

EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Edificios energéticamente **muy eficientes**

Elevado **confort interior: térmico y acústico**
Alta calidad del aire

Respetuosos con el **medio ambiente**

Económicamente viables

Concepto de construcción **internacional**

20 años de experiencia y más de **25.000 edificios** construidos

Eficacia comprobada para **clima mediterráneo**

Edificios monitorizados en España con excelentes resultados

CONCEPTOS CLAVE DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Diseño: compacidad, orientación y protección solar

Aislamiento térmico y ausencia de puentes térmico

Inercia térmica

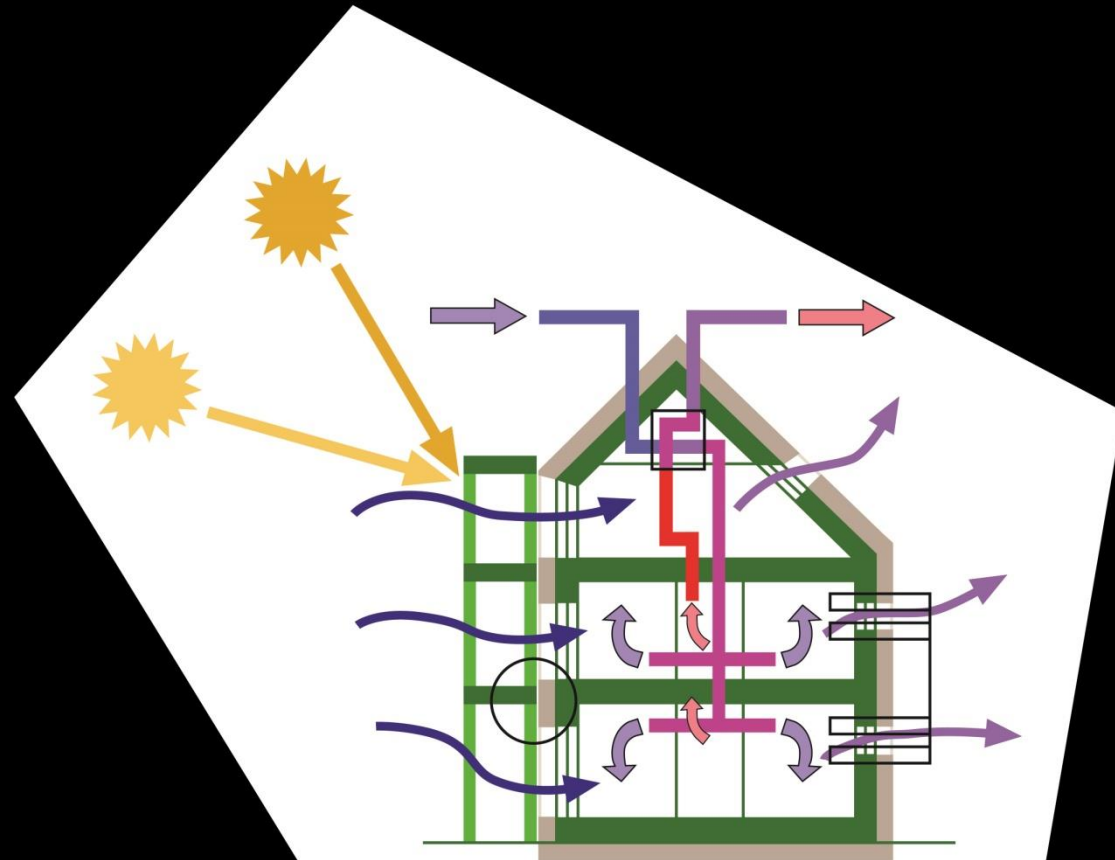
Alta calidad de **ventanas**

Ventilación controlada (HRV)

Alto nivel de **hermeticidad**

Ventilación cruzada en verano

Ventilación nocturna en verano



ESTADO ACTUAL DE ESCUELAS EN CLIMA BARCELONA

Demanda calefacción:

(refrigeración/deshumidificación:
no procede)



CEIP El Garrofer, Viladecans



470

kWh/m²a

m²

3.300

129,0

Año

1974

(herramienta PHPP)

CEIP Margalló, Castelldefels



483

kWh/m²a

m²

2.700

118,2

Año

1997

(herramienta PHPP)

CEIP Cascabell, Sant Adrià del Besòs



245

kWh/m²a

m²

2.700

113,6

Año

1980

(herramienta PHPP)

Promotor:

AJUNTAMENT DE
VILADECANS

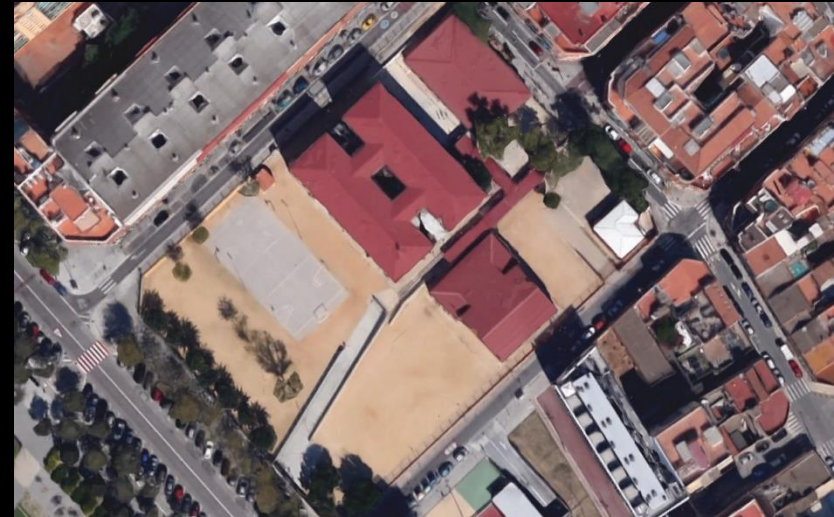
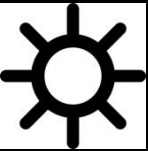


Autores del proyecto:
Berta Pujol
Energiehaus Arquitectos SLP



ESCUELA EL GARROFER – ESTADO ACTUAL

Confort usuarios



Viladecans (Barcelona)



ESCUELA EL GARROFER – ESTADO ACTUAL



Promotor:

**AJUNTAMENT DE
VILADECANS**

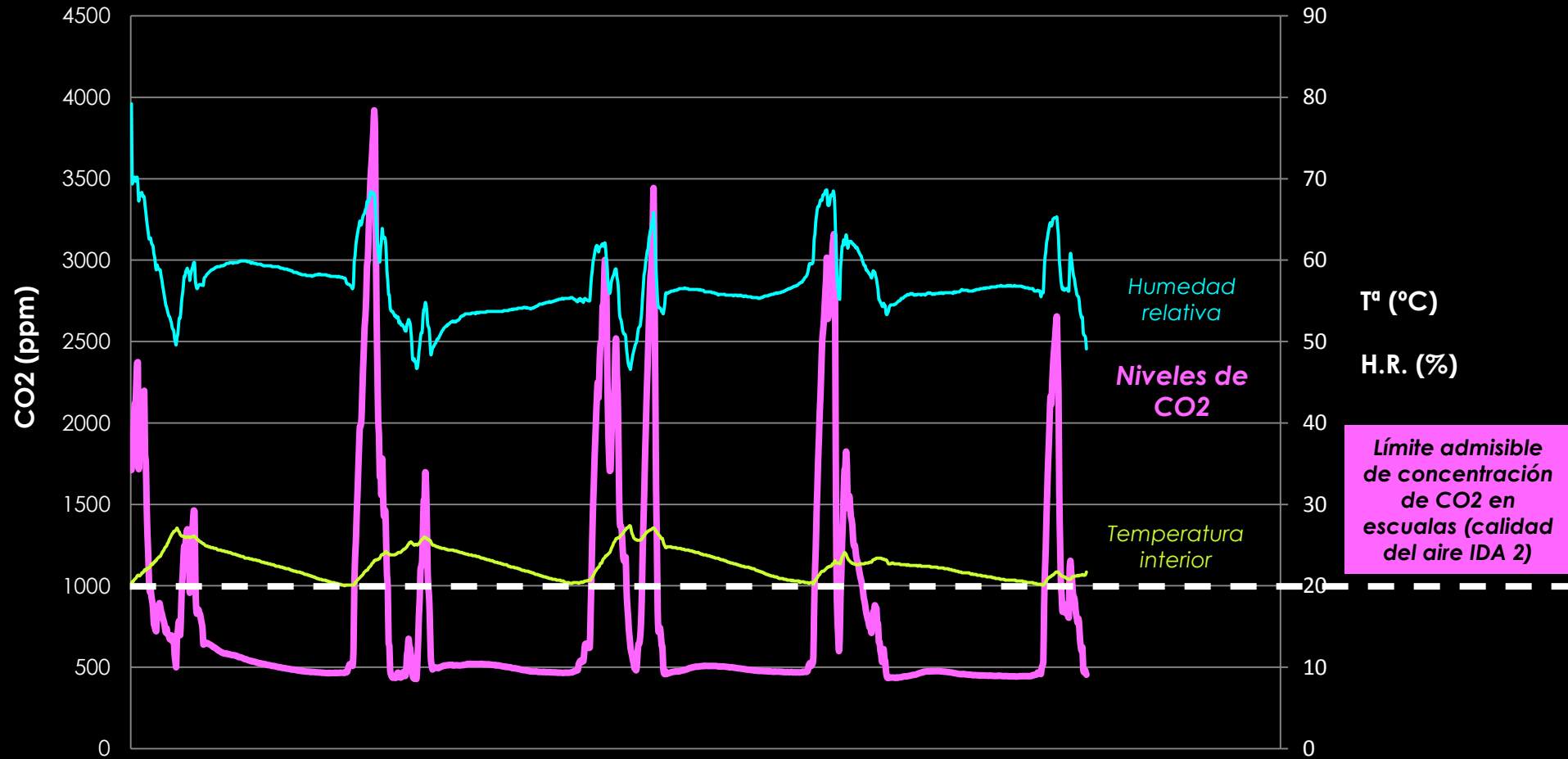


Autores del proyecto:
Berta Pujol
Energiehaus Arquitectos SLP



ESCUELA EL GARROFER – ESTADO ACTUAL

Monitorització de la concentració de CO2



ESCUELA EL GARROFER – ESTADO ACTUAL



Prueba de estanqueidad al aire
Resultado del test de "BlowerDoor"
 $n_{50} = 17,14 / h$

ESCUELA EL GARROFER – ESTADO ACTUAL

Demanda de calefacción en condiciones de confort
Passivhaus (20°C)

129,0 kWh/m²a

Consumo de gas para satisfacer la demanda en
condiciones de confort Passivhaus

138,0 kWh/m²a

Discomfort

Consumo actual de gas en calefacción

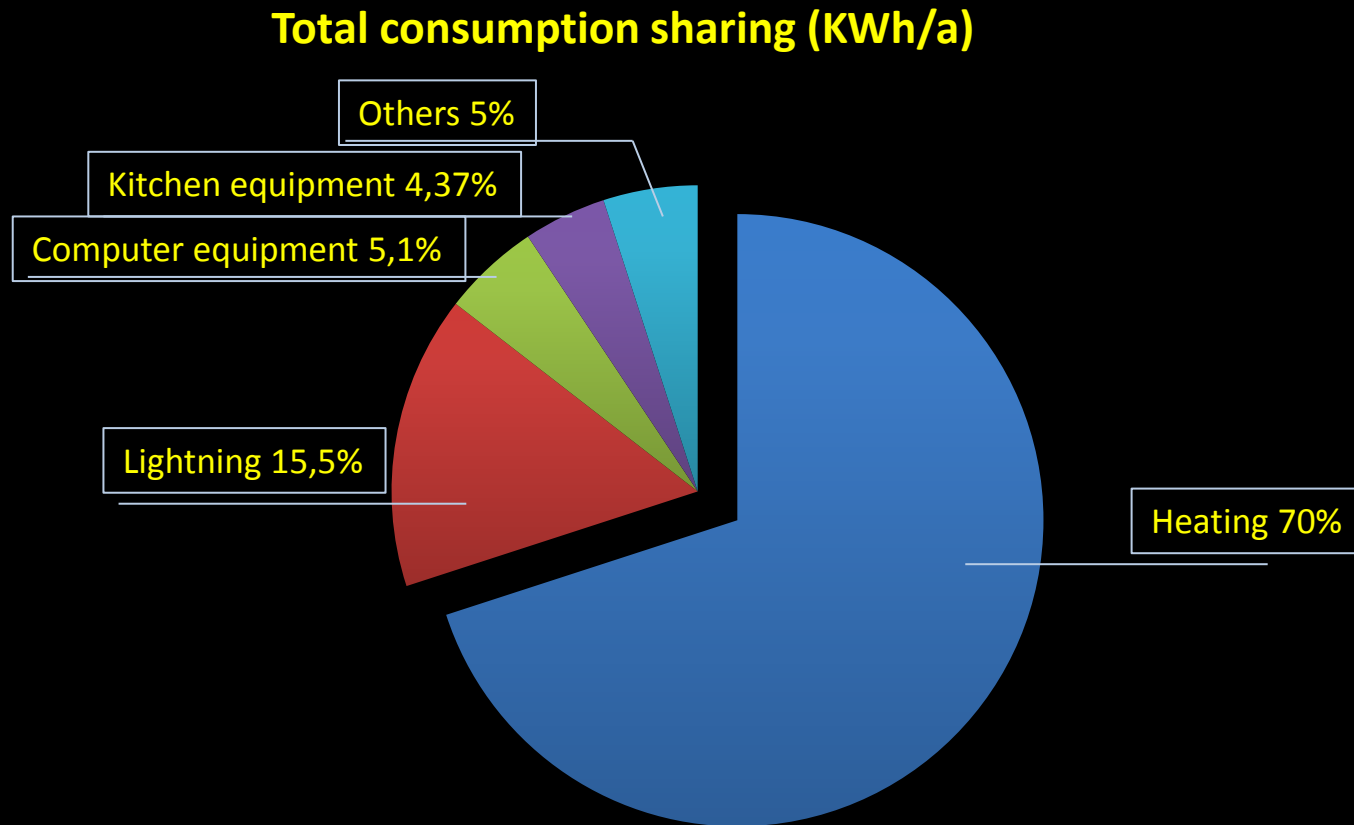
102,4 kWh/m²a

| Specific building demands with reference to the treated floor area | | | | |
|--|---|-----------------|---------------|----|
| | Treated floor area | 2255,5 m² | | |
| Space heating | Heating demand | 129,0 kWh/(m²a) | 15 kWh/(m²a) | no |
| | Heating load | 99,6 W/m² | 10 W/m² | no |
| Space cooling | Overall specif. space cooling demand | kWh/(m²a) | - | - |
| | Cooling load | W/m² | - | - |
| | Frequency of overheating (> 26 °C) | 10,7 % | - | - |
| <i>para escuelas en ámbito Mediterráneo</i> | | | | |
| Primary energy | Heating, cooling, dehumidification, DHW, auxiliary electricity, lighting, electrical appliances | 221 kWh/(m²a) | 120 kWh/(m²a) | no |
| | DHW, space heating and auxiliary electricity | kWh/(m²a) | - | - |
| | Specific primary energy reduction through solar electricity | kWh/(m²a) | - | - |
| Airtightness | Pressurization test result n ₅₀ | 17,1 1/h | 0,6 1/h | no |

* empty field: data missing; '-': no requirement



ESCUELA EL GARROFER – ESTADO ACTUAL



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

MEDIDAS DE ACTUACIÓN PARA LA REHABILITACIÓN PASSIVHAUS

Optimización del balance energético de las **VENTANAS**

Ventanas de PVC de **alta calidad energética**

Optimización del puente térmico de instalación de las ventanas

VENTILACIÓN CONTROLADA de doble flujo con recuperación de calor
HRV de **alta eficiencia energética**

Reducción de las infiltraciones de aire no controladas (**n50 < 1/h**)

Optimización del **aislamiento de la ENVOLVENTE TÉRMICA**

Optimización de los **PUENTES TÉRMICOS** geométricos y constructivos

Ventilación adicional nocturna y protección solar

Mejora de la **eficiencia energética de la iluminación** de las aulas

ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DE LAS VENTANAS



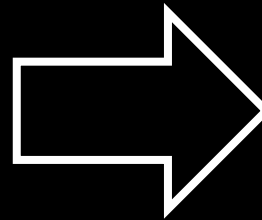
Carpintería metálica

$U_f = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vidrio simple

$U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

valor-g = 0,87



Carpintería de PVC

$U_f = 1,04 \text{ W/m}^2\text{K}$

Acristalamiento doble

$U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

valor-g = 0,40

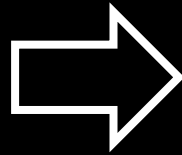
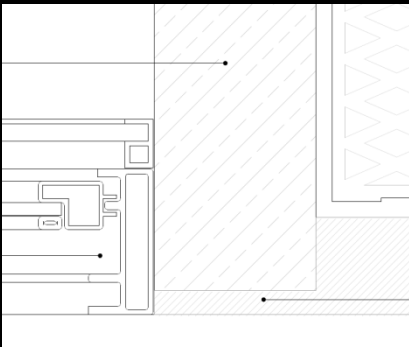
espaciadores de plástico



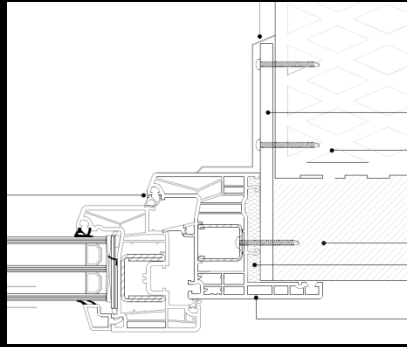
ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DE LAS VENTANAS – PT, instalación

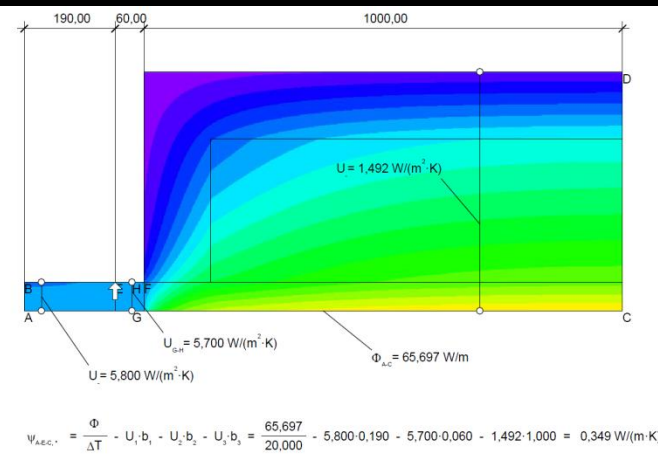
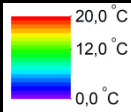
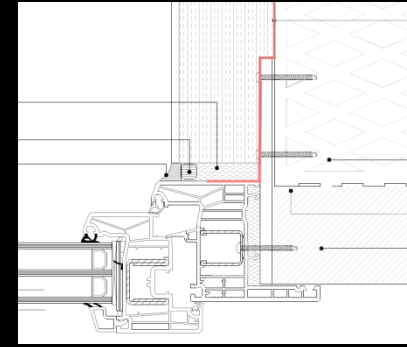
Estado **actual**



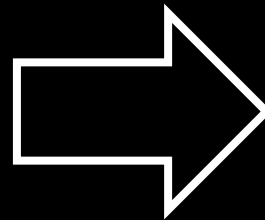
Fase 1



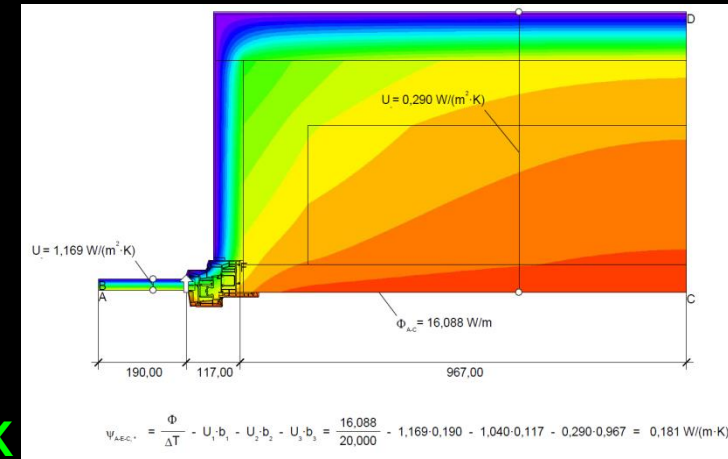
Fase2



0,349 W/mK



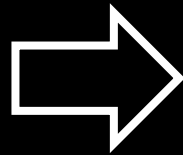
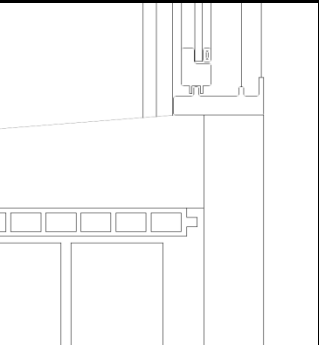
0,181 W/mK



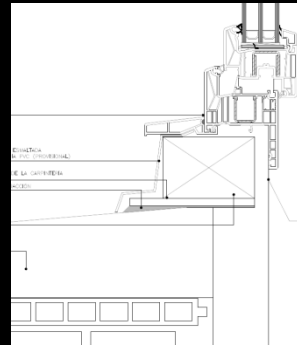
ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DE LAS VENTANAS – PT, instalación

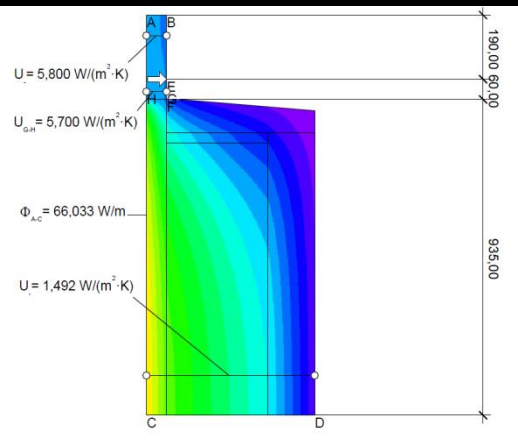
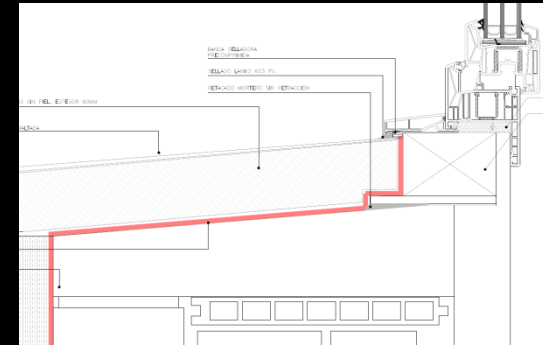
Estado **actual**



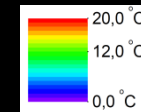
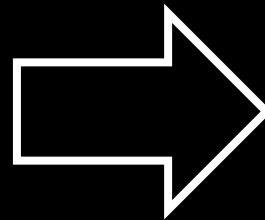
Fase 1



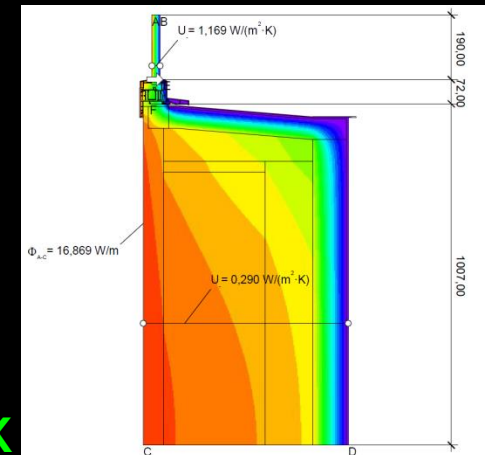
Fase2



0,462 W/mK



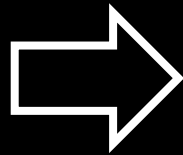
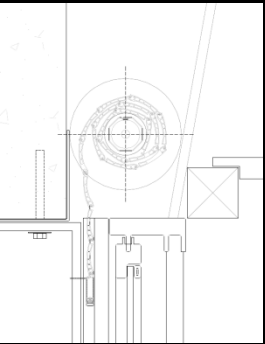
0,255 W/mK



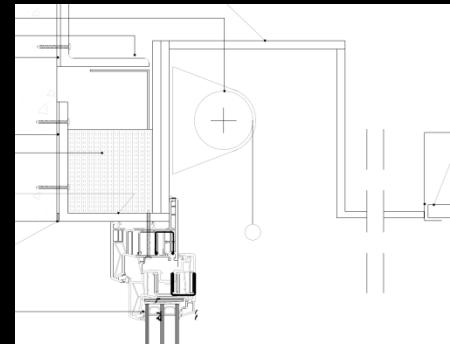
ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DE LAS VENTANAS – PT, instalación

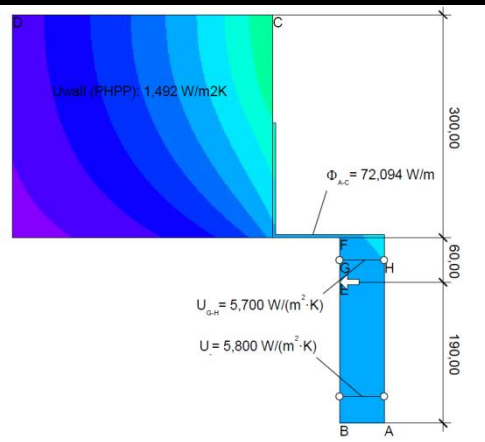
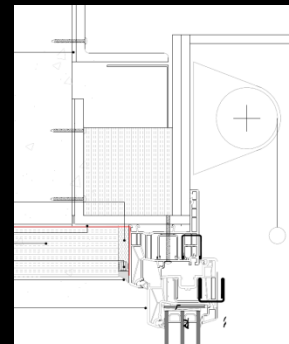
Estado **actual**



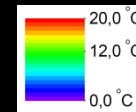
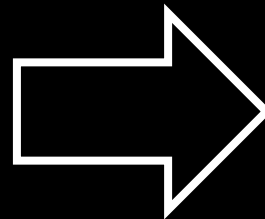
Fase 1



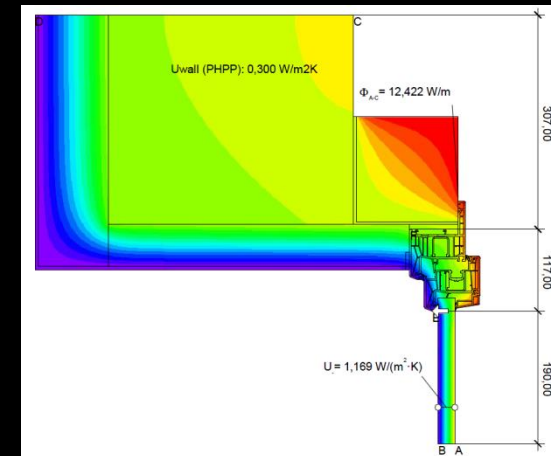
Fase2



1,713 W/mK



0,185 W/mK



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

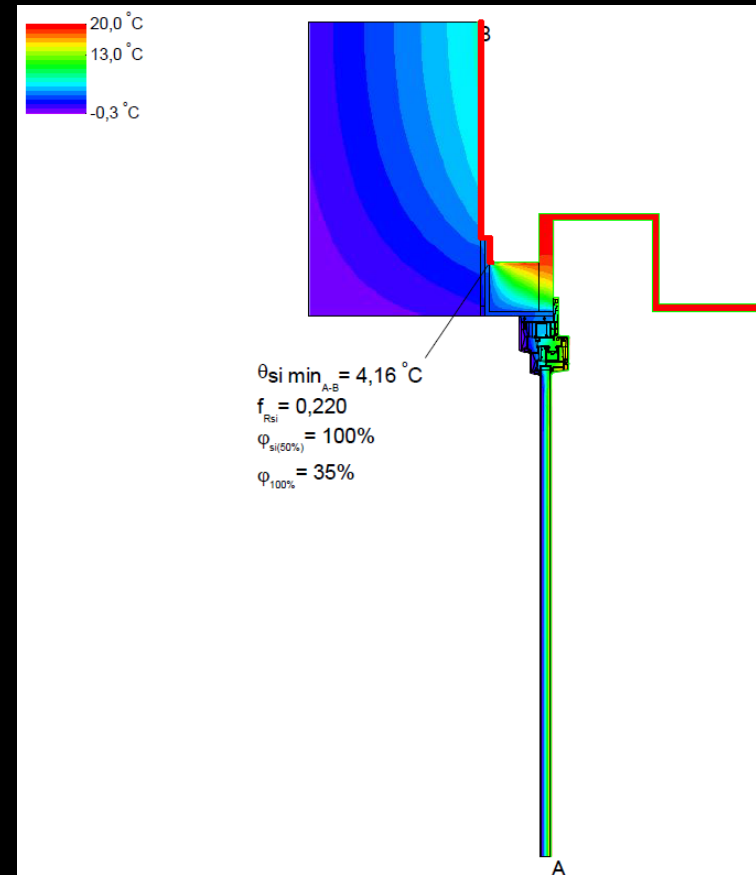
POSIBLES PROBLEMAS DE CONDENSACIONES EN LA FASE 1

Condensaciones superficiales en la instalación de la ventana con la jácena de hormigón.

El perfil L de acero para el anclaje de la ventana será continuo en toda la sección.

El separador de plástico de 8 mm de espesor entre el perfil L de acero y jácena se instalará sólo en los puntos de anclaje.

Se generan **infiltraciones de aire** como en el estado actual para evitar posibles problemas de condensaciones en esta fase.



-0,3 °C (average T -12 hours coldest in Barcelona)

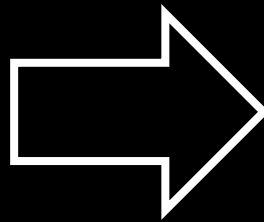
ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO DE LAS VENTANAS

Estado **actual**

Balance energético:
-54.834 kWh/a *

| Transmission losses | Heat gains solar radiation |
|---------------------|----------------------------|
| kWh/a | kWh/a |
| 5465 | 185 |
| 24766 | 1987 |
| 9151 | 2265 |
| 28728 | 8838 |
| 0 | 0 |
| 68110 | 13276 |



Rehabilitación **Passivhaus**

Balance energético:
-9.482 kWh/a *

| Transmission losses | Heat gains solar radiation |
|---------------------|----------------------------|
| kWh/a | kWh/a |
| 1153 | 71 |
| 5165 | 692 |
| 1962 | 940 |
| 6009 | 3104 |
| 0 | 0 |
| 14289 | 4807 |

* cálculo con la herramienta PHPP



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

VENTILACIÓN CONTROLADA CON RECUPERACIÓN DE CALOR



HRV de **alta eficiencia energética**

Alta calidad del aire
Confort acústico
Flexibilidad de funcionamiento
Sistema de control (sensores)

Certificado Passivhaus

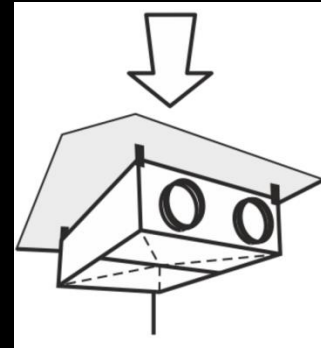
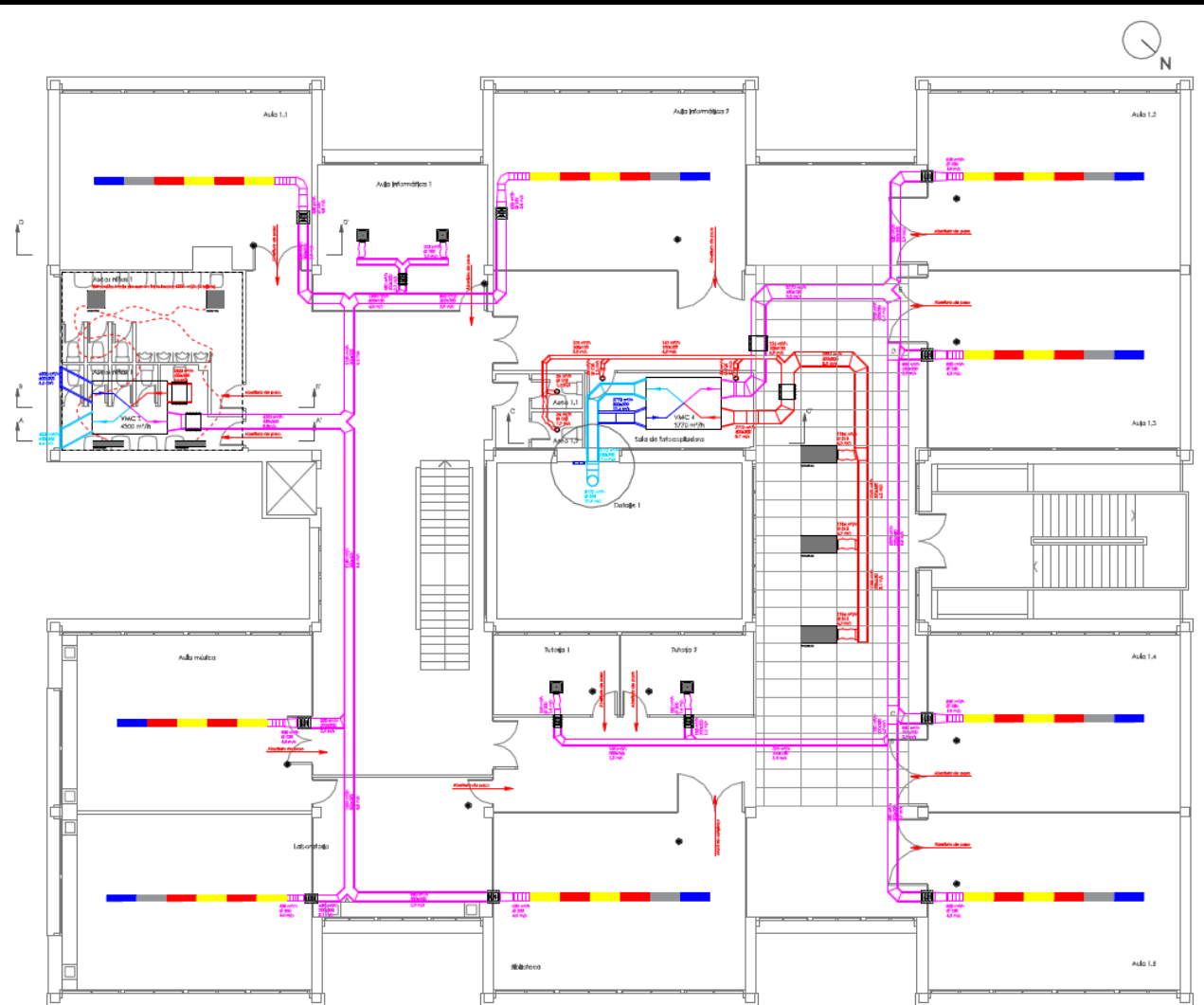


$\eta_{HR,eff}$ 84%
(800 m³/h)

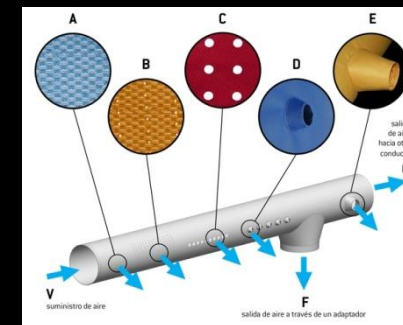
$\eta_{HR,eff}$ 80%
(1700/ 2800 m³/h)

Electric power
consumption
0.45 Wh/m³

ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN



HRV de perfil bajo para colocación en falso techo



Conductos de tela en la difusión de aire en aulas



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

VENTILACIÓN CONTROLADA CON RECUPERACIÓN DE CALOR



Impulsión de aire en aulas

Red de conductos de impulsión de fibra de vidrio

Difusión de aire de baja velocidad con conductos de tela

Facilidad de limpieza de los conductos de tela

Sistema de control con pantalla táctil

Reguladores de caudal en cada ramal de impulsión

Ventilación mínima en ausencia

Detectores de presencia en las aulas

Sondas de CO2 en secretaría y oficinas

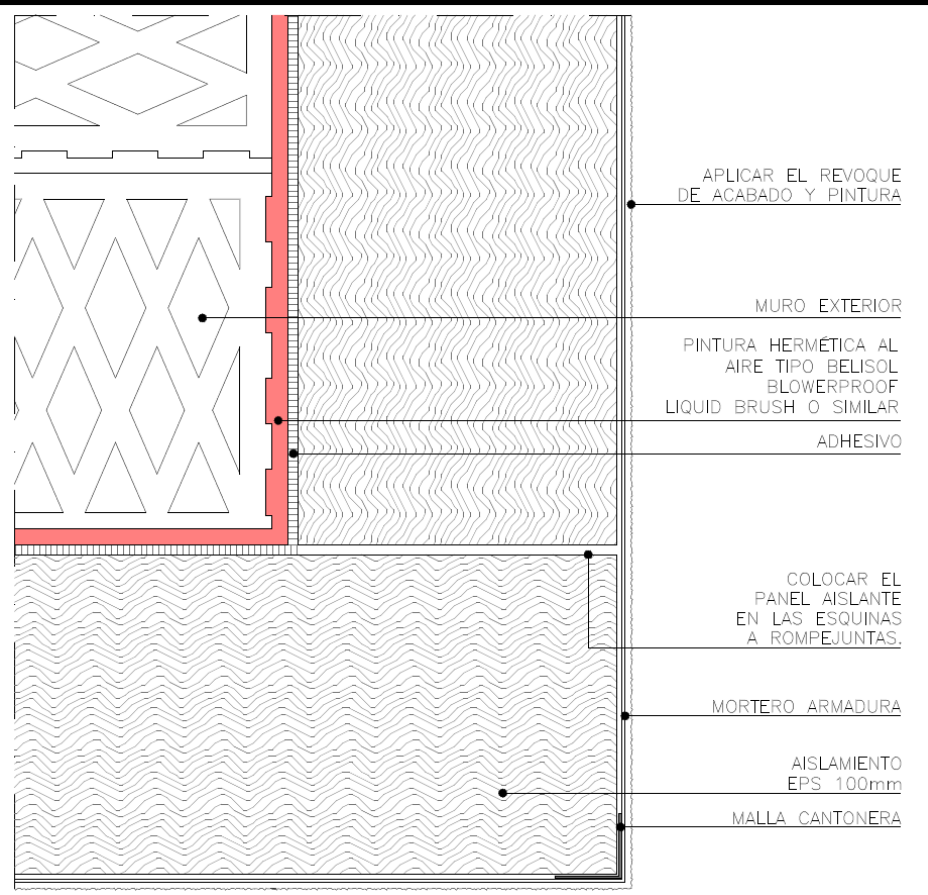
Caudal regulable según usos en el comedor

Retorno de aire en locales húmedos y pasillos

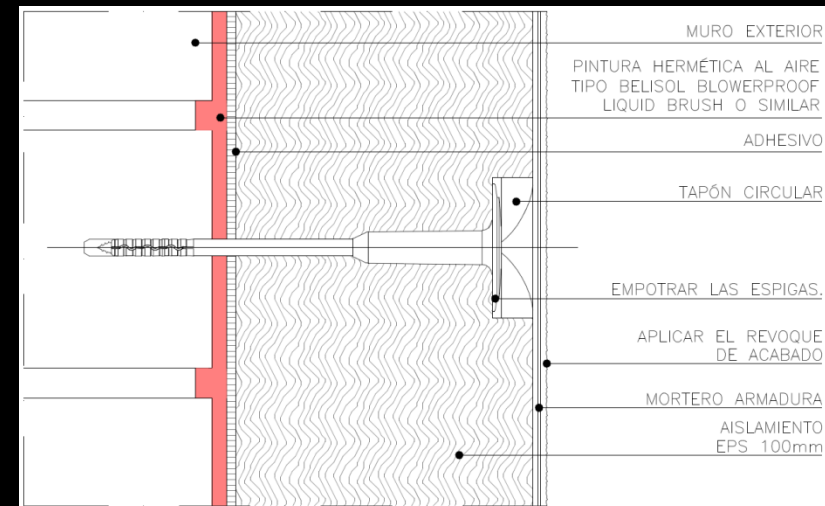
“Active overflow” a través del falso techo
Minimización de la red de conductos

ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

REDUCCIÓN DE LAS INFILTRACIONES – ALTA HERMETICIDAD

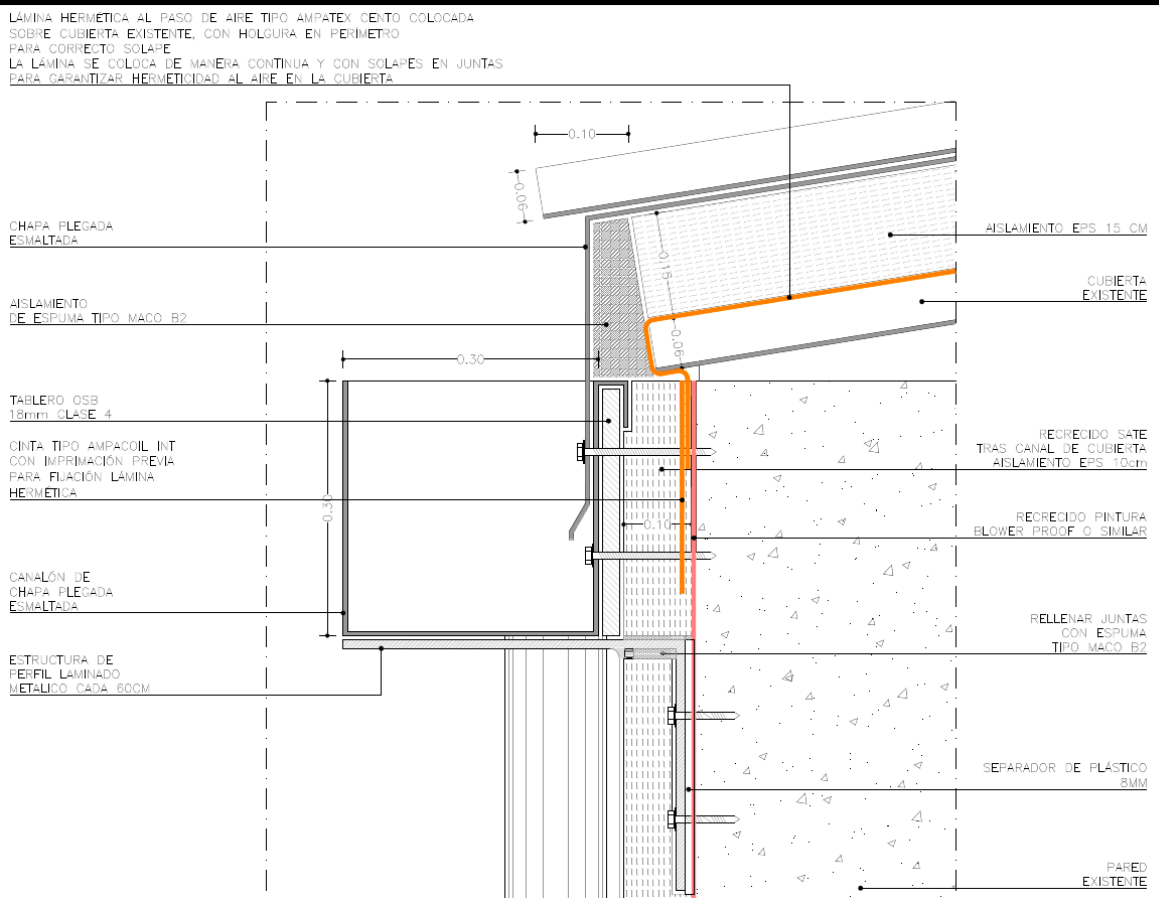


Pintura hermética al aire tipo Belisol blowerproof liquid brush o similar



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

REDUCCIÓN DE LAS INFILTRACIONES – ALTA HERMETICIDAD



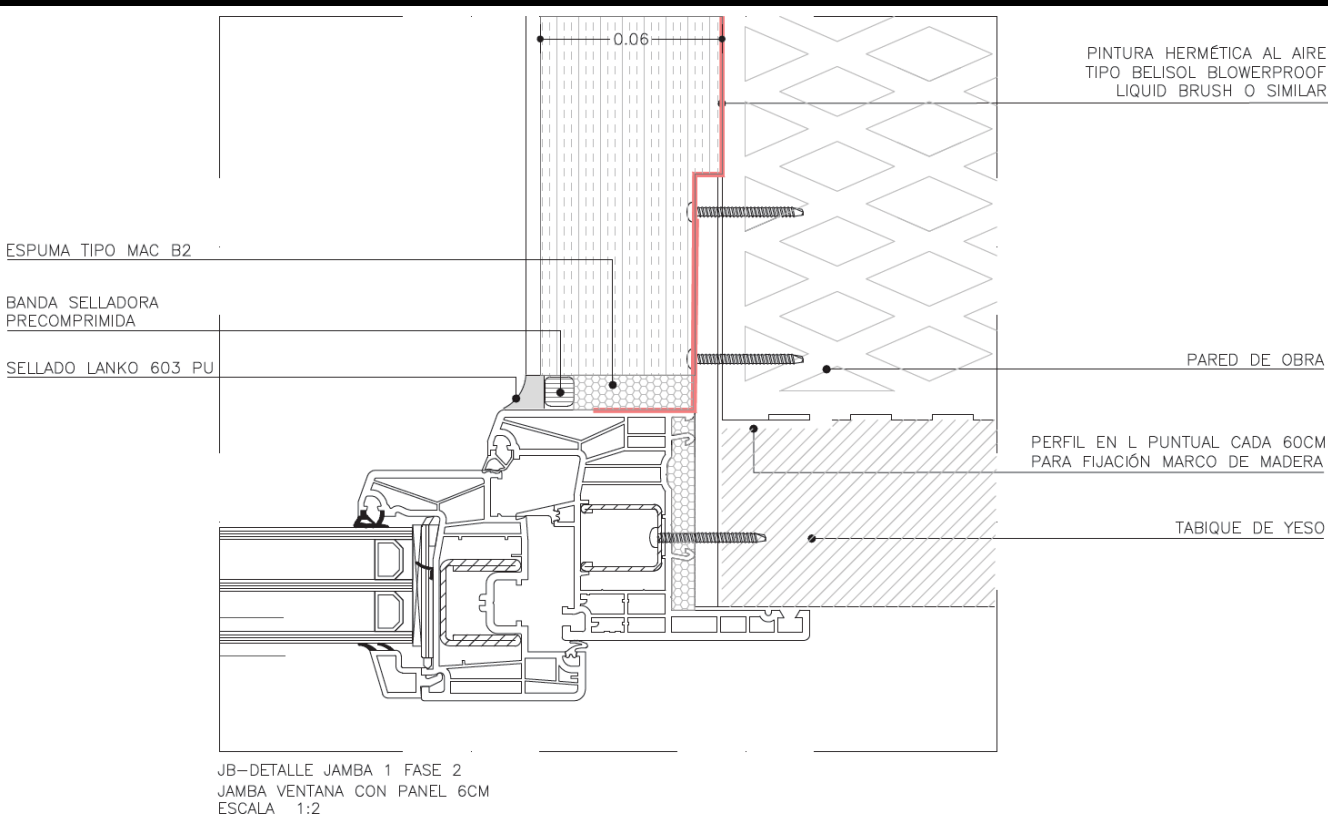
Pintura hermética al aire

Lámina hermética al paso del aire en cubierta tipo Ampatex Cento

ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

REDUCCIÓN DE LAS INFILTRACIONES – ALTA HERMETICIDAD

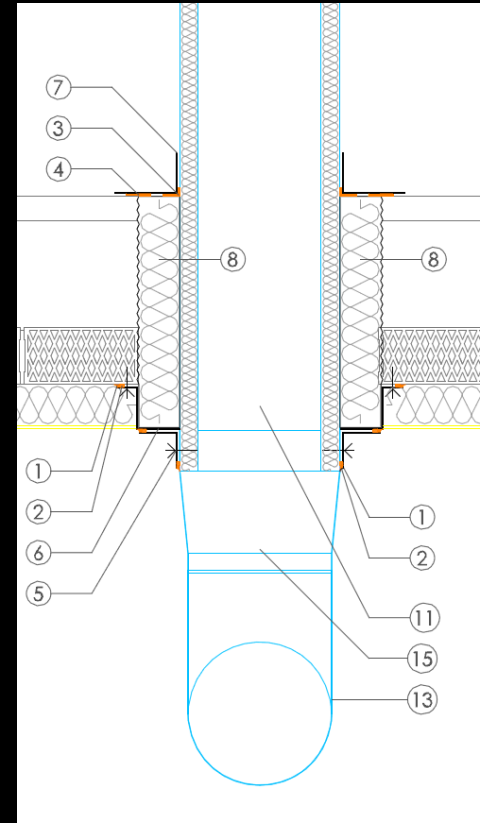
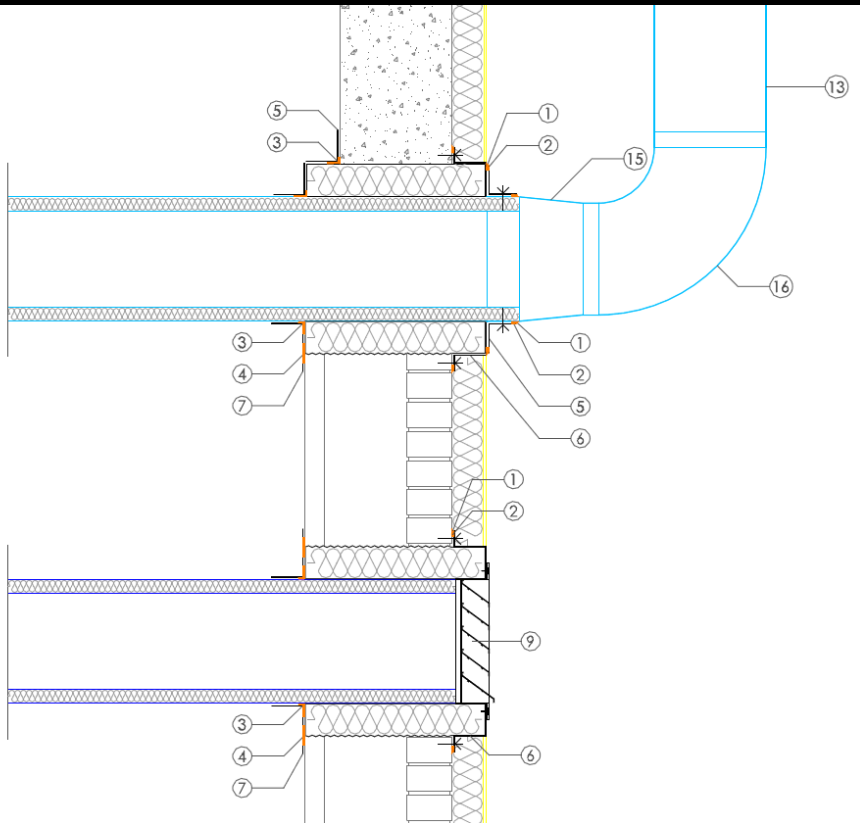
Continuidad de la línea de hermeticidad en la instalación de ventanas



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

REDUCCIÓN DE LAS INFILTRACIONES – ALTA HERMETICIDAD

Continuidad de la línea de hermeticidad en los pasos de conductos

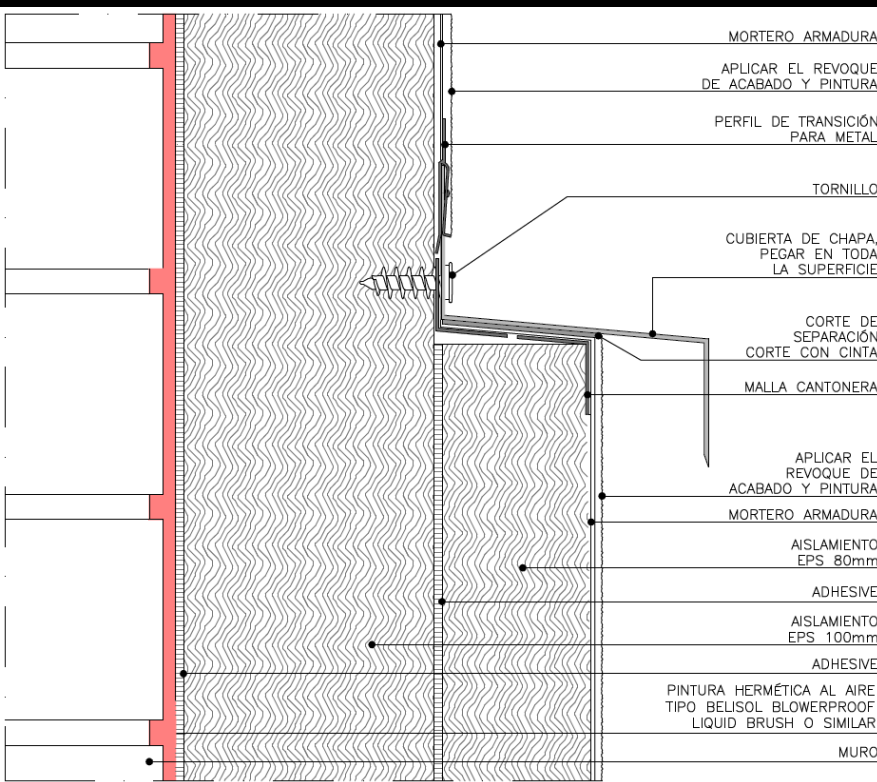


ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Sistema SATE de **aislamiento por el exterior** con EPS en fachada

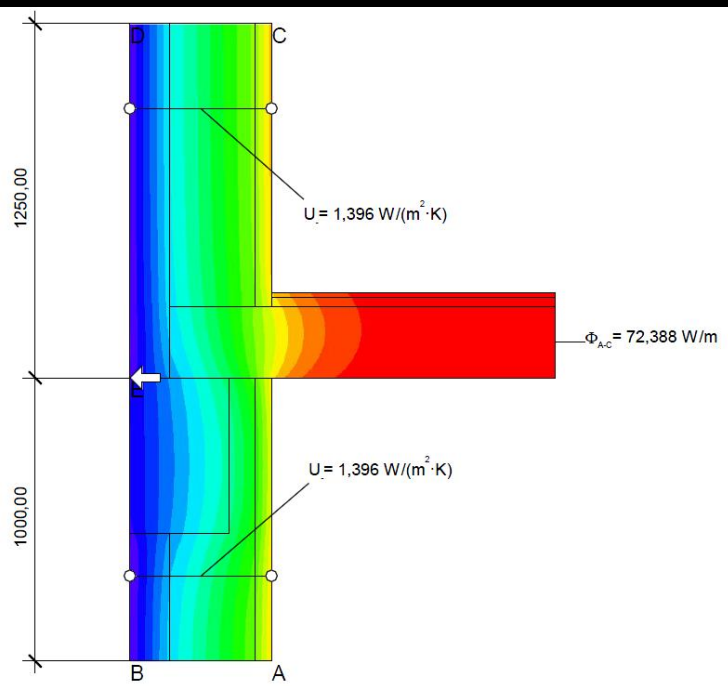
Espesor en planta baja: **20 cm**
Espesor en plantas 1 y 2: **10 cm**



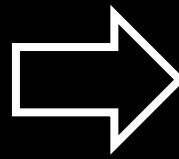
ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

OPTIMIZACIÓN DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

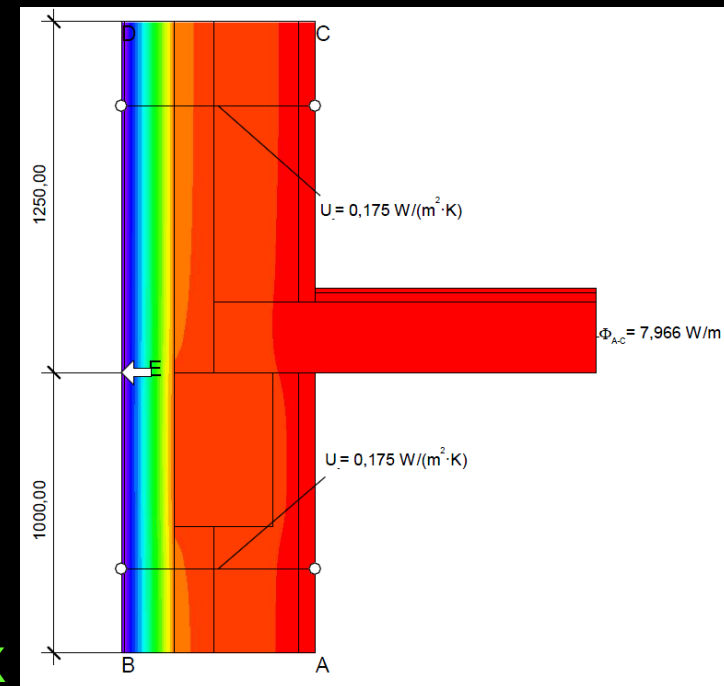
Eliminación de los puentes térmicos constructivos



0,477 W/mK



0,005 W/mK



ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

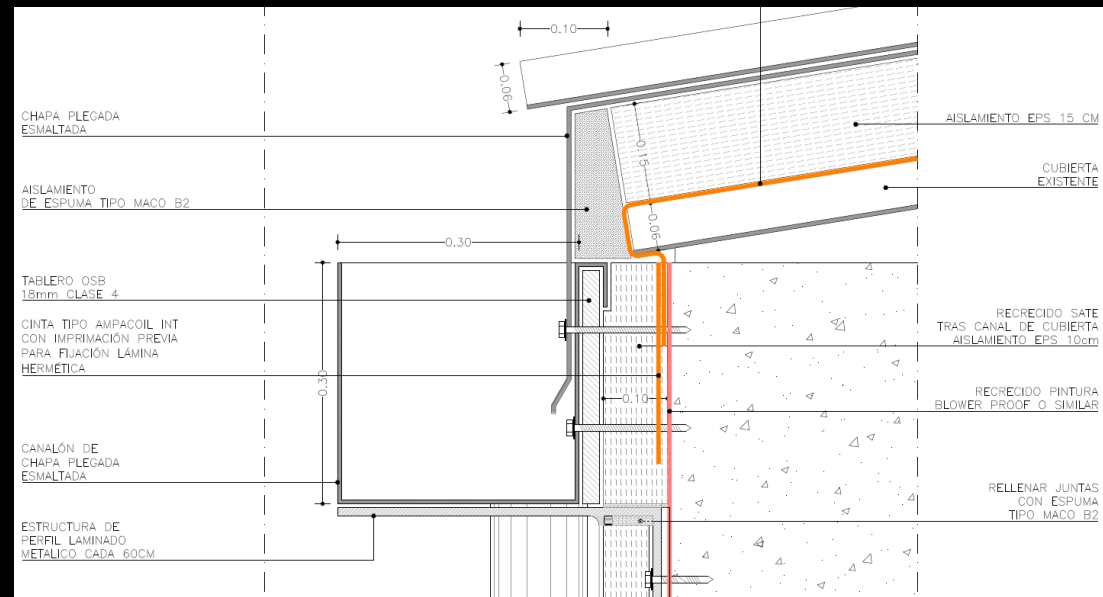
OPTIMIZACIÓN DEL AISLAMIENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Nueva cubierta con **paneles aislantes** de EPS de **15 cm**

Desplazamiento y sustitución del canalón

Desplazamiento de las bajantes

Nueva chapa de acabado de cubierta

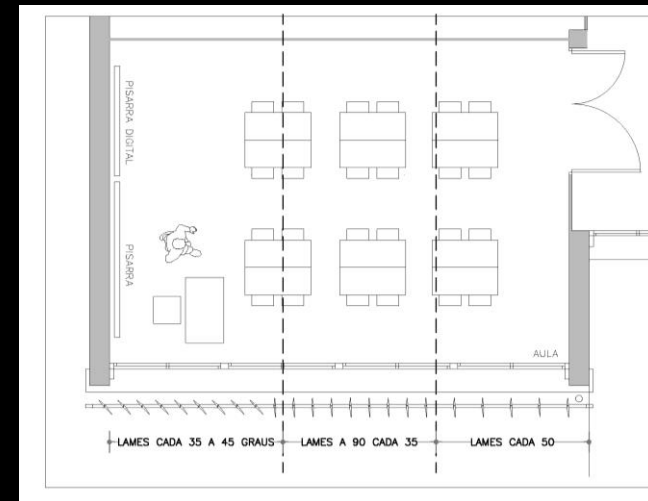


ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

VENTILACIÓN ADICIONAL NOCTURNA y PROTECCIÓN SOLAR

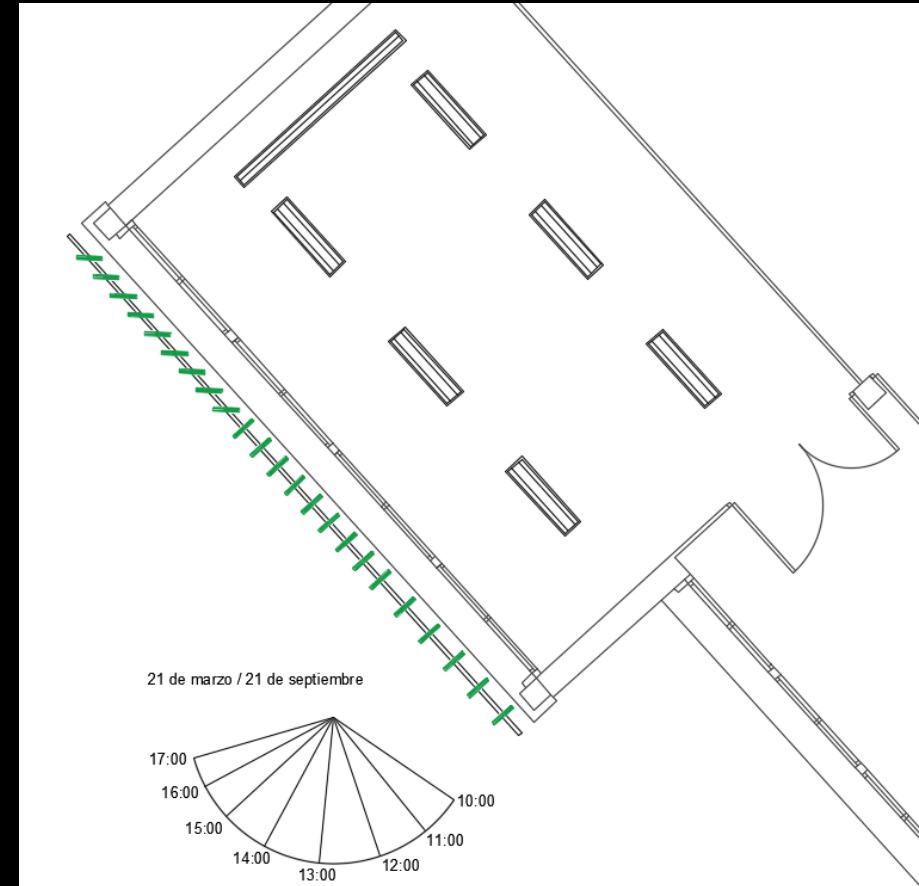
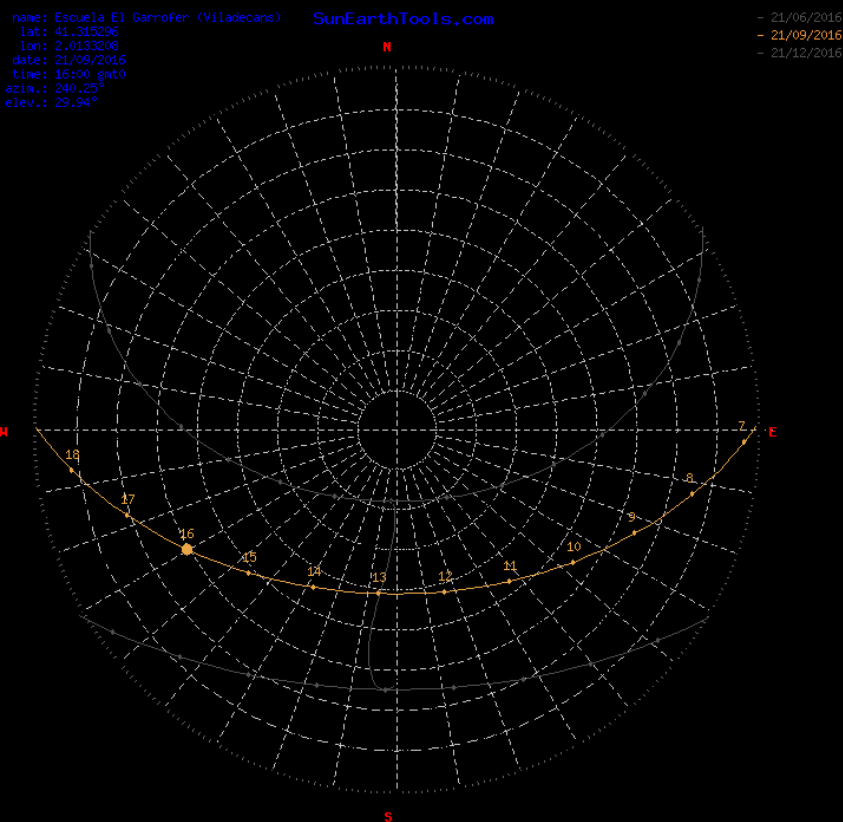
Frecuencia de sobrecalentamiento (26°C) < 10%
(tiempo de uso de la escuela)

Lamas fijas verticales
fachada sur-oeste
fachada nor-este



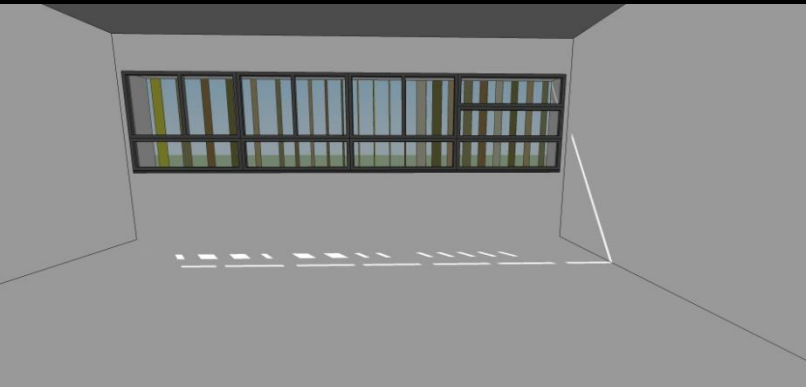
ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

ESTUDIO DEL DESLUMBRAMIENTO SOLAR EN LAS AULAS

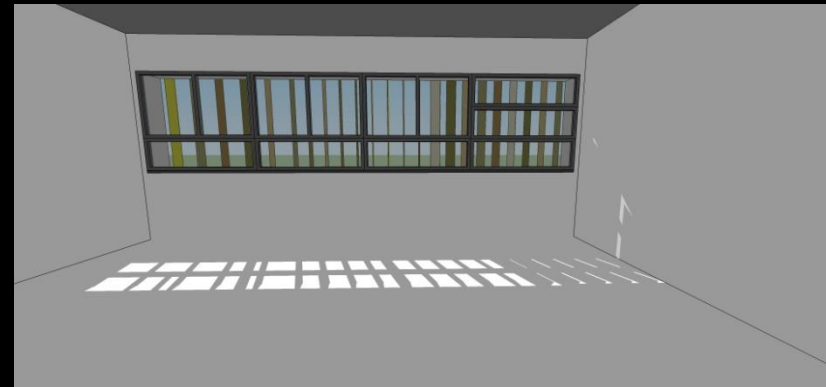


ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

ESTUDIO DEL DESLUMBRAMIENTO SOLAR EN LAS AULAS



21 de septiembre: 13h



21 de septiembre: 14h



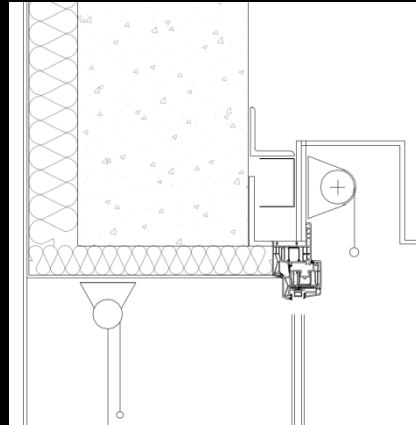
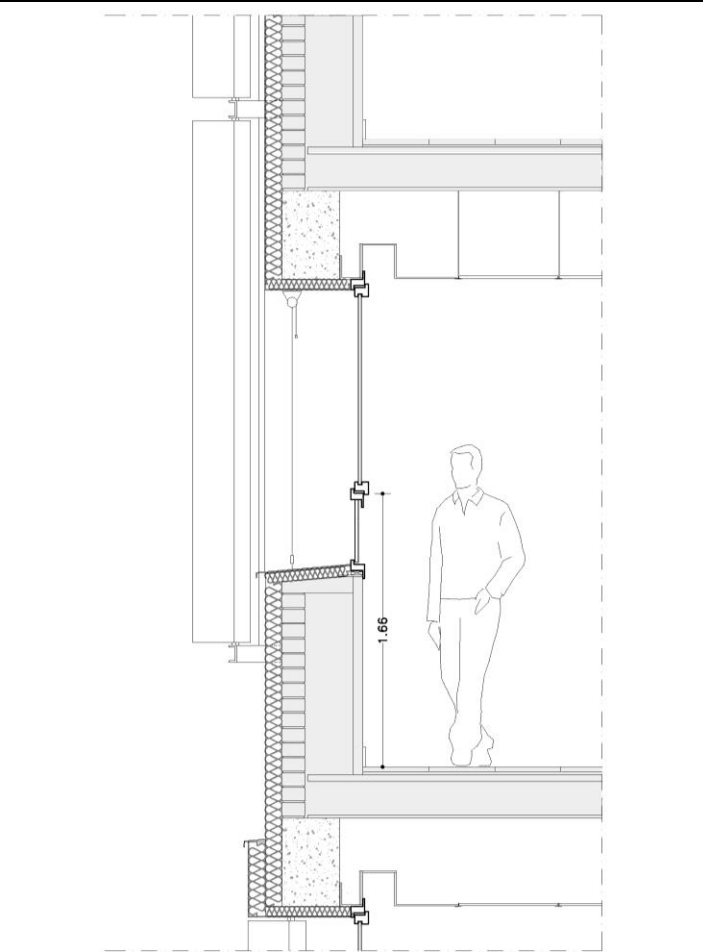
21 de septiembre: 15h



21 de septiembre: 16h

ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

ESTUDIO DEL DESLUMBRAMIENTO SOLAR EN LAS AULAS

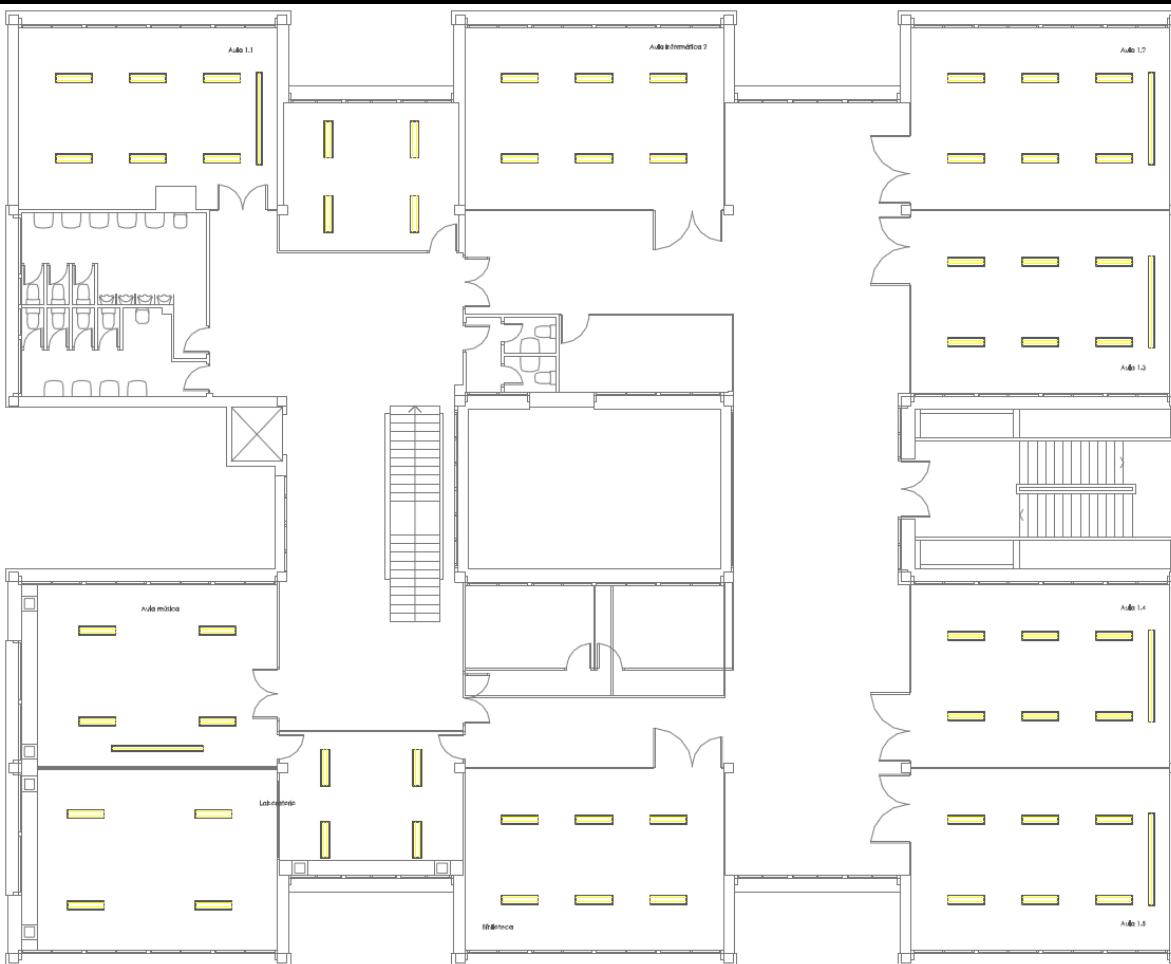


Estores exteriores
fachada sur-oeste

Protección solar
Confort visual

ESCUELA EL GARROFER – PROYECTO DE REHABILITACIÓN

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA ILUMINACIÓN EN LAS AULAS



Reducción de la potencia de iluminación

Potencia actual
10,7 W/m²

Potencia rehabilitación
5,5 W/m²

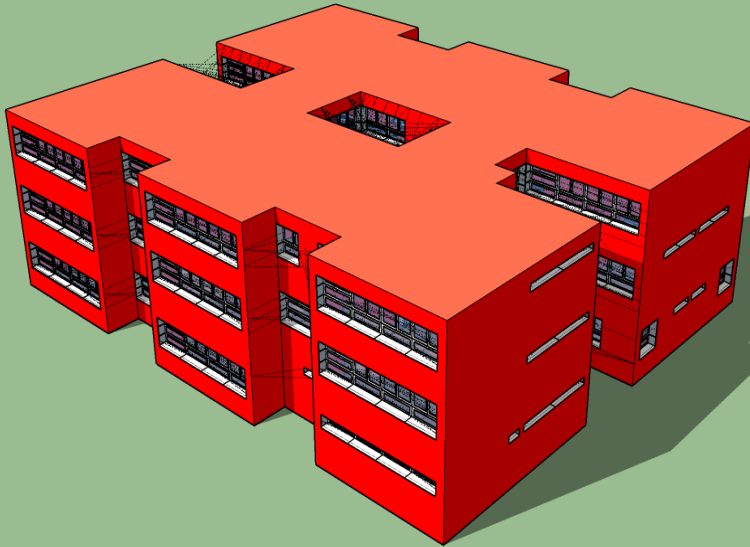
VEEI actual
3,6 (no cumple CTE)

VEEI rehabilitación
1,8 (cumple CTE)

ESCUELA EL GARROFER – CÁLCULO PHPP

MODELADO GEOMÉTRICO CON LA HERRAMIENTA Design PH / Sketch Up

Simulación de sombras del edificio
(no lamas verticales ni edificios colindantes)



Georreferenciación del edificio

ESCUELA EL GARROFER – CÁLCULO PHPP

COMPLEJIDAD DE LAS PESTAÑAS DE SOMBRAS Y VENTANAS

| | | | | | | | |
|-----|-----------|-------|----|------|-------|-------|-----------------|
| 500 | V17.2.f.i | 227,3 | 90 | West | 1,010 | 1,090 | 34-Wall_66678_W |
| 501 | V17.2.b | 227,3 | 90 | West | 2,020 | 0,550 | 34-Wall_66678_W |
| 502 | V17.2.a | 227,3 | 90 | West | 2,020 | 0,550 | 34-Wall_66678_W |
| 503 | V18.3 | 227,3 | 90 | West | 2,030 | 0,390 | 34-Wall_66678_W |
| 504 | V3.1.c | 227,3 | 90 | West | 5,150 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 505 | V3.4.c | 227,3 | 90 | West | 5,150 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 506 | V3.1.a | 227,3 | 90 | West | 2,575 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 507 | V3.1.d.i | 227,3 | 90 | West | 1,287 | 1,090 | 35-Wall_66774_W |
| 508 | V3.1.b | 227,3 | 90 | West | 2,575 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 509 | V3.1.b | 227,3 | 90 | West | 2,575 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 510 | V3.4.b | 227,3 | 90 | West | 2,575 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 511 | V3.1.d.d | 227,3 | 90 | West | 1,287 | 1,090 | 35-Wall_66774_W |
| 512 | V3.1.c | 227,3 | 90 | West | 5,150 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 513 | V3.1.d.i | 227,3 | 90 | West | 1,287 | 1,090 | 35-Wall_66774_W |
| 514 | V3.4.d.i | 227,3 | 90 | West | 1,287 | 1,090 | 35-Wall_66774_W |
| 515 | V3.4.d.d | 227,3 | 90 | West | 1,287 | 1,090 | 35-Wall_66774_W |
| 516 | V3.1.d.d | 227,3 | 90 | West | 1,287 | 1,090 | 35-Wall_66774_W |
| 517 | V3.4.a | 227,3 | 90 | West | 2,575 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |
| 518 | V3.1.a | 227,3 | 90 | West | 2,575 | 0,550 | 35-Wall_66774_W |

Diferentes tipologías de sombras

| | | | | | | | |
|------|------|------|-------|------|------|------------------|-----|
| 9,34 | 5,63 | | 3,635 | 5,10 | 0,05 | 84% | 89% |
| 5,81 | 5,63 | | 3,106 | 5,10 | 0,05 | 81% | 86% |
| 9,34 | 5,63 | | 1,583 | 5,10 | 0,05 | 76% | 83% |
| 6,41 | 5,63 | | 2,608 | 5,10 | 1,25 | 81% | 86% |
| 6,41 | 5,63 | | 3,633 | 5,10 | 1,25 | 84% | 89% |
| 1,38 | 5,63 | | 0,558 | 0,53 | 0,05 | 68% | 77% |
| 5,81 | 5,63 | | 2,608 | 5,10 | 0,05 | 78% | 85% |
| | | 0,52 | 3,191 | 0,52 | 1,32 | 56% | 56% |
| | | 0,52 | 2,661 | 0,53 | 0,05 | 56% | 56% |
| | | 0,53 | 2,664 | 0,53 | 0,05 | 48% | 48% |
| | | 0,52 | 2,661 | 0,53 | 0,05 | 54% | 54% |
| | | 0,52 | 2,661 | 0,53 | 0,05 | 56% | 56% |
| | | 0,52 | 2,661 | 0,53 | 0,05 | 54% | 54% |
| | | 0,52 | 2,661 | 0,53 | 0,05 | 48% | 48% |
| | | 0,52 | 3,191 | 0,53 | 0,05 | 56% | 56% |
| | | 0,52 | 3,191 | 0,52 | 0,72 | 56% | 56% |
| | | 0,52 | 3,191 | 0,53 | 0,05 | 56% | 56% |
| | | 0,52 | 2,661 | 0,53 | 0,05 | 48% | 48% |
| | | 0,53 | 2,662 | 0,53 | 0,05 | 54% | 54% |
| | | 0,52 | 3,191 | 0,52 | 0,72 | Lamas verticales | |



ESCUELA EL GARROFER – RESULTADO PHPP

Demanda de calefacción

13,9 kWh/m²a

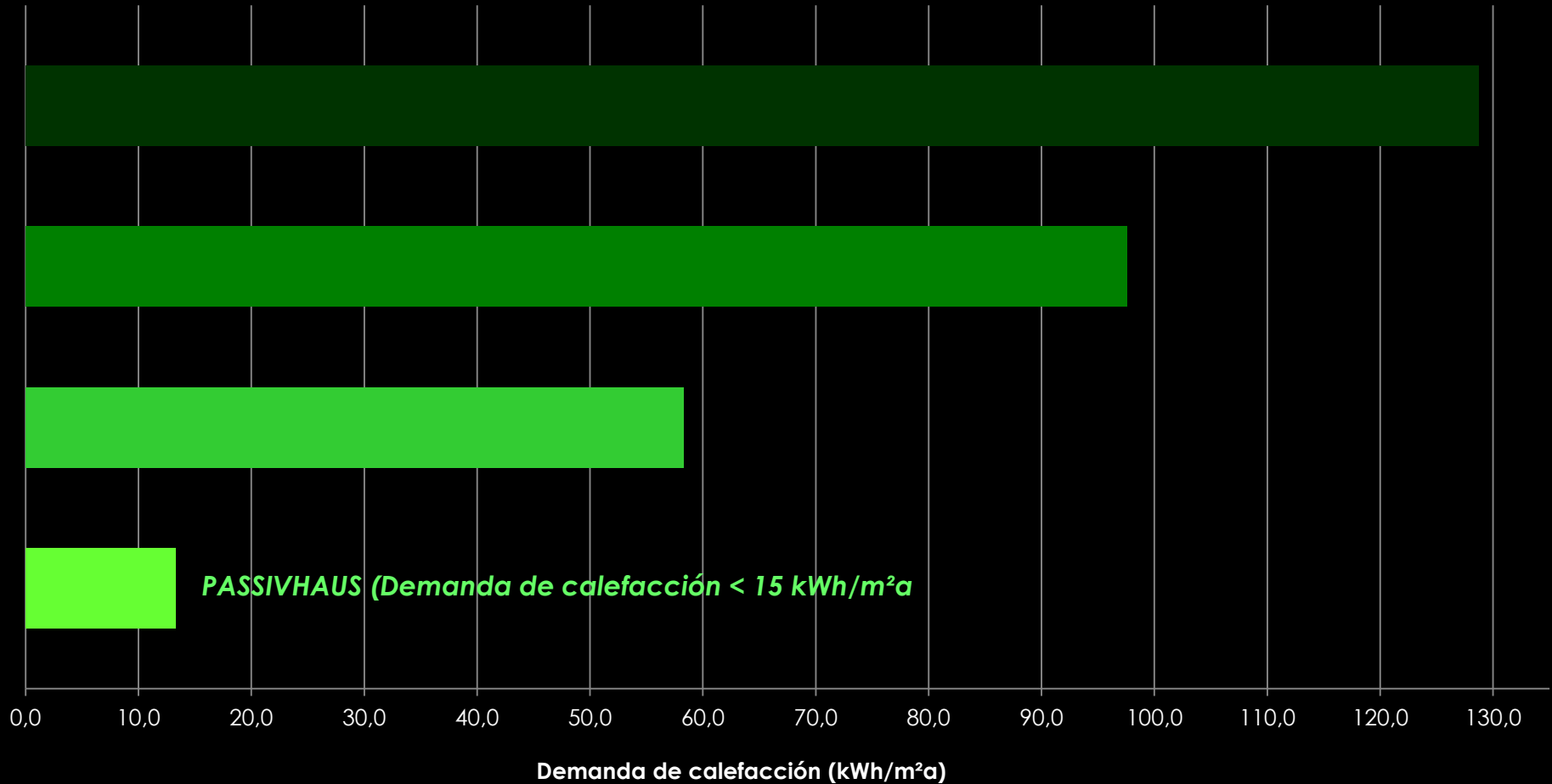
Frecuencia de sobrecalentamiento (26°C)

7,2 %

| Specific building demands with reference to the treated floor area | | | | |
|--|---|----------------|---------------|-------------|
| | Treated floor area | 2255,5 m² | Requirements | Fulfilled?* |
| Space heating | Heating demand | 13,9 kWh/(m²a) | 15 kWh/(m²a) | yes |
| | Heating load | 13,5 W/m² | 10 W/m² | - |
| Space cooling | Overall specif. space cooling demand | kWh/(m²a) | - | - |
| | Cooling load | W/m² | - | - |
| | Frequency of overheating (> 26 °C) | 7,2 % | - | - |
| <i>para escuelas en ámbito Mediterráneo</i> | | | | |
| Primary energy | Heating, cooling, dehumidification, DHW, auxiliary electricity, lighting, electrical appliances | 86 kWh/(m²a) | 120 kWh/(m²a) | yes |
| | DHW, space heating and auxiliary electricity | 25 kWh/(m²a) | - | - |
| | Specific primary energy reduction through solar electricity | kWh/(m²a) | - | - |
| Airtightness | Pressurization test result n ₅₀ | 1,0 1/h | 0,6 1/h | no |

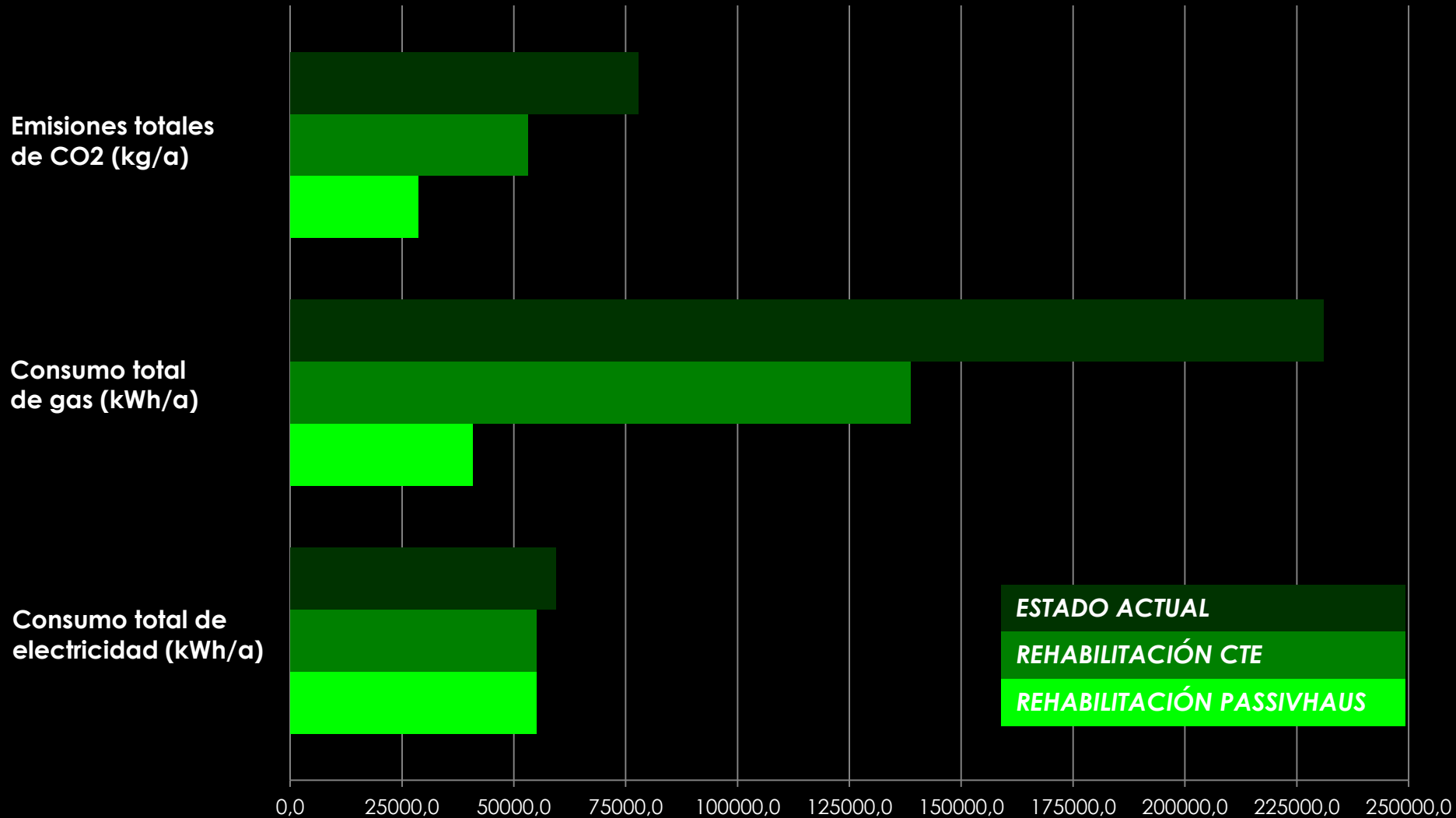
* empty field: data missing; '-': no requirement

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LAS MEJORAS PASIVAS

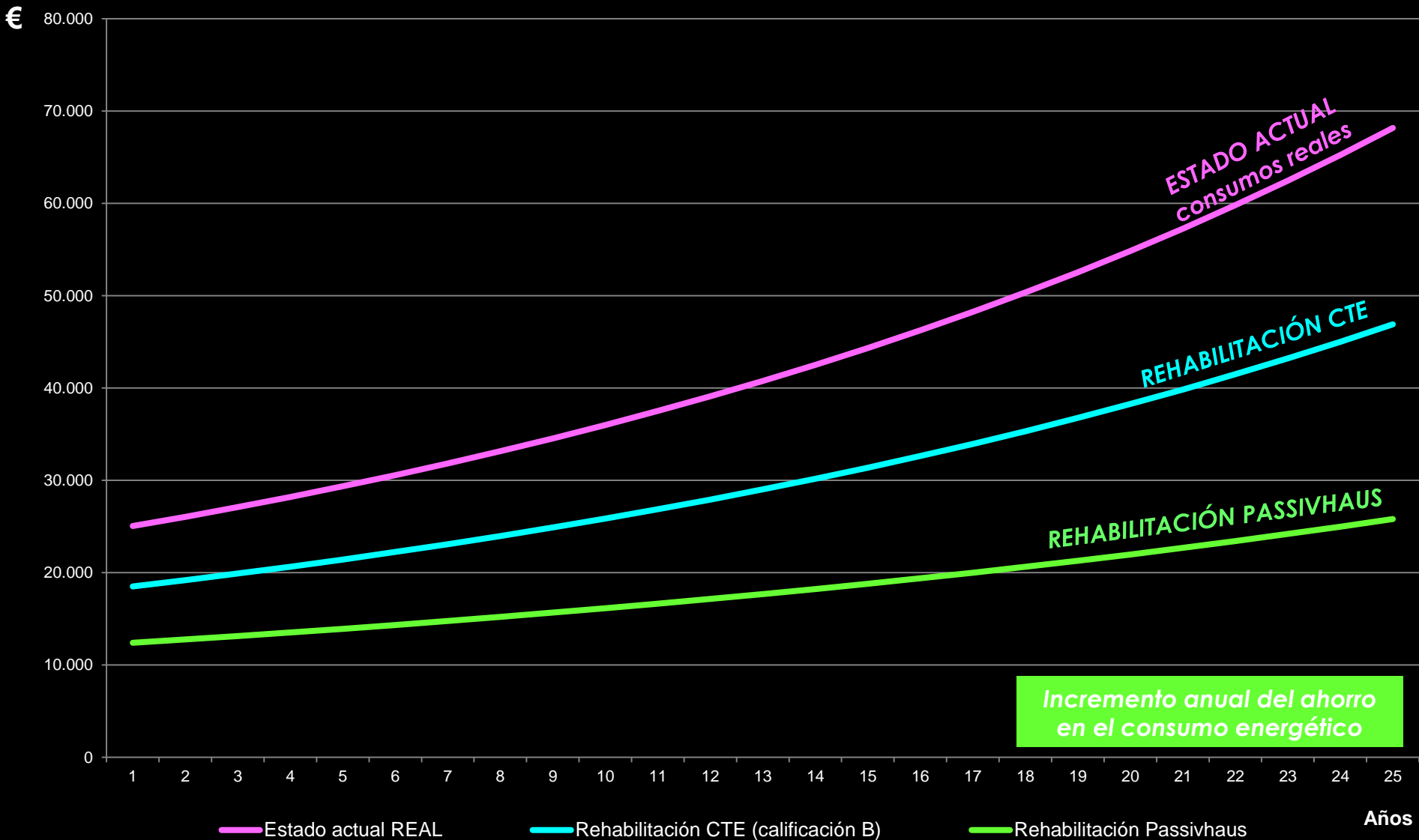


- CEIP Garrofer Viladecans - Estat actual
- Optimización del balance energético de las ventanas
- Ventilación controlada de doble flujo con RC (15m³/h/p) + mejora de la hermeticidad (n50 = 1/h)
- Optimización del aislamiento de la envolvente térmica

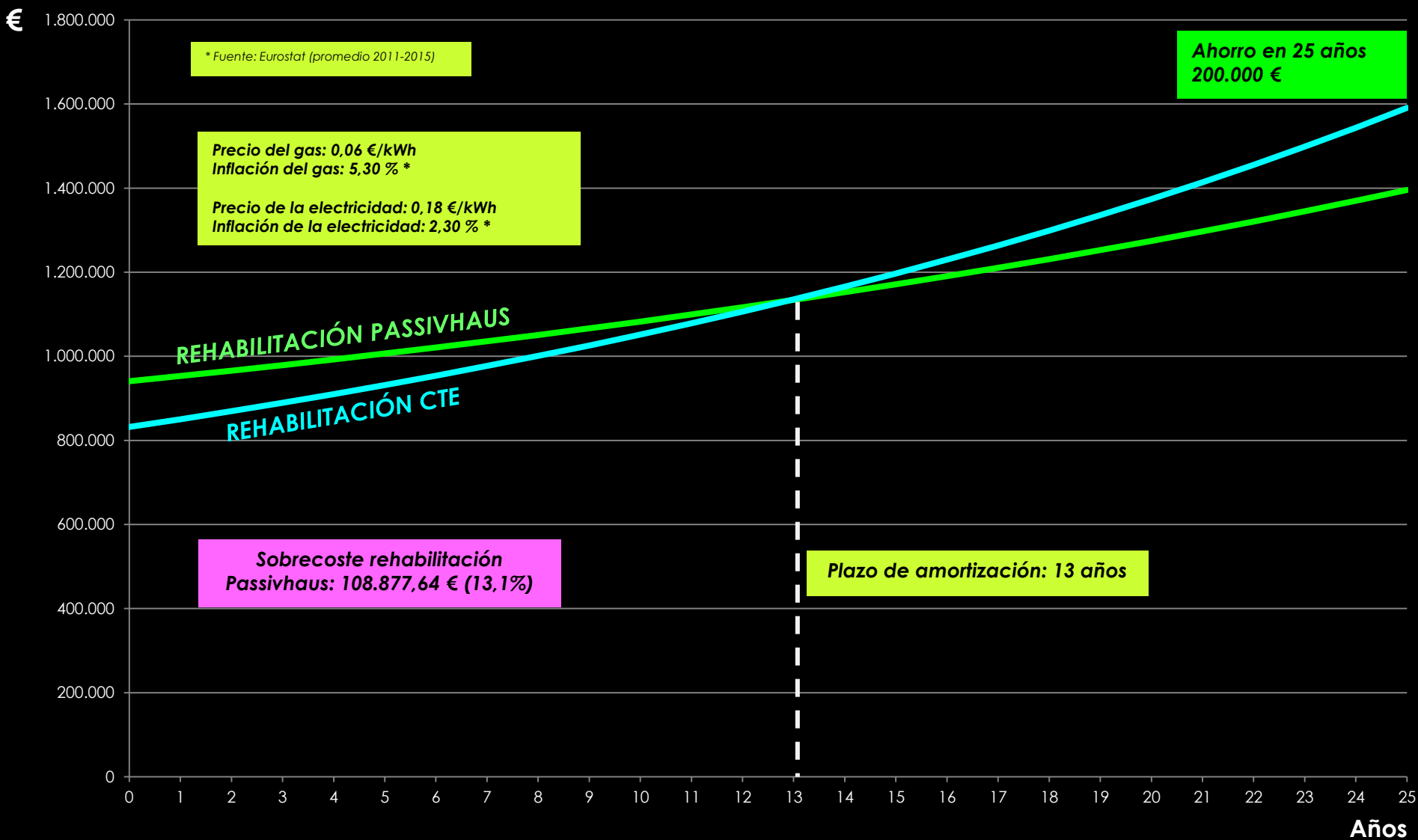
ANÁLISIS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS



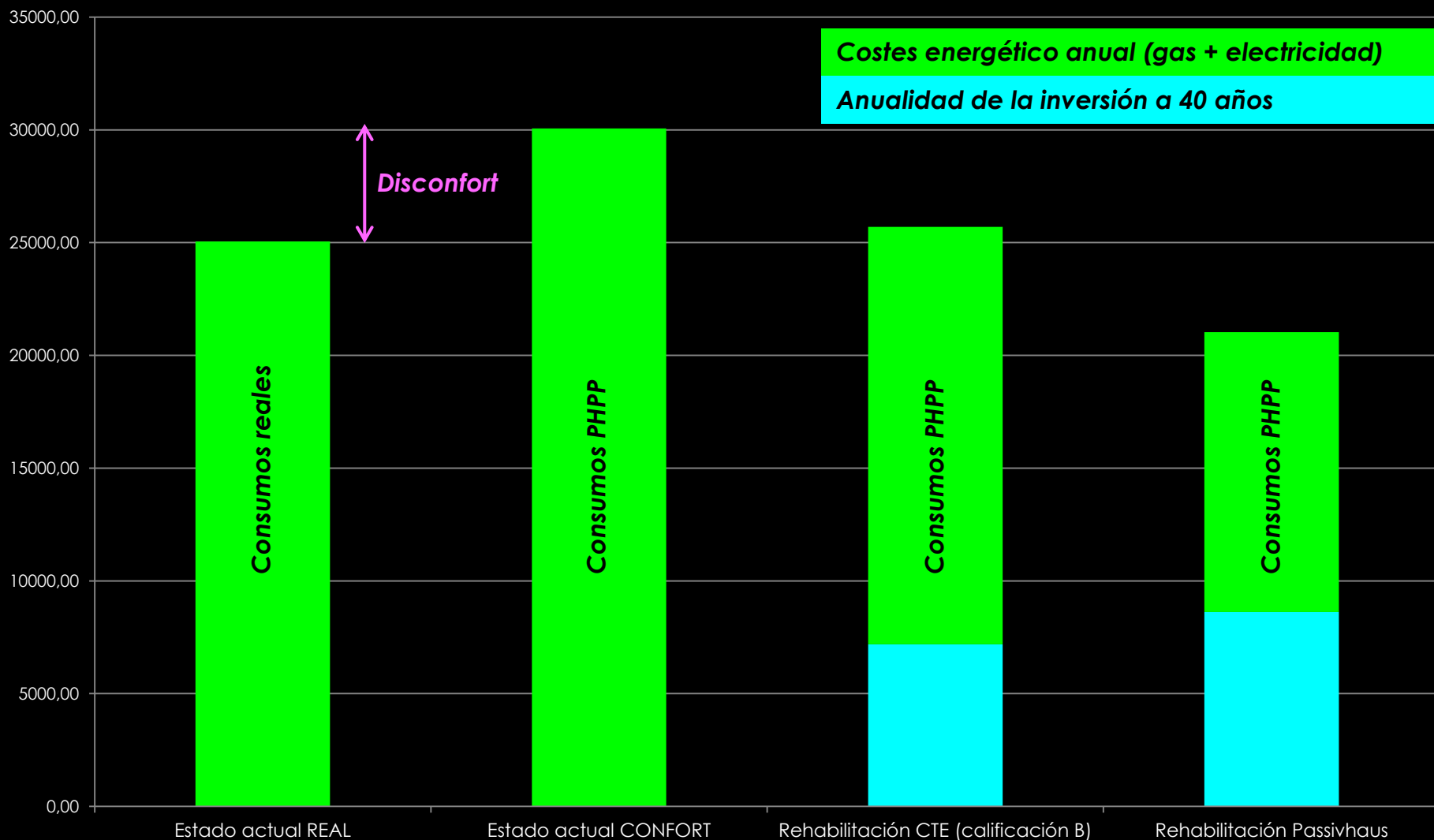
EVOLUCIÓN ANUAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO



AMORTIZACIÓN ECONÓMICA (precios con IVA)



COSTES TOTALES ANUALES (€/a)



PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE CONTRATA (P.E.C.)

Fase 1: 363.635,43 € (IVA no incluído)

Fase 2: 247.933,95 € (IVA no incluído)

Fase 3: 165.959,05 € (IVA no incluído)

TOTAL: 777.528 €

Superficie construida: 3023 m²

TOTAL: 257 €/m²

EJEMPLO <https://labuonascuola.gov.it/>

Italia ha adoptado en 2015 un programa nacional de tres años de proyectos de construcción de escuelas para el período 2015/2017. Más de 6.000 intervenciones solicitadas por las regiones, en consulta con las autoridades locales. Para un presupuesto total de 3700 millones de euros. Las primeras 1.300 intervenciones serán financiadas con 905 millones de los llamados préstamos del BEI (**Banco Europeo de Inversiones**), con préstamos solicitados por las Regiones y gastos de amortización a cargo del Estado. Se financiarán rehabilitaciones en materia de seguridad estructural y sísmica, y eficiencia energética, para las escuelas y residencias para los estudiantes universitarios. Los beneficiarios de los préstamos serán las autoridades locales propietarias de los bienes.



MUCHAS GRACIAS

información detallada del proyecto:

info@energiehaus.es

Promotor:

AJUNTAMENT DE
VILADECANS



Autores del proyecto:
Berta Pujol
Energiehaus Arquitectos SLP

