

CRITERIS GENERALS DE SOSTENIBILITAT I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN EDIFICIS ESCOLARS A BARCELONA

1. REFORMA I AMPLIACIÓ DE L'ESCOLA MARBELLA A BARCELONA

Jordi Pagès Serra. Professor associat al departament de Tecnologia a l'Arquitectura. UPC
Grup de recerca: GAT

Conceptes relacionats: Sostenibilitat, nZEB, edificis de baix consum energètic, centres escolars, instal·lacions d'alta eficiència.

A. Introducció:

L'objecte del present estudi es fixar els criteris generals de sostenibilitat per assolir un edifici escolar mediambientalment responsable. El projecte desenvolupa l'Ampliació i Reforma de l'Escola La Mar Bella, per tal de créixer a nivell educatiu, d'una a dos línies d'Infantil i Primària.#

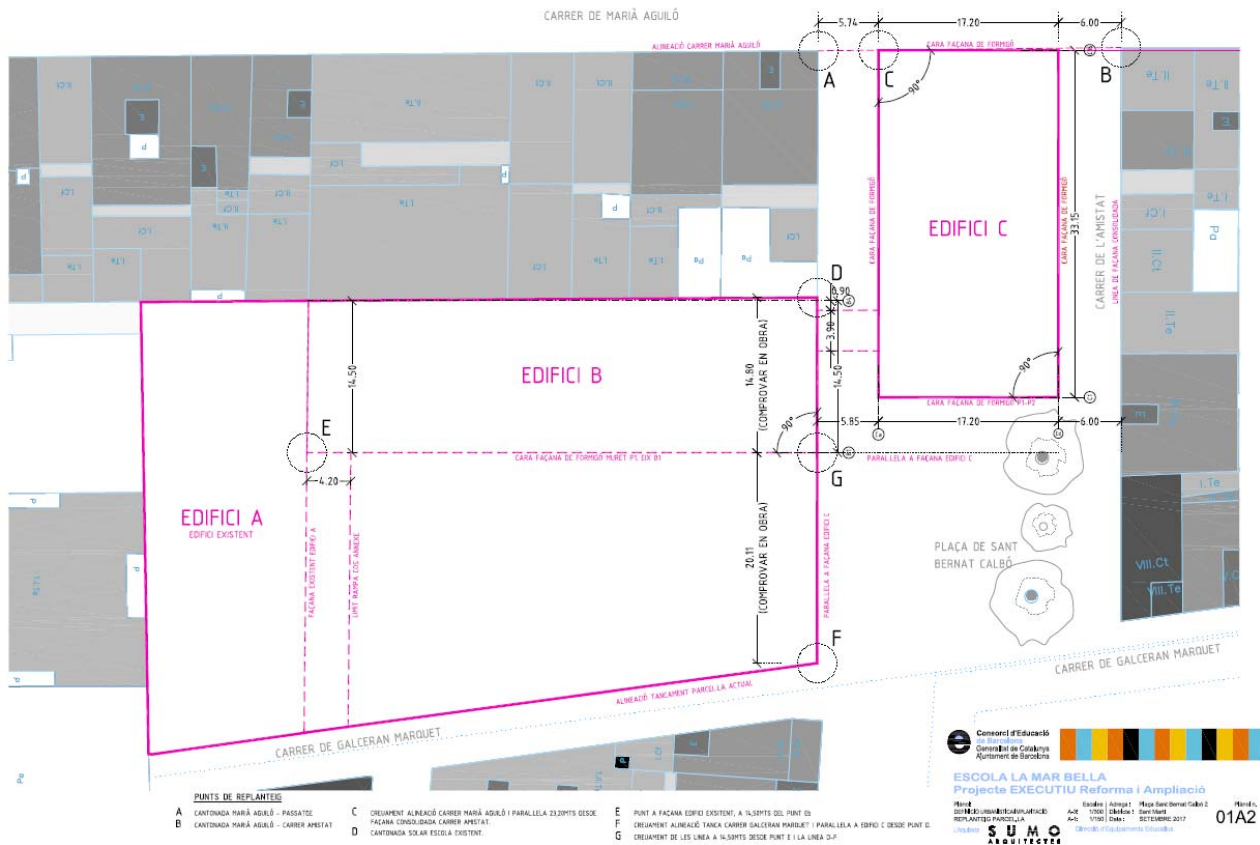
El projecte es desenvolupa en la parcel·la actual de l'escola, Plaça Sant Bernat Calbó 2, una vegada enderrocada, un dels dos edificis existents i en un solar proper, a la plaça Sant Bernat Calbó 3-5, actualment ocupat per l'església Sant Bernat Calbó.

L'ampliació i reforma del centre escolar es realitzarà buscant un bon funcionament energètic de l'edifici. S'estudiarà la possibilitat de a mes a mes de complir els requeriments vigents del CTE introduir aspectes sobre edificis de consum quasi nul (nZEB) que seran d'obligat compliment a partir de 2018 aconseguint així un edifici que s'amolli als requeriments d'un futur molt immediat..

Es planteja un edifici amb un nivell baix de tecnificació en quant a sistemes actius, no es preveu la presència permanent de personal tècnic qualificat en el centre escolar, d'aquesta forma pren encara més importància aconseguir un bon funcionament a partir d'elements passius i dotar a l'edifici de sistemes d'instal·lacions robustos i de molt fàcil accionament i manteniment .



Imatge general del nou centre escolar.



Esquema general d'implantació. Edifici A: existent a rehabilitar. Edifici B: Aulari de nova planta. Edifici C: Gimnàs sala polivalent de nova planta.

B. Estratègies de reducció de la demanda energètica:

L'objectiu és reduir la demanda energètica de l'edifici tant de calor, que posteriorment es traduirà en menors consums energètics de l'edifici, com la demanda de refrigeració, tot i que aquesta només es tradueix en un millor confort pels usuaris, ja que el centre no contarà amb sistemes actius de refrigeració. Per tant s'ha realitzat un esforç en assolir una bona qualitat de l'envoltant (aïllament i estanquitat a l'aire), la correcte orientació i dimensionat de les obertures, les seves proteccions solars així com una bona implantació de la ventilació permanent. L'edifici existent serà millorat no només funcionalment, sinó que també es realitzarà una adequació energètica, per tal d'homogeneïtzar les seves prestacions amb els pavellons nous.

Anant una mica més lluny que l'acompliment de la normativa actual, hem plantejat com objectiu assolir una reducció de la demanda que permeti complir la futura concepció d'edifici nZEB. Davant el buit normatiu actual hem pres com a referència els valors recollits per l'ICAEN:

Taula 1.2. Valors límit de demanda i consum energètic, i percentatge d'aportació d'energies renovables. Comparativa entre el Codi tècnic de l'edificació i dades proposades per a assolir un edifici de consum d'energia gairebé zero (la normativa està pendent d'aprovar-se).

		CTE 2006		CTE 2013		nZEB (Pendent d'aprovació)	
		Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari	Edifici habitatges	Edifici terciari
HE1. Límit de demanda energètica (kWh/m ² any)	Calefacció	No definit		20 + 1000/S*	Estalvi del 25% demanda referència	<15	Estalvi del 35% demanda referència
	Refrigeració			15		<15	
HED. Límit de consum energètic (kWh/m ² any)		No definit		50 + 1500/S*	Classe B	Classe A****	Classe A****
% renovables	Solar tèrmica ACS**	≥30%	≥30%	≥40%	≥40%	≥70%	≥70%
	Elèctrica fotovoltaica***	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici	-	Segons ús edifici

* S = superfície útil dels espais habitables de l'edifici, en m².

** Contribució solar per a la producció d'aigua calenta sanitària (ACS)

*** Contribució fotovoltaica mínima d'energia elèctrica per a edificis de determinants usos i de superfície construïda igual o major de 5.000 m² calculada amb la fórmula $P=C \cdot (0,002 \cdot S - 5)$ on P = potència nominal a instal·lar; C = coeficient en funció de la zona climàtica; S = (superfície construïda de l'edifici); Producció integrada d'energia elèctrica fotovoltaica.

**** Es tracta d'una previsió que no implica que tots els edificis amb qualificació A siguin automàticament de consum d'energia gairebé zero.

Consistents, en un edifici escolar, en aconseguir reduccions de la demanda conjunta de com a mínim el 35% respecte al edifici de referència.

S'han realitzat una primera tanda de simulacions amb l'eina informàtica HULC per tal de validar els sistemes constructius dels edificis de nova planta B i C així com la reforma de l'edifici A. En tots els casos s'ha anat aplicant el criteri cost-benefici per la presa de decisions. Així s'han simulat diferents constitucions de façana per trobar el gruix d'aïllament més favorable així com diferents constitucions de vidres per optimitzar paràmetres com el valor g o la U_g.

Qualitat de l'envoltant. Sistemes constructius. Transmissió tèrmica dels tancaments:

Edifici B:

Paràmetres principals establerts:

Sud-Oest	// Façana ventilada lleugera //	0,19W/m ² K
Nord-Est	// Façana amb aïllament exterior //	0,24W/m ² K
Sud-Est	// Façana de formigó o bloc de Formigó //	0,27W/m ² K

Coberta:	// Coberta Ventilada //	0,26W/m ² K
Forjat en contacte amb l'exterior//		0,39W/m ² K
Solera //		2,53W/m ² K

Edifici C:

S'han estudiat els següents tancaments:

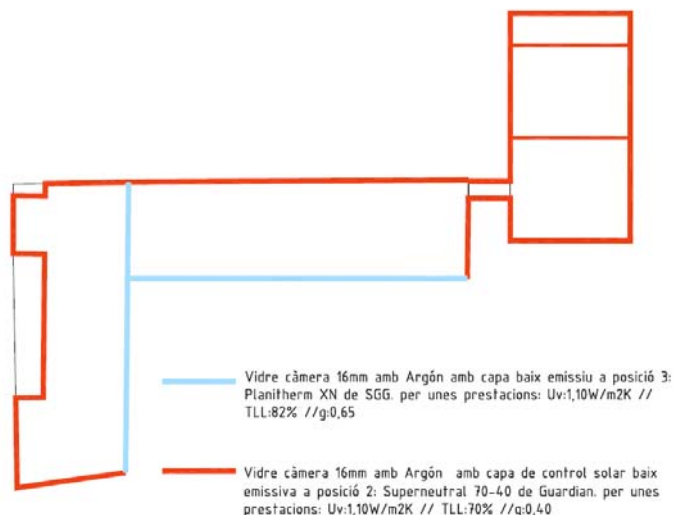
Façana de formigó trasdosada //	0,27W/m ² K
Façana de ventilada de full interior de fusta //	0,23W/m ² K
Coberta Ventilada //	0,20W/m ² K
Solera //	2,53W/m ² K

Envidraments edificis B i C:

S'han simulats diferents constitucions de vidres, el vidre inicial ha estat un vidre amb càmera de 16mm amb Argó i amb capa baix emissiva amb característiques: $U_g=1,6W/m^2$ i $g=0,4$. Amb posterioritat per s'han simulat vidres:

1. $U_g=1,1W/m^2$ i $g=0,4$
2. $U_g=1,1W/m^2$ i $g=0,65$

Atenent als resultats de les simulacions hem optat per col·locar l'envidrament tipus 1 a l'edifici C i a les orientacions NE i NO (evitant sobreescalfaments a l'estiu). A les orientacions SE i SO dels edificis B i A, les façanes amb més possibilitat de captació a l'hivern, hem utilitzat l'envidrament 2



esquema d'envidrament

Les proteccions solars tèxtils de tendals projectables s'han simulat amb un factor solar de 0,2 a l'edifici B i 0,3 a l'edifici A

Les proteccions solars amb gelosies fixes s'han simulat amb factor solar de 0,5

Edifici A:

Primers estudis han fet descartar actuacions sobre elements en bon estat, però de baixes propietats tèrmiques, ajustant les actuacions a les possibilitats tècniques i pressupostàries. Així la simulació inclou els marc i vidres preexistents, en bastant bon estat, suposant unes propietats: $U_f:4W/m^2K$ amb vidres $U_g=2,9W/m^2K$ i $g=0,75$, i noves proteccions solars amb tendals ($F_s:0,3$) i fixes de gelosies ($F_s:0,4$)

Les fusteries noves a patis s'han considerat $U_f: 3,5W/m^2K$ amb vidres $U=1,1W/m^2K$ i $g=0,4$

Es realitza un tractament amb aïllament per l'exterior a les façanes i mitjançant trasdossats per l'interior a les parts no accessibles:

Sud-Est, Sud-oest i patis	// Façana amb aïllament exterior //	0,31W/m ² K
Mitgera	// Façana amb trasdossat//	0,49W/m ² K

A la coberta, en bastant bon estat de conservació, es fa difícil actuar sense una gran despesa econòmica. S'ha simulat un aïllament per la cara inferior del forjat base de 8cm de gruix:

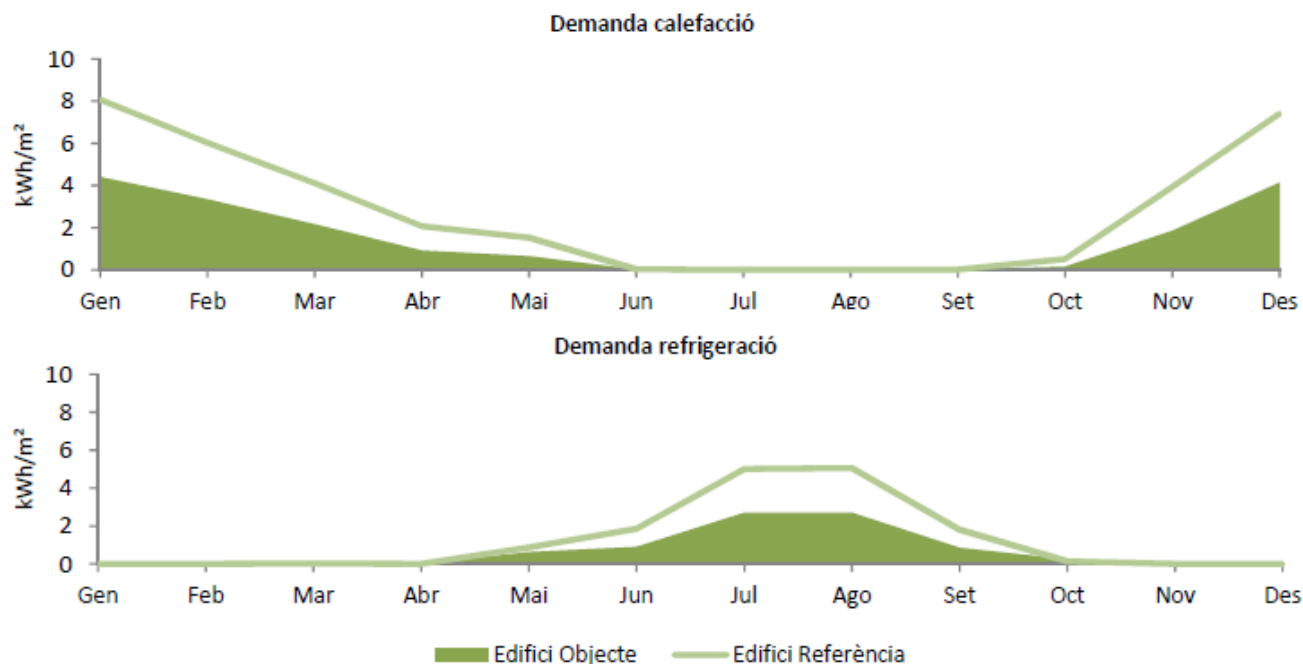
Coberta: 0,33W/m²K

Els resultats permeten comprovar que es complirà el objectiu inicial d'aconseguir un nivell superior al CTE, obtenint reduccions de la demanda conjunta <35% en concret s'ha aconseguit una reducció del 47,62%

Porcentaje de ahorro sobre la demanda energética conjunta* de calefacción y de refrigeración para 0,80 ren/h**

Ahorro alcanzado (%)	47,62	Ahorro mínimo (%)	25,00	Sí cumple
$D_{cal(0,80),O}$	5,45 kWh/m ² año	$D_{cal(0,80),R}$	13,64 kWh/m ² año	
$D_{ref(0,80),O}$	7,62 kWh/m ² año	$D_{ref(0,80),R}$	9,93 kWh/m ² año	
$D_{G(0,80),O}$	10,79 kWh/m ² año	$D_{G(0,80),R}$	20,59 kWh/m ² año	

Demanda energética mensual



Com a element característic per millorar el confort i reduir la despesa energètica, es proposa utilitzar en l'edifici C (gimnàs) un sistema d'airejadors naturals (windcatchers), que aprofiten la pròpia força del vent de l'exterior per introduir i extreure l'aire de la sala, Aquest sistema permet assegurar la renovació de l'aire quan la sala no està ocupada o a les èpoques càlides, evitant d'aquesta manera el sobreescalfament, sense tenir que utilitzar els sistemes mecànics. La renovació d'aire mecànica i la climatització només funcionaran quan els sensors de CO₂ i termòstats així ho recomanin.

Sistemes Actius:

La ventilació de les aules, una de les despeses energètiques més altes, es planteja amb sistemes mecànics descentralitzats que permetin l'operació parcial de l'edifici, amb sensors de CO2 i presència a cada sala que permetin realitzar la ventilació només quan sigui necessari. S'utilitzaran recuperadors de calor d'alta eficiència. Per tal d'afavorir una utilització responsable del centre, a cada aula hi haurà un indicador del nivell de CO2, tipus semàfor, de forma que la llum groga alerti als usuaris de la conveniència d'obrir les finestres, si això no es pogués fer la llum passarà a color vermell i s'activarà la renovació mecànica.

La calefacció es realitzarà per radiadors amb caldera de gas modular de condensació, es prestarà una especial atenció a sectoritzar la instal·lació atenent a les diferències d'us i d'orientació.

Es preveu un sistema descentralitzat per produir l'ACS. Ja que per una banda la demanda en un centre escolar és relativament baixa i per l'altre el gimnàs-sala polivalent pot tenir un ús molt diferent al de la resta del centre. El sistema descentralitzat és alhora idoni per un edifici tant extens alhora de minimitzar recorreguts i consums en bombeig i recirculació. A la zona dels vestidors del gimnàs la producció es farà amb captadors tèrmics, a la zona de la cuina es realitzarà amb una bomba de calor aerotèrmica.

Producció d'energia renovable:

A part dels captadors solars per la producció d'ACS ja mencionats i dels sistema d'aerotèrmia també per producció d'ACS, es planteja la col·locació d'un camp fotovoltaic en dues zones: Pèrgola a l'edifici B i coberta de l'edifici C. En conjunt disposarà de un mínim de 35,11kWpic.

La combinació de la reducció de la demanda i d'un sistemes actius d'alta eficiència permeten obtenir una Certificació energètica en fase de projecte: **A**

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<21.46 A	16,64B	<7.28 A	3,40 A
21.46-34.8 B			
34.87-53.64 C			
53.64-69.74 D			
69.74-85.83 E			
85.83-107.29 F			
=>107.29 G			
		7.28-11.83 B	
		11.83-18.20 C	
		18.20-23.66 D	
		23.66-29.12 E	
		29.12-36.41 F	
		=>36.41 G	

A més dels sistemes passius i actius i de la generació in situ d'energia creiem que en un centre escolar de nova creació és important incidir en els criteris formatius i pedagògics que la sostenibilitat i la eficiència energètica porten implícits. Es donarà prioritat als sistemes que siguin fàcilment interpretables pels usuaris, i que permetin interactuar amb ells. Sistemes que incorporin al propi usuari del centre en la gestió del confort i del estalvi energètic, donant-los la informació necessària per prendre decisions. Per exemple, el senzill sistema abans mencionat de senyalització que avisi del millor moment per incrementar la ventilació, altres possibilitats són introduir sistemes d'informació en l'edifici que a partir de la monitorització de tots els sistemes serveixin per conscienciar als estudiants i a la comunitat educativa en el millor ús de l'edifici.

En una lectura més transversal de la Sostenibilitat s'estudiarà millorar el cicle de l'aigua utilitzada a l'edifici introduint un dipòsit d'aigua pluvial que permeti una certa autonomia en el reg del pati/jardí o un sistema de reciclatge d'aigües grises. Tanmateix s'estudiarà la possibilitat d'introduir un sistema d'horts urbans i plantacions trepadores com element pedagògic i de conscienciació ambiental.

Els materials de construcció s'han triat atenent als següents criteris:

- Alta durabilitat i fàcil manteniment.
- Materials d'origen natural, poc transformats amb emissions de COV molt baixes.
- Materials amb un ACV favorable en tot el seu cicle de vida. Materials de baix impacte de producció i transport, reciclables i amb un contingut elevat de materials reciclats.

Així els materials predominats seran formigó armat amb acer (edificiB) , fusta laminada amb certificat de reforestació (C). Fusta amb FSC a les fusteries interiors i proteccions solars. Paviments de terratzo i Linòleum. Arrambadors de cel·lulosa premsada, envans i fals sostre de guix laminat. Fusteries exteriors d'alumini.