys, el SGBD o el llenguatge concret amb el qual s'implementarà.

Fase de disseny lògic

En la fase de **disseny lògic**, es treballa amb el model abstracte de dades obtingut al final de l'etapa de disseny conceptual, per tal de traduir-lo al model de dades utilitzat pel sistema gestor de bases de dades (SGBD) amb el qual es vol implementar i mantenir la BD.

Per tant, a partir d'aquesta fase de disseny, sí que cal tenir en compte la tecnologia concreta que s'ha d'emprar en la creació de la BD, ja que la BD resultant es pot

El model Entitat-Interrelació (o model Entitat-Relació) també es coneix de manera abreujada com a model ER (sigles corresponents a *entity-relationship*).

Les claus primàries serveixen per distingir entre si les diferents tuples d'atributs dins d'una mateixa relació.

adequar a diferents models lògics, com ara els següents:

- Jeràrquic
- Relacional
- Distribuit
- Orientat a objectes

Malgrat la diversitat de possibilitats, el cert és que el més freqüent, a l'hora de dissenyar una BD, encara consisteix a expressar l'esquema conceptual en un model ER i, a continuació, traduir-lo a un model relacional.

Les claus foranes són uns instruments destinats a permetre la interrelació de la respectiva relació amb d'altres.

Quan el producte d'una fase de disseny lògic és una BD relacional, aquesta consisteix en un conjunt de relacions (altrament, anomenades *representacions tabulars*) compostes per atributs, alguns dels quals formen part de claus primàries o de claus foranes.

Resulta evident, doncs, que el resultat de la fase de disseny lògic ja se situa dins de l'anomenat **món de les representacions informàtiques**.

Fase de disseny físic

El **disseny físic** consisteix a fer certs tipus de modificacions sobre l'esquema lògic obtingut en la fase anterior de disseny lògic, per tal d'incrementar l'eficiència.

L'eficiència d'un esquema pot comportar la modificació d'algunes operacions que s'hagin de fer amb les dades, encara que comportin un cert grau de redundància d'aquestes, com per exemple:

- Afegir algun atribut calculable en alguna relació.
- Dividir una relació en altres dues o en més.
- Incloure en la BD una relació que sigui el producte de combinar dues o més relacions.

Però la fase de disseny físic també es caracteritza per la possibilitat d'adoptar altres decisions, relacionades amb aspectes d'implementació física a més baix nivell, i estretament vinculades amb el SGBD amb el qual es treballa en cada cas, com ara els següents:

- Definició d'índexs.
- Assignació de l'espai inicial per a les taules, i previsió del seu creixement ulterior.

- Selecció de la mida de les memòries intermèdies.
- Parametrització del SGBD segons les opcions que aquest ofereixi.

La volatilitat de les dades té a veure amb el volum d'insercions i esborraments de les mateixes.

Per tal de prendre encertadament aquests tipus de decisions, cal tenir en compte les característiques dels processos que operen amb les dades, la freqüència d'execució dels diferents tipus de consulta, el grau de volatilitat de les dades, els volums d'informació a emmagatzemar, etc.

2.1.2 Disseny conceptual d'una BD

Podem considerar qualsevol empresa, organització, institució, etc. com un sistema amb regles pròpies de funcionament. Aquest sistema, susceptible de ser informatitzat, està compost per tres subsistemes:

- **Subsistema de producció.** S'encarrega de realitzar les activitats pròpies de l'organització de què es tracti en cada cas (per exemple, fabricar cotxes, o reparar-los, o vendre'ls, etc.).
- **Subsistema de decisió.** S'encarrega de dirigir, coordinar i planificar les activitats realitzades dins de l'àmbit del subsistema de producció.
- **Subsistema d'informació.** S'encarrega de recollir, emmagatzemar, processar i distribuir, totes les informacions necessàries per al bon funcionament dels altres dos subsistemes.

Les BD serveixen per emmagatzemar les representacions de les informacions utilitzades dins de l'àmbit dels sistemes d'informació.

Els elements que conformen un **sistema d'informació** són de dos tipus:

- Dades: representacions de les informacions.
- Processos: accions exercides sobre les dades (consultes, modificacions, càlculs, etc.).

En funció de les observacions anteriors, podem afirmar que hi ha dues premisses que tot dissenyador de BD hauria de tenir ben assumides abans de començar a treballar en qualsevol projecte:

- No és competència del dissenyador de BD, com a tal, prendre decisions sobre la porció del món real que vol modelitzar.
- En principi, el dissenyador de BD tampoc no s'ha d'inventar característiques de la realitat a modelitzar: simplement les ha de reflectir de la manera més fidel possible en el model resultant.

Podem subdividir aquesta etapa de disseny conceptual en dues fases successives, les quals comporten tasques de diferents tipus: la **recollida i abstracció de les necessitats** de l'organització, d'una banda, i l'**elaboració d'un esquema conceptual** mitjançant un model de dades concret, de l'altra.

La **recollida i abstracció de les necessitats** de l'organització es duu a terme mitjançant diferents procediments (entrevistes, examen de documentació, etc.), i en aquesta fase cal recollir tota la informació necessària per tal de cobrir tots els requeriments de dades. Però, amb aquesta informació, s'ha de seguir un procés d'abstracció que ens permeti estructurar-la i diferenciar entre les qüestions essencials i les accessòries.

L'**elaboració d'un esquema conceptual** mitjançant un model de dades concret comporta que tota la informació recollida i degudament estructurada s'ha d'expressar en una notació estandarditzada (com ara els diagrames ER).

2.1.3 Captura i abstracció dels requeriments de dades

Per realitzar la captura i abstracció dels requeriments, en primer lloc, cal esbrinar quines necessitats tenen els usuaris de la futura BD. Sovint, aquests usuaris potencials només tenen una percepció molt general d'allò que necessiten.

Usuaris de les BD

Ho són tant els operadors que interactuen habitualment amb el sistema, com els destinataris finals de la informació que se n'ha d'extreure o que s'ha d'incloure en la BD.

El dissenyador de BD és el professional informàtic que s'encarrega de realitzar les tasques que implica el disseny de les BD.

El dissenyador ha de saber seleccionar les qüestions essencials, diferenciar-les dels aspectes accessoris, i descobrir quins són els vertaders interessos dels que han encarregat el disseny de la BD.

Ara bé, el dissenyador de BD, com a tal, no ha de decidir res. La seva tasca consisteix més aviat a ajudar els usuaris potencials a descobrir què necessiten exactament. És una feina feixuga i complicada, que serveix per descobrir el veritable flux de dades que s'ha de reflectir en el model conceptual resultant. Normalment, aquesta funció comporta el següent:

- Moltes entrevistes amb els futurs usuaris de tots els nivells i seccions de l'organització a informatitzar. Cal anotar tots els detalls sorgits durant les entrevistes, susceptibles d'implementació informàtica.
- Examen exhaustiu de la documentació proporcionada pel client, per tal de conèixer el funcionament intern de l'organització.
- Observacions directes dels diferents processos de l'organització.

Un bon dissenyador de BD ha d'arribar, com a mínim, a una solució plausible per a cada problema que se li hagi plantejat. De vegades, també podrà prendre en consideració solucions parcials alternatives. I, en tot cas, finalment, ha de presentar

una anàlisi completa dels requeriments en la qual concreti les especificacions de l'organització que li ha encarregat el projecte de disseny.

Un exemple concret: BD de la Xarxa de Biblioteques d'INS de Catalunya (XBIC)

Examinar els requisits de disseny que ens permetin establir un model conceptual per a una futura BD que doni servei conjuntament a les biblioteques de tots els instituts de Catalunya (mitjançant una aplicació web ulterior, per exemple), per tal de posar a l'abast de qualsevol membre de la comunitat educativa de secundària la totalitat dels fons bibliogràfics i d'altres recursos audiovisuals, encara que no es trobin físicament en el centre docent on treballi o estudiï l'usuari que sol·liciti el préstec, ens proveirà d'un bon escenari per desenvolupar un exemple de disseny de BD concret.

No es tracta ara tant d'aprofundir en qüestions de detall, com del fet de copsar globalment com es treballa durant la fase de disseny conceptual, i aplicar els coneixements adquirits prèviament -els quals són necessaris per elaborar els esquemes conceptuals-, en el nostre cas fonamentalment amb ajuda del model de dades ER.

Després d'entrevistar-nos amb l'alt càrrec del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya -que promou la coordinació i col·laboració de les biblioteques de tots els instituts (INS) de Catalunya-, amb uns quants directors i directores de diferents biblioteques interessades a adherir-se a la futura Xarxa de Biblioteques d'INS de Catalunya (XBIC), i també amb uns quants bibliotecaris d'aquestes, i de recopilar i examinar diferent documentació que ens ha estat proporcionada, els dissenyadors de BD encarregats del projecte hem sintetitzat les informacions rebudes de la manera següent:

1. Servei de préstec

- Mitjançant aquest servei, s'ofereix la possibilitat de treure els diversos documents (llibres, revistes, vídeos, CD...) de la biblioteca.
- Per utilitzar el servei de préstec, els usuaris han de tenir el carnet de biblioteca.
- Aquest carnet serveix per utilitzar altres serveis de la biblioteca, com ara el servei d'accés a Internet, el servei Wi-Fi, consulta a BD o participació en algunes activitats que organitzin les biblioteques.
- El mateix carnet serveix per a tota la Xarxa de Biblioteques i permet gaudir d'avantatges interessants en el món de la cultura.
- La sol·licitud del carnet de biblioteca s'ha de fer des de la mateixa biblioteca o bé en línia. En el formulari de sol·licitud, es demanen a l'usuari les dades personals necessàries (nom i cognoms, adreça, data de naixement, etc.).

L'XBIC com a tal no existeix. Aquest exemple només pretén simular la metodologia de treball habitual a l'hora de dissenyar conceptualment una base de dades.

Informe d'anàlisi i disseny de BD

La informació recollida pels dissenyadors de BD després de la captura i l'abstracció dels requeriments de les dades es recull en un informe.

- A més, els usuaris poden fer altres gestions en línia relacionades amb el préstec: reserves i renovacions de documents.

2. Normativa d'ús del servei de préstec de la Xarxa de Biblioteques

- Tenir el carnet implica acceptar les normes de funcionament de la biblioteca.
- El carnet és personal i intransferible.
- Els usuaris menors de setze anys necessiten l'autorització dels pares per fer-se el carnet, i també els majors de setze anys que no tinguin DNI.
- Cal comunicar, a la biblioteca, qualsevol canvi de domicili o la pèrdua del carnet.
- Cada lector es pot emportar en préstec fins a deu documents entre llibres, revistes i audiovisuals, per un termini de tres setmanes, els llibres, i una setmana, les revistes i audiovisuals.
- Passat el termini, qualsevol document en préstec pot ser renovat, sempre que cap altre usuari no l'hagi reservat. La renovació es pot fer a la biblioteca, per telèfon, per correu electrònic o per Internet.
- Cal tenir cura dels documents deixats en préstec. Si un usuari no torna els documents en el termini fixat, pot ser exclòs del servei de préstec de les biblioteques de la Xarxa durant un temps equivalent al que s'ha retardat en la devolució. Si un usuari perd o fa malbé un document, ho ha de notificar a la biblioteca i ha de comprar el mateix document o abonar-ne l'import.
- Queden exclosos de préstec els documents següents:
 - Algunes obres de referència: enciclopèdies, diccionaris, atles, etc.
 - Fons de reserva.
 - Documents pertanyents a la col·lecció local.
 - Números corrents de revistes i de diaris.
 - Els documents que la biblioteca cregui convenient que no surtin de la biblioteca.
- A més del servei de préstec a l'usuari individual, les biblioteques ofereixen altres tipus de préstec:
 - Servei de préstec interbibliotecari. Mitjançant el servei de préstec interbibliotecari, les biblioteques de la Xarxa s'encarreguen de localitzar i proporcionar els documents que no té el fons propi i que estan disponibles en altres biblioteques de la Xarxa. El préstec entre les biblioteques de la Xarxa té un preu públic establert d'1,20 €.
 - Servei de préstec a domicili. Aquest servei s'adreça a persones amb problemes de mobilitat temporal o permanent, com ara malalts crònics, persones en període de convalescència, amb discapacitats físiques o gent gran. No totes les biblioteques de la Xarxa ofereixen aquest servei. El servei de préstec a domicili té un preu públic establert d'1,50 €.

3. Consulta del catàleg

- S'ha de poder consultar la disponibilitat dels fons bibliotecaris pels conceptes següents:
 - Signatura (identificador de l'exemplar físic objecte de préstec)
 - Títol
 - Paraula clau continguda en el títol
 - Autor (concretament, pel cognom)
 - Nom o cognoms incomplets de l'autor
 - Matèria
- A més, les cerques s'han de poder limitar als àmbits següents:
 - Una biblioteca concreta
 - Totes les biblioteques d'una sola població
 - Totes les biblioteques d'una sola comarca
- Finalment, s'han de poder limitar els resultats obtinguts en funció dels conceptes següents:
 - Idioma
 - Tipus de format
 - Any de publicació

2.1.4 Identificació d'entitats

L'especificació dels requeriments de dades serveix com a punt de partida per a l'elaboració de l'esquema conceptual de la futura BD. A continuació, el primer que s'ha de fer és identificar les entitats i els seus atributs.

La identificació de les entitats i dels seus atributs es pot documentar amb un llistat que segueixi el format següent:

ENTITAT1 (Atribut1, Atribut2, ...)

ENTITAT2 (Atribut1, Atribut2, ...)

....

ENTITATn (Atribut1, Atribut2, ...)

En el llistat, els noms de les entitats aniran amb majúscules, i els noms dels atributs començaran amb majúscules.

Seguint amb l'exemple BD de la XBIC, en una primera aproximació, tot repassant les especificacions que tenim, podríem obtenir una solució que comptés com a mínim amb les tres entitats següents, que incorporen els respectius atributs expressats entre parèntesis:

L'exemple parteix de la informació referida en l'apartat "Captura i abstracció dels requeriments de dades".

- INS(Poblacio, Comarca). Possibles atributs addicionals: Nom, Adreça i Telefon.
- DOCUMENT(Format, Import, ExclosPrestec, Signatura, Titol, Autor, Matèria, Idioma, AnyPublicacio).
- USUARI(DNI, Nom, Cognoms, Adreça, DataNaixement, Carnet, DataFinalExclusioPrestec).

Però estem en condicions de depurar aquest resultat rudimentari. Fixem-nos en què hi haurà moltes poblacions i comarques que es repetiran per a diferents INS. Fóra millor, doncs, que aquests dos atributs constituïssin dues entitats independents, convenientment interrelacionades amb l'entitat INS: POBLACIO i COMARCA.

Un altre avantatge d'utilitzar aquestes dues entitats en comptes de considerar-les atributs d'una entitat concreta, és que les podrem reaprofitar interrelacionant-les amb altres entitats, en cas necessari.

Passa el mateix amb altres atributs de DOCUMENT: el format, l'autor la matèria i l'idioma.

Seria millor tenir una entitat per enregistrar els tipus de format, que sempre seran els mateixos (llibre, revista, CD, etc.), anomenada per exemple FORMAT, i interrelacionar-la amb DOCUMENT.

Estarem davant del mateix fenomen amb els idiomes (català, castellà, anglès, etc.) i les matèries (història, música, física, etc.). Per tant, serà convenient comptar amb dues entitats més: IDIOMA i MATERIA.

D'altra banda, els autors podran ser autors d'una pluralitat de documents i, a fi de simplificar les cerques ulteriors per autor, és preferible destinar una entitat pròpia per representar-los (podem anomenar-la, senzillament, AUTOR).

Després de fer aquestes consideracions, ens trobaríem amb unes quantes entitats més que no pas inicialment:

- INS(Nom, Adreça, Telefon)
- DOCUMENT(Signatura, Titol, AnyPublicacio, Import, ExclosPrestec)
- USUARI(Carnet, DNI, Nom, Cognoms, Adreça, DataNaixement, DataFinalExclusioPrestec)
- POBLACIO(Nom)
- COMARCA(Nom)
- FORMAT(Descripcio)
- AUTOR(Nom, Cognoms)
- MATERIA(Descripcio)

- IDIOMA(Descripció)

Hem de ser conscients que qualsevol especificació que no es desprengui directament dels documents de treball inicial en què hem sintetitzat els diferents requeriments de dades detectats com, per exemple, afegir els nous atributs a INS s'ha de validar mitjançant noves entrevistes, o l'examen de nova documentació o bé revisió de l'antiga, o, si no, observant *in situ* el procés en execució que pugui comportar una innovació en l'especificació.

En canvi, altres aspectes que poden semblar més agosarats (com ara representar el que era inicialment l'atribut d'una entitat com una altra entitat independent) no han d'implacar necessàriament uns processos de validació com els que acabem de descriure, si es tracten purament de decisions tècniques de disseny.

Cal fer notar que, per poc complicada que sigui la porció del món real a modelitzar, normalment és possible obtenir uns quants models conceptuals, en alguns casos alternatius i equivalents, i en d'altres orientats a satisfer en més o menys mesura diferents finalitats, però amb resultats igualment correctes.

2.1.5 Designació d'interrelacions

Després de la captura i abstracció dels requeriments de dades i de la identificació d'entitats, el pas següent consisteix a establir les interrelacions necessàries entre les entitats detectades.

Les interrelacions es poden documentar amb el format següent:

Interrelació (Atribut1, Atribut2, ...), entre ENTITATi i ENTITATj

En què el nom de la interrelació començarà amb majúscules i, en cas de disposar d'atributs, aquests aniran entre parèntesis i amb la inicial del nom també amb majúscules. Caldrà especificar el nom de les entitats que interrelaciona.

En algun cas, les interrelacions poden incorporar algun atribut (com passa amb la interrelació Prestec), de la mateixa manera que les entitats. Inicialment podem trobar, com a mínim, quatre interrelacions que només afecten les tres entitats originàries:

- Prestec(Data, Tipus, Preu), entre USUARI i DOCUMENT
- RenovacioPrestec(Data), entre USUARI i DOCUMENT
- Reserva(Data), entre USUARI i DOCUMENT
- Ubicació, entre INS i DOCUMENT

L'exemple esmentat es refereix a les informacions que conté l'apartat "Captura i abstracció dels requeriments de dades", i es desenvolupa al llarg de les diferents fases de disseny conceptual de BD.

Però, després de considerar l'establiment de la resta d'entitats, haurem d'afegir les interrelacions corresponents:

- Esta, entre INS i POBLACIO
- Pertany, entre POBLACIO i COMARCA
- Te1, entre FORMAT i DOCUMENT
- Te2, entre AUTOR i DOCUMENT
- Versa, entre MATERIA i DOCUMENT
- Expressat, entre IDIOMA i DOCUMENT

Notem que quan es repeteix un mateix nom en més d'una interrelació (com aquí passa amb Te), cal numerar-les correlativament, per tal d'evitar confusions en fer referència a cadascuna.

I, a més, podríem considerar l'establiment d'una interrelació entre USUARI i POBLACIO per tal de completar-ne l'adreça degudament (com hem fet amb els INS). Quedaria així:

- Viu, entre USUARI i POBLACIO

2.1.6 Establiment de claus

Recordem que la **clau primària** d'una entitat està constituïda per un atribut, o per un conjunt d'atributs, els valors dels quals són capaços d'identificar unívocament les instàncies d'aquella.

De vegades, una entitat disposa de més d'un atribut, o conjunt d'atributs, que estan en condicions de constituir la clau primària. En aquest cas, parlem de **claus candidates**.

I una vegada que el dissenyador tria un atribut o conjunt d'atributs concrets per identificar unívocament les instàncies, entre els que compleixen les condicions (**claus candidates**), aquest o aquests atributs passen a ser la **clau primària**, i els no seleccionats romanen com a **claus alternatives**.

Un criteri important a l'hora de decidir-se perquè un o més atributs formin la clau primària d'una entitat, és que el seu valor no canviï mai o, si més no, molt rarament.

L'atribut o conjunt d'atributs que formen la clau primària han d'aparèixer subratllats en la documentació.

Per exemple, no seria gaire prudent decidir-se pel número de telèfon mòbil com a clau primària d'una entitat que emmagatzema persones, perquè, tot i ser un número habitualment d'ús personal, pot canviar al llarg del temps (per exemple, una persona pot regalar el seu mòbil a una altra). En canvi, el número de DNI pot ser, en general, una bona opció, ja que, en principi, aquest número és personal i intransferible.

Continuant amb el nostre exemple, estem en condicions de trobar les claus següents, formades per només un atribut, les quals es mostren subratllades:

- DOCUMENT(Signatura , Titol, AnyPublicacio, Import, ExclosPretec)
- COMARCA(Nom)
- POBLACIO(Nom)
- FORMAT(Descripcio)
- MATERIA(Descripcio)
- IDIOMA(Descripcio)

L'exemple esmentat es refereix a les informacions contingudes en l'apartat "Captura i abstracció dels requeriments de dades", i es desenvolupa al llarg de les diferents fases de disseny conceptual de BD.

L'entitat AUTOR no té cap atribut que identifiqui plenament les seves instàncies. Aquí podríem haver optat per combinar els valors que adoptin els atributs Nom i Cognoms en cada tuple, per tal de no haver d'introduir cap tipus de codificació artificial, però aquesta no deixa de ser una opció arriscada, ja que pot passar que hi hagi dos autors amb el mateix nom i cognoms. Per tant, afegim un nou atribut, anomenat Codi, per tal que no hi hagi problemes amb la clau primària d'aquesta entitat. Per tant, l'entitat ens queda així:

- AUTOR(Codi, Nom, Cognoms)

En certa manera podríem considerar que USUARI té dues claus alternatives: Carnet i DNI. Però en realitat no és així, ja que hi poden haver usuaris menors d'edat que encara no tenen DNI. I ja sabem que cap clau primària pot admetre valors nuls, ja que aleshores no serviria per distingir unívocament les instàncies entre elles. En canvi, tot usuari disposarà d'un número de carnet. Per tant, ens quedarà l'estructura següent:

- USUARI(Carnet, DNI, Nom, Cognoms, Adreça, DataNaixement, DataFinalExclusioPretec)

Finalment, hem d'examinar l'entitat INS. El nom dels instituts es pot repetir, i de fet es repeteix (per exemple, hi ha un INS anomenat Milà i Fontanals a Barcelona, un altre a Igualada, un altre a Vilafranca del Penedès, etc.). Per tant, l'atribut Nom no és suficient per constituir per si sol la clau primària de l'entitat. Una opció seria establir algun tipus de codificació. Però, en aquest cas, hem preferit considerar INS com una entitat feble que depèn de POBLACIO. Per tant, la clau primària d'INS estarà formada per la clau primària de l'entitat forta (l'atribut Nom de POBLACIO) més l'atribut discriminant de l'entitat feble (l'atribut Nom d'INS), que també mostrem subratllat:

- INS(Nom , Adreça, Telefon)

2.1.7 Establiment de cardinalitats

L'establiment correcte de les cardinalitats adequades per a cada interrelació depèn de les característiques del món real que es volen modelitzar.

Cal afegir, doncs, la informació referent a les cardinalitats de les interrelacions en la documentació de disseny.

En el model que estem construint (seguint l'exemple de la BD de la XBIC) podem establir les cardinalitats següents:

- Un mateix usuari pot agafar en préstec diferents documents, i un mateix document es pot prestar a diferents usuaris, al llarg del temps:

Prestec(Data, Tipus, Preu), entre USUARI i DOCUMENT: M-N

- Passa el mateix en cas de renovar un préstec o de reservar un document:

RenovacioPrestec(Data), entre USUARI i DOCUMENT: M-N
Reserva(Data), entre USUARI i DOCUMENT: M-N

- Tot document pertanyerà a la biblioteca d'un INS concret, la qual podrà disposar de molts documents:

Ubicació, entre INS i DOCUMENT: 1-N

- Dins d'una mateixa població podran coexistir diferents INS, però un INS estarà en una població concreta. A més no oblidem que, en tractarse d'una entitat feble, la cardinalitat ha de ser 1-N, amb l'entitat feble al costat de la N:

Esta, entre INS i POBLACIO: N-1

- Cada població pertany a una sola comarca, però cada comarca tindrà més d'una població a dins del seu territori:

Pertany, entre POBLACIO i COMARCA: N-1

- S'ha considerat que cada document només té un format, però evidentment cada format serà aplicable a molts documents diferents:

Te1, entre FORMAT i DOCUMENT: 1-N

L'exemple es planteja en l'apartat "Captura i abstracció dels requeriments de dades", i es va construir seguint les diferents fases de disseny conceptual de BD.

- Amb una cardinalitat M-N, fem possible registrar més d'un autor per a un mateix document:

Te2, entre AUTOR i DOCUMENT: M-N

- En canvi, considerem que cada document només pot versar sobre una sola matèria:

Versa, entre MATERIA i DOCUMENT: 1-N

- Un document (com ara una pel·lícula en DVD) podrà estar expressat en diferents idiomes:

Expressat, entre IDIOMA i DOCUMENT: M-N

- Cada usuari té el domicili en una població concreta. Però en una mateixa població hi poden viure diferents usuaris:

Viu, entre USUARI i POBLACIO: N-1

2.1.8 Restriccions de participació i límits de cardinalitat

Es diu que la **participació d'una entitat en una interrelació és total** si cadascuna de les seves instàncies participa un cop, com a mínim, en la interrelació esmentada, i **parcial** en cas contrari.

- Prestec(Data, Tipus, Preu), entre USUARI (parcial) i DOCUMENT (parcial): M-N
- RenovacioPrestec(Data), entre USUARI (parcial) i DOCUMENT (parcial): M-N
- Reserva(Data), entre USUARI (parcial) i DOCUMENT (parcial): M-N
- Ubicació, entre INS (parcial) i DOCUMENT (total): 1-N
- Esta, entre INS (total) i POBLACIO (parcial): N-1
- Pertany, entre POBLACIO (total) i COMARCA (total): N-1
- Te1, entre FORMAT (parcial) i DOCUMENT (total): 1-N
- Te2, entre AUTOR (total) i DOCUMENT (total): M-N
- Versa, entre MATERIA (parcial) i DOCUMENT (total): 1-N
- Expressat, entre IDIOMA (total) i DOCUMENT (total): M-N

- Viu, entre USUARI (total) i POBLACIO (parcial): N-1

A més, hem d'establir un límit màxim a la cardinalitat de la interrelació Prestec perquè, en principi, un usuari no pot sol·licitar en préstec més de deu documents simultàniament.

Les interrelacions quedaran documentades, doncs, amb el format següent:
Interrelacio (Atribut1, Atribut2, ...), entre ENTITATi (participacio) i ENTITATj (participacio): tipus_de_cardinalitat

En què el nom de la interrelació començarà amb majúscules i, en cas de disposar d'atributs, aquests aniran entre parèntesis, separats per comes, i amb la inicial del nom també amb majúscules. Caldrà especificar el nom de les entitats que interrelaciona i el tipus de cardinalitat, que pot ser 1-1, 1-N, N-1 o M-N. La participació pot ser total o parcial.

2.1.9 Elaboració d'un esquema conceptual

Una vegada tenim els requeriments; i hem identificat les entitats, atributs i interrelacions; i gràcies al coneixement assolit de les necessitats que han de satisfer les dades, el dissenyador està en condicions d'elaborar un esquema conceptual complet d'aquestes i de les seves interrelacions.

Per tal de confeccionar aquest model conceptual, el dissenyador de BD utilitzarà algun model de dades que s'adapti a les necessitats del projecte, i permeti continuar treballant-hi durant la fase ulterior de disseny lògic.

El model de dades més utilitzat per elaborar l'esquema conceptual és el model ER, i la documentació del disseny conceptual culmina amb el **diagrama ER**.

Tot i que el model ER continua sent el model de dades més utilitzat, amb diferents variacions en aspectes de notació, cada vegada s'utilitza més el model UML de dades, molt útil en projectes que basin la implementació de la programació en el paradigma de l'orientació a objectes.

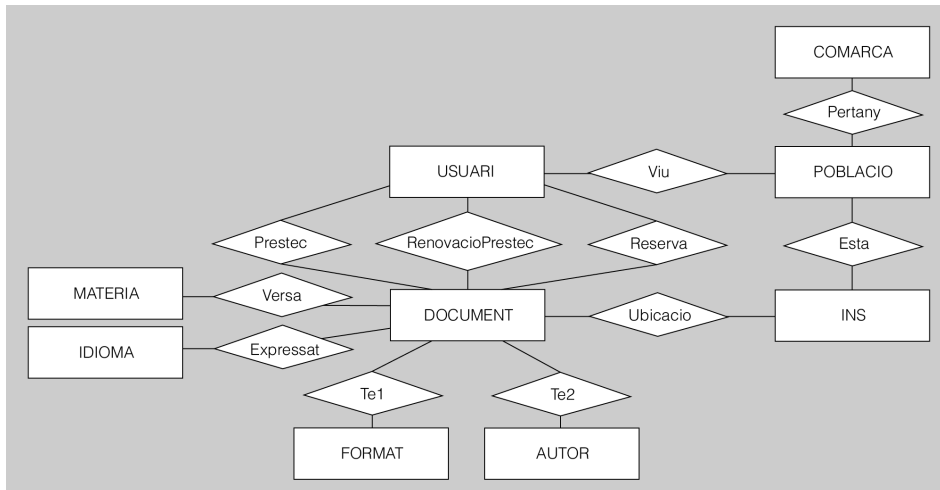
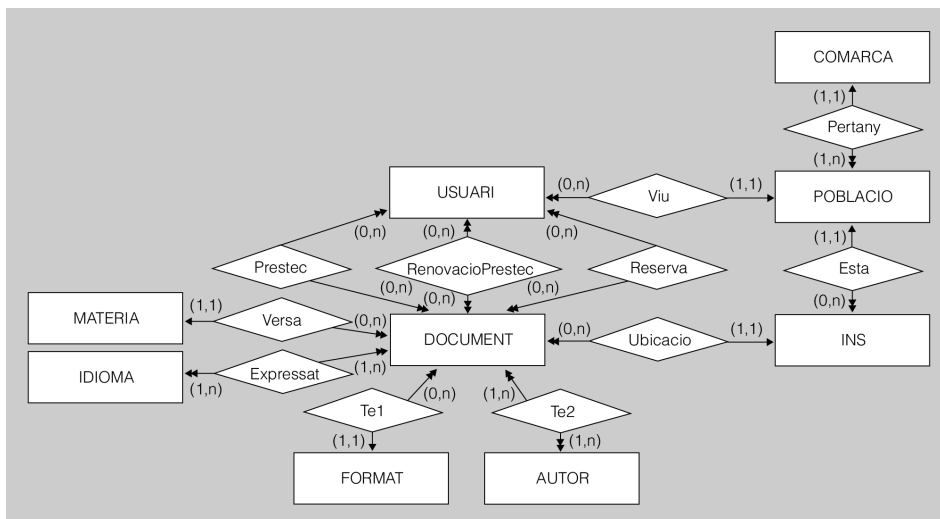
Per començar a treballar amb els diagrames ER, pot ser còmode establir l'esquelet del model, sense incloure encara tots els detalls (atributs, cardinalitats, etc.). En la figura 2.1, hi ha un esquema conceptual inacabat, expressat amb l'ajuda del model de dades ER, que només inclou les entitats i les interrelacions detectades inicialment.

Un diagrama ER és un esquema gràfic que serveix per representar un model ER.

UML

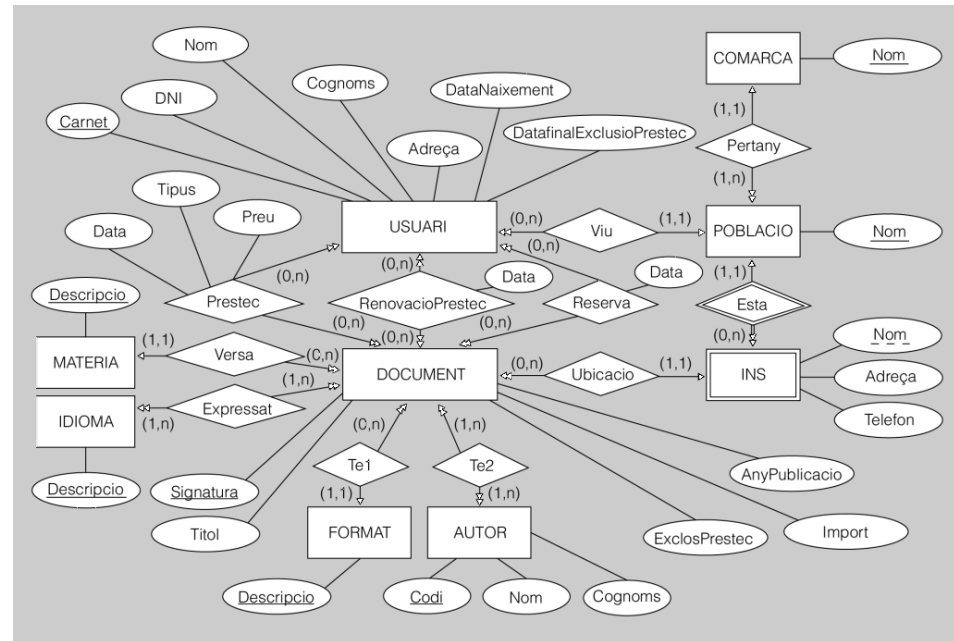
Acrònim de *unified modeling language* (llenguatge unificat de modelització). Notació gràfica que permet especificar dades i aplicacions orientades a objectes.

S'entén per model de dades UML aquella part de l'UML destinada a descriure les dades.

FIGURA 2.1. Diagrama ER inicial de la XBIC**FIGURA 2.2.** Diagrama ER de la XBIC a mig fer

A l'hora de dissenyar el diagrama ER, pot ser una bona pràctica partir d'un primer diagrama inacabat (com el de la figura 2.1) i incorporar-hi més detalls progressivament. En la figura 2.2, per exemple, ja han quedat establertes les cardinalitats i les restriccions de participació.

I l'últim pas que farà el dissenyador per completar el diagrama, de manera que reflecteixi tots els requeriments prèviament detectats, es pot veure en l'exemple de la figura 2.3, en què hi ha especificats tots els atributs i claus.

FIGURA 2.3. Diagrama ER de la XBIC totalment acabat

2.2 Extensions del model Entitat-Relació

Les estructures bàsiques del model Entitat-Relació (model ER) permeten representar la majoria de situacions del món real que habitualment cal incorporar en les BD. Però, de vegades, certs aspectes de les dades s'han de descriure mitjançant unes construccions més avançades del model ER, les quals comporten una extensió del model ER bàsic. Aquestes ampliacions del model ER consisteixen en l'especialització, la generalització i l'agregació, d'entitats.

2.2.1 Especialització i generalització

Ens podem trobar amb el cas d'alguna entitat tipus en què -a més de les característiques generals, comunes a totes les seves instàncies- ens interressi modelitzar, addicionalment, certes característiques específiques aplicables només a part de les seves instàncies.

Aleshores, podrem considerar que aquesta entitat tipus conté altres entitats tipus, de nivell inferior, amb característiques pròpies.

L'**especialització** permet reflectir l'existència d'una entitat general, anomenada *entitat superclasse*, que es pot especialitzar en diferents entitats subclasse.

L'**entitat superclasse** permet representar les característiques comunes de l'entitat des d'un punt de vista general. Les **entitats subclasse**, en canvi, permeten representar les característiques pròpies de les especialitzacions de l'entitat superclasse.

Les instàncies de les subclasses han de ser, al mateix temps, instàncies de la superclasse respectiva.

El procés de designació de subclasses a partir d'una superclasse s'anomena *especialització*.

Exemple d'especialització

Fins ara comptàvem amb una única entitat PROFESSOR, que ens servia per treballar amb tots els docents del centre, ja que encara no havíem detectat cap subconjunt d'aquest col·lectiu que ens hagués fet pensar en implementar-ne una especialització.

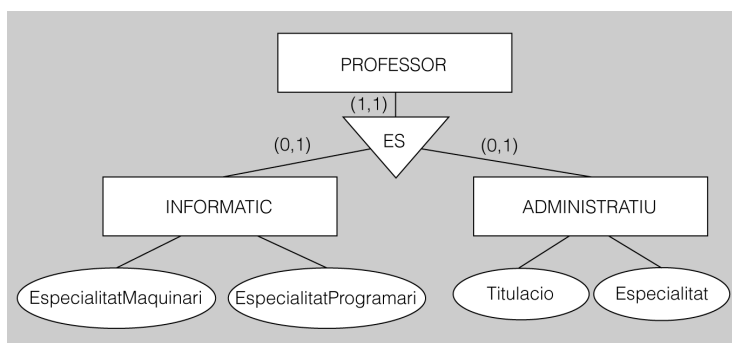
Però resulta que la direcció del centre vol implicar, en la gestió d'aquest i en el seu manteniment informàtic, el professorat de dues famílies professionals: l'administrativa i la informàtica, respectivament.

Per tant, ens interessa tenir constància, d'una banda, de la titulació dels professors de la família administrativa i de la seva especialitat, ja que en funció d'aquestes característiques podran assumir, o no, les responsabilitats que se'ls volen encomanar.

També pot resultar útil saber quina és l'especialitat principal, tant en maquinari com en programari, del professorat de la família d'informàtica, per assignar les tasques de manteniment amb una certa garantia d'èxit.

Com a conseqüència de tot això, implementarem una especialització de l'entitat PROFESSOR en dues subclasses: ADMINISTRATIU, que incorporarà dos nous atributs (Titulació i Especialitat), i INFORMATIC, que n'incorporarà uns altres dos (EspecialitatMaquinari i EspecialitatProgramari).

FIGURA 2.4. Exemple d'especialització



L'especialització en els diagrames ER es representa amb un triangle.

L'especialització, doncs, permet reflectir les diferències entre les instàncies d'una mateixa entitat, mitjançant l'establiment de diferents entitats de nivell inferior, les quals agrupen els subconjunts d'instàncies amb característiques específiques comunes.

Aquestes característiques pròpies de les subclasses poden consistir tant en l'existència d'atributs com en la participació en interrelacions, però en cap cas no poden ser d'aplicació a totes les instàncies de la superclasse considerada com a tal.

La **generalització**, en canvi, és el resultat d'observar com diferents entitats preexistents comparteixen certes característiques comunes (és a dir, identitat d'atributs o d'interrelacions en les quals participen).

En funció de les similituds detectades entre diferents entitats, aquestes es poden arribar a sintetitzar en una sola entitat, de nivell superior, mitjançant un procés de generalització.

La generalització serveix per ressaltar les similituds entre entitats, per sobre de les diferències, i també per simplificar les representacions de les dades, en evitar la repetició d'atributs compartits per diferents subclasses.

Exemple de generalització

Fins ara, hem utilitzat dues entitats diferents que ens han servit per modelitzar dues categories, també diferents, existents al món real: ALUMNE i PROFESSOR.

Però, és evident que tant els alumnes com els professors són persones, tot i que amb rols diferents. Per tant, tindran una sèrie de característiques comunes, que es podran modelitzar de la mateixa manera.

Així, tant els uns com els altres tindran nom, cognoms, telèfons de contacte, etc., que es podran modelitzar mitjançant els mateixos atributs.

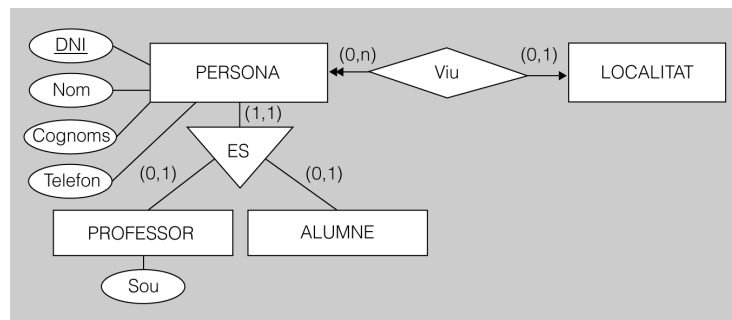
També és possible que totes dues tipologies puguin participar en les mateixes interrelacions. Per exemple, per tal d'indicar la localitat de residència, el més habitual és relacionar l'entitat que representa les persones amb una altra entitat que emmagatzema les diferents localitats.

En definitiva, partint de les entitats ALUMNE i PROFESSOR, podríem crear una altra entitat, superclasse de les anteriors, i anomenar-la, per exemple, PERSONA.

D'aquesta manera implementarem l'entitat PERSONA, com a generalització d'ALUMNE i PROFESSOR, la qual contindrà els atributs comuns a les seves subclasses, i a més participará directament en les interrelacions que també siguin comunes a les subclasses esmentades.

La generalització en els diagrames ER es representa amb un triangle, com en l'especialització.

FIGURA 2.5. Exemple de generalització



El producte resultant de l'especialització i de la generalització és, doncs, idèntic. La diferència entre ambdós recau en el tipus de procés que condueix a cadascuna:

- L'especialització deriva d'un procés de disseny descendent, durant el qual, a partir d'una entitat preexistent, considerada com a superclasse es detecta la utilitat d'establir certes subclasses, a causa de l'existència de certes característiques (atributs i participacions en interrelacions) no aplicables a totes les instàncies de la superclasse.
- La generalització respon a un procés considerat de disseny ascendent. Durant aquest tipus de disseny es valora la utilitat de contemplar unes quantes entitats preexistents, anomenades subclasses, dependents d'una

mateixa superclasse comuna a totes elles. La superclasse presenta unes característiques comunes (atributs i participacions en interrelacions) a totes les subclasses que en depenen.

Herència de propietats

Tant en el cas de generalització com en el d'especialització, les característiques de l'entitat superclasse s'estenen cap a les entitats subclasse. Com ja sabem, aquestes característiques poden consistir o bé en atributs de l'entitat superclasse, o bé en la seva participació en diferents interrelacions.

Anomenem **herència de propietats** la transmissió de característiques (atributs i interrelacions) des de l'entitat superclasse cap a les entitats subclasse.

Pot passar que una mateixa entitat adopti el rol de subclasse en un procés de generalització o especialització i que, al mateix temps, assumeixi el paper de superclasse en un altre d'aquests processos en què participi.

Quan es produeix una jerarquia d'entitats, les entitats dels nivells inferiors poden heretar característiques no solament de la superclasse respectiva, sinó també d'altres classes de nivells superiors.

Anomenem **herència múltiple** la recepció, per part d'una entitat subclasse, tant de les característiques (atributs i interrelacions) de la seva superclasse, com de les d'altres entitats de nivells superiors, dins d'una estructura jeràrquica d'entitats amb generalitzacions o especialitzacions encadenades.

Jerarquia d'entitats

Quan s'encadenen diferents generalitzacions o especialitzacions de tal manera que una mateixa entitat és subclasse d'una estructura, i superclasse d'una altra, té lloc el que s'anomena *jerarquia d'entitats*.

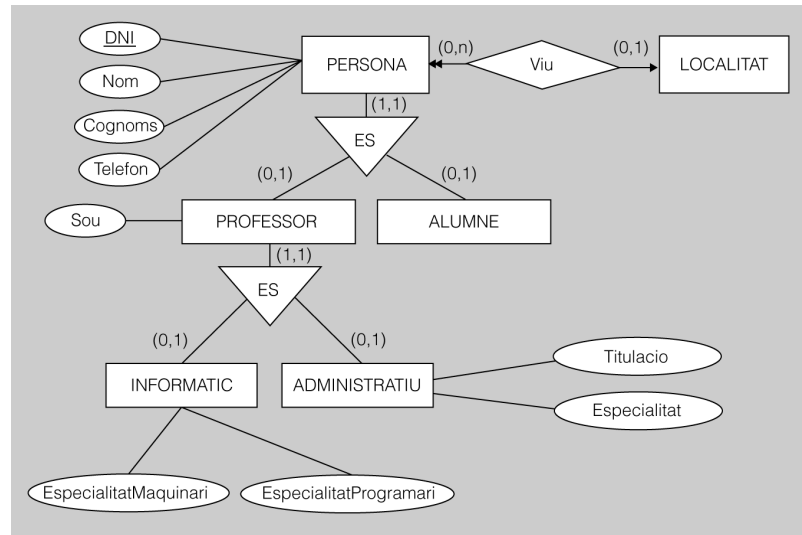
Exemple de jerarquia d'entitats i d'herència múltiple

Com a resultat d'un procés de generalització hem conferit, a l'entitat PERSONA, la qualitat de superclasse de les entitats PROFESSOR i ALUMNE, considerades subclasses d'aquella.

Al mateix temps, però com a resultat d'un procés d'especialització, hem conferit a l'entitat PROFESSOR la categoria de superclasse de dues noves entitats, subclasses de la mateixa: INFORMATIC i ADMINISTRATIU.

A conseqüència de tot això, les entitats del nivell inferior (INFORMATIC i ADMINISTRATIU) no solament heretaran les característiques de la seva superclasse (PROFESSOR), sinó també les de les altres entitats de nivells superiors de les quals siguin descendents i, per tant, hereves.

En aquest cas, doncs, INFORMATIC i ADMINISTRATIU heretaran les característiques de la seva superclasse (PROFESSOR) i també les propietats de la superclasse d'aquella (PERSONA). Però no heretaran cap propietat d'ALUMNE, perquè no són descendents d'aquesta entitat.

FIGURA 2.6. Exemple d'herència múltiple

Restriccions

Per tal de modelitzar més exactament la parcel·la del món real que ens interressi, es poden establir certes restriccions sobre les especialitzacions o generalitzacions detectades.

Un primer tipus de restriccions defineix si les instàncies poden pertànyer simultàniament o no a més d'una subclasse d'una estructura simple (és a dir, que compti amb una sola superclasse i un sol nivell de subclasses) de generalització o especialització. En aquests casos, les entitats de tipus subclasse poden ser de dos tipus:

- **Disjunts.** Una mateixa entitat instància no pot aparèixer en dues entitats subclasse diferents. Es representa en el diagrama afegint una etiqueta amb la lletra D.
- **Encavalcades.** Una mateixa entitat instància pot aparèixer en dues (o, fins i tot, en més de dues) entitats subclasse diferents. Es representa en el diagrama afegint una etiqueta amb la lletra E.

Un segon tipus de restriccions especifica si tota instància de la superclasse ha de pertànyer simultàniament a una o més de les subclasses o no. Aquí les entitats de tipus subclasse també poden ser de dos tipus:

- **Totals.** Tota instància de l'entitat superclasse ha de pertànyer simultàniament, com a mínim, a una de les seves entitats subclasse. Es denota amb l'etiqueta T.
- **Parcials.** Algunes instàncies de l'entitat superclasse poden no pertànyer simultàniament a cap de les seves entitats subclasse. Es denota amb l'etiqueta P.

Combinant aquestes restriccions obtenim, doncs, quatre possibilitats aplicables a les subclasses d'una generalització o especificació. Cal separar les lletres que s'inclouen en l'etiqueta amb una coma:

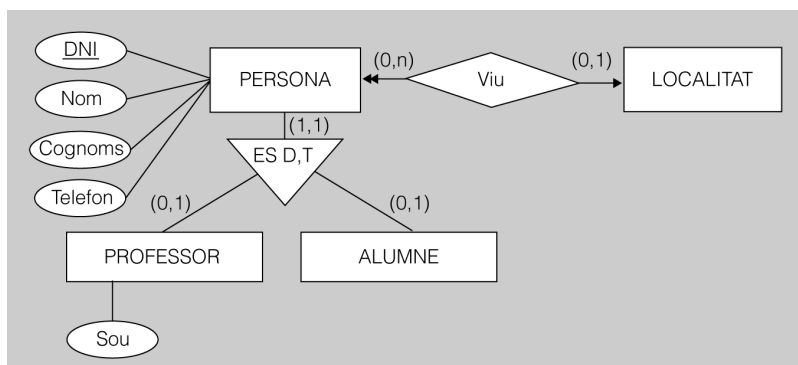
- D, T (disjunctes i totals)
- D, P (disjunctes i parcials)
- E, T (encavalcades i totals)
- E, P (encavalcades i parcials)

Exemple de subclasses D, T

Haurem de considerar disjunctes les subclasses de PERSONA si els reglaments de funcionament del centre no permeten que cap professor s'hi matriculi com a alumne, simultàniament amb l'exercici de la seva tasca docent.

Al mateix temps, les considerarem totals si la nostra BD registra exclusivament les dades de professors i d'alumnes, sense ocupar-se d'altres categories de persones (com podria ser el personal administratiu, de manteniment, de neteja, etc.).

FIGURA 2.7. Exemple de subclasses D, T

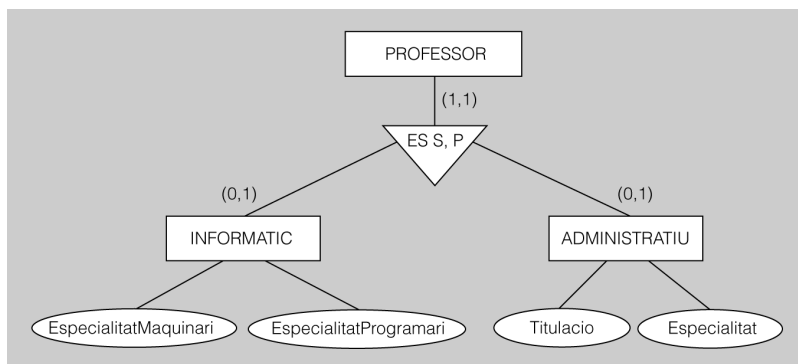


Exemple de subclasses E, P

Haurem de considerar encavalcades les subclasses de PROFESSOR si volem reflectir el fet que alguns professors, tot i exercir com a tals amb una especialitat concreta en un curs acadèmic, poden tenir altres especialitats. Per tant, un professor podrà ser simultàniament INFORMATIC i ADMINISTRATIU.

D'altra banda, les considerarem parcials perquè al nostre institut hi podrà haver, amb tota seguretat, professors d'altres especialitats (com ara electròniques, comercials, etc.), que no seran ni informàtics ni administratius.

FIGURA 2.8. Exemple de subclasses E, P



Per reflectir una combinació de característiques encara més complicada, s'ha de recórrer a una especificació textual que acompanyi el diagrama.

Exemple de subclasses amb diferents restriccions

Imaginem que volem afegir una nova subclasse de PERSONA, per tal d'incloure-hi el personal d'administració i serveis del centre. Anomenarem aquesta nova entitat ADMO_SERVEI.

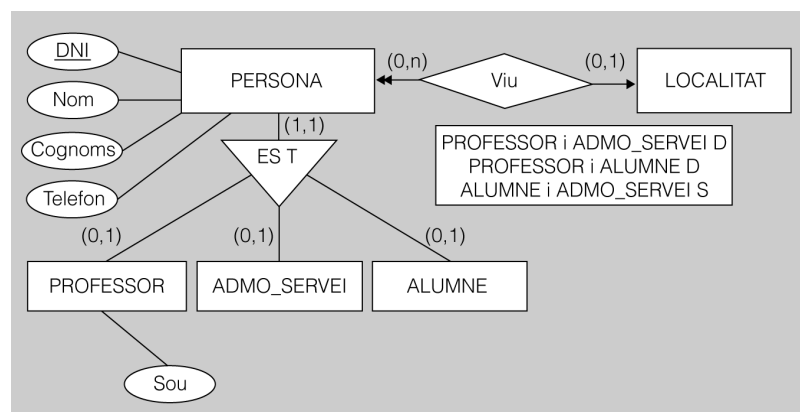
Ja hem exposat més amunt que els reglaments interns del nostre institut no permeten que cap professor sigui, simultàniament, alumne del centre. Però ara ens trobem que, al personal d'administració i serveis, sí que se li permet matricular-se com a alumne en algun dels estudis impartits al centre al mateix temps que exerceixen la seva tasca professional.

Totes tres subclasses seran totals, com abans, perquè tothom haurà de pertànyer a alguna de les tres categories reflectides.

PROFESSOR i ALUMNE seran disjunts entre elles, igual que PROFESSOR i ADMO_SERVEI, ja que no es poden compatibilitzar les condicions esmentades. Però, al mateix temps, ALUMNE i ADMO_SERVEI seran encavalcades, perquè una persona podrà estar inclosa en aquestes dues categories simultàniament, segons hem vist.

Per reflectir una realitat com aquesta, no hi ha altre remei que fer servir una especificació textual que, tot acompanyant el diagrama, aclareixi degudament les característiques específiques de cada subclasse o agrupació d'aquestes.

FIGURA 2.9. Exemple de subclasses amb diferents restriccions



Notació

Tant l'especialització com la generalització es representen mitjançant un triangle que inclou, al seu interior, l'etiqueta ES. Aquesta etiqueta indica que tota instància de qualsevol de les subclasses és, al mateix temps, una instància de la superclasse corresponent (per exemple, tant un informàtic com un administratiu seran, al mateix temps, un professor).

Per distingir clarament la superclasse en els casos en què hi ha un gran nombre d'entitats subclasse implicades en l'estructura, o bé quan resulta difícil, per les característiques del diagrama, alinear clarament totes les subclasses, és convenient indicar els límits de cardinalitat de la generalització o especialització. Per a això, només cal afegir una etiqueta del tipus mín..màx, per tal d'expressar els límits respectius, al costat de la línia que uneix cada entitat amb el triangle que representa la generalització o especialització, en què mín i màx podran tenir els valors següents:

- 1..1 en la línia que enllaça la superclasse, perquè tota instància de qualsevol subclasse sempre constituirà, simultàniament, una i només una instància de la superclasse.
- 0..1 en la línia que enllaça cada subclasse, perquè no necessàriament tota instància de la superclasse haurà de ser, simultàniament, instància de la subclasse en qüestió (ho podrà ser d'una altra subclasse, o podrà no ser-ho de cap, si estem en presència d'una restricció de parcialitat).

Les entitats que formen part d'una estructura de generalització o especialització es representen com la resta d'entitats: cadascuna amb un rectangle que incorpora el nom respectiu, i els atributs respectius encerclats dins d'el·lipses lligades a la seva entitat amb una línia. Si els atributs formen una clau primària, el seu nom haurà d'anar subratllat.

En termes de notació diagramàtica, no s'estableix cap diferència entre una generalització i una especialització. Les diferències entre ambdós fenòmens es redueixen al procés que s'ha seguit per derivar en cadascun d'ells, però no en el resultat, que sempre és el mateix: l'establiment d'una superclasse i d'unes subclasses amb unes restriccions concretes, que es representen afegint, a l'etiqueta ES, les inicials de les dues restriccions aplicables separades per una coma:

- D, T (disjunctes i totals)
- D, P (disjunctes i parcials)
- E, T (encavalcades i totals)
- E, P (encavalcades i parcials)

2.2.2 Agregacions d'entitats

Amb les regles bàsiques del model ER, només es poden modelitzar interrelacions en què participen exclusivament entitats, però no es pot expressar la possibilitat que una interrelació participi directament en una altra interrelació. Però hi ha un mecanisme, anomenat *agregació*, que permet superar la limitació descrita anteriorment, tot considerant una interrelació entre entitats com si fos una entitat, i utilitzant-la com a tal.

Les agregacions també són conegudes com a entitats associatives.

L'agregació d'entitats és una abstracció, mitjançant la qual, una interrelació es tracta com una entitat de nivell més alt, que agrupa les entitats interrelacionades gràcies a ella. L'agregació ha de tenir el mateix nom que la interrelació sobre la qual es defineix.

La utilitat d'una agregació d'entitats, doncs, consisteix en el fet que la interrelació en què es basa es pot interrelacionar amb altres entitats. Una agregació d'entitats

es denota requadrant totes les entitats que participen en una interrelació determinada, per tal de construir una nova entitat que pot establir les pròpies interrelacions.

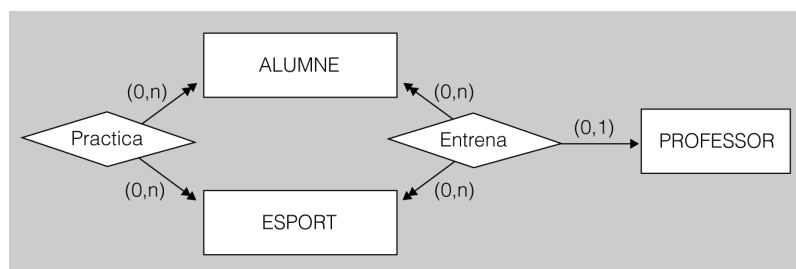
Exemple d'agregació d'entitats

Considerem la interrelació Practica, binària i de cardinalitat N-M, que té lloc entre les entitats ALUMNE i ESPORT, que ja coneixem.

Imaginem ara que es vol tenir constància del professor que, si és el cas, es dedica a entrenar un alumne que practica un esport determinat. I recordem que ja existeix en el nostre model una entitat anomenada PROFESSOR.

Una alternativa per representar aquesta realitat consistiria a crear una interrelació ternària, anomenada, per exemple, Entrena, entre les entitats ALUMNE, ESPORT i PROFESSOR (figura 2.10).

FIGURA 2.10. Exemple d'interrelacions redundants



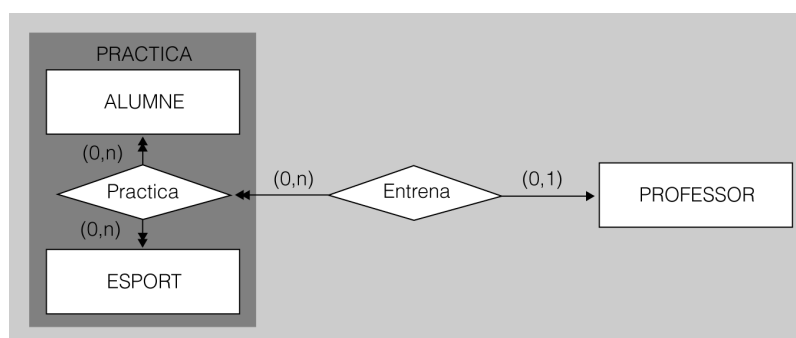
D'aquesta manera, pot semblar que les interrelacions Practica i Entrena es poden combinar en una única interrelació. Però això no és del tot cert, ja que hi haurà interrelacions entre ALUMNE i ESPORT que no disposaran necessàriament d'un professor que actuï com a entrenador.

Ara bé, hi ha informació redundant en l'esquema proposat fins ara, ja que tota combinació entre instàncies de les entitats ALUMNE i ESPORT que hi ha a Entrena també és a Practica.

Si l'entrenador només fos un valor, ens podríem plantejar simplement afegir un atribut a la interrelació Practica, que es digués, per exemple, Entrenador. Però en existir una entitat (PROFESSOR) que conté la instància aplicable a cada cas, quan és necessari, hem de descartar aquesta possibilitat.

Així, doncs, la millor manera de reflectir totes aquestes circumstàncies és fer ús d'una agregació d'entitats. En aquest cas, cal considerar la interrelació Practica, entre ALUMNE i ESPORT, com una altra entitat de nivell més alt, anomenada PRACTICA. I, seguidament, es pot establir una interrelació binària amb cardinalitat 1-N entre PROFESSOR i l'agregació PRACTICA, i anomenar-la Entrena, i que inclogui les combinacions necessàries entre ambdues, per tal de modelitzar qui entrena la pràctica dels esports per part dels alumnes, quan es produeix aquesta circumstància (figura 2.11).

FIGURA 2.11. Exemple d'agregació d'entitats sense redundància



Les agregacions d'entitats en els diagrames ER es representen com una agrupació rectangular de les entitats i relacions que integren.

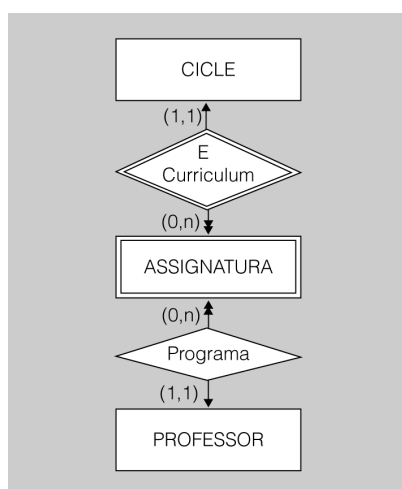
La tècnica de les agregacions engloba la de les entitats febles, però encara resulta més potent: sempre que fem servir una entitat dèbil, la podrem substituir per una agregació, però no a l'inrevés. Ara bé, cal mantenir les entitats febles en el model ER perquè, tot i que resulten menys complexes que les agregacions, normalment són suficients per modelitzar la majoria de les situacions que es produeixen al món real.

Exemple de substitució d'una entitat feble per una agregació

Recuperem l'entitat feble ASSIGNATURA. Ara imaginem que, per establir un cert control en matèria de coordinació pedagògica, es necessita saber qui és el professor responsable de realitzar la programació didàctica de cada assignatura.

Entre PROFESSOR i ASSIGNATURA es pot establir una interrelació binària de cardinalitat 1-N per representar aquest fet, que s'anomena, per exemple, Programa.

FIGURA 2.12



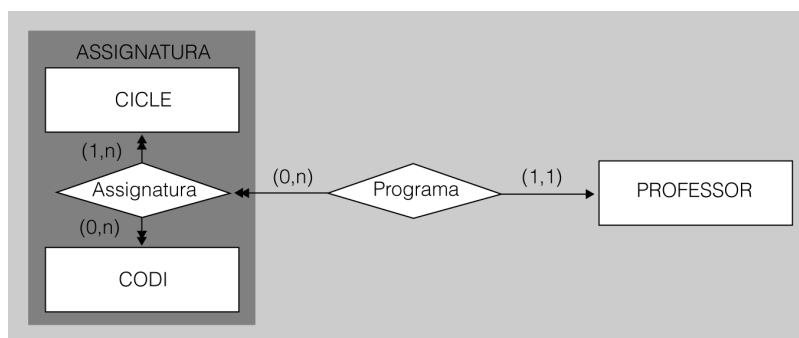
Però, alternativament, podríem modelitzar aquesta dada convertint ASSIGNATURA en una agregació.

Per aconseguir-ho, en primer lloc hauríem de considerar una nova entitat, i anomenar-la per exemple CODI, que emmagatzemés simplement codis d'assignatura (com ara C1, C2, C3, etc.).

A continuació, hauríem d'establir, d'una banda, una interrelació binària de cardinalitat N-M entre CICLE i CODI, i anomenar-la Assignatura. I, d'altra banda, també hauríem d'obtenir una agregació de la interrelació entre CICLE i CODI (és a dir, Assignatura).

Finalment, hauríem d'interrelacionar l'agregació resultant amb l'entitat PROFESSOR, amb una senzilla interrelació binària amb cardinalitat 1-N, anomenada Programa (figura 2.13).

FIGURA 2.13. Exemple de substitució d'una entitat feble per una agregació (resultat)



Notació

Les agregacions també es representen freqüentment incloent, dins d'un requadre, només el rombe de la interrelació de la qual provenen les entitats implicades.

Les agregacions d'entitats es representen incloent dins d'un requadre totes les entitats que participen en una interrelació determinada.

Des d'una interrelació, es pot fer arribar una fletxa (de punta senzilla o doble, per tal d'expressar la cardinalitat 1 o N, respectivament) fins al rombe inclòs dins del requadre que indica l'existència d'una agregació (o bé fins al mateix requadre, exactament igual que si es tractés d'una simple entitat).

Tota agregació ha de tenir el mateix nom que la interrelació sobre la qual es defineix.

2.2.3 Exemple: BD d'un institut de formació professional

Ara desenvolupem un exemple de disseny conceptual de BD, corresponent a un institut de formació professional, per il·lustrar per separat els diferents conceptes i la seva respectiva modelització. Es tracta de dissenyar una BD per gestionar el personal de l'institut (compost pels professors, i pels treballadors d'administració i serveis) i el seu alumnat, a més dels estudis impartits.

Les descripcions següents resumeixen els requisits dels usuaris de la futura BD:

Els requisits per dissenyar una BD...

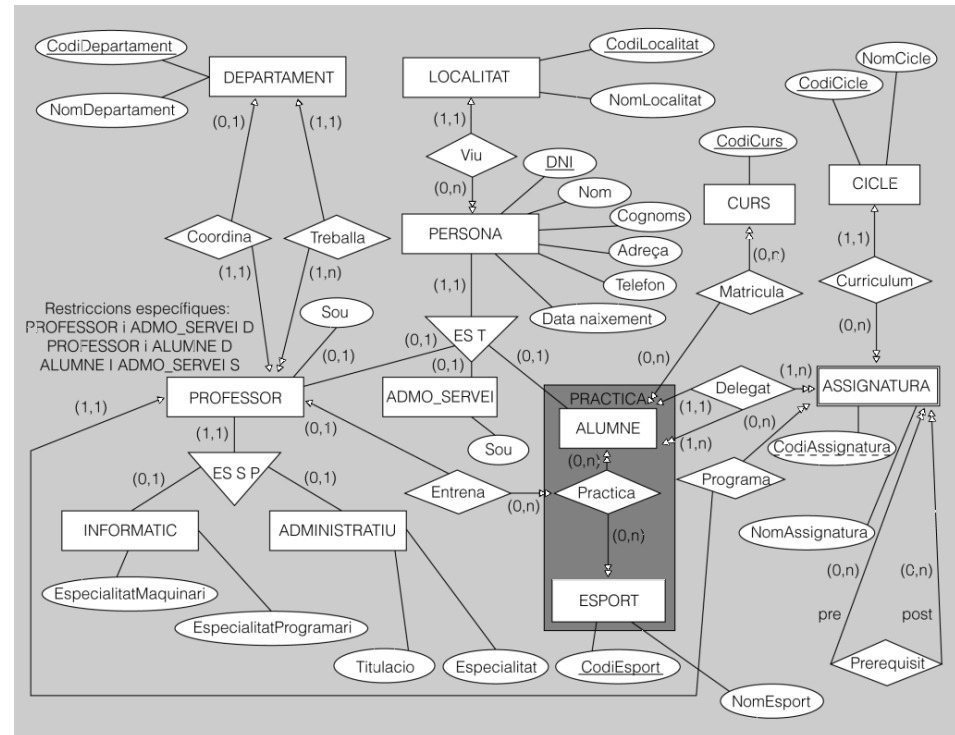
... d'un institut real segurament serien molt més nombrosos que els que hem exposat aquí, els quals estan seleccionats amb finalitats educatives, i no necessàriament en funció de la seva importància o freqüència en el món real.

- Les persones que formen part de la nostra comunitat educativa s'identifiquen mitjançant el DNI (o document equivalent, com ara la targeta de residència).
- També volem conèixer, d'aquestes persones, el nom i cognoms, l'adreça, un (i només un, de moment) telèfon de contacte, i la data de naixement.
- A més, hem de tenir registrada la localitat de residència, tot tenint en compte que la BD ha de poder emmagatzemar, per a altres usos, localitats on no visqui ningú.
- Tota persona de la comunitat educativa pertany, com a mínim, a un dels tres subtipus següents:
 - Professors
 - Alumnes
 - Personal d'administració i serveis
- Les persones només poden mantenir un tipus de relació laboral amb el centre educatiu. Per tant, els professors no poden pertànyer simultàniament al col·lectiu del personal d'administració i serveis.
- Tampoc no està permès que els professors es matriculin en el centre de treball en cap dels estudis impartits. Per tant, els professors no es poden considerar simultàniament alumnes.

- En canvi, sí està permès als integrants del col·lectiu d'administració i serveis que es matriculin, fora del seu horari laboral, en algun dels estudis impartits. Per tant, el personal d'administració i serveis pot pertànyer simultàniament a la categoria d'alumne.
- Hem de tenir constància del sou dels professors i del personal d'administració i serveis.
- Organitzativament, tot professor està assignat a un sol departament. I cada departament té assignat un dels seus professors com a coordinador.
- Tot professor té reconeguda una especialitat determinada (o més d'una). Però internament, la BD de l'institut només necessita registrar quins dels professors que té assignats el centre pertanyen a les especialitats d'informàtica o d'administració, per tal d'assignar-los tasques específiques addicionals a les docents que els són pròpies.
 - De cada informàtic, voldrem saber les especialitats professionals, quan n'hi hagin, tant en l'àmbit del maquinari com també en el del programari.
 - De cada administratiu, voldrem conèixer la titulació acadèmica i l'especialitat professional, si en té.
- Els alumnes poden practicar alguns esports a les instal·lacions del centre. I, fins i tot, poden disposar d'alguns professors com a entrenadors personals, que s'han ofert voluntàriament per realitzar aquesta tasca.
- Com és lògic, en tractar-se d'un centre de formació professional, l'institut del nostre exemple ofereix diferents estudis estructurats en cicles formatius, i cada cicle formatiu té les seves pròpies assignatures. Ens interessa, doncs, codificar les assignatures de la mateixa manera que es fa en el currículum oficial del cicle formatiu al qual pertanyen. El problema és que aquests codis es repeteixen per a tots els cicles formatius, ja que la codificació sempre consisteix en una C (per ser la inicial de la paraula *crèdit*) seguida d'un número enter (C1, C2, C3, i així successivament).
- Dins d'un mateix cicle formatiu, es pot exigir als alumnes que, per matricular-se en algunes assignatures, hagin superat alguna assignatura (o més d'una).
- D'altra banda, sempre hi ha un professor encarregat de realitzar la programació didàctica de cada assignatura. Un mateix professor, però, es pot encarregar de la programació didàctica de més d'una assignatura.
- Tots els alumnes del centre tenen un company que actua com a delegat en l'àmbit d'una assignatura i s'encarrega, per exemple, de distribuir els materials o les bateries d'exercicis. Un mateix alumne pot actuar com a delegat en l'àmbit de més d'una assignatura. Però cada alumne només tindrà un delegat en cada assignatura en què estigui matriculat.
- Finalment, la BD ha de recollir a quines assignatures està matriculat cada alumne en cada curs acadèmic, i la nota final obtinguda.

La figura 2.14 mostra un diagrama ER que compleix els requisits esmentats anteriorment.

FIGURA 2.14. Exemple: BD d'un institut de formació professional



A continuació, es mostra una llista de totes les entitats que apareixen en el diagrama, acompanyades dels respectius atributs (subratllats si formen part d'una clau primària).

- DEPARTAMENT
 - CodiDepartament, NomDepartament
- LOCALITAT
 - CodiLocalitat, NomLocalitat
- PERSONA
 - DNI, Nom, Cognoms, Adreça, Telefon, DataNaixement
- PROFESSOR (subclasse de PERSONA)
 - DNI, Sou
- ADMO_SERVEI (subclasse de PERSONA)
 - DNI, Sou
- ALUMNE (subclasse de PERSONA)
 - DNI
- INFORMATIC (subclasse de PROFESSOR)
 - EspecialitatMaquinari
- ADMINISTRATIU (subclasse de PROFESSOR)
 - EspecialitatProgramari
- CURS
 - CodiCurs
- CICLE
 - NomCicle, CodiCicle
- ASSIGNATURA
 - CodiAssignatura, NomAssignatura
- ESPOORT
 - CodiEsport, NomEsport

- DNI, EspecialitatMaquinari, EspecialitatProgramari
- ADMINISTRATIU (subclasse de PROFESSOR)
 - DNI, Titulacio, Especialitat
- ESPORT
 - CodiEsport, NomEsport
- CURS
 - CodiCurs
- CICLE
 - CodiCicle, NomCicle
- ASSIGNATURA (entitat feble: CodiAssignatura la identifica parcialment, i necessita el codi del cicle corresponent per tal d'identificar-se completament)
 - CodiAssignatura, NomAssignatura

Finalment, cal comentar alguns dels aspectes més complexos d'aquest model, proporcionat a tall d'exemple:

- Les subclasses en què s'especialitza PROFESSOR (INFORMATIC i ADMINISTRATIU) són encavalcades (E) entre elles, i a més a més parcials (P):
 - Són encavalcades perquè les instàncies de la superclasse poden pertànyer simultàniament a ambdues categories.
 - Són parcials, perquè no totes les instàncies de la superclasse han de pertànyer necessàriament a alguna de les dues categories.
- Les subclasses que donen lloc a la generalització de PERSONA (PROFESSOR, ADMO_SERVEI i ALUMNE) són totals, perquè tota instància de la superclasse ha de pertànyer simultàniament a alguna de les tres subclasses esmentades. Ara bé, respecte al fet de si poden pertànyer simultàniament a diferents subclasses o no, tenen restriccions específiques, i les combinen de dues en dues. Aquesta particularitat està especificada textualment dins del diagrama:
 - PROFESSOR i ADMO_SERVEI: les entitats són disjunctes entre elles, perquè les instàncies respectives no poden pertànyer al mateix temps a totes dues.
 - PROFESSOR i ALUMNE: es dona la mateixa circumstància que en el cas anterior.
 - ALUMNE i ADMO_SERVEI: les entitats són encavalcades entre elles, perquè les instàncies respectives sí poden pertànyer al mateix temps a totes dues.

- Entre DEPARTAMENT i PROFESSOR hi ha dues interrelacions perquè serveixen per modelitzar dues realitats diferents: la coordinació del departament per part d'un professor (amb cardinalitat 1:1), i el fet que una pluralitat de professors estiguin adscrits al mateix (amb cardinalitat 1:N).
- La localitat de residència de les persones s'ha implementat mitjançant una entitat independent, i no com un simple atribut de l'entitat PERSONA. D'aquesta manera, s'evitaran redundàncies, perquè cada localitat només es registrarà un cop dins de la BD, tot i que després s'interrelacionarà amb totes les instàncies de PERSONA que calgui.
- S'ha optat per establir una agregació a partir de la interrelació Practica, per tal de permetre establir una altra interrelació (Entrena) entre aquesta i PROFESSOR, que evita la redundància de dades que hi hauria si s'hagués utilitzat una interrelació ternària entre ALUMNE, ESPORT i PROFESSOR, ja que contindria totes les combinacions de la interrelació entre ALUMNE i ESPORT. I no es podria implementar simplement una ternària entre ALUMNE, ESPORT i PROFESSOR, i suprimir la binària esmentada, perquè els alumnes també poden practicar els esports per lliure, sense cap professor que els entreni.
- Per representar la figura de l'alumne delegat d'assignatura, ha calgut recórrer a una interrelació recursiva ternària, ja que és necessari interrelacionar cada alumne que actua com a delegat amb els seus alumnes representats i, a més, amb l'assignatura de què es tracti en cada cas.
- Per representar els prerequisits de matriculació, hem afegit una altra interrelació recursiva, en aquest cas binària, que serveix per associar les assignatures entre elles quan és necessari.
- Fixem-nos que la interrelació ternària Matricula, entre CURS, ALUMNE i ASSIGNATURA, amb cardinalitat M:N:P, té un atribut propi per tal d'emmagatzemar la nota final de cada alumne.

3. Annex: Decisions de disseny

El disseny de les BD consisteix a definir una estructuració de les dades tal que satisfaci les necessitats dels futurs usuaris del sistema d'informació que es vol construir.

Per tal de satisfer com cal els requeriments funcionals dels usuaris, el dissenyador de BD haurà de considerar els diferents tipus d'operacions a realitzar sobre les dades.

El dissenyador haurà de prendre certes decisions en la modelització de les dades, que fins i tot poden comportar la revisió de l'esquema trobat inicialment, com per exemple en els àmbits següents:

- Ús d'entitats o d'atributs
- Ús d'entitats o d'interrelacions
- Ús d'una interrelació n-ària o de diferents interrelacions binàries
- Ubicació dels atributs de les interrelacions
- Ús de l'entitat DATA

El dissenyador també haurà de detectar i evitar els paranys de disseny que es puguin produir en fer conceptualitzacions errònies del món real, com ara:

- Encadenament erroni d'interrelacions binàries 1-N
- Ús incorrecte d'interrelacions binàries M-N
- Falses interrelacions ternàries

A continuació, cal plasmar totes aquestes decisions en una documentació que permeti continuar treballant en les fases de disseny posteriors.

Pot ser interessant per al dissenyador de BD conèixer algunes notacions alternatives que permetin representar els mateixos conceptes del model ER de manera equivalent, com ara l'estàndard UML (*unified modeling language*), o llenguatge unificat de modelització, el qual permet modelar simultàniament dades i funcionalitats, i que està especialment orientat al disseny global de dades i d'aplicacions que s'hagin d'implementar preferentment mitjançant llenguatges de programació orientats a objectes.

3.1 Alternatives de disseny

Una de les característiques fonamentals del model ER és que és molt flexible. Tant és així, que una mateixa realitat pot ser modelitzada de diferents maneres pel dissenyador, el qual de vegades disposa d'alternatives a l'hora de definir les entitats i les seves interrelacions.

3.1.1 Ús alternatiu d'entitats o d'atributs

De vegades, un mateix objecte del món real es pot representar mitjançant un atribut o una entitat.

Considerem la ja coneguda entitat DOCUMENT, del model ER que hem elaborat per la XBIC, i que compta amb els atributs Signatura, Títol, AnyPublicacio, Import i ExclosPrestec. Es podria argumentar que el títol del document podria constituir una entitat per ell mateix. Els motius són els següents:

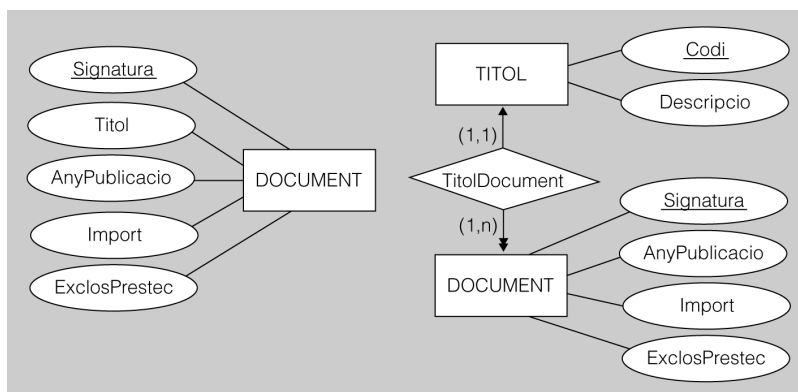
L'exemple que s'utilitza parteix de la informació referida en l'apartat "Captura i abstracció dels requeriments de dades" del nucli d'activitat "Disseny de BD".

- Una biblioteca pot disposar de més d'un exemplar d'alguns títols (per exemple, una biblioteca podrà tenir dos o tres exemplars d'una mateixa novel·la si la demanda ho aconsella).
- Una biblioteca també pot disposar d'un mateix títol en diferents formats, cadascun constituirà un document diferent (pensem en el cas, per exemple, d'un mateix títol per a una obra que està disponible en format llibre, còmic i DVD).
- Finalment, un mateix títol pot estar disponible a més d'una biblioteca, i la futura BD ha de possibilitar el préstec interbibliotecari de documents i, per tant, la seva consulta.

Si s'accepta aquest punt de vista, l'entitat DOCUMENT originària s'hauria de tornar a definir de la manera següent:

- L'entitat DOCUMENT es quedaria amb els atributs Signatura, AnyPublicacio, Import i ExclosPrestec, i perdria l'atribut Títol.
- Hi hauria una nova entitat, anomenada TITOL. En previsió de la possible coincidència d'un mateix títol per a diferents obres, establim un atribut anomenat Codi, com a clau primària de l'entitat, i un altre atribut anomenat Descripcio, que emmagatzemarà els diferents títols de què disposin els fons bibliogràfic i documental de la XBIC.
- Seria necessari establir una interrelació entre les entitats TITOL i DOCUMENT, amb cardinalitat 1-N, i anomenar-la, per exemple, TítolDocument, per tal de reflectir l'associació entre cada títol i els documents respectius.

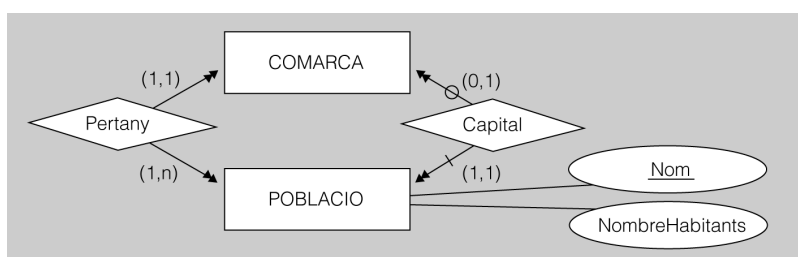
En la figura 3.1, es poden veure dos diagrames alternatius segons si es tracta el títol dels documents com un atribut o bé com una entitat.

FIGURA 3.1. Ús alternatiu d'entitats o d'atributs

Quines són, aleshores, les diferències fonamentals entre les dues opcions considerades? Tractar un concepte del món real com una entitat en lloc de com un atribut comporta certs avantatges:

- Evita redundàncies de dades, ja que un mateix valor (com per exemple el títol d'un document) només s'introduirà un cop (i no un cop per l'atribut de cada exemplar), la qual cosa permet el següent:
 - Estalviar espai en la BD.
 - Minimitzar la possibilitat d'error dels usuaris (i al mateix temps facilitar-los la correcció).
 - Optimitzar les consultes sobre la BD i potenciar-ne la coherència dels resultats.
- Assigna una cardinalitat (1 o N), i uns límits sobre aquesta, sense recórrer a l'ús d'atributs multivaluats (els quals no són directament implementables en el model relacional, que continua essent el model lògic més utilitzat), de tal manera que podem assignar 0, 1 o més valors en cada cas, segons la realitat que correspongui modelitzar.
- Inclou informació addicional afegint nous atributs a l'entitat creada o, si no, relacionant aquesta amb altres entitats.

Així, doncs, estem en condicions d'afegir, per exemple, un nou atribut a l'entitat **POBLACIO** que ens indiqui el nombre d'habitants, o bé d'establir una nova interrelació amb **COMARCA** que ens indiqui quina és la capital de cadascun d'aquests ens territorials, tal com es pot veure en la figura 3.2.

FIGURA 3.2. Nous atributs

Evidentment, aquestes opcions no haurien estat possibles si haguéssim conceptualitzat les poblacions com a simples atributs d'algunes entitats del model (concretament de COMARCA, IES i USUARI).

Això no significa que sempre és recomanable l'ús d'entitats abans que no pas d'atributs. El primer que hauríem de fer abans d'adoptar una decisió en aquest sentit seria examinar si l'atribut en qüestió emmagatzemarà valors repetits, ja que en cas contrari, normalment, serà preferible obtenir només un objecte (una entitat) en lloc de tres (dues entitats i una interrelació), la qual cosa comporta un resultat molt més compacte.

En definitiva, el fet de tractar un concepte com a entitat és una opció més general que no pas tractar-lo com a atribut, la qual permet emmagatzemar informació addicional, afegint nous atributs o bé establint noves interrelacions.

Ara bé, decidir-se per aquesta opció només té sentit quan resulta d'alguna utilitat. Per exemple, difícilment es podria defensar el tractament del nom propi dels usuaris com a entitat per si mateix. Encara que, de ben segur, es produiran repeticions de valors en aquest atribut, utilitzar una entitat per representar-lo només complicaria l'esquema resultant, però no reflectiria millor la realitat que es vol modelitzar ni, en principi, aportaria cap avantatge respecte a l'opció inicial.

3.1.2 Ús alternatiu d'entitats o d'interrelacions

De vegades, és millor representar un objecte del món real mitjançant una entitat i, d'altres vegades, com una interrelació.

Com a regla general, podem fer les afirmacions següents:

- Les entitats consisteixen en objectes del món real, independentment del fet que existeixin físicament com, per exemple un cotxe, o que tinguin un caràcter més aviat abstracte, com ara una pòlissa d'assegurança. Habitualment, ens hi referim amb substantius.
- En canvi, les interrelacions, haurien de servir per representar accions o processos que tenen lloc entre entitats. És freqüent referir-s'hi utilitzant verbs (encara que sigui amb participis).

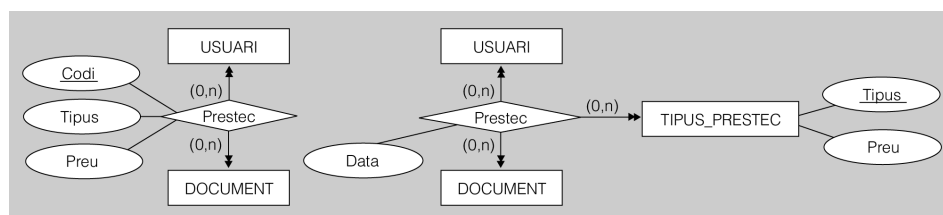
Considerar el préstec de documents als usuaris com a una interrelació amb tres atributs propis (Data, Tipus i Preu) provoca certs problemes, ja que els atributs descriptius Tipus i Preu tenen molts pocs valors possibles:

- préstec normal, gratuït

- préstec interbibliotecari, 1,20 €
- préstec a domicili, 1,50 €

Aquestes tres parelles de valors es repetiran per a cada préstec, ocuparan inútilment molt espai d'emmagatzemament i, encara pitjor, deixaran en les mans dels usuaris de la BD (o, com a màxim, dels informàtics que programin aplicacions contra la BD), a cada nova inserció, la responsabilitat de la consistència de les dades, ja que aquests atributs mai no haurien de tenir valors diferents dels esmentats.

FIGURA 3.3. Ús alternatiu d'entitats o d'interrelacions



Una possibilitat per evitar aquesta problemàtica consistiria a considerar l'existència d'una entitat, anomenada TIPUS_PRESTEC, amb dos atributs, que serien Tipus, com a clau primària, i Preu. Aleshores es podria establir una interrelació ternària de cardinalitat M-N-P entre USUARI, DOCUMENT i PRESTEC, que només incorporés l'atribut Data. Podem veure l'esquema plantejat inicialment i l'alternativa que acabem de descriure en la figura 3.3.

3.1.3 Ús alternatiu d'interrelacions binàries o ternàries

Les interrelacions més freqüents que es troben en les BD són binàries.

De vegades, certes interrelacions que en principi no semblen binàries es podrien plantejar més encertadament amb un conjunt d'interrelacions de grau 2.

Exemple d'una interrelació originàriament ternària

La interrelació d'un fill amb el seu pare i la seva mare (amb cardinalitat N-1-1).

Seria, doncs, més encertat plantejar dues interrelacions binàries que interrelacionessin per separat el fill i el pare, d'una banda, i el fill i la mare, d'una altra (amb cardinalitats N-1).

D'aquesta manera, encara que no constés la paternitat, es podria registrar correctament la maternitat. En canvi, fent servir una interrelació ternària no tindríem aquesta possibilitat.

D'altra banda, sempre és possible (la qual cosa no vol dir recomanable) representar les interrelacions ternàries amb cardinalitat M-N-P (i, per extensió, les n-àries de qualsevol ordre n , amb cardinalitat similar) amb un conjunt de tres interrelacions binàries (o de n , tractant-se d'una n -ària d'ordre superior).

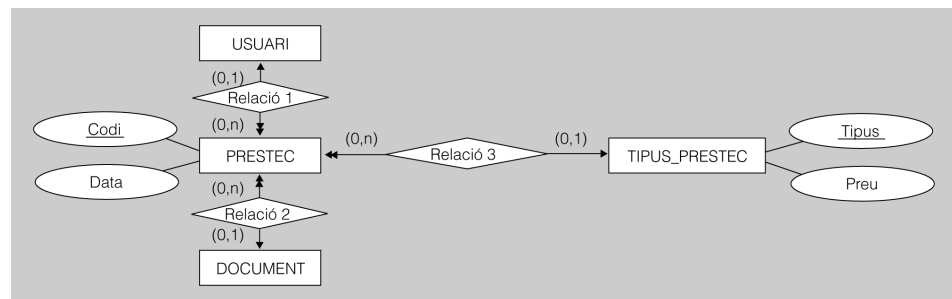
Per aconseguir-ho, cal seguir els passos següents:

- Convertir la interrelació inicial en una entitat.
 - S’ha d’establir un atribut identificador que actuï com a clau primària.
 - Si la interrelació originària té atributs, aquests s’han d’incorporar a la nova entitat.
- Establir n interrelacions binàries entre la nova entitat i cadascuna de les n entitats preexistents.

Cal dir que aquest procés és reversible, és a dir, que es pot seguir de manera inversa.

En la figura 3.4, es mostra la conversió de la interrelació ternària Préstec (vegeu figura 3.6) en una nova entitat i tres noves interrelacions binàries.

FIGURA 3.4. Ús alternatiu d’interrelacions binàries o ternàries



Per tant, si no féssim cap altraries. Però això no seria desitjable gairebé mai pels motius següents:

- L’atribut identificador de l’entitat en què convertíssim l’entitat n -ària original, juntament amb el conjunt d’interrelacions binàries necessàries, normalment comportarien un increment de la complexitat del disseny obtingut i, per tant, també comportarien un augment dels requeriments ulteriors d’emmagatzemament de la BD.
- Una interrelació n -ària mostra més clarament les entitats directament associades que no pas un conjunt d’interrelacions binàries.

Finalment, cal dir que quan alguna cardinalitat de la interrelació n -ària originalment plantejada no és N , sinó 1, no es pot utilitzar el mecanisme de traducció referit més amunt sense pèrdua de significat en el model resultant. Per tant, en aquests casos, mai no s’ha d’utilitzar aquesta alternativa.

Pensem, per exemple, en una interrelació ternària que modelitzés les destinacions del professorat als diferents centres d’ensenyament a l’inici de cada curs acadèmic. Seria una interrelació ternària entre PROFESSOR, CURS i CENTRE amb cardinalitat M - N -1. Doncs bé, si apliquéssim la metodologia que hem explicat, el model resultant (amb una nova entitat i tres noves interrelacions binàries) no podria reflectir la circumstància en què un professor, durant un curs concret, només pot ser destinat a un sol centre docent. En canvi, les cardinalitats de la interrelació ternària reflectirien aquest fet sense cap mena d’ambigüitat.

3.1.4 Ubicació dels atributs de les interrelacions

Les cardinalitats de les interrelacions poden afectar la situació dels seus atributs.

Tenim les possibilitats següents en les interrelacions binàries:

- Interrelacions binàries amb cardinalitat 1-1 i 1-N
- Interrelacions binàries amb cardinalitat M-N i interrelacions n-àries

Interrelacions binàries amb cardinalitat 1-1 i 1-N

Hi poden haver atributs adscrits directament a una interrelació binària amb cardinalitat 1-1, en lloc d'estar associats a alguna de les dues entitats participants.

L'altra opció consisteix a afegir l'atribut a una de les dues entitats interrelacionades:

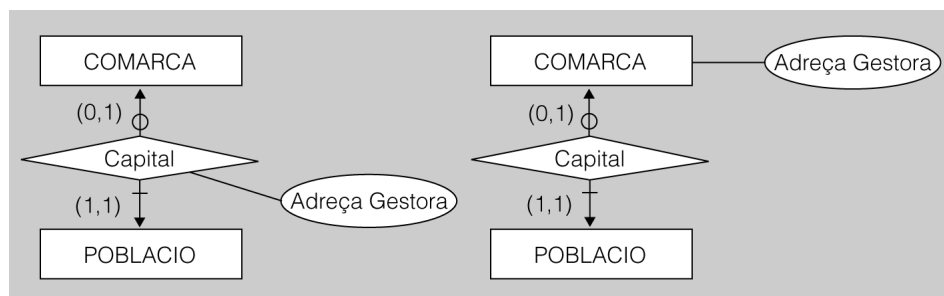
- Quan no se sap de qui depèn l'existència de les entitats, resulta indiferent associar els atributs de la interrelació a qualsevol de les dues entitats implicades.
- Però quan una de les dues entitats és opcional en la interrelació, com en aquest cas l'entitat COMARCA, només podem optar entre associar l'atribut a la interrelació o bé a l'entitat opcional. En cap cas no hem d'associar-lo amb l'entitat obligatòria, ja que es generarien atributs amb valors nuls (en aquest exemple, seria el cas, d'altra banda majoritari, de les poblacions que no són capital de comarca).

Interrelacions binàries amb cardinalitat 1-1 i 1-N

Per exemple, podem afegir un atribut a la interrelació Capital, entre les entitats COMARCA i POBLACIO, i anomenar-lo Adreça Gestora, perquè emmagatzemi l'adreça corresponent de la delegació (o gestora) territorial del Departament d'Educació.

La figura 3.5 mostra un exemple de cadascuna de les dues possibilitats esmentades.

FIGURA 3.5. Ubicació d'atributs a les interrelacions binàries amb cardinalitat 1-1



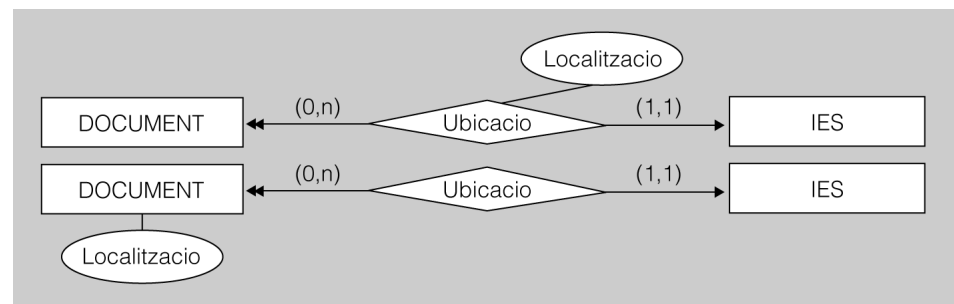
En el cas de les interrelacions binàries amb cardinalitat 1-N, també hi poden haver atributs directament associats amb la interrelació, en lloc d'estar-ho amb alguna de les dues entitats participants:

Per exemple, podem afegir un atribut, anomenat Localització, a la interrelació Ubicació, existent entre les entitats DOCUMENT i IES, per tal de facilitar la localització física dels documents dins de cada institut (típicament estaran a la biblioteca, però alguns podran estar als departaments didàctics, als laboratoris, a la sala de professors, etc., en raó del seu ús habitual, encara que al mateix temps es puguin prestar).

L'altra opció vàlida consisteix a afegir l'atribut a l'entitat interrelacionada al costat de la N. En cap cas no l'hem d'associar amb l'entitat del costat de l'1, ja que aleshores només es podria indicar un mateix valor per a totes les interrelacions entre entitats:

En aquest exemple, si afegíssim el nou atribut considerat a l'entitat IES, que és al costat 1 de la interrelació, constaria que tots els documents de cada institut estarien a la mateixa ubicació, i això no reflectiria la realitat que es vol modelitzar. En canvi, si afegim el nou atribut a l'entitat DOCUMENT, que és al costat N, podrem indicar sense problemes la localització concreta de cada document dins de l'institut respectiu (vegeu figura 3.6).

FIGURA 3.6. Interrelacions binàries amb cardinalitat 1-N



En aquests casos, fer dependre els atributs descriptius de la interrelació o d'una de les entitats (sempre que l'equivalència sigui possible) és una decisió de disseny que pot contribuir a reflectir millor o pitjor les característiques pròpies de la porció del món real que es vol modelitzar, encara el model lògic resultant serà el mateix en tots dos casos.

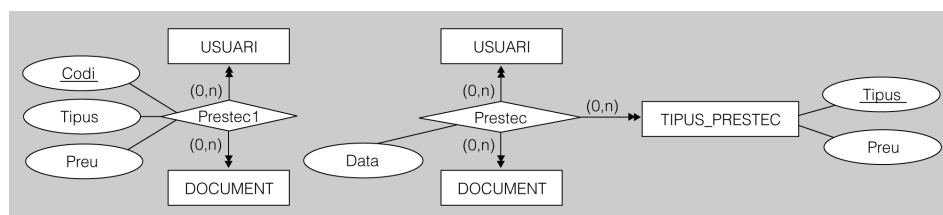
Interrelacions binàries amb cardinalitat M-N i interrelacions n-àries

En interrelacions binàries amb cardinalitats M-N, i en interrelacions ternàries o n-àries d'ordre superior, independentment de les cardinalitats, la ubicació dels atributs descriptius és molt més clara, i no hi ha equivalències:

- Sempre que un atribut descriu una característica d'una entitat, ha de dependre directament d'aquesta.
- En canvi, quan el valor d'un atribut es determina en funció d'una combinació d'instàncies de les entitats que participen en la interrelació, només pot estar associat amb la interrelació.

Examinem, per exemple, la interrelació ternària Prestec de la figura 3.7. L'atribut Data no és una dada que respongui exclusivament dels usuaris de la xarxa de biblioteques, ni dels documents existents, ni tampoc dels tipus de préstec que es poden realitzar. Cada valor de l'atribut Data només tindrà sentit aplicat a una combinació d'instàncies de les tres entitats que participen en la interrelació (USUARI, DOCUMENT i TIPUS_PRESTEC), la qual constitueix una modalitat de préstec d'un document a un usuari en una data determinada. Per tant, en aquest cas, Data haurà d'acompanyar necessàriament la interrelació Prestec. En canvi, si l'afegíssim a una de les tres entitats abans esmentades, no ens serviria per modelitzar l'aspecte cronològic dels préstecs.

FIGURA 3.7. Ús alternatiu d'entitats o d'interrelacions



3.1.5 L'entitat DATA

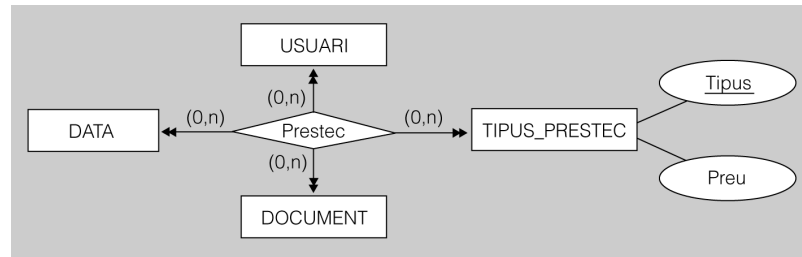
Considerem una interrelació anomenada Prestec (amb un atribut per enregistrar la data) entre les entitats USUARI, DOCUMENT i TIPUS_PRESTEC, amb cardinalitat M-N-P.

Concebuda la interrelació Prestec d'aquesta manera, permet representar la circumstància en què un document concret es presta, d'una manera determinada (segons el tipus de préstec de què es tracti), a un usuari de la xarxa de biblioteques, però només en una única data.

Això vol dir que si un usuari demana un document que ja se li ha prestat, no podrà formalitzar el préstec, encara que el document estigui disponible, perquè el sistema no ho permetrà.

Però la xarxa de biblioteques permet, evidentment, que un usuari pugui tornar a demanar en préstec un document, encara que se li hagi prestat en algun altre moment anterior. Per tant, l'estructura actual constitueix una errada de disseny, perquè la realitat no està ben modelitzada.

Una possible solució consistiria a afegir al diagrama una entitat abstracta, anomenada DATA, que participés de la interrelació Préstec amb cardinalitat N. D'aquesta manera, el sistema permetria registrar préstecs d'un mateix tipus, d'un mateix document, i a un mateix usuari, tantes vegades com fos necessari, això sí, en dates diferents. Podem observar el model resultant en la figura 3.8, on la interrelació ternària originària passa a convertir-se en quaternària.

FIGURA 3.8. Exemple d'ús de l'entitat abstracta DATA

DATA és una entitat abstracta que es fa servir molt sovint en els diagrames ER, afegint-la a una interrelació, per tal de modelitzar la possibilitat que una mateixa combinació d'instàncies de la resta d'entitats associades es pugui tornar a produir en més d'un instant.

Fixem-nos que hem fet servir una entitat molt útil, anomenada DATA, però que té una elaboració molt abstracta. A diferència de les altres entitats, no existeix com a tal en el món real. I també al contrari que la resta d'entitats, no acabarà donant lloc a una representació tabular, per si mateixa, en la futura BD.

Només cal fer servir l'entitat DATA quan la cardinalitat aplicable en connectar-la a la interrelació de què es tracti sigui N. En canvi, si ha de ser 1, es pot continuar utilitzant un atribut associat a la interrelació (i de fet, és millor així, perquè el diagrama resultant serà més compacte).

Si allò que ens interessa modelitzar no són les dates, sinó les hores, podem, simplement, anomenar aquesta entitat abstracta HORA. I, finalment, si el que en realitat volem modelitzar són dates i hores, també li podem dir DATA_HORA.

3.2 Parany de disseny

Anomenem **parany de disseny** les conceptualitzacions errònies del món real, produïdes durant la fase de disseny conceptual, que tenen repercussions negatives tant en la modelització inicial com en la implementació ulterior de la BD.

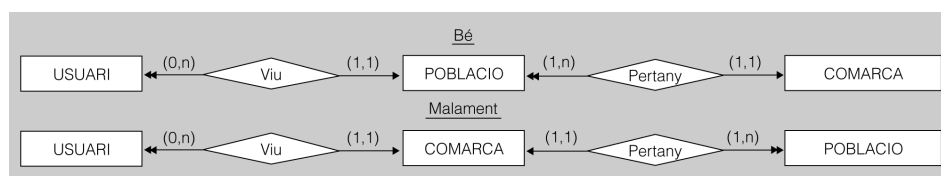
Aquests parany poden comportar la impossibilitat de representar les dades tal com són, o bé la impossibilitat de realitzar determinades consultes sobre aquestes.

3.2.1 Encadenament erroni d'interrelacions binàries 1-N

L'encadenament erroni d'interrelacions es pot produir sempre que ens trobem amb dues (o més) interrelacions de cardinalitat 1-N mal encadenades. Considerem una entitat (A) que està associada amb una altra (B), que al mateix temps ho està amb una tercera entitat C. Aleshores, si en l'aplicació errònia de la transitivitat s'associa directament l'entitat A amb la C, es pot produir un error conceptual que provoqui pèrdua d'informació.

Amb el diagrama erroni de la figura 3.9, per exemple, no es reflecteix a quina població viu cada usuari, ja que a cada comarca pertany una pluralitat de poblacions. En canvi, amb l'esquema originari sí que es pot determinar, en primer lloc, a quina població viu cada usuari i, a continuació, si ens interessa, a quina comarca pertany cadascuna de les poblacions obtingudes.

FIGURA 3.9. Exemple d'encadenament erroni d'interrelacions amb pèrdua d'informació

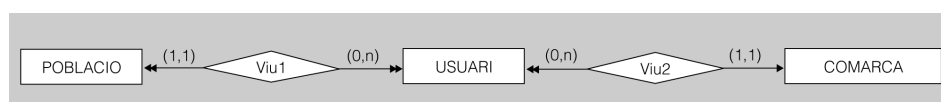


Aquest parany pot comportar la impossibilitat de resoldre correctament totes les consultes que s'haurien de poder fer sobre les dades. És molt important, doncs, triar correctament les associacions realment necessàries per tal de modelitzar correctament la realitat.

Altres vegades, l'encadenament erroni d'interrelacions no produeix una pèrdua d'informació, estrictament, ja que es poden realitzar totes les consultes necessàries sobre les dades, encara que sigui de manera ineficient. El problema principal rau en el fet que, en esborrar-se instàncies de l'entitat central, poden quedar desconnectades algunes de les instàncies de les entitats exteriors.

En la figura 3.10, podem veure una modelització errònia que ens permet registrar i consultar, tot i que de manera ineficient, l'associació entre instàncies de POBLACIO i COMARCA.

FIGURA 3.10. Exemple d'encadenament erroni d'interrelacions amb desconexió d'instàncies



El problema principal deriva del fet que aquesta associació s'ha de fer mitjançant l'entitat USUARI. Si no hi ha cap usuari que visqui ni en una població ni en una comarca concretes, el sistema no permetrà associar aquestes dues instàncies (és a dir, no es podrà registrar a quina comarca està ubicada la població en qüestió). El

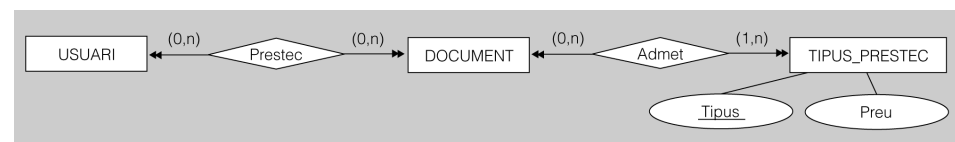
mateix impediment es produirà en cas que esborrem tots els usuaris que permeten associar una població amb una comarca concreta: l'associació entre ambdues deixarà d'existir.

3.2.2 Ús incorrecte d'interrelacions binàries M-N

L'ús de dues interrelacions binàries, encadenades i de cardinalitat M-N serà erroni sempre que en el món real existeixi algun tipus d'associació entre les instàncies de les entitats de tots dos extrems, ja que aquesta no quedarà reflectida en el model. La solució consistirà a substituir les dues interrelacions binàries per una de ternària, amb cardinalitat M-N-P.

El model proposat en la figura 3.11 només permetria enregistrar els préstecs de documents als usuaris, i els tipus de préstec que admet cada document. Però no permetria emmagatzemar el tipus de préstec que té lloc en cada cas. La manera de solucionar aquesta mancança consisteix a associar les tres entitats (USUARI, DOCUMENT i TIPUS_PRESTEC) en una interrelació ternària amb cardinalitat M-N-P.

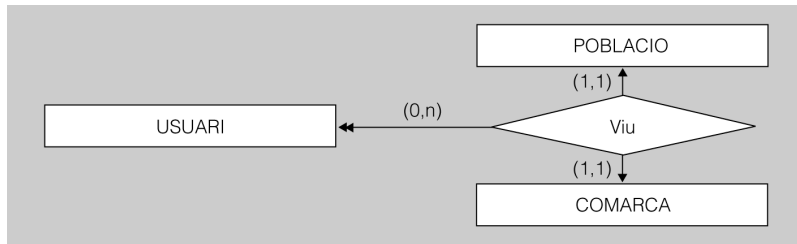
FIGURA 3.11. Exemple d'ús incorrecte d'interrelacions binàries M-N



3.2.3 Falses interrelacions ternàries

Quan alguna interrelació ternària (o n-ària d'ordre superior) té associada alguna entitat amb cardinalitat 1, s'ha d'estudiar detingudament, ja que és possible que aquesta entitat estigui directament relacionada només amb una sola de les altres entitats i que, per tant, no hagi de participar en la interrelació examinada, sinó en una de binària amb l'entitat amb la qual manté realment una associació.

En la figura 3.12, es pot veure com s'utilitza innecessàriament una interrelació ternària per indicar la població i la comarca de residència dels usuaris. De fet, només caldria fer un encadenament (això sí, correcte) de dues interrelacions binàries (una entre USUARI i POBLACIÓ i una altra entre POBLACIÓ i COMARCA) amb les cardinalitats adients, tal com apareix al diagrama superior de la figura 3.9, per tal d'obtenir un model molt més compacte.

FIGURA 3.12. Exemple de falsa interrelació ternària

D'altra banda, si l'entitat connectada amb un 1 només té un atribut, normalment és preferible tractar-la com un atribut de la interrelació, ja que aquesta opció també contribueix a simplificar l'esquema resultant.