

QUART CAPÍTOL

4. ANÀLISI COMPARATIVA DE LES ESCOLES MÉS SIGNIFICATIVES.

En aquest capítol, s'analitzen les 12 escoles més significatives de cada un dels sistemes industrialitzats, amb els quals s'han construït tots els centres docents de la mostra. Del conjunt de centres construïts amb cada sistema, s'han triat aquestes 12 escoles perquè tenen les característiques tècniques, de fabricació i muntatge que més encaixen amb els estàndards de cada sistema. També es preveu que el seu estudi donarà els resultats més interessants, a causa de raons diverses: perquè l'edifici ha estat reconegut pel sector com el "9.06"¹, perquè en aquest edifici s'ha posat al límit el sistema com el "9.02", o perquè era l'edifici tipus que més documentació conservava com el "9.08".

En aquest "Quart capítol" hi ha tres apartats: **4.1.** Estudi general, **4.2.** Descripció de l'edifici i **4.3.** Conclusions de l'anàlisi. En aquests apartats, les escoles construïdes amb sistemes lleugers tenen el seu codi de color **blau** i les construïdes amb sistemes pesats el tenen de color **gris**. Aquestes escoles s'analitzen mitjançant: escrits, fotografies, dibuixos, quadres..., que són un resum de la informació de les fitxes del capítol "9. Catalogació detallada de les 12 escoles més significatives". El codi de cada escola coincideix amb el número de la fitxa, on es documenta àmpliament cada centre que s'estudia:

- 9.01.** C.E.I.P. Can Clos a Barcelona.
- 9.02.** C.E.I.P. Víctor Català a Barcelona.
- 9.03.** C.E.I.P. Montserratina a Viladecans.
- 9.04.** C.E.I.P. Can Roca a Terrassa.
- 9.05.** C.E.I.P. Vora el Mar a Cubelles.
- 9.06.** C.E.I.P. Garigot a Castelldefels.
- 9.07.** C.E.I.P. Llibertat a Badalona.
- 9.08.** C.E.I.P. Pau Casals a Viladecans.
- 9.09.** C.E.I.P. Can Cabanes a Rubí.
- 9.10.** C.E.I.P. Ca n'Alzamora a Rubí.
- 9.11.** C.E.I.P. Àngels Alemany a Lloret de Mar.
- 9.12.** C.E.I.P. Vinya del Sastret a Sant Esteve Sesrovires.

¹ El C.E.I.P. Garigot va guanyar, en l'edició del 2007, el premi "Innovación en la Construcción" dels "Premios Catalunya Construcción" del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona (CAATB).

4.1. ESTUDI GENERAL.



9.01



9.02



9.03



9.04



9.05



9.06



9.07



9.08



9.09



9.10



9.11



9.12

Per iniciar aquest estudi s'han recollit fotos representatives de cada escola.

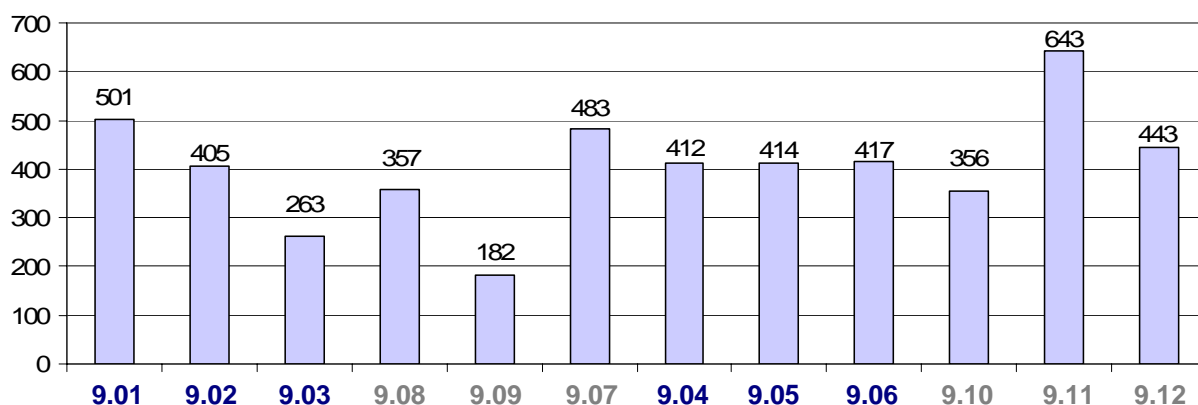
Aquestes 12 escoles són significatives de la totalitat de la mostra, i tenen característiques representatives del conjunt de les 133 escoles: el temps d'execució, les dates de construcció, el tipus de centre, el programa, les dimensions generals dels centres... A més a més, en aquests centres hi han participat la majoria d'industrials, de constructores, de promotores, de directors d'obra... I aquestes escoles són les aplicacions més interessants de cada un dels 12 sistemes.

	Promotor	Direcció i execució	Constructor	Industrial	Sistema	Temps execució	Final d'obra
9.01	Ajuntament de Barcelona	Arquitectes de l'ajuntament	Modulfeu	Modulfeu	8.01	6 mesos	1970
9.02			Durisol	Durisol	8.02	6 mesos	1970
9.03	M.E.C.	Arquitectes del M.E.C.	Sanqui	Sanqui	8.03	4 mesos	1978
9.04	Gisa. G.C.	Alaminos-Vidal	Drace	Drace	8.04	8 mesos	2005
9.05		J.Canyelles	Algeco	Algeco	8.05	8 mesos	2005
9.06		Nogué-Onzain-Roig	Imasa-Prho	Modultec	8.06	8 mesos	2005
9.07	M.E.C.	E. Marroquin	Ferrovial	Modulbeton	8.07	6 mesos	1982
9.08		J.Moscoso	Cidesa	Cidesa	8.08	4 mesos	1979
9.09		E. Marroquin	Caminos y Puertos	SpanDeck	8.09	4 mesos	1980
9.10	Gisa. G.C.	BRD i Associats	Ferrovial	Prefabricats Planas	8.10	8 mesos	2006
9.11		Pich-Aguilera	Acsa	Prefabricats Pujol	8.11	7 mesos	2005
9.12		J.A. d'Alonso i J. Abulí	Copisa	Indagsa	8.12	7 mesos	2005

El temps d'execució que es recull en aquesta taula és en valor absolut, i ha anat augmentant de 1970 a 2006. Però si es té en compte la superfície que es construeix en un mateix temps, la variació és erràtica i inversa, com es recull en el gràfic de la pàgina següent.

Com es determina en el "Primer capítol", des del 2006 fins ara el temps de construcció ha tornat a incrementar-se. Per determinar aquest temps, l'administració ha tingut en compte la necessitat de places escolars, i en alguns casos les dimensions del centre. No obstant, encara no s'ha tingut mai en consideració la dificultat del projecte, ni la morfologia del solar....

VELOCITAT DE CONSTRUCCIÓ (m²/mes)



Gràfica [1] amb la velocitat de construcció de cada escola.

La resposta **a la integració a l'entorn urbà i paisatgístic** és oposada a les escoles de les dues etapes: la primera de 1970 a 1983 i la segona de 2002 a 2006. En les de la primera etapa és inexistent: ni els edificis ni els seus projectes tenen en compte l'entorn, el context urbà... Aquest fet s'explica pels projectes "tipus" que l'administració exigeix en aquest període.

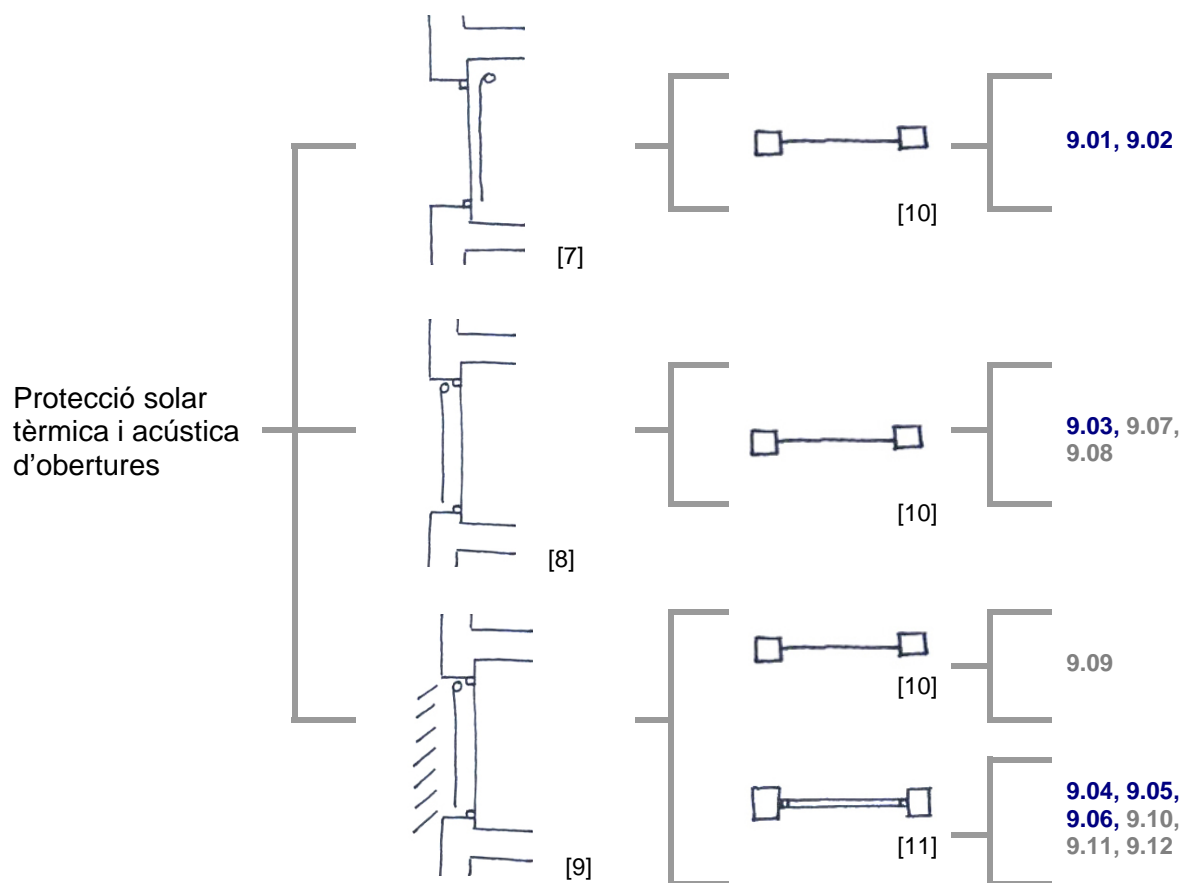
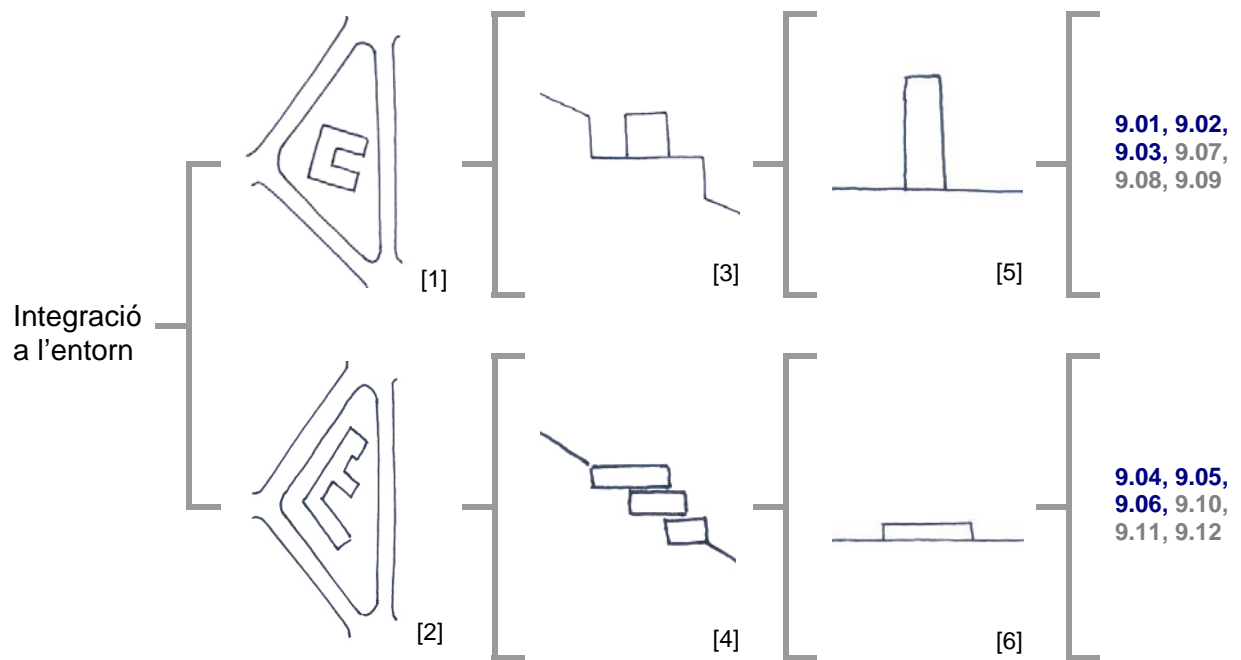
Per contra, en els centres de la segona etapa la integració és profunda: cada edifici escolar té un projecte d'arquitectura propi que valora les preexistències, el teixit urbanístic... En aquesta segona etapa, el programa dels edificis està pautat però hi ha flexibilitat de superfície i volum, per fer cada edifici propi de cada lloc.²

La sensibilitat al **control de guanys i pèrdues tèrmiques** d'origen natural també és oposada en els centres de les dues etapes. En la primera etapa hi ha poca conscienciació, i els edificis compleixen els requisits mínims normatius del moment. Les façanes i cobertes resultants estan menys aïllades que en la segona etapa, i les proteccions solars normalment es redueixen a cortines o persianes enrol·lables.

En canvi, en la segona etapa les escoles es projecten amb sensibilitat cap el medi. Conseqüentment, els edificis s'orienten per minimitzar les pèrdues tèrmiques a l'hivern i els guanys a l'estiu. Les façanes i les obertures varien segons la seva orientació, amb proteccions solars com lames, voladissos... També es col·loquen sistemes de captació, com captadors solars tèrmics i plaques fotovoltaïques.

Aquestes sensibilitats del projecte, cap el context i el control tèrmic de l'edifici escolar, no són exclusives dels centres docents prefabricats, sinó que són comunes en tots els edificis escolars públics de cada etapa, com s'explica en el "Primer capítol".

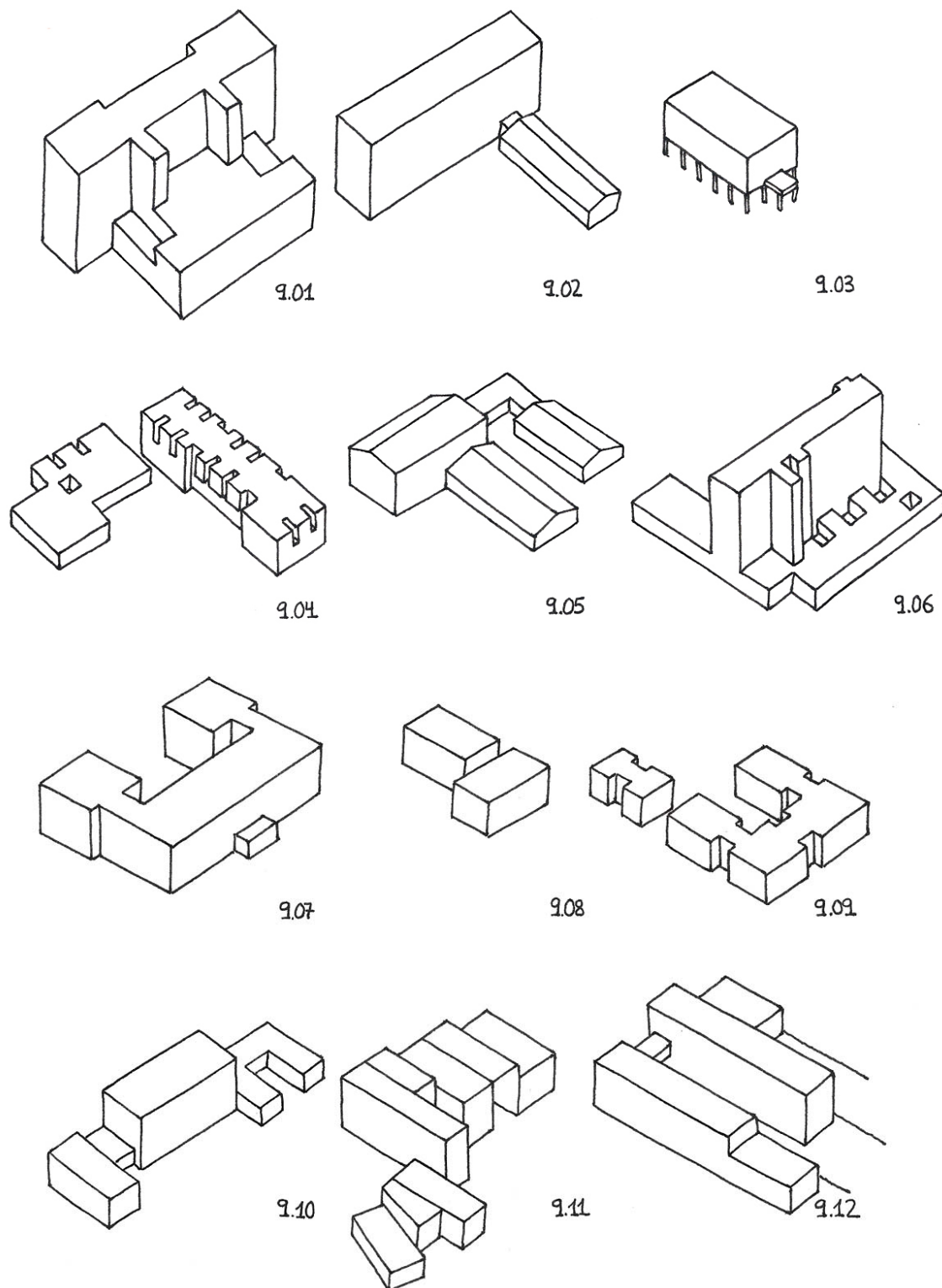
² En l'apartat "1.Introducció històrica a l'arquitectura prefabricada escolar de Catalunya." es contextualitza i s'expliquen les raons d'aquesta resposta, de la construcció escolar, a la integració des de 1970 a 2006.



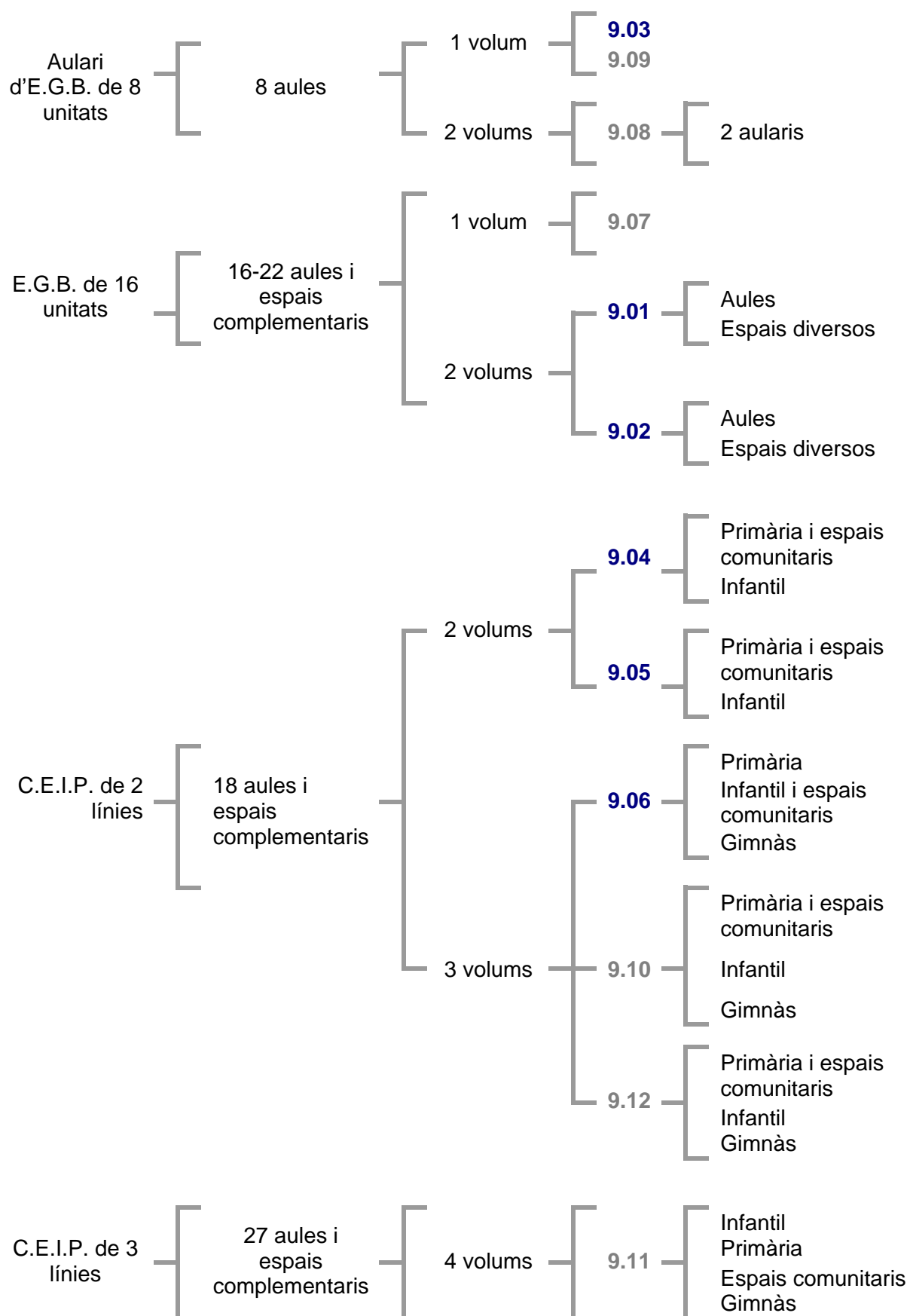
- 1- Edificis aliens a l'entorn.
- 2- Edificis integrats a la trama urbana.
- 3- Sense tenir en compte el terreny.
- 4- Integració topogràfica.
- 5- Edificis compactes.
- 6- Edificis extensos.

- 7- Cortines interiors.
- 8- Persianes exteriors.
- 9- Persianes exteriors i/o lames.
- 10- Vidre senzill.
- 11- Vidre doble.

A continuació es representa el volum esquemàtic dels 12 centres. Com es pot observar les solucions són molt diverses, i majoritàriament són volums complexos amb diversos cossos. En el "Segon capítol", s'analitza la volumetria de la mostra, i es dedueix que en la primera etapa es repeteixen volums més regulars, mentre en la segona els volums són diferents en cada centre i més irregulars.



En el següent esquema es classifiquen les escoles segons el seu programa i volum.

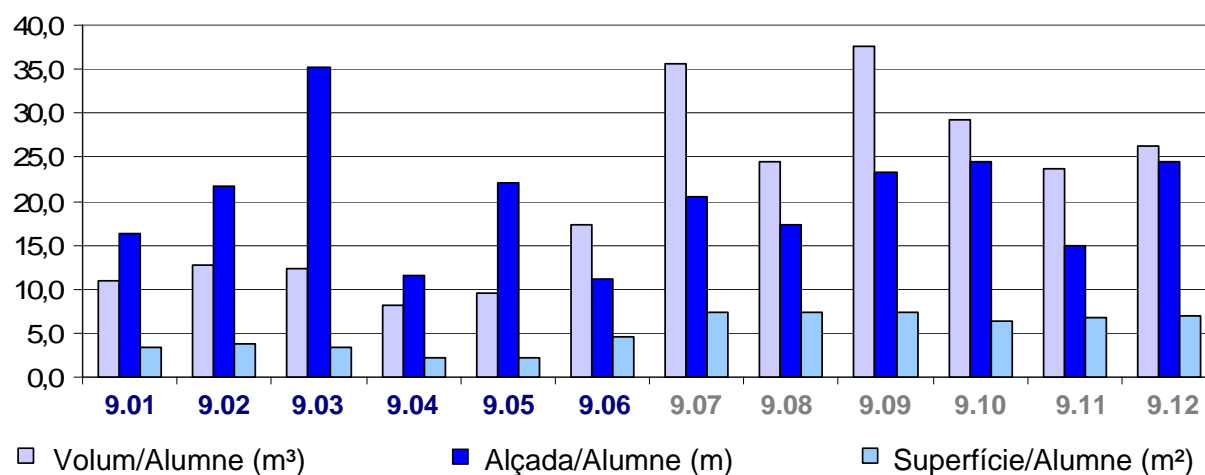


En la taula següent, es compara el nombre d'alumnes de cada centre escolar amb la seva alçada màxima, la superfície i el volum.

	Al ³ .	Alçada màxima			Superfície		Volum	
		(m)	(plantes)	(mm/al)	(m ²)	(m ² /al)	(m ³)	(m ³ /al ²)
9.01	880	14	4	16,4	3.003	3,4	9.638	3,4
9.02	640	14	4	21,7	2.431	3,8	8.202	3,8
9.03	320	11	3	35,3	1.052	3,3	3.950	3,3
9.04	450	9	3	11,6	3.299	7,3	16.045	7,3
9.05	450	8	2	22,2	3.311	7,4	11.012	7,4
9.06	450	10	3	11,1	3.332	7,4	16.950	7,4
9.07	640	7	2	20,4	2.900	4,5	11.080	4,5
9.08	640	7	2	17,3	1.426	2,2	5.276	2,2
9.09	320	7	2	23,3	726,5	2,3	3.072	2,3
9.10	450	11	3	24,4	2.847	6,3	13.182	6,3
9.11	675	10	3	15	4.500	6,7	15.932	6,7
9.12	450	11	3	24,4	3.100	6,9	11.852	6,9

³ Alumnes. Totes les abreviatures es recullen a l'apartat "11.1. Abreviatures" de l' "Annex".

En el gràfic següent es resumeix l'estudi dimensional de la pàgina anterior, comparant el volum, l'alçada i la superfície dels 12 centres en relació al nombre d'alumnes.



Gràfica [2] comparant el volum, l'alçada i la superfície per alumne de cada escola.

D'aquest estudi de les dimensions dels centres, podem concloure que **la superfície i el volum per alumne de les escoles ha crescut en els 36 anys estudiats**. En canvi, l'alçada per alumne ha tendit a disminuir, però depèn: de les dimensions del centre respecte el solar, del tipus de teixit urbanístic on està l'edifici... L'increment s'emmarca dins dels canvis legislatius en matèria docent⁴, que han variant la superfície per alumne. I la disminució és perquè el D.E., en els seus "Criteris"⁵, ha limitat l'alçada màxima de les escoles. Les escoles de la mostra no tenen gaire alçada, les més altes són de la primera etapa i fan 4 plantes.

La superfície per alumne ha crescut de mitjana 2,2 vegades de 1970 a 2006, passant dels 3,25 als 7 m²/alumne, com es recull en el "Primer i Segon capítol". Si comparem els centres construïts en la mateixa època, **els edificis pesats tenen menor superfície per alumne que els lleugers**. La causa és que la inversió per centres amb el mateix programa sempre ha estat tancada, i els sistemes pesats **són sistemes més cars perquè permeten construir menys superfície per un mateix pressupost**.

No hi ha raons per creure que, aquestes característiques dimensionals, siguin pròpies dels sistemes prefabricats. Per tant, és de preveure que les escoles construïdes amb altres tècniques tindran característiques dimensionals semblants, encara que no són part d'aquest estudi i no s'ha constatat en aquest.

⁴ En el "Primer capítol" estan descrits i documentats tots els canvis legislatius en matèria docent des de 1957.

⁵ Document "LE8" de l'apartat "10.Bibliografia".

En el quadre següent es recullen les dades econòmiques de les 12 escoles, que són el P.E.C.⁶ o equivalent segons l'època. S'han actualitzat a l'IPC del novembre de 2007 i s'han comparat amb el nombre d'alumnes i la superfície de cada una. També s'han comparat amb el cost actualitzat d'un edifici equivalent segons el B.E.C.⁷

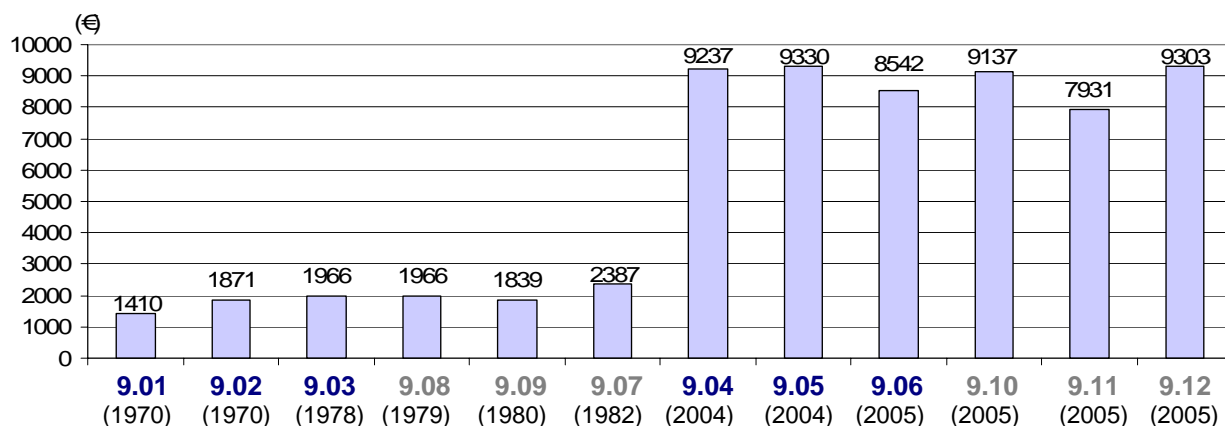
	Cost.	Any de l'estudi econòmic.	Cost relatiu (novembre 2007).	Cost/ alumne.⁸	Cost/ superfície (m²)²	Cost/ superfície (m²) B.E.C.⁴
9.01	11.357.245 ptes. (68.258 €).	1970	1.241.211 €	1.410 €	413 €	547,3 €
9.02	10.954.952 ptes. (65.840 €).	1970	1.197.245 €	1.871 €	492 €	547,3 €
9.03	18.161.050 ptes. (109.150 €).	1978	629.032 €	1.966 €	598 €	802,8 €
9.04	3.765.135 €	2004	4.156.709 €	9.237 €	1.260 €	760,3 €
9.05	3.802.847 €	2004	4.198.343 €	9.330 €	1.268 €	760,3 €
9.06	3.599.003 €	2005	3.843.735 €	8.542 €	1.154 €	762,1 €
9.07	75.958.486 ptes. (456.520 €).	1982	1.527.515 €	2.387 €	527 €	716,7 €
9.08	41.958.734 ptes. (252.177 €).	1979	1.258.364 €	1.966 €	882 €	776,9 €
9.09	22.622.174 ptes. (135.962 €).	1980	588.580 €	1.839 €	810 €	740,3 €
9.10	3.849.933 €	2005	4.111.728 €	9.137 €	1.444 €	762,1 €
9.11	5.012.481 €	2005	5.353.330 €	7.931 €	1.190 €	762,1 €
9.12	3.919.846 €	2005	4.186.396 €	9.303 €	1.350 €	762,1 €

⁶ Pressupost d'Execució per Contrata. Les abreviatures es recullen en l'apartat "11.1. Abreviatures" de l' "Annex".

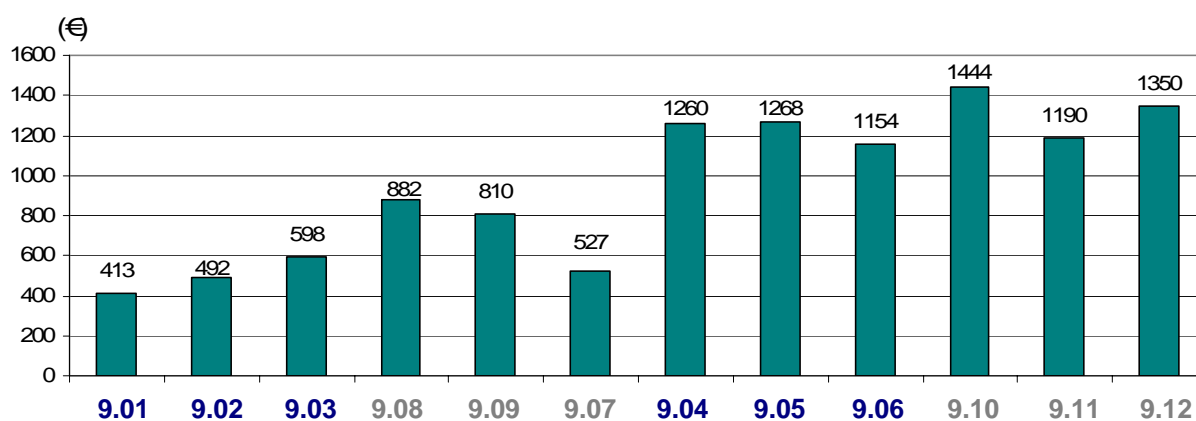
⁷ Cost segons el document "R18" de l'apartat "10.Bibliografia" i actualitzat a l'IPC del novembre de 2007.

⁸ Cost actualitzat a l'IPC del novembre de 2007.

A partir del quadre anterior s'han elaborat els gràfics següents, que són sobre el cost econòmic de les 12 escoles, en relació al número d'alumnes i a la superfície de cada centre.



Gràfica [3] amb el cost per alumne (€/ alumne) de cada escola.



Gràfica [4] amb el cost per superfície (€/ m²) de cada escola.

En la primera gràfica s'especifica l'any de cada centre, i denota que el cost de les escoles depèn totalment del període. En les escoles de la primera etapa el cost del centre repercutit per alumne era de 1.900 €⁹ de mitjana i en les de la segona era de 8.900 €, per tant el cost per alumne ha augmentat 4,5 vegades. En el primer període, el cost de l'escola repercutit per superfície era de 620 €/m² de mitjana i en el segon de 1.278 €/m². En conseqüència, el cost per alumne ha augmentat 2,1 vegades. En el primer, el cost dels edificis repercutit per superfície és fins a un 25% menor que el del Boletín Económico de la Construcción (B.E.C.)¹⁰ per un edifici administratiu, i en el segon període fins a un 47% major.

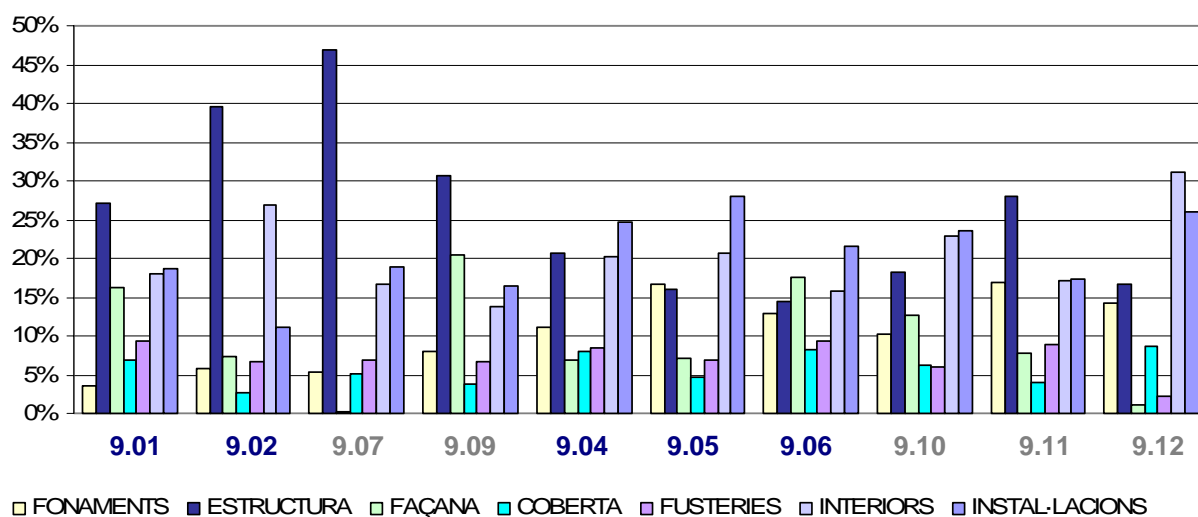
En ambdós gràfics es detalla el tipus de sistema, el qual també està associat al cost. Els centres construïts amb sistemes pesats sempre han estat més costosos que els construïts amb sistemes lleugers, un 16% més de mitjana.

⁹ Actualitzant els costos a l'IPC de novembre de 2007.

¹⁰ Document "R18" de l'apartat "10.Bibliografia".

En la taula i el gràfic següent, s'analitza el cost relatiu de cada part de les 10 escoles de les quals s'ha pogut trobar un pressupost desglossat.¹¹

	FONAMENTS	ESTRUCTURA	FAÇANA	COBERTA	FUSTERIES	INTERIORS	INSTAL·LACIONS
9.01	3%	27%	16%	7%	9%	18%	19%
9.02	6%	40%	7%	3%	7%	27%	11%
9.04	11%	21%	7%	8%	8%	20%	25%
9.05	18%	17%	8%	5%	1%	22%	30%
9.06	13%	15%	18%	8%	9%	16%	21%
9.07	5%	47%	0,3%	5%	7%	17%	19%
9.09	8%	31%	20%	4%	7%	14%	17%
9.10	10%	18%	13%	6%	6%	23%	24%
9.11	17%	28%	8%	4%	9%	17%	17%
9.12	14%	17%	1%	9%	2%	31%	26%



Gràfica [5] amb el percentatge del cost de les parts de cada escola.

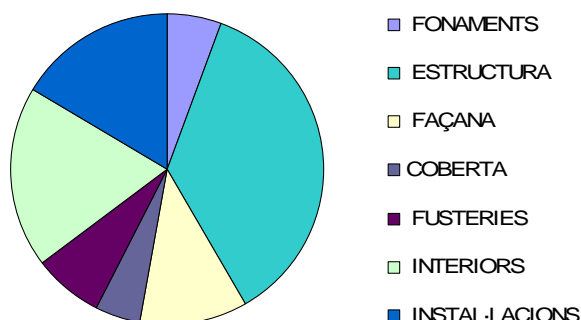
En aquest quadre i aquest gràfic, es fa evident que les 7 parts de l'edifici tenen un cost molt variable en cada escola. La part que té un cost relatiu major és: l'estructura en 5 centres, les instal·lacions en 4 i els interiors en 1. La part amb un cost menor és: la coberta en 4 centres, la façana en 3, les fusteries en 2, i els fonaments en 1. Les diferents parts tenen un cost sempre inferior o pròxim al 30%, excepte l'estructura que en 2 centres és del 40%.

Per tant, podem concloure que en les escoles prefabricades de Catalunya, **les parts amb un cost més important sempre han estat: l'estructura, les instal·lacions i els interiors. I les menys costoses les cobertes, la façana, les fusteries i els fonaments.**

¹¹ En l'escola "9.05" els percentatges fan referència només a la part de primària de l'escola.

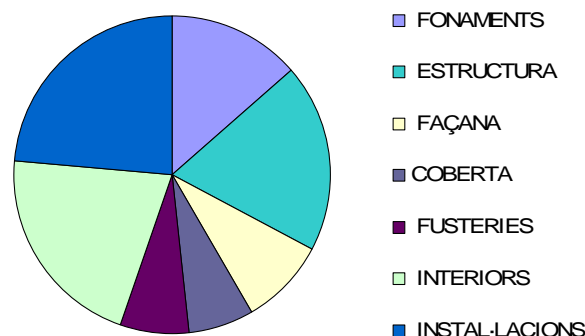
En el gràfic següent hi ha la mitjana percentual del pressupost de cada part, en relació al conjunt dels 4 edificis de la primera etapa. S'ha de tenir en compte que, aquestes mitjanes percentuals, tenen desviacions respecte els valors dels edificis entre el 30% i el 100%.

- un 36% estructura.
- un 19% interiors.
- un 16% instal·lacions.
- un 11% façanes.
- un 7% fusteries.
- un 7% fonaments.
- un 5 % coberta.



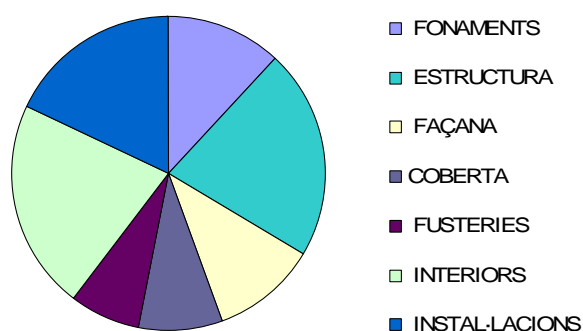
En aquest altre es recull la mitjana percentual de cada part de l'edifici, en relació al conjunt dels 6 centres de la segona etapa. S'ha de tenir en compte que aquestes mitjanes percentuals tenen desviacions respecte els valors dels edificis entre el 20% i el 100%.

- un 23% instal·lacions.
- un 21% interiors.
- un 19% estructura.
- un 14% fonaments.
- un 9% façana.
- un 7% coberta.
- un 7% fusteries.



Finalment hi ha els percentatges estàndards dels capítols del pressupost dels "Criteris per a la construcció de nous edificis per a centres docents públics"¹², que recollia el 2001 el Departament d'Educació.

- un 18% estructura.
- un 18% interiors.
- un 15% instal·lacions.
- un 10% fonaments.
- un 9 % façanes.
- un 7% cobertes.
- un 6% fusteries.



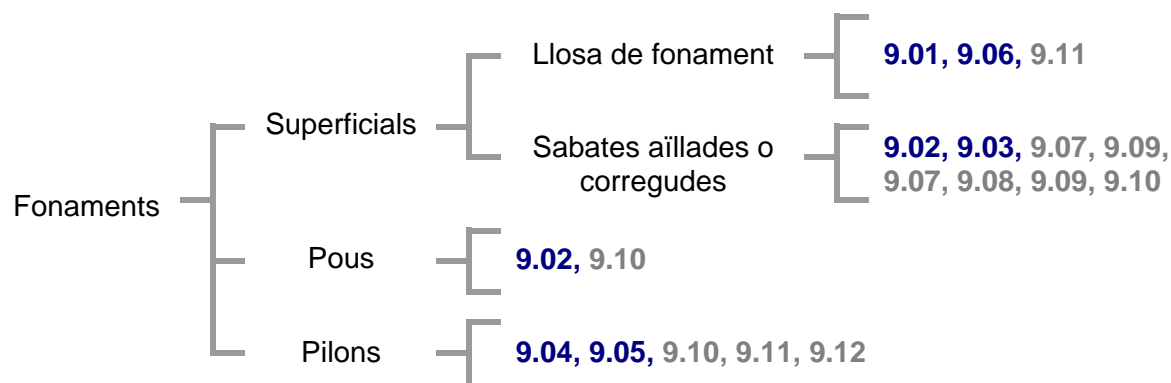
El primer gràfic és de la primera etapa, i el segon i el tercer de la segona etapa. Si es comparen, es dedueix que **entre les dues etapes hi ha una disminució del cost relatiu de l'estructura, i un augment de les instal·lacions i dels interiors**. Aquests canvis es poden confirmar en la taula i el gràfic de la pàgina anterior.

¹² Documents "LE8" de l'apartat "10.Bibliografia".

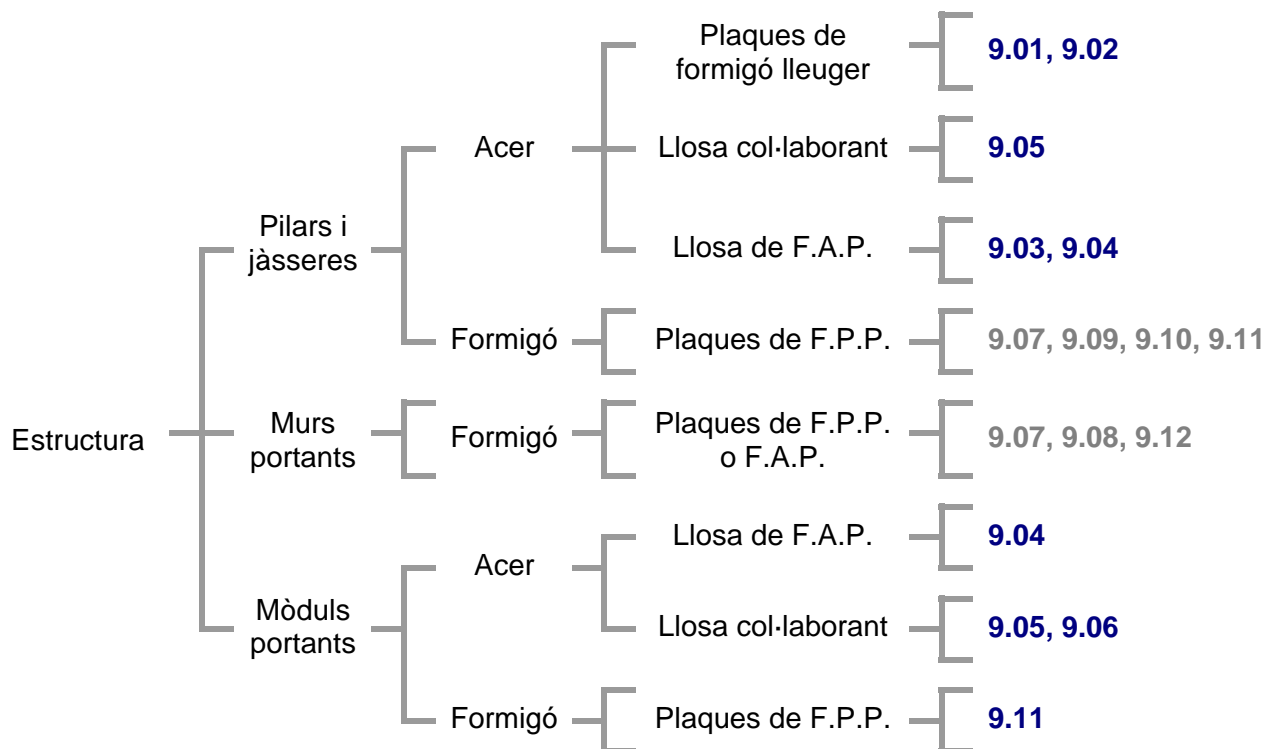
4.2. DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI.

En aquest apartat es resumeixen els sistemes i subsistemes que formen les parts de cada un dels 12 centres. Són les 7 parts principals de cada escola, que s'estudien en el novè capítol: els fonaments, l'estructura, la façana, la coberta, les divisions interiors, les fusteries i les instal·lacions.

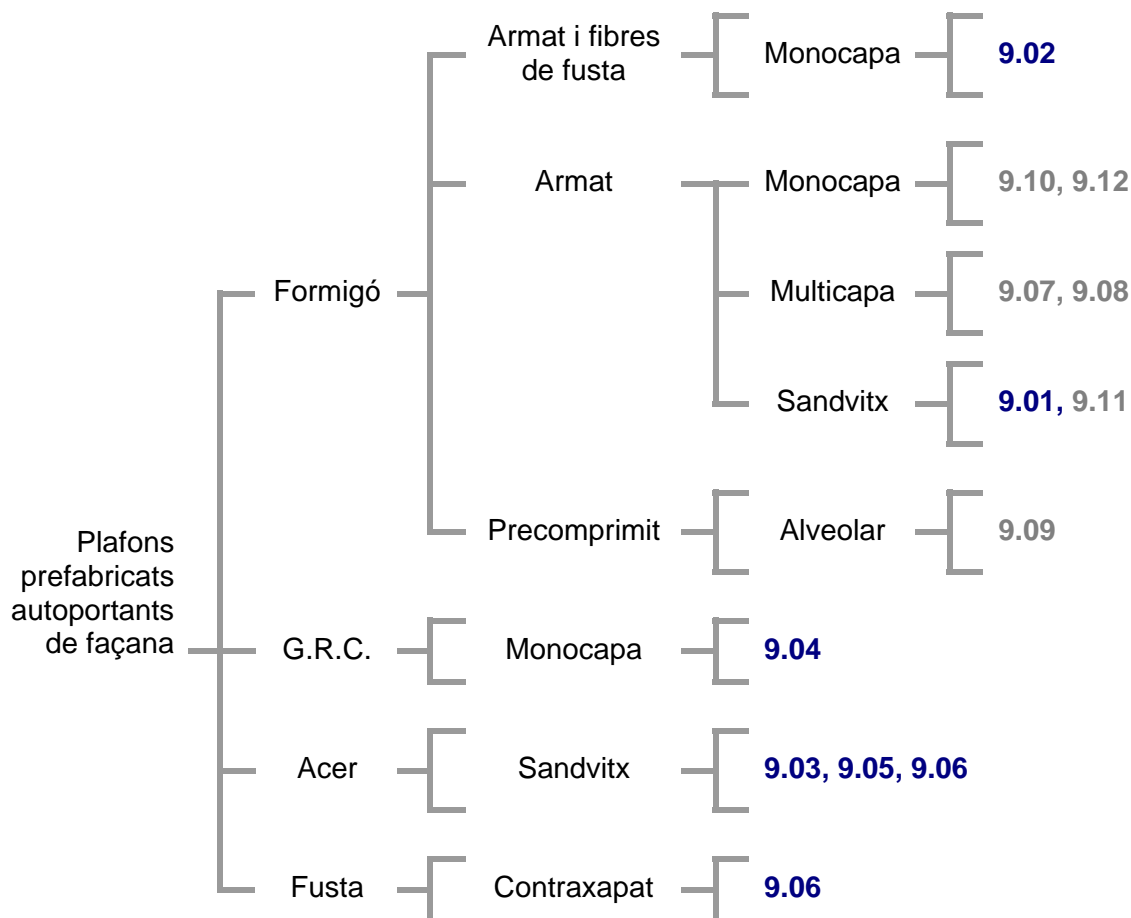
Els **fonaments** són com els de qualsevol altre edifici i depenen de les característiques del sòl i de quines càrregues i amb quina solució fan el contacte amb al terreny. Tots s'han executat in situ amb formigó armat i no s'ha utilitzat cap solució prefabricada.



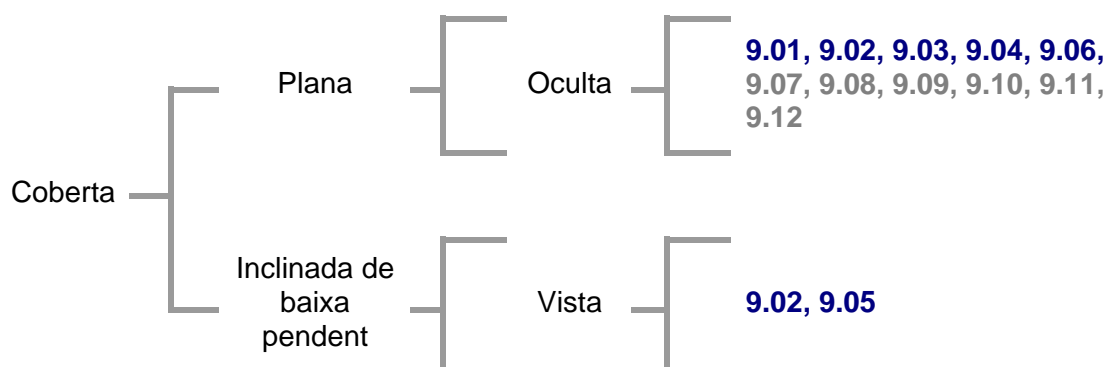
En canvi, l'**estructura** és pròpia del sistema i en tots els casos condiona el projecte. Per tant, en el procés de projecte s'han de tenir en compte les seves característiques: lògica, dimensions, geometria... En el "Tercer capítol" s'analitzen les estructures de cada sistema.



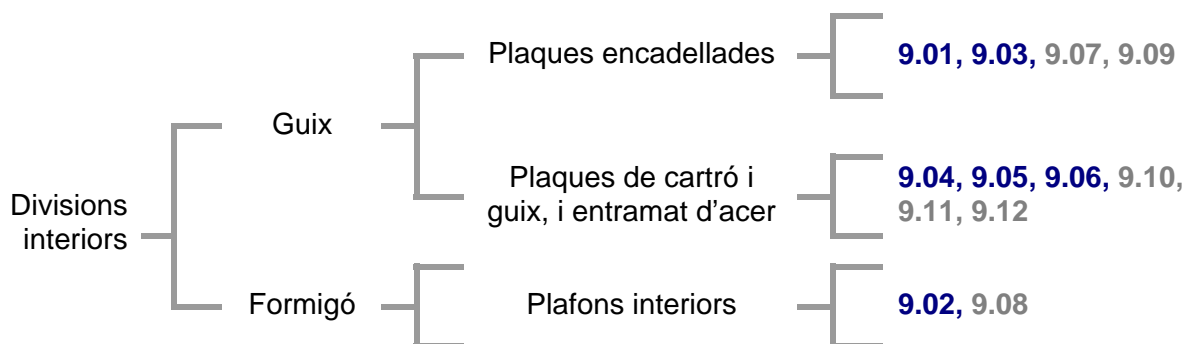
La **façana** en la majoria d'edificis és de plafons prefabricats de formigó. En la resta són plafons de G.R.C., sandvitx d'acer, o contraxapat de fusta. En quasi tots ells és la façana pròpia del sistema. En alguns sistemes lleugers les façanes són pesades i viceversa.



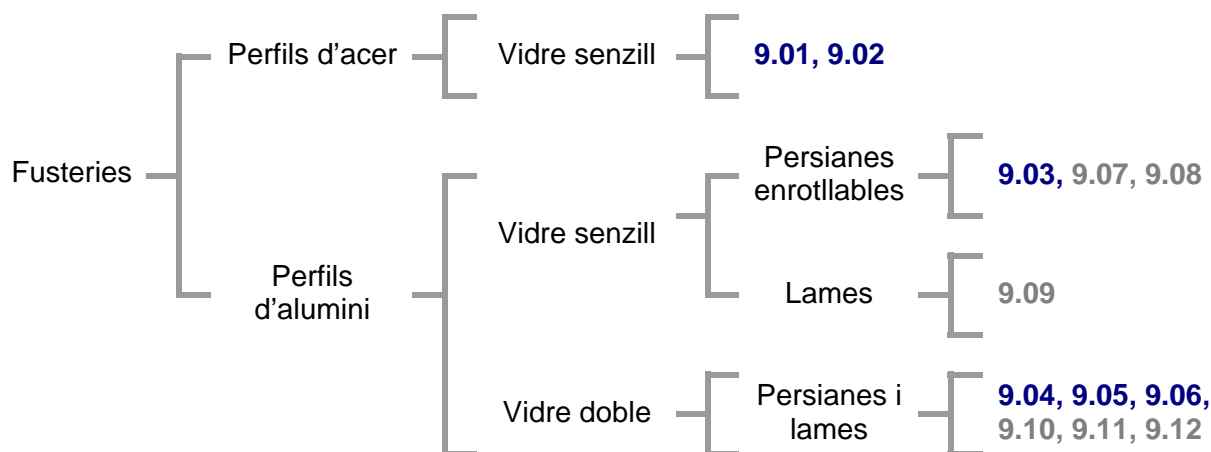
Les **cobertes** estan resoltes in situ amb materials més o menys industrialitzats i no són transitables. La majoria són cobertes planes i ocultes. Les que estan construïdes amb els sistemes lleugers de la segona etapa cobreixen les provisionals que porta cada mòdul.



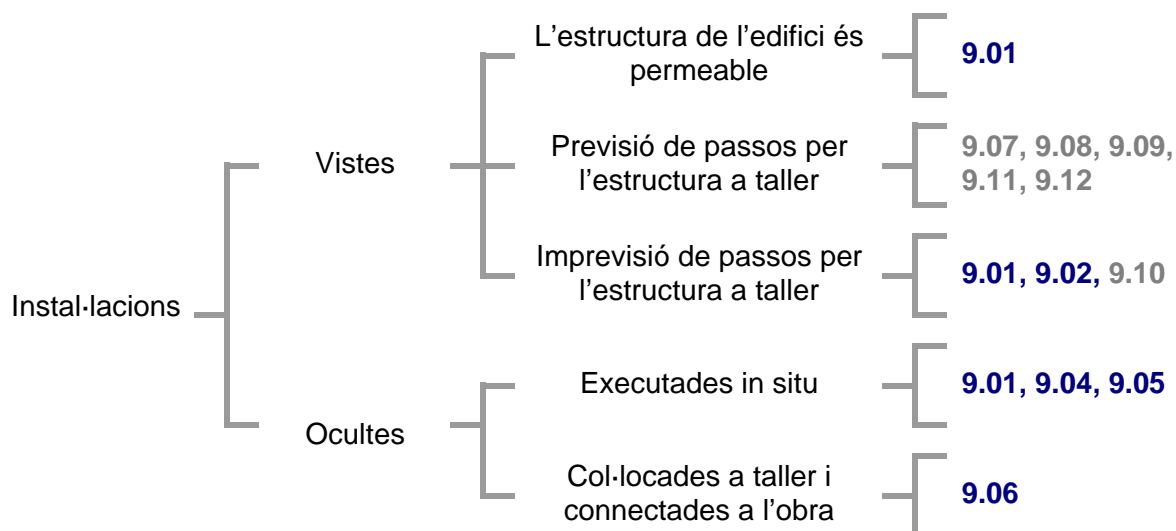
Les **divisions interiors** són industrialitzades però no prefabricades, excepte en la “9.02” i la “9.08”, que són els mateixos murs estructurals prefabricats del sistema.



Les **fusteries** són com les de qualsevol altre edifici: no estan estandarditzades, es produeixen a mida, i comporten un retard en el temps d'execució total.



Les **instal·lacions** són majoritàriament vistes i passen per forats que s'han executat a la fàbrica. Destaca el sistema “9.06”: a l'obra només s'han de connectar les instal·lacions.



4.3. CONCLUSIONS DE L'ANÀLISI.

Els 12 centres docents que s'han estudiat són representatius de la mostra. Es diferencien clarament en dos grups, que corresponen a les dues etapes en les quals es van construir escoles prefabricades a Catalunya. Els 6 edificis de la primera etapa són exemples del que no s'ha de construir, i els de la segona exemples d'arquitectura, amb resultats excel·lents, bons i mediocres. Per tant **hi ha hagut una evolució positiva en la qualitat de l'arquitectura escolar des de 1970 al 2008.**

Paral·lelament, en el primer període els edificis es situaven al lloc sense criteri i malament. En canvi, **en el segon període, hi havia una cura molt gran per integrar-les en l'entorn urbà i en el context social.** A més a més, només en la segona etapa **es van projectar les escoles amb la finalitat de ser més eficients energèticament.**

De les característiques estudiades, **el temps d'execució ha estat sempre imposat pel client, des de la convocatòria del concurs i sense una justificació objectiva.** Quan falten places escolars, els sistemes prefabricats han estat i són la tecnologia que pot donar la resposta més ràpida. Tan amb solucions efímeres com amb les permanents, els primers amb terminis imperceptibles i els segons entre 4 i 14 mesos. Però això no justifica que es demani un termini constant, sense tenir en compte: la dificultat del projecte, solar...

Les dimensions dels centres **han evolucionat: des d'edificis compactes de mínims cap edificis extensos de poca alçada, amb una superfície per alumne màxima.**

En l'anàlisi econòmica desglossada de cada part de l'edifici, que s'ha fet en 10 escoles, hi ha molta variació. Per exemple, **la part que té un cost més elevat en relació a les altres és: l'estructura en 5 escoles, les instal·lacions en 4 i els interiors en 1.** La tendència actual apuntaria cap un **augment del cost de les instal·lacions** respecte les altres partides. Aquest fet s'explica perquè cada vegada són més nombroses, diverses i complexes. Per exemple, s'estan incorporant instal·lacions de: captació energètica, domòtica, seguretat, noves tecnologies... **Les partides de façanes i coberta també** pot ser que s'incrementin, sobretot si augmenten els recursos i mecanismes per millorar l'eficiència energètica de l'edifici.

De l'estudi econòmic de l'edifici complet, que s'ha fet en les 12 escoles, podem concloure que **les escoles prefabricades de la primera etapa són més barates que les no industrialitzades. En canvi, els centres prefabricats de la segona etapa són més costosos que els no industrialitzats. Aquest fet s'explica principalment perquè ha augmentat la diferència de qualitat i de prestacions, entre escoles prefabricades i escoles no industrialitzades**, des de la primera a la segona etapa. Per exemple, en la segona etapa, una escola prefabricada ha de tenir certes prestacions que requereix el sistema i la seva indústria: una estandardització dels components per produir-los, una precisió de centímetres o mil·límetres per poder muntar-la, un control dels processos, una formació específica dels operaris... En canvi, una escola no industrialitzada, de la segona etapa, no necessita ni té cap d'aquestes prestacions: no es racionalitza, la precisió és de decímetres, hi ha menys control dels processos...

En l'anàlisi de cada una de les parts de l'edifici, s'ha observat que no totes elles tenen el mateix grau de prefabricació ni d'industrialització. En resum, en totes les escoles hi ha parts més o menys industrialitzades, i per tant **les escoles només són prefabricades en part**.

Les parts més prefabricades són l'estructura i la façana, les més industrialitzades són les divisions interiors i les fusteries, i les menys industrialitzades són els fonaments, la coberta i les instal·lacions. Tampoc no coincideixen en la dependència que han tingut amb el sistema constructiu prefabricat.

En conclusió, **els 12 sistemes només resolen amb la seva lògica una petita part de l'edifici, entre el 27% i el 47% del pressupost de l'edifici si considerem l'estructura i la façana.** A més a més, només **l'estructura té la lògica del sistema en els 12 edificis**, la façana depèn del sistema en la majoria, les divisions interiors només en 2 sistemes, mentre **els fonaments, la coberta, les fusteries i les instal·lacions són com les de qualsevol altre edifici no industrialitzat.**