



Ingeniería y Sistemas de Tecnología Urbana

***Estudio energético de 9 centros educativos
a partir de tipología constructiva similar con
resultados de certificación energética en la
provincia de Lugo.***

**Consellería de Cultura, Educación e
Ordenación Universitaria**

Enero de 2018

***Estudio energético de 9 centros educativos
a partir de tipología constructiva similar con
resultados de certificación energética en la
provincia de Lugo.***



CONSELLERÍA DE CULTURA, EDUCACIÓN Y
ORDENACIÓN UNIVERSITARIA

Enero de 2018

ÍNDICE

1)	Introducción y datos generales.	9
1.1)	Antecedentes.....	9
1.2)	Descripción del software empleado.....	9
1.3)	Herramientas empleadas.....	11
2)	Centros educativos a estudio.	14
2.1)	CEIP Veleiro-Docampo (COD: 27001816)	15
2.2)	CPI de Castroverde (COD: 27002249).....	16
2.3)	CEIP Albeiros (COD: 27006164)	17
2.4)	CEIP Luís Pimentel (COD: 27014665).....	18
2.5)	CEIP Paradai (COD: 27014793)	19
2.6)	CEIP Plurilingüe A Gándara (COD: 27014860)	20
2.7)	CEIP Luís Tobío (COD: 27016674)	21
3)	Condiciones de uso y análisis de ocupación.....	22
4)	Datos meteorológicos.....	24
5)	Descripción arquitectónica.....	26
5.1)	Tipología principal: 10x3.....	26
5.2)	Tipología secundaria: 8X2.....	27
5.3)	Centro de geometría no coincidente con las tipologías.....	27
6)	Orientación	29
7)	Descripción constructiva.	31
7.1)	Estructura.	31
7.2)	Cerramiento.....	32
7.3)	Forjado bajo cubierta.....	37
7.4)	Cubierta.	38
8)	Reformas.....	40
9)	Análisis de consumos eléctricos anuales en kWh.....	41
9.1)	Suministro 1.....	41
9.1.1)	Datos generales.	41
9.1.2)	Análisis de consumos.....	41
9.2)	Suministro 2.....	45
9.2.1)	Datos generales.	45
9.2.2)	Análisis de consumos.....	45

9.2.3) Análisis de potencia.....	46
10) Análisis de consumo de gasóleo.....	48
11) Análisis térmico de los sistemas constructivos.....	49
12) Termografías.....	52
13) Análisis de las instalaciones.....	55
13.1) Instalación térmica.....	55
13.1.1) Producción.....	55
13.1.2) Distribución.....	57
13.1.3) Emisión.....	58
13.1.4) Medidas de eficiencia.....	59
13.2) Instalación de iluminación.....	59
14) Simulación térmica.....	64
14.1) Descripción del modelo.....	64
14.1.1) Modelo geométrico.....	64
14.1.2) Modelo térmico.....	64
14.2) Resultados de Medidas de Conservación de la Energía (MCE).....	67
14.2.1) M.C.E. 1. Aumento de estanqueidad y mejora de huecos.....	67
14.2.2) M.C.E. 2. Aumento de la resistencia térmica en fachadas y forjado BC.....	67
14.2.3) M.C.E.4. Combinación de medidas anteriores.....	68
14.3) Resultados de las simulaciones.....	68
14.3.1) CEIP Luís Tobío.....	68
14.3.2) CEIP Paradai.....	70
14.3.3) CEIP Albeiros.....	71
14.3.4) CEIP Luís Pimentel.....	72
14.3.5) CEIP Plurilingüe A Gándara.....	74
14.3.6) CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1).....	75
14.3.7) CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2).....	77
14.3.8) CPI Castroverde (edificio 1).....	78
14.3.9) CPI Castroverde (edificio 2).....	80
15) Certificación energética.....	82
15.1) Consideraciones iniciales.....	82
15.2) Resultados de certificación del estado actual.....	83
15.3) Resultados de certificación de un estado mejorado.....	83

15.3.1)	Sustitución integral de carpinterías y vidrios.	84
15.3.2)	Aislamiento térmico de cámara de aire de fachadas.	84
15.3.3)	Sustitución de las luminarias fluorescentes por luminarias LED.	84
15.4)	Resultados de selección y combinación de medidas.	85
16)	Análisis de iluminación.	87
16.1)	Resultados de las mediciones lumínicas.	87
16.2)	Simulación lumínica.	90
17)	Conclusiones.	95
17.1)	Instalación térmica.	95
17.2)	Instalación de iluminación. regulación y sustitución.	96
18)	ANEXOS.	98

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 – Interfaz del software HULC.	10
Figura 2 – Interfaz del software Calumen.....	10
Figura 3 – Interfaz del software DIALux.....	11
Figura 4 – Cámara termográfica.	11
Figura 5 – Metro láser (izquierda) y flexómetro (derecha).	12
Figura 6 – Entorno y orientación del CEIP Veleiro-Docampo.	15
Figura 7 – Entorno y orientación del CPI de Castroverde.....	16
Figura 8 – Entorno y orientación del CEIP Albeiros.	17
Figura 9 – Entorno y orientación del CEIP Luís Pimentel.....	18
Figura 10 – Entorno y orientación del CEIP Paradai.	19
Figura 11 – Entorno y orientación del CEIP Plurilingüe A Gándara.	20
Figura 12 – Entorno y orientación del CEIP Luís Tobío.	21
Figura 13 – Vista del interior de un aula con poco alumnado.....	22
Figura 14 – Origen importante de infiltraciones de aire en la zona de baños.	22
Figura 15 – Modelo geométrico de uno de los centros de tipología 10x3.	26
Figura 16 – Modelo geométrico de uno de los centros de tipología 8x2.	27
Figura 17 – Modelo geométrico de centro independiente en CEIP Veleiro-Docampo.	28
Figura 18 – Referencia para la orientación del modelo en tipologías 10x3 y 8x2.	29
Figura 19 – Referencia para la orientación del modelo independiente.	29
Figura 20 – Jardineras en la base, pilares, y agujero que da al forjado sanitario.....	31
Figura 21 – Secciones en plano donde se representa el forjado sanitario y jardineras.	32
Figura 22 – Huecos en la envolvente en CEIP Luís Tobío.....	33
Figura 23 – Vidrio doble (izq.), simple (der.) y doble ventana (debajo). Carpintería metálica sin RPT.	34
Figura 24 – Puertas de acceso a algunos centros. Detalle de holgura inferior.	35
Figura 25 – Interior de la caja de persiana.	36
Figura 26 – Exterior de caja de persiana. Pandeo de hojas (der.) y cintas libres (izq.)	36
Figura 27 – Hueco en la envolvente con carpintería metálica sin RPT y lamas de vidrio.....	37
Figura 28 – Vista del forjado bajo cubierta de 2 centros, en la trampilla de acceso.....	37
Figura 29 – Cubierta metálica en CEIP Albeiros (superior) y de pizarra en CEIP A Gándara (inferior)..	38
Figura 30 – Lucernarios en cubierta de diferentes tipos: cerrado (izq.) y abierto (der.)	38
Figura 31 – Diferentes tipos de soportes de cubierta, y entramado de tabiques palomeros.....	39
Figura 32 – Zona reformada en CEIP Albeiros, con falso techo y luminarias renovadas.	40
Figura 33 – Consumo de energía activa.....	41
Figura 34 – Aplicación de discriminación horaria. Estimación de reducción de gasto anual.	42
Figura 35 – Reducción de potencia y de tarifa de acceso. Estimación de reducción de gasto anual....	43
Figura 36 – Combinación de reducción de tarifa de acceso y potencia. Estimación de ahorro anual..	44
Figura 37 – Consumo de energía activa.....	45
Figura 38 – Consumo de energía reactiva.	46
Figura 39 – Registro anual de potencias.....	46
Figura 40 – Comparativa anual con valores promedio de situación actual frente a optimizada.	47
Figura 41 – Número de llenados del tanque gasóleo y volumen asociado en el CEIP Luís Tobío.	48

Figura 42 – Pérdidas energéticas en un tramo exterior del circuito de calefacción.	52
Figura 43 – Pérdidas energéticas en el forjado en contacto con el exterior.	53
Figura 44 – Pérdidas energéticas por puentes térmicos en CEIP Veleiro-Docampo (independiente)..	53
Figura 45 – Pérdidas energéticas en varias zonas de fachada en CEIP Luís Tobío.	54
Figura 46 - Sistema de distribución bitubo	55
Figura 47 – Diferentes salas de calderas en los centros visitados.	56
Figura 48 – Depósito exterior de gasóleo de la sala de calderas del CEIP A Gándara, al fondo.	57
Figura 49 – Circuito visible (izq.) y empotrado (der.)	57
Figura 50 – Emisor de chapa ubicado bajo ventana.	58
Figura 51 – Emisores eléctricos en el CEIP Castroverde de diferentes tipos.	58
Figura 52 – Distribución de luminarias en un aula estándar.	59
Figura 53 – Distribución alternativa de luminarias en CEIP Luís Tobío.	60
Figura 54 – Luminaria principal en zona de aulas.	60
Figura 55 – Diferentes tipos de luminaria en los centros.	61
Figura 56 - Modelo geométrico del CEIP Luís Tobío (tipología 10x3) con elementos de sombra.	64
Figura 57 - Renderizado de la envolvente (explosionada) por tipo de condiciones de contorno.	65
Figura 58 - Renderizado de la envolvente por tipo de construcción.	65
Figura 59 - Renderizado por espacio (izq.) y por zonas térmicas (der.)	66
Figura 60 - Renderizado por planta.	66
Figura 61 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	68
Figura 62 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	69
Figura 63 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	70
Figura 64 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	70
Figura 65 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	71
Figura 66 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	72
Figura 67 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	73
Figura 68 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	73
Figura 69 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	74
Figura 70 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	75
Figura 71 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	76
Figura 72 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	76
Figura 73 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	77
Figura 74 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	78
Figura 75 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	79
Figura 76 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	79
Figura 77 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.	80
Figura 78 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.	81
Figura 79 – Formato de una etiqueta de calificación energética.	82
Figura 80 - Indicador de eficiencia en emisiones (estado actual).	83
Figura 81 – Mediciones lumínicas en aula tipo en CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1).	87
Figura 82 – Mediciones lumínicas en un aula tipo en CEIP Castroverde.	87
Figura 83 – Varias mediciones lumínicas en las zonas de tránsito y baños de diferentes centros.	88
Figura 84 – Mediciones en zona de uso administrativo (izq.) y comedor (der.)	89
Figura 85 – Mediciones en zona de uso gimnasio en CEIP Luís Tobío.	89

Figura 86 – Distribución de luminarias actuales en el aula grande.	91
Figura 87 – Distribución de nuevas luminarias propuestas en el aula grande.	91
Figura 88 – Isolíneas con la distribución propuesta en el aula grande.	92
Figura 89 – Distribución de las luminarias actuales en el aula pequeña.	92
Figura 90 – Distribución propuesta para las nuevas luminarias en el aula pequeña.	93
Figura 91 – Isolíneas con la nueva distribución propuesta en el aula pequeña.	93
Figura 92 – Resumen de valores para el aula grande.	94
Figura 93 – Resumen de valores para el aula pequeña.	94
Figura 94 – Captura termográfica de equipos conectados en regleta.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Inventario de centros y agrupación.	14
Tabla 2 – Datos del CEIP Veleiro-Docampo.	15
Tabla 3 – Datos del CPI de Castroverde.	16
Tabla 4 – Datos del CEIP Albeiros.	17
Tabla 5 – Datos del CEIP Luís Pimentel.	18
Tabla 6 – Datos del CEIP Paradai.	19
Tabla 7 – Datos del CEIP Plurilingüe A Gándara.	20
Tabla 8 – Datos del CEIP Luís Tobío.	21
Tabla 9 – Datos meteorológicos.	24
Tabla 10 – Datos meteorológicos.	25
Tabla 11 – Valores de orientación de los centros.	30
Tabla 12 – Solución constructiva predominante en los huecos de la envolvente según el centro.	33
Tabla 13 – Registros facilitados de consumo de gasóleo C en los centros.	48
Tabla 14 – Valores límite de transmitancia para una zona D1 según CTE.	49
Tabla 15 – Transmitancia térmica de una solución constructiva de fachada similar.	50
Tabla 16 – Datos del sistema marco metálico sin RPT con vidrio simple.	50
Tabla 17 – Datos del sistema doble ventana con marco de metal sin RPT con vidrio simple.	51
Tabla 18 – Datos del sistema doble vidrio bajo emisivo control solar con marco de metal con RPT. ..	51
Tabla 19 – Consumos en iluminación por plantas para la tipología 10x3.	62
Tabla 20 - Resultados de MAEs.	69
Tabla 21 - Resultados de MAEs.	71
Tabla 22 - Resultados de MAEs.	72
Tabla 23 - Resultados de MAEs.	74
Tabla 24 - Resultados de MAEs.	75
Tabla 25 - Resultados de MAEs.	77
Tabla 26 - Resultados de MAEs.	78
Tabla 27 - Resultados de MAEs.	80
Tabla 28 - Resultados de MAEs.	81
Tabla 29 - Comparativa de características de vidrios nuevos respecto a los actuales.	84
Tabla 30 – Indicador emisiones y de energía primaria no renovable (EPNR) para los centros.	85
Tabla 31 – Indicadores CO32 y CO34.	86

1) Introducción y datos generales.

El objeto de este informe es la descripción de los trabajos de estudio energético llevados a cabo, durante desde el mes de noviembre de 2017 hasta el mes de Enero de 2018, en varios centros educativos situados en la provincia de Lugo, a petición de la Consellería de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria. El estudio realizado tiene la finalidad de ofrecer una herramienta de toma de decisiones en las intervenciones a realizar, en base al análisis de las mismas y su priorización según ahorros obtenidos. Los trabajos desarrollados se basan en el análisis del estado actual del centro y diferentes propuestas de rehabilitación energética (M.C.E.) de cara a mejorar la eficiencia del mismo. Se han realizado visitas a los centros con el objetivo de recopilar información constructiva y de sus instalaciones térmicas y lumínicas. Esta información permitirá establecer un diagnóstico energético que indicará las medidas adecuadas a implementar para mejorar el confort y controlar el consumo.

1.1) ANTECEDENTES.

INSITU, Ingeniería y Soluciones de Tecnologías Urbanas, es una empresa de base tecnológica nacida en la Universidad de Vigo. INSITU realiza servicios de rehabilitación integral de edificios existentes con criterios de eficiencia energética, aplicando un protocolo de intervención que garantiza el aumento del confort y la reducción del consumo energético y que facilita la gestión del edificio a lo largo de su ciclo de vida. En el desarrollo de este trabajo participa un equipo multidisciplinar de profesionales de la arquitectura y la ingeniería especializados en el sector de la energía. El presente proyecto surge como continuación del estudio de ahorro energético realizado en el CEIP San Roque de Darbo; el estudio de extrapolación de 33 centros escolares de la misma tipología en las provincias de Ourense y Pontevedra; los trabajos de simulación de cuatro centros más en las provincias de Ourense y Pontevedra, así como otros 4 centros en las provincias de A Coruña y Lugo; y el estudio energético del CEIP Pena de Francia en la provincia de Pontevedra.

1.2) DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE EMPLEADO.

Para el análisis energético del estado actual y de estados posteriores se ha empleado el programa informático de simulación energética de edificios EnergyPlus, uno de los más avanzados que existe, desarrollado por DOE (Departamento de Energía de Estados Unidos), facilitando la entrada y salida de datos al motor de simulación una interfaz. Para determinar la calificación en consumo y en emisiones, se toman como referencia los resultados proporcionados por la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC).

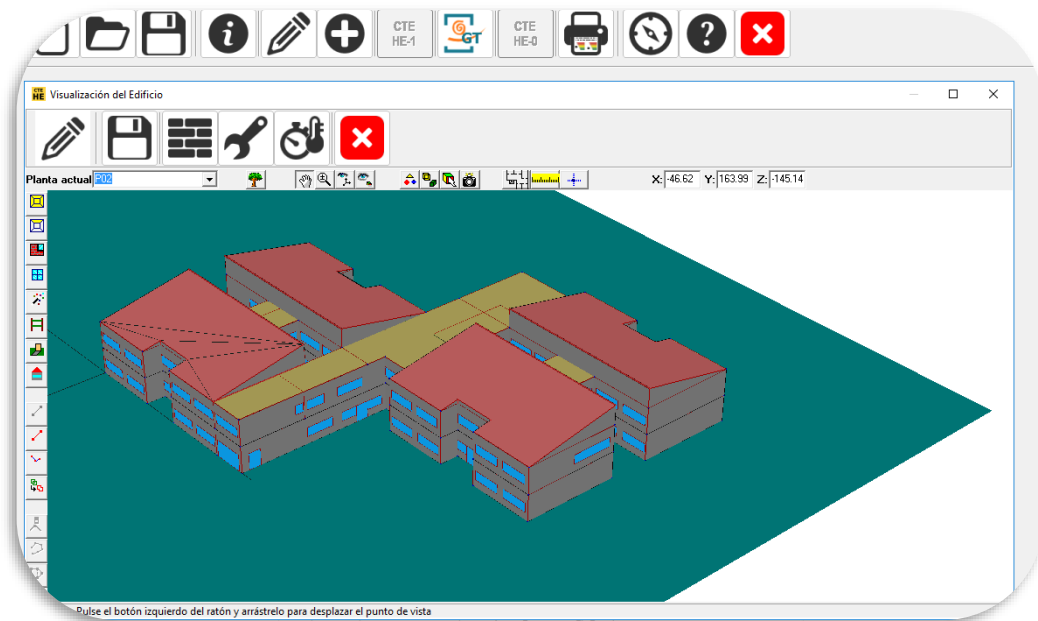


Figura 1 – Interfaz del software HULC.

Para determinar las propiedades térmicas de los vidrios, como por ejemplo la transmitancia térmica y el factor solar, se empleará el software CALUMEN. También se emplea el programa WINDOW para algunas soluciones más avanzadas. Con estos métodos de simulación es posible determinar la caracterización espectrofotométrica de cualquier tipo de vidrio monolítico y con doble acristalamiento; y también se pueden añadir variaciones en cuanto a capas de control térmico, acústico o solar, laminares, etc. y obtener las características ópticas y energéticas de cualquier composición y espectros visibles.

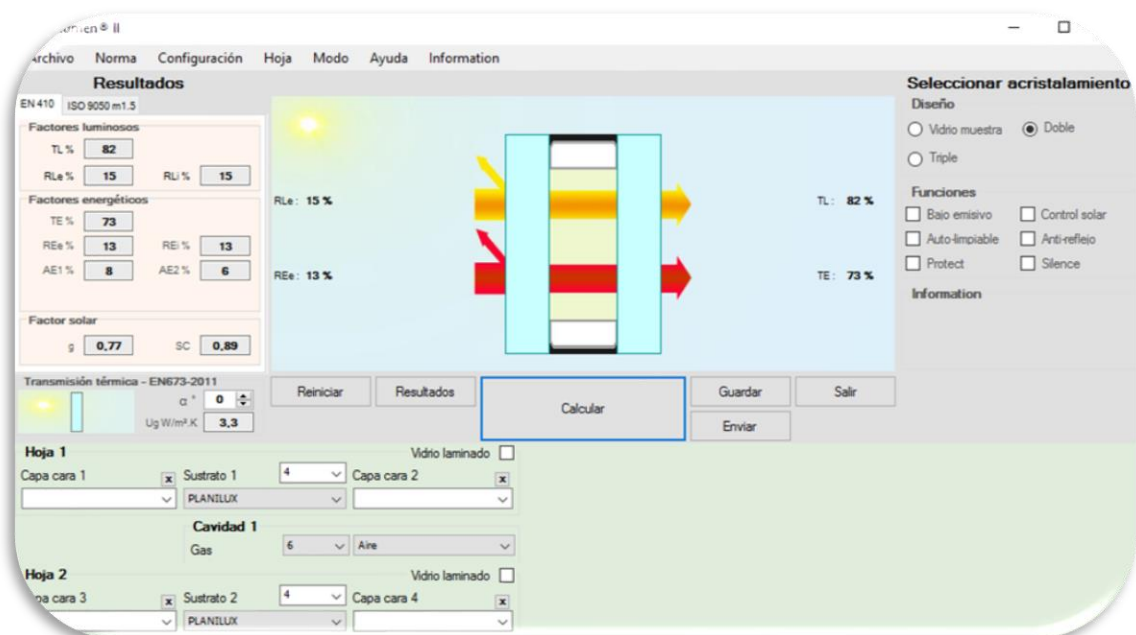


Figura 2 – Interfaz del software Calumen.

Para las simulaciones lumínicas se empleará el software DIALux, un software completo que permite el diseño profesional de instalaciones de iluminación, así como el cálculo de los parámetros necesarios respecto a la iluminación en otras herramientas. Este apartado se desarrolla más adelante.

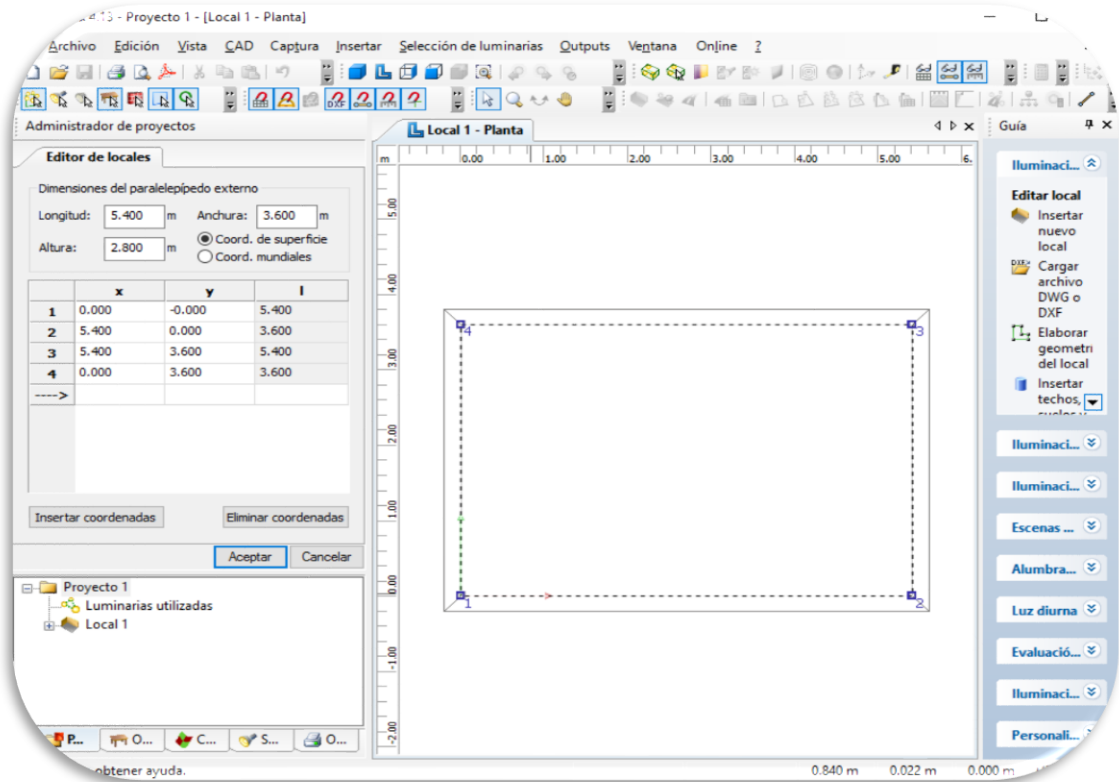


Figura 3 – Interfaz del software DIALux.

1.3) HERRAMIENTAS EMPLEADAS.

- Cámara termográfica. NEC TH926.



Figura 4 – Cámara termográfica.

Specifications

Measuring range	-40 to 500° C
Range 1:	-20 to 60° C
Range 2:	-40 to 120° C
Range 3:	0 to 500° C
Range 4:	200 to 2000° C (optional)
Resolution	Range 1: 0.06° C or better at 30° C (30Hz) Range 2: 0.08° C or better at 30° C (30Hz) Range 3: 0.12° C or better at 30° C (30Hz)
Accuracy	± 2° C or ± 2% of reading, whichever is greater
Detector	Uncooled focal plane array (microbolometer)
Spectral range	8 to 14µm
I.F.O.V.	0.6mrad
Focusing range	30cm to infinity
Field of view	21.7° (H) x 16.4° (V)
Frame time	30 frames/sec
Display	View finder & 5.6-inch movable color LCD
Thermal image pixels	640 (H) x 480 (V) pixels
Emissivity correction	Provided (0.10 to 1.00)
Ambient compensation	Provided
Background comp.	Provided
Auto functions	Full automatic (level, sense, focus)
Isothermal band display	Provided (up to 4 bands)
Image processing functions	Thermal/visual image fusion display Multi-point temperature display (up to 10 points) BOX setting, up to 5 boxes (max, min, average) Temperature difference between 2 points (Δt)
Visual camera	1.3M pixels, color
Laser pointer	Class 2 (1 mW or lower, red)
Video signal output	NTSC/PAL, composite video signal, S-video
Interfaces	IEEE1394 USB2.0 Compact flash memory card slot
Operating temperature	-15 to 50° C
Shock and vibration	Shock: 294m/sec ² (30G) (IEC60068-2-27) Vibration: 29.4m/sec ² (3G) (IEC60068-2-6)
Environmental protection	IP54 (IEC60529)
Dimension & weight	Approx. 110 (W) x 110 (H) x 210 (D) mm (excluding projections) 1.7kg (including battery)
Standard accessories	AC adaptor, battery pack (2 pcs), battery charger, compact flash memory card (1GB), compact flash memory card adaptor, carrying case, grip belt, neck strap, lens cap, viewer software, operation manual, USB cable, target illuminator

**Specifications are subject to change without prior notice.

**Described company name and model are brand name or registration of trademark.

- **Flexómetro y metro láser**, El flexómetro más encaminado a la medida de espesores (cortas) y el metro láser a la medida de distancias (largas).



Figura 5 – Metro láser (izquierda) y flexómetro (derecha).

- **Luxómetro**. PCE 172 con resolución de 0,1 lux a 0,1 klux y precisión de ±5 % del valor de medición ±10 dígitos (<10.000 lux) y de ±10 % del valor de medición ±10 dígitos (>10.000 lux). Se muestran imágenes en los apartados de iluminación.

Technical specifications

Ranges	400.0/4000/lux 40.00/400.0 klux(1 klux = 1000 Lux) 40.00/400.0/4000/fc 40.00 kfc(1 kfc = 1000 fc)
Resolution	0.1/1/10/100 lux 0.01/0.1/1/10 FootCandle
Accuracy	±5% of reading ±10 digits (<10,000 lux) ±10% of reading ±10 digits (>10,000 lux)
Repeatability	±3%
Overload indicator	OL = Overload
Screen refresh rate	1.5 per second
Operating conditions	0 to 40°C / 32 to 104°F/80% r.h.
Display	3¾ digit LCD
Power	9 V battery
Dimensions	Device: 203 x 75 x 50 mm / 7.9 x 2.9 x 1.9 in (width x height x depth) Light sensor: 115 x 60 x 20 mm / 4.5 x 2.3 x 0.7 in (width x height x depth) Cable length: 150 cm / 59 in
Weight	280 g / 9.8 oz
Standards	Safety: IEC-1010-1; EN 61010-1 EMV: EN 50081-1; EN 50082-1 corresponding with DIN 5031; DIN 5032

- **Otras**, como linterna de gran potencia y cámara fotográfica.

2) Centros educativos a estudio.

Los centros objeto de este estudio energético parten de un proyecto constructivo común que se ha replicado en torno al año 1978 en varios puntos geográficos, motivo por el que muchos de los centros son idénticos constructivamente, y en muchos casos hasta geométricamente. Se expone en este capítulo información general sobre cada uno de ellos. Se analiza a nivel global, en base a la información obtenida en las visitas de campo, las opiniones de los gestores de los centros y la documentación aportada por la Consellería de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria.

La mayoría de ellos pertenecen a un grupo geométrico 10x3, de 3 plantas y 10 módulos, el primero detectado. Un grupo secundario es el 8x2, de 2 plantas y 8 módulos, centros más compactos, donde un centro del grupo difiere ligeramente al tener el acceso posterior cubierto desplazado, por lo que geométricamente no coincide en planta respecto a sus similares. Por último, un edificio independiente que no se puede asignar por su geometría a ninguno de los grupos anteriores.

Los centros de la provincia de Lugo analizados, así como su tipología geométrica (grupo) se recogen en la siguiente tabla:

Centro	Código	Tipología
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	27001816	8x2
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	27001816	Independiente
CPI de Castroverde (edificio 1)	27002249	8x2
CPI de Castroverde (edificio 2)	27002249	8x2 (desplazado)
CEIP Albeiros	27006164	10x3
CEIP Luís Pimentel	27014665	10x3
CEIP Paradai	27014793	10x3
CEIP Plurilingüe A Gándara	27014860	10x3
CEIP Luís Tobío	27016674	10x3

Tabla 1 – Inventario de centros y agrupación.

Algunos de los parámetros que van a cambiar de unos centros respecto a otros es la ubicación geográfica dentro de la misma provincia, así como su orientación y obstáculos periféricos que arrojen sombra. También sus instalaciones, nivel de ocupación y modificaciones constructivas posteriores (como por ejemplo las reformas que se realizarán).

2.1) **CEIP VELEIRO-DOCAMPO (COD: 27001816)**

El CEIP Veleiro-Docampo se construye en los años 80. Se encuentra situado en la avenida da Terra Cha (Castro Ribeiras de Lea) en la localidad de Ribeiras De Lea (San Xoán), en el Concello de Castro de Rei.

Nombre del centro:	CEIP Veleiro-Docampo
Tipologías:	Edificio 1: 8x2 Edificio 2: independiente
Localidad:	Castro de Rei (Lugo)
Coordenadas:	43° 8' 53.98" N; 7° 29' 26.99" W 43,14835; -7,49011
Altitud:	404 m
Zona climática	D1
Nº de alumnos:	201
Consumo calef. (KWh / año):	136.653
Referencia catastral:	2784401PH2728S0001BS

Tabla 2 – Datos del CEIP Veleiro-Docampo.

El centro se construye en el año 1978. Se encuentra situado en un entorno rural con una densidad de población baja en su periferia más cercana. Es una zona muy húmeda, dónde la aparición de niebla es frecuente. Se sitúa a 43° 8' 53.98" N de latitud y 7° 29' 26.99" W de longitud, y a una altitud de unos 404 m sobre el nivel del mar.

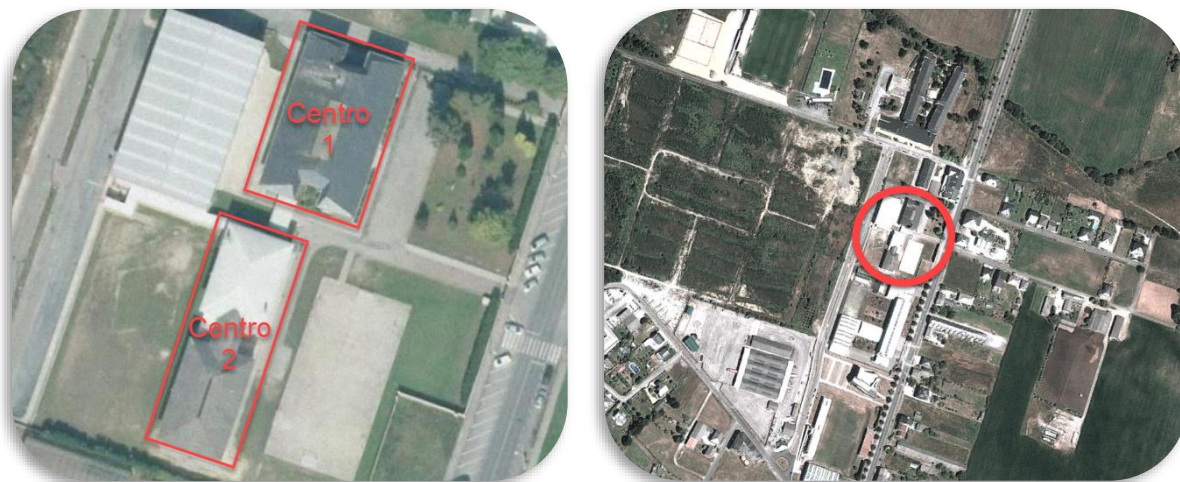


Figura 6 – Entorno y orientación del CEIP Veleiro-Docampo.

2.2) CPI DE CASTROVERDE (COD: 27002249)

El CPI de Castroverde se construye en los años 70. Se encuentra situado en la rúa dos Nenos en la localidad de Vilariño (Santiago), en el Concello de Castroverde.

Nombre del centro:	CPI de Castroverde
Tipologías:	Edificio 1: 8x2 Edificio 2: 8x2 (desplazado)
Localidad:	Castroverde (Lugo)
Coordenadas:	43° 1' 51.26" N; 7° 19' 25.57" W 43,03091; -7,32338
Altitud:	583 m
Zona climática	E1
Nº de alumnos:	176
Consumo calef. (KWh / año):	158.180
Referencia catastral	6658605PH3665N0001HX

Tabla 3 – Datos del CPI de Castroverde.

El centro se construye en el año 1978. Se encuentra situado en un entorno rural con una densidad de población baja en su periferia más cercana. Es una zona muy húmeda, dónde la aparición de niebla es frecuente. Se sitúa a 43° 1' 51.26" N de latitud y 7° 19' 25.57" W de longitud, y a una altitud de unos 583 m sobre el nivel del mar.

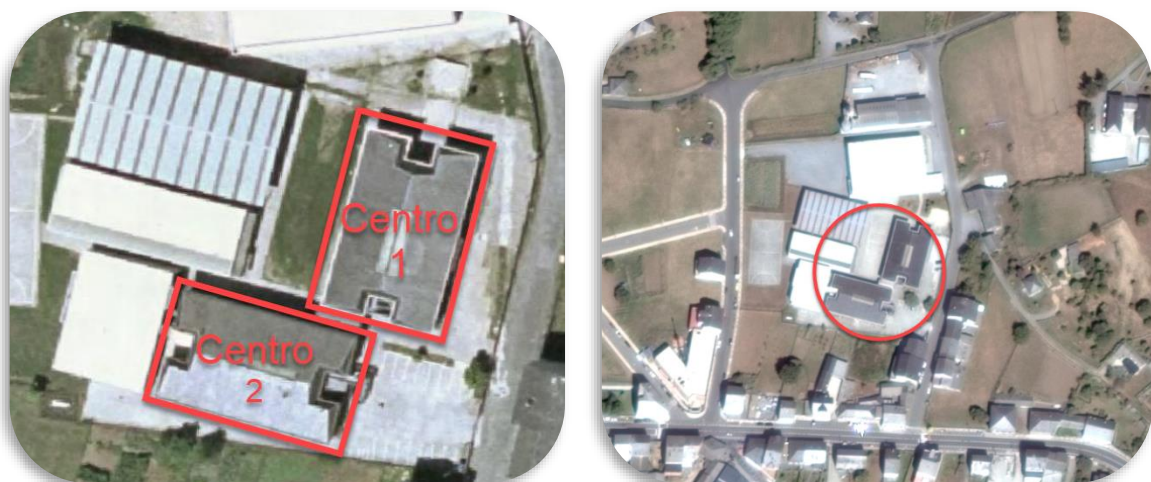


Figura 7 – Entorno y orientación del CPI de Castroverde.

2.3) **CEIP ALBEIROS (COD: 27006164)**

El CEIP Albeiros se construye en los años 70. Se encuentra situado en la rúa Garaballa de Arriba 9 en la localidad de Lugo (Lugo), en el Concello del mismo nombre.

Nombre del centro:	CEIP Albeiros
Tipologías:	10x3
Localidad:	Lugo (Lugo)
Coordenadas:	43° 1' 49.18" N; 7° 33' 49.67" W 43,030296; -7,563497
Altitud:	452 m
Zona climática	D1
Nº de alumnos:	324
Consumo calef. (KWh / año):	110.000
Referencia catastral	7153301PH1675S0001LP

Tabla 4 – Datos del CEIP Albeiros.

El centro se construye en el año 1978. Se encuentra situado en un entorno rural próximo al núcleo urbano con una densidad de población baja en su periferia más cercana. Es una zona húmeda. Se sitúa a 43° 1' 49.18" N de latitud y 7° 33' 49.67" W de longitud, y a una altitud de unos 452 m sobre el nivel del mar.

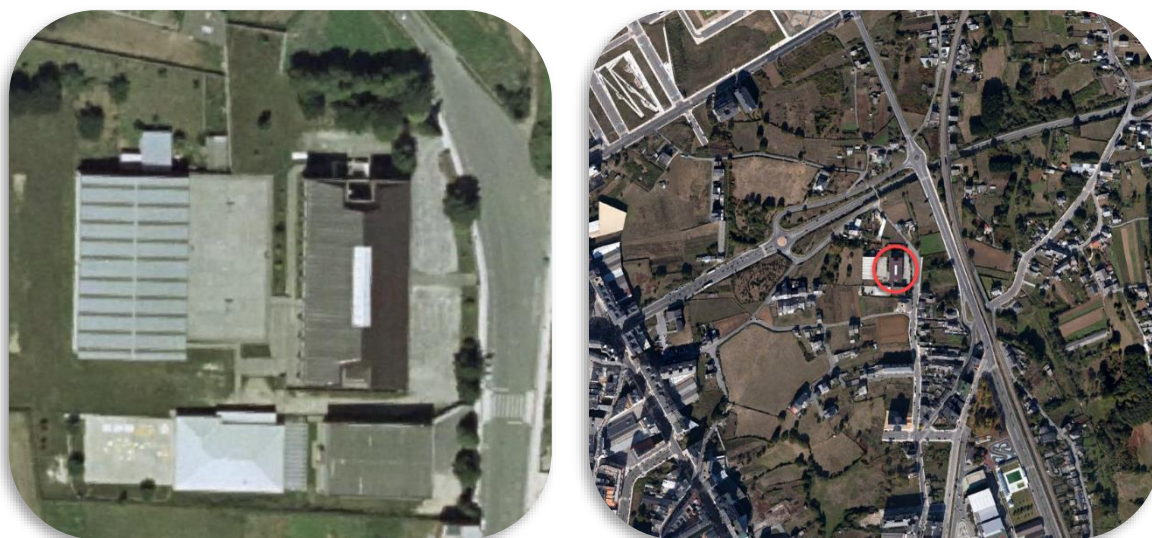


Figura 8 – Entorno y orientación del CEIP Albeiros.

2.4) **CEIP LUÍS PIMENTEL (COD: 27014665)**

El CEIP Luís Pimentel se construye en los años 70. Se encuentra situado en la rúa Gallego Tato (xornalista) 5 en la localidad de Lugo (Lugo), en el Concello del mismo nombre.

Nombre del centro:	CEIP Luís Pimentel
Tipologías:	10x3
Localidad:	Lugo (Lugo)
Coordenadas:	43° 1' 30.23" N; 7°34' 19.35" W 43,025345; -7,571846
Altitud:	480 m
Zona climática	D1
Nº de alumnos:	660
Consumo calef. (KWh / año):	130.000
Referencia catastral	6447611PH1664N0001LR

Tabla 5 – Datos del CEIP Luís Pimentel.

El centro se construye en el año 1978. Se encuentra integrado en un entorno urbano periférico al núcleo principal, próximo a algunas pequeñas áreas industriales, con una densidad de población media en su periferia más cercana. Se sitúa a 43° 1' 30.23" N de latitud y 7°34' 19.35" W de longitud, y a una altitud de unos 480 m sobre el nivel del mar.



Figura 9 – Entorno y orientación del CEIP Luís Pimentel.

2.5) **CEIP PARADAI (COD: 27014793)**

El CEIP Paradai se construye en los años 70. Se encuentra situado en la rúa Alexandre Boveda en la localidad de Lugo (Lugo), en el Concello del mismo nombre.

Nombre del centro:	CEIP Paradai
Tipologías:	10x3
Localidad:	Lugo (Lugo)
Coordenadas:	43° 1' 20.71" N; 7° 33' 33.59" W 43,022526; -7,5593123
Altitud:	451 m
Zona climática	D1
Nº de alumnos:	307
Consumo calef. (KWh / año):	130.000
Referencia catastral	7545001PH1674N0001LI

Tabla 6 – Datos del CEIP Paradai.

El centro se construye en el año 1978. Se encuentra situado en un entorno urbano próximo al núcleo principal con una densidad de población media en su periferia más cercana. Es una zona húmeda. Se sitúa a 43° 1' 20.71" N de latitud y 7° 33' 33.59" W de longitud, y a una altitud de unos 451 m sobre el nivel del mar.



Figura 10 – Entorno y orientación del CEIP Paradai.

2.6) **CEIP PLURILINGÜE A GÁNDARA (COD: 27014860)**

El CEIP Plurilingüe A Gándara se construye en los años 80. Se encuentra situado en la rúa M^a Paz de Tor en la localidad de Monforte de Lemos (Lugo), en el Concello del mismo nombre.

Nombre del centro:	CEIP Plurilingüe A Gándara
Tipologías:	10x3
Localidad:	Monforte de Lemos (Lugo)
Coordenadas:	42° 31' 53.77" N; 7° 31' 57.34" W 42,531246; -7,5329733
Altitud:	307 m
Zona climática	D1
Nº de alumnos:	214
Consumo calef. (KWh / año):	75.000
Referencia catastral	0799025PH2009N0001HQ

Tabla 7 – Datos del CEIP Plurilingüe A Gándara.

El centro se construye en el año 1978. Se encuentra situado en un entorno rural próximo al núcleo urbano con una densidad de población baja en su periferia más cercana y a un río. Se sitúa a 42° 31' 53.77" N de latitud y 7° 31' 57.34" W de longitud, y a una altitud de unos 307 m sobre el nivel del mar.



Figura 11 – Entorno y orientación del CEIP Plurilingüe A Gándara.

2.7) **CEIP LUÍS TOBÍO (COD: 27016674)**

El CEIP Luís Tobío se construye en los años 80. Se encuentra situado en la avenida Martín Ledesma en la localidad de Viveiro, en el Concello del mismo nombre.

Nombre del centro:	CEIP Luís Tobío
Tipologías:	10x3
Localidad:	Viveiro (Lugo)
Coordenadas:	43° 39' 51.68" N; 7° 35' 59.49" W 43,66426; -7,6001573
Altitud:	2 m
Zona climática	D1
Nº de alumnos:	214
Consumo calef. (KWh / año):	110.000
Referencia catastral	2959205PJ1325N0001ZB

Tabla 8 – Datos del CEIP Luís Tobío.

El centro se construye en el año 1979. Se encuentra situado en un entorno marítimo próximo al núcleo urbano con una densidad de población baja en su periferia más cercana, y justo a la desembocadura de un río. Se sitúa a 43° 39' 51.68" N de latitud y 7° 35' 59.49" W de longitud, y a una altitud de unos 2 m sobre el nivel del mar.



Figura 12 – Entorno y orientación del CEIP Luís Tobío.

3) Condiciones de uso y análisis de ocupación.

Los centros educativos son usados regularmente por un promedio de usuarios que se mueve en el orden de 200-300 alumnos (variando sobre todo en función de las dimensiones de la tipología constructiva) con oferta educativa de infantil y/o primaria, esto sin contar el personal docente y administrativo (de aproximadamente un promedio de 20 personas adultas). Los niveles de ocupación son normales en la mayoría de centros en función de la superficie, excepto en el centro de Castroverde en el cuál se detecta una densidad de alumnado por unidad de superficie más baja que en el resto de centros, y en algunas aulas puntuales de otros centros lo mismo.



Figura 13 – Vista del interior de un aula con poco alumnado.

Las condiciones ambientales y de uso del centro se describen como mejorables por parte del personal del centro. Se perciben corrientes de aire importantes en los accesos y zonas comunes que comunican espacios tales como pasillos, escaleras y patios; infiltraciones de aire por la carpintería en los centros con sistemas de vidrio simple y también por la caja de persiana; cambios de temperatura entre aulas (debido a zonas que reciben mayor insolación que otras), temperatura de confort no apropiada en algunas zonas (especialmente en los baños por las ventanas con lamas de vidrio orientables para ventilación), y también existen problemas con la iluminación del centro en algunas zonas (luz insuficiente, parpadeo de algunos puntos y deslumbramientos en pizarra).



Figura 14 – Origen importante de infiltraciones de aire en la zona de baños.

El horario lectivo del centro se establece en jornada por las mañanas de lunes a viernes de 9:00 h a 14:00 h, y en algunos centros también con jornada de tarde de 16:00 a 18:00. Con respecto a las actividades extraescolares, estas se enmarcan generalmente en horario de 16:00 h a 18:00 h de lunes a viernes, aunque suele depender también del centro.

4) Datos meteorológicos.

Se toma como referencia de datos meteorológicos los proporcionados por el CTE, y además los siguientes registrados por la NASA en Lugo capital para Latitud 43, Longitud -7.6 y elevación 302 metros. El edificio pertenece a la zona climática 3C, de clima templado-oceánico.

Los datos de temperatura del aire, humedad relativa, y días-grado tanto de calentamiento como de enfriamiento, se recogen en la siguiente tabla. A dicha tabla se añaden datos orientativos de temperatura del suelo en la zona del edificio.

Mes	Tª del aire [°C]	Humedad relativa [%]	Tª del suelo [°C]	Días-grado de calentamiento a 18°C [°C-d]	Días -grado de enfriamiento 10°C [°C-d]
Enero	9.0	75%	N/A	278	0
Febrero	9.1	74.3%	N/A	250	0
Marzo	10.4	70.9%	N/A	236	12
Abril	11.1	70.7%	N/A	207	33
Mayo	13.5	69.1%	N/A	138	110
Junio	16.5	67.0%	N/A	45	195
Julio	18.4	67.4%	N/A	0	262
Agosto	19.0	68.3%	N/A	0	279
Septiembre	17.8	69.1%	N/A	7	233
Octubre	15.0	72.3%	N/A	93	155
Noviembre	12.1	74.6%	N/A	179	62
Diciembre	10.2	75.5%	N/A	242	6
Anual	13.5	71.2%	N/A	1674	1347

Tabla 9 – Datos meteorológicos.

Los datos de precipitación, radiación solar, presión atmosférica y velocidad de viento (a 10 metros del suelo) se recogen en la siguiente tabla:

Mes	Precipitación [mm]	Radiación solar diaria – horizontal [kWh/m ² /d]	Presión atmosférica [kPa]	Velocidad del viento [m/s]
Enero	146.16	1.44	98.4	7.4
Febrero	84.63	2.15	98.5	7.2
Marzo	101.85	3.38	98.3	6.8
Abril	104.06	4.43	98.0	6.5
Mayo	98.24	5.22	98.1	5.5
Junio	43.78	5.74	98.3	4.9
Julio	38.00	5.74	98.3	5.1
Agosto	51.02	5.21	98.3	4.7
Septiembre	76.37	4.04	98.2	5.2
Octubre	160.65	2.46	98.1	6.2
Noviembre	154.56	1.57	98.1	6.8
Diciembre	150.64	1.22	98.3	7.1
Anual	1209.95	3.56	98.2	6.1

Tabla 10 – Datos meteorológicos.

Los datos meteorológicos son útiles para seleccionar diferentes soluciones basadas en el aprovechamiento de recursos renovables y el dimensionado de instalaciones, así como para valorar las pérdidas.

5) Descripción arquitectónica.

Geométricamente los edificios se agrupan por tipologías (salvo uno de ellos que difiere), siendo las dos tipologías estudiadas geométricamente similares aun variando el número de módulos y de plantas. También generalmente están la mayoría de centros orientados de forma similar.

Algunos centros tienen varios edificios, como por ejemplo pabellones deportivos, teniendo el que se estudia un uso aulario-administrativo en general. En la planta baja los usos: administrativos, comedor y/o gimnasio; en las plantas superiores en general de forma exclusiva tienen uso educativo.

5.1) TIPOLOGÍA PRINCIPAL: 10X3

En la tipología 10x3 se estudia un edificio de 10 módulos y 3 plantas. Tienen planta rectangular, y tienen forjado sanitario, más o menos ventilado dependiendo del centro.

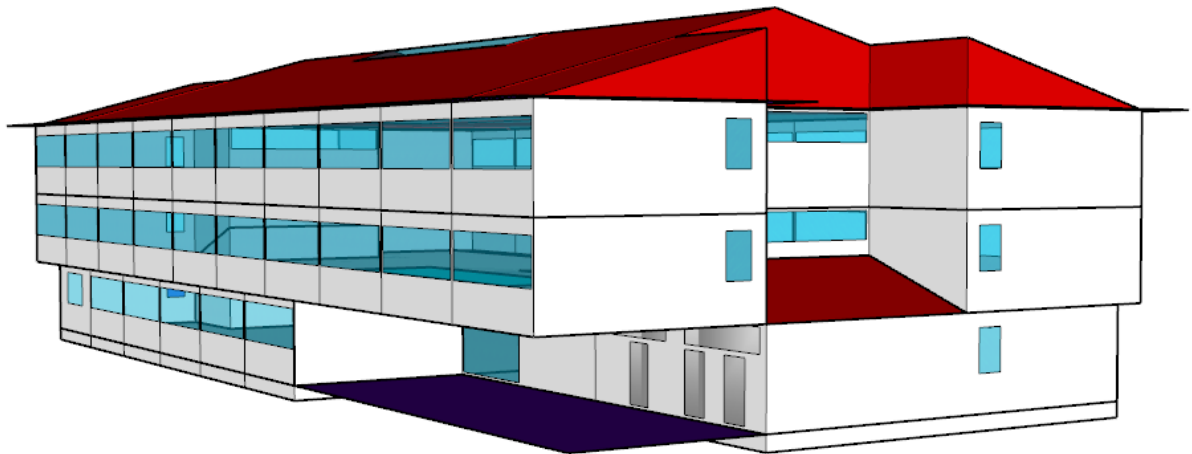


Figura 15 – Modelo geométrico de uno de los centros de tipología 10x3.

La planta baja tiene uso administrativo, y otros usos como: comedor, gimnasio, biblioteca y multiusos. A veces la biblioteca la ubican en plantas superiores. Aquí también se encuentran los accesos al centro, acceso a sala de calderas, cocinas, y un acceso secundario donde el forjado de la planta primera hace de “cubierta” quedando dicha superficie en contacto directo con el exterior. En algunos centros las fachadas de primera y planta baja no son coincidentes, quedando parte del forjado de la primera planta en las fachadas principales en contacto con el aire exterior.

Las plantas superiores generalmente son simétricas entre ellas, y tienen uso docente, diferenciándose algunas de ellas en dimensiones (particiones de aulas estándar de dos módulos en otras más pequeñas de sólo un módulo, y también en aulas más grandes que las estándar de tres o incluso cuatro módulos).

Las plantas se comunican entre ellas mediante escaleras y un patio interior. En algunos hay un ascensor ubicado en el patio interior para las personas que pudieran

tener movilidad reducida. Están acondicionadas mediante una caldera y un sistema de emisión basado en radiadores de agua caliente.

Generalmente se puede acceder mediante unas trampillas de pequeñas dimensiones al espacio bajo cubierta, no habitado ni acondicionado y poco ventilado. La cubierta es compleja, pero por su geometría se simplifica para el modelo de cuatro aguas a dos aguas, y se aguenta por un entramado de tabiques palomeros.

La zona central de la cubierta tiene un sistema de lucernarios que da luz natural a la zona del patio que comunica todas las plantas, en algunos centros comunica de forma directa con el patio, y en otros entre cubierta y techo de la planta superior una cámara de aire y un segundo sistema de lucernarios para separar espacios evitando el contacto directo, así como posibles infiltraciones de agua.

Dependiendo del centro, algunos han sufrido reformas importantes que han de tenerse en cuenta, mientras otros sólo ligeras modificaciones.

5.2) TIPOLOGÍA SECUNDARIA: 8X2.

En la tipología 8x2 se estudia un edificio de 8 módulos y 2 plantas. Se diferencia de la tipología 10x3 en que se reduce la superficie, sobre todo debido a la reducción en el número de módulos, y se elimina la segunda planta.

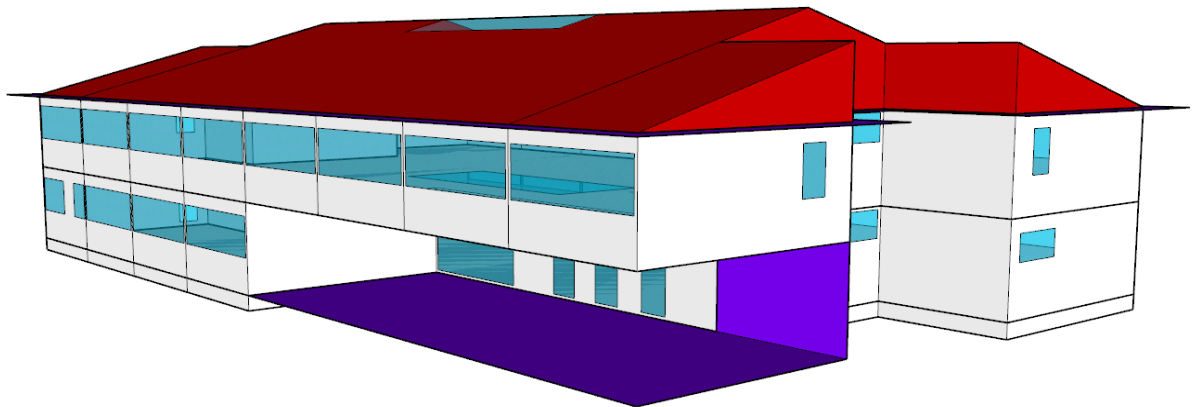


Figura 16 – Modelo geométrico de uno de los centros de tipología 8x2.

Las descripciones generales para el edificio son muy similares a las realizadas para la tipología 10x3, por lo que se toman estas.

5.3) CENTRO DE GEOMETRÍA NO COINCIDENTE CON LAS TIPOLOGÍAS.

Se estudia un edificio en el CEIP Veleiro-Docampo cuya geometría no coincide con ninguna de las tipologías descritas, por lo que se analiza de forma independiente.

Este edificio se compone a su vez de dos centros construidos en etapas diferentes, y en reformas posteriores unidos mediante una pasarela formando así un solo centro.

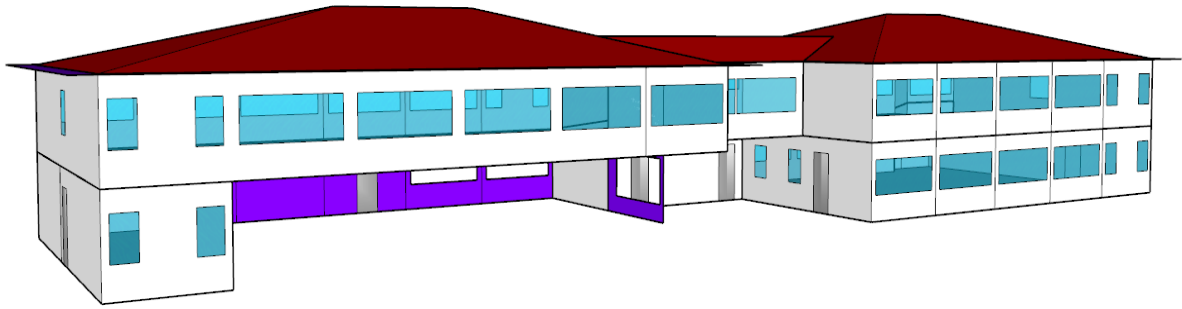


Figura 17 – Modelo geométrico de centro independiente en CEIP Veleiro-Docampo.

Las plantas de los dos módulos que forman el centro son de geometría rectangular, unidas por un pasillo en la planta superior, están calefactadas. Las fachadas no son de ladrillo cara vista sino que la fábrica se reviste con mortero y se encuentra pintada.

Tiene forjado sanitario sin ventilación o poco ventilado. Las plantas bajas no son coincidentes con las superiores, teniendo además usos muy diferentes ya que mientras la superior es de uso docente, las inferiores son de varios usos: almacén, comedor, acceso al edificio y acceso a las plantas superiores.

Tienen cubierta a cuatro aguas, con acceso a los diferentes espacios bajo cubierta mediante trampillas. Dichos espacios están poco ventilados, y no están acondicionados ni son habitables. Las cubiertas tienen diferentes soluciones constructivas, no tienen lucernarios como en las tipologías mencionadas en apartados anteriores, y están apoyadas en un entramado de tabiques palomeros.

6) Orientación

En las siguientes figuras se orienta el modelo base tanto para las tipologías descritas como para el modelo independiente. En color verde el eje “Y”, el cual representa el norte del modelo; en color azul el eje “Z”, y en color rojo el eje “X”.

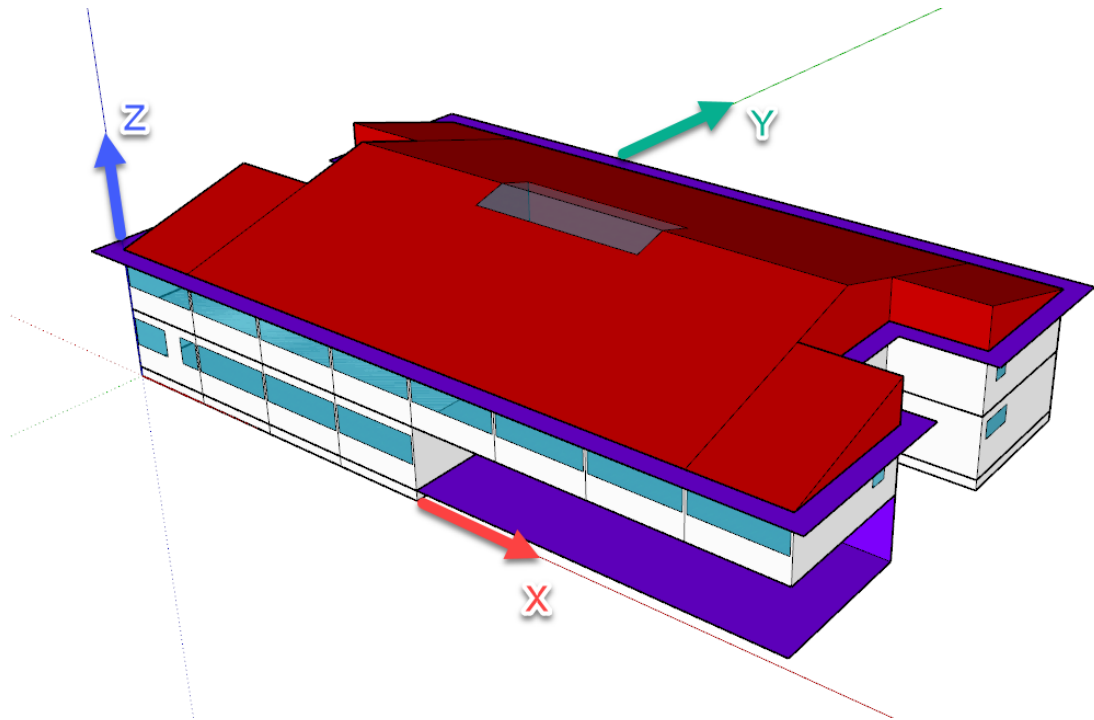


Figura 18 – Referencia para la orientación del modelo en tipologías 10x3 y 8x2.

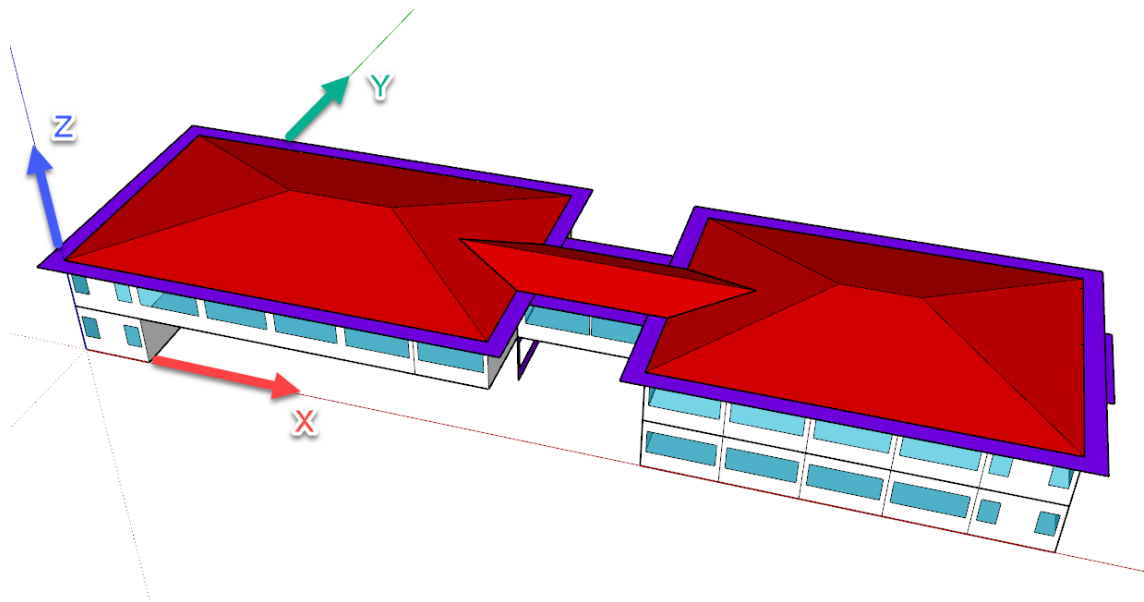


Figura 19 – Referencia para la orientación del modelo independiente.

En la siguiente tabla se define respecto a la referencia anterior, la orientación aproximada de los diferentes centros a estudio en sentido dextrógiro desde el Norte hasta el eje verde (eje “Y”).

Centro	Orientación [°]
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	108
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	108
CPI de Castroverde (edificio 1)	104
CPI de Castroverde (edificio 2)	16
CEIP Albeiros	90
CEIP Luís Pimentel	80
CEIP Paradai	93
CEIP Plurilingüe A Gándara	114
CEIP Luís Tobío	76

Tabla 11 – Valores de orientación de los centros.

En base a esta información, las fachadas principales (de mayor longitud) son las que tienen orientación este y oeste, mientras que los laterales (fachadas de menor longitud) tienen orientación norte y sur. Hay que tener en consideración que la fachada sur es una de las zonas que va a recibir mayor insolación.

7) Descripción constructiva.

El conjunto de centros tiene una tipología constructiva propia de los años del desarrollismo en España (1960 -1980). Dicha tipología presenta unas elevadas transmitancias térmicas en los componentes de su envolvente, debido generalmente a la ausencia de aislamiento térmico.

Debido a que no se han podido analizar algunas de las soluciones constructivas durante la inspección y se tiene poca información a nivel de proyecto arquitectónico, a falta de datos en algunos puntos se han tomado como válidos los proporcionados por la Unidad Técnica en la Jefatura Territorial de Cultura y Educación y Ordenación Universitaria, y en otros se han estimado.

7.1) ESTRUCTURA.

En base a la información aportada, las cimentaciones son de hormigón en masa en zanjas, con zapatas, pilares y vigas de hormigón armado. Sobre ellas, descansan los forjados unidireccionales en planta inferior. La base es un forjado sanitario poco ventilado rodeado por jardineras en las fachadas principales. Los forjados superiores son reticulares, y en su cara inferior no hay presencia de falso techo.



Figura 20 – Jardineras en la base, pilares, y agujero que da al forjado sanitario.

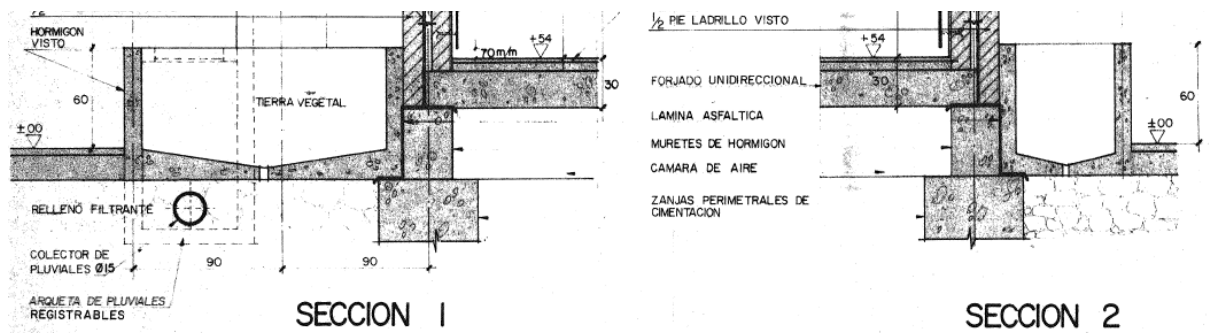


Figura 21 – Secciones en plano donde se representa el forjado sanitario y jardineras.

7.2) CERRAMIENTO.

No ha sido posible verificar la composición exacta de la parte opaca del cerramiento en su totalidad, y se ha tenido que estimar teniendo en cuenta el año de construcción, por los datos facilitados y por las inspecciones realizadas. Se estima que la parte opaca del cerramiento está compuesta por una hoja exterior de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo cara vista separado mediante una cámara de aire ligeramente ventilada de aproximadamente 4,5 cm de espesor de la fábrica de ladrillo hueco doble colocado sobre su cara, recibido con mortero de cemento y pintado en la cara exterior. Por tanto, la composición de la parte opaca (de exterior a interior), se indica a continuación:

- $\frac{1}{2}$ pie ladrillo visto (120 mm).
- Cámara de aire ligeramente ventilada (45 mm).
- $\frac{1}{2}$ pie tabique de ladrillo de ladrillo hueco doble sobre su cara (120 mm).
- Enfoscado de mortero de cemento (10 mm).
- Enlucido de yeso.

Los huecos dependen del centro a estudio, siendo los mayoritarios en la zona de los baños (fachadas norte y sur) de carpintería metálica sin rotura de puente térmico, con vidrio monolítico y de apertura batiente; mientras que los de la zona de aulas (fachadas este y oeste) generalmente son de doble ventana de vidrio simple con carpintería metálica sin rotura de puente térmico y de apertura corredera.

En algunos centros en zonas puntuales se ha sustituido el sistema original por mejores vidrios y carpinterías. Las puertas de acceso de carpintería metálica y vidrio simple, algunas metálicas por completo, y en algunos centros doble puerta.

En la siguiente tabla se recogen los sistemas predominantes en los huecos de la envolvente de cada uno de los centros.



Figura 22 – Huecos en la envolvente en CEIP Luís Tobío.

Centro	Huecos
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	Doble ventana
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	Mixto: doble vidrio y doble ventana
CPI de Castroverde (edificio 1)	Doble ventana
CPI de Castroverde (edificio 2)	Doble ventana
CEIP Albeiros	Doble ventana
CEIP Luís Pimentel	Doble ventana
CEIP Paradai	Vidrio simple
CEIP Plurilingüe A Gándara	Doble ventana
CEIP Luís Tobío	Vidrio simple

Tabla 12 – Solución constructiva predominante en los huecos de la envolvente según el centro.

La distribución de los huecos según la fachada muestra claramente que el mayor porcentaje se encuentra en las fachadas de mayor longitud. Concretamente en el modelo se contabiliza un 9% de huecos en la fachada norte, un 1% en la fachada sur, un 39% en la fachada este, un 38% en la oeste, y un 5% de huecos en cubierta,

siendo el porcentaje restante el representativo de otros huecos como por ejemplo puertas. Las fachadas principales por tanto tienen un peso del 77% del total.



Figura 23 – Vidrio doble (izq.), simple (der.) y doble ventana (debajo). Carpintería metálica sin RPT.

Las puertas de entrada y salida, por lo general también son de carpintería metálica sin rotura de puente térmico y vidrio simple, con un nivel medio de infiltraciones debido a su cierre/apertura y las holguras presentes en su perímetro (sobre todo en la zona inferior).



Figura 24 – Puertas de acceso a algunos centros. Detalle de holgura inferior.

Con respecto a las cajas de persiana, están incrustadas en el cerramiento. Dependiendo del centro pueden tener la hoja de la persiana entre ventanas, exterior o interior. En algunos de los centros en determinadas zonas hay cortinas interiores.



Figura 25 – Interior de la caja de persiana.

Los usuarios indican que algunas infiltraciones de aire que perciben y causan falta de confort térmico provienen de algunas holguras presentes en las cajas de persiana. Además, el estado de algunas persianas es defectuoso (como por ejemplo pandeo y/o rotura de cintas). Generalmente son de madera, se encuentran en la parte superior de las ventanas abarcando toda su longitud, y tienen un ancho aproximado de 35 cm.



Figura 26 – Exterior de caja de persiana. Pandeo de hojas (der.) y cintas libres (izq.)

Por tanto, se concluye que el nivel de estanqueidad de los huecos del cerramiento es bajo, generando corrientes de aire entre el exterior y el interior del centro. Dichas corrientes acentúan el desconfort térmico de los usuarios, y esto viene agravado en las zonas que comunican los bloques y las plantas, siendo especialmente

graves en las zonas de los baños ya que se dejan las ventanas normalmente abiertas o porque tienen lamas que no cierran correctamente.



Figura 27 – Huevo en la envolvente con carpintería metálica sin RPT y lamas de vidrio.

7.3) FORJADO BAJO CUBIERTA.

El forjado del bajo cubierta de los centros generalmente es unidireccional y está formado por bovedilla cerámica en algunos y prefabricada de hormigón en otros (a pesar de que el proyecto arquitectónico especifica que es un forjado reticular), con viguetas de hormigón armado. Durante las inspecciones fue posible acceder a algunos de ellos, mientras que en otros se comunica por parte de los responsables que no es posible.

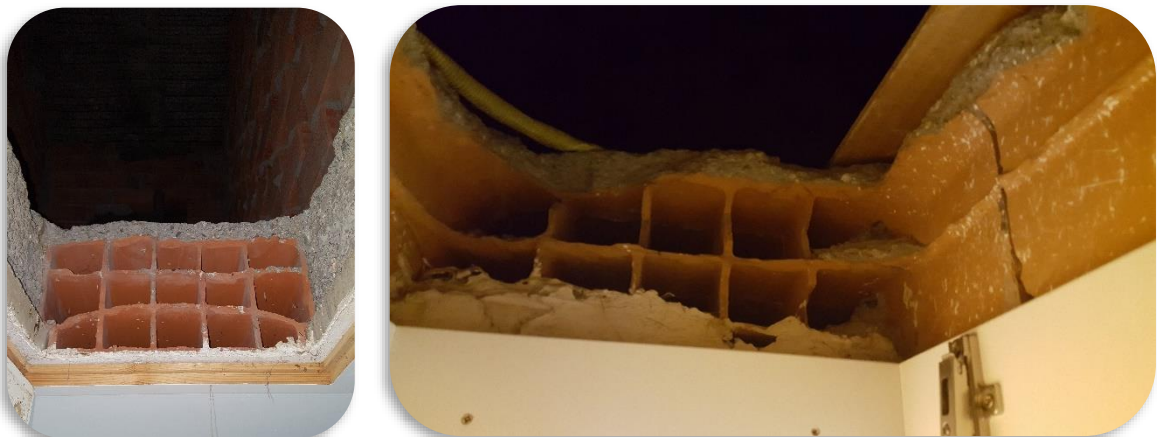


Figura 28 – Vista del forjado bajo cubierta de 2 centros, en la trampilla de acceso.

7.4) **CUBIERTA.**

La cubierta se define terminada en teja árabe según proyecto, no obstante, en realidad se encuentra en su lugar generalmente una cubierta de pizarra, apoyada sobre doble tablero de rasilla y viguetas de hormigón. En algunos centros, como por ejemplo en el CEIP Veleiro-Docampo, se encuentran cubiertas metálicas, o incluso cubiertas de fibrocemento. Inclínación general de la cubierta inferior al 30%.



Figura 29 – Cubierta metálica en CEIP Albeiros (superior) y de pizarra en CEIP A Gándara (inferior).

Salvo en el edificio independiente del CEIP Veleiro-Docampo, el resto de centros tiene un gran lucernario en cubierta que permite suministrar de luz natural a la zona del patio interior debajo de la cual se encuentra. La comunicación del lucernario con el patio en algunos centros es directa, mientras que en otros se encuentra esa comunicación cortada por una placa con nuevos lucernarios a la altura del techo de la planta superior.



Figura 30 – Lucernarios en cubierta de diferentes tipos: cerrado (izq.) y abierto (der.)

La pizarra apoya sobre tableros cerámicos, se estima de tipo doble rasilla, y esta estructura se apoya en los tabiquillos aligerados (palomeros).



Figura 31 – Diferentes tipos de soportes de cubierta, y entramado de tabiques palomeros.

La cubierta metálica encontrada en dos de los centros se estima formada por panel de chapa de acero en perfil comercial con dos láminas prelacadas de 0,6 mm exterior y 0,5 mm interior, con núcleo de poliuretano de 40 kg/m³ con espesor total de 40 mm.

8) Reformas.

Salvo alguna reforma importante, como por ejemplo los retejados y/o sustitución de cubierta, las reformas realizadas sobre los centros fueron puntuales.

Algunas de ellas relacionadas con la partición de aulas estándar en varias de menor superficie, otras de ampliación por derribo de tabiques, en algunas zonas de sustitución puntual de iluminación por mantenimiento, cambio de caldera, instalación de falso techo, cierre de lucernarios, etc.

Relacionadas con los huecos en la envolvente: en algunos centros se incorporó doble ventana, en otros se sustituyeron algunas carpinterías o se eliminó el sistema de lamas de vidrio para ventilación.

En conclusión, son modificaciones que en muchos casos no afectan al modelo base o tendrán poco impacto en él, por lo que para simplificar se pueden no considerar en los cálculos a nivel de tipología.



Figura 32 – Zona reformada en CEIP Albeiros, con falso techo y luminarias renovadas.

9) Análisis de consumos eléctricos anuales.

En este apartado se muestra y analiza lo referente al consumo eléctrico del centro CEIP Viveiro, del que se han aportado datos, como centro representativo. Los datos se obtienen a partir de la información proporcionada por la empresa distribuidora para los CUPS de fuerza y alumbrado proporcionados por el Concello.

9.1) SUMINISTRO 1.

9.1.1) Datos generales.

- TARIFA DE ACCESO: 2.1A
- POTENCIA CONTRATADA: 13,164 kW.
- CUPS: ES0033770122871001LS0F

9.1.2) Análisis de consumos.

En esta tarifa de acceso no se repercuten penalizaciones de energía reactiva ni de potencia. Además, implica la facturación en un único periodo.

El consumo anual del periodo 2017 es de 11.941 kWh. Reduciendo la potencia se podría cambiar de tarifa de acceso y reducir el precio de los peajes (en torno a una reducción de 569 euros anuales), y si se tiene en cuenta que en los centros educativos el mayor consumo se detecta por las mañanas, la aplicación de una tarifa con discriminación horaria implica una reducción económica de relevancia (509 euros anuales), en función de la cantidad de consumo que se desplace al periodo valle, sin necesidad de realizar inversión. Combinando ambas, la reducción está en torno a 830 euros anuales. A continuación, se muestran los cálculos de las dos primeras opciones descritas, así como de la opción combinada que muy posiblemente implica inversión para reducir la potencia contratada.

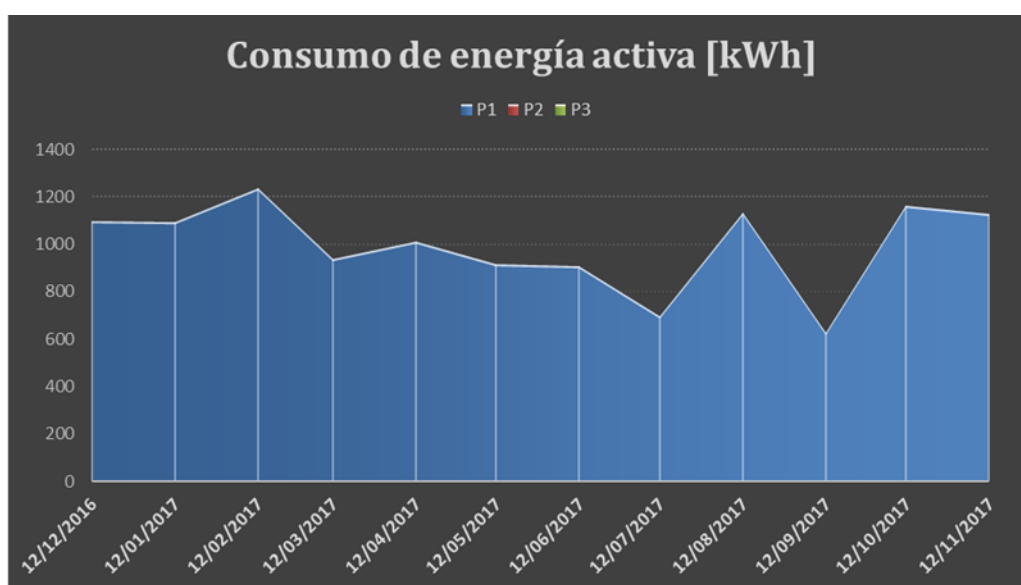


Figura 33 – Consumo de energía activa.

Instalación: TRIFÁSICA		Simulación: consumo promedio			
ACTUAL	Descuento en consumo:	0%	Días	365	
2.1A	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	11.941	0	0	11941
	Precio [€/kWh]	0,140000	0,000000	0,000000	0,14000
	Coste [€]	1.671,74 €	- €	- €	1.671,74 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia utilizada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia facturada [kW]	13,164	0	0	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,000000	0,000000	
	Coste [€]	540,54	0,00	0,00	540,54 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			113,11 €
	Alquiler de equipos [€/día]				
	Total (sin IVA) [€]				2.325,39 €
	IVA (21%)				488,33 €
Total (con IVA) [€]					2.813,72 €
PROPUESTA	Descuento en consumo:	0%	Días	365	
2.1DHA	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	5.135	6.806	0	11941
	Precio [€/kWh]	0,152848	0,071530	0,000000	0,10650
	Coste [€]	784,82 €	486,86 €	- €	1.271,68 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia utilizada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia facturada [kW]	13,164	0	0	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,000000	0,000000	
	Coste [€]	540,54	0,00	0,00	540,54 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			92,65 €
	Alquiler de equipos [€/día]				- €
	Total (sin IVA) [€]				1.904,87 €
	IVA (21%)				400,02 €
Total (con IVA) [€]					2.304,90 €

Figura 34 – Aplicación de discriminación horaria. Estimación de reducción de gasto anual.

Instalación: TRIFÁSICA		Simulación: consumo promedio			
ACTUAL	Descuento en consumo:	0%	Días	365	
2.1A	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	11.941	0	0	11941
	Precio [€/kWh]	0,140000	0,000000	0,000000	0,14000
	Coste [€]	1.671,74 €	- €	- €	1.671,74 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia utilizada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia facturada [kW]	13,164	0	0	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,000000	0,000000	
	Coste [€]	540,54	0,00	0,00	540,54 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			113,11 €
	Alquiler de equipos [€/día]				
	Total (sin IVA) [€]				2.325,39 €
	IVA (21%)				488,33 €
Total (con IVA) [€]					2.813,72 €
PROPUESTA	Descuento en consumo:	0%	Días	365	
2.0A	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	11.941	0	0	11941
	Precio [€/kWh]	0,124000	0,000000	0,000000	0,12400
	Coste [€]	1.480,68 €	- €	- €	1.480,68 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	6,923	0	0	
	Potencia utilizada [kW]	6,923	0	0	
	Potencia facturada [kW]	6,923	0	0	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,000000	0,000000	
	Coste [€]	284,27	0,00	0,00	284,27 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			90,24 €
	Alquiler de equipos [€/día]				- €
	Total (sin IVA) [€]				1.855,19 €
	IVA (21%)				389,59 €
Total (con IVA) [€]					2.244,78 €

Figura 35 – Reducción de potencia y de tarifa de acceso. Estimación de reducción de gasto anual.

Instalación: TRIFÁSICA		Simulación: consumo promedio			
ACTUAL	Descuento en consumo:	0%	Días	365	
2.1A	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	11.941	0	0	11941
	Precio [€/kWh]	0,140000	0,000000	0,000000	0,14000
	Coste [€]	1.671,74 €	- €	- €	1.671,74 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia utilizada [kW]	13,164	0	0	
	Potencia facturada [kW]	13,164	0	0	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,000000	0,000000	
	Coste [€]	540,54	0,00	0,00	540,54 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			113,11 €
	Alquiler de equipos [€/día]				
	Total (sin IVA) [€]				2.325,39 €
	IVA (21%)				488,33 €
	Total (con IVA) [€]				2.813,72 €
PROPUESTA	Descuento en consumo:	0%	Días	365	
2.0DHA	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	5.612	6.329	0	11941
	Precio [€/kWh]	0,146248	0,071530	0,000000	0,10665
	Coste [€]	820,78 €	452,69 €	- €	1.273,48 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	6,923	0	0	
	Potencia utilizada [kW]	6,923	0	0	
	Potencia facturada [kW]	6,923	0	0	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,000000	0,000000	
	Coste [€]	284,27	0,00	0,00	284,27 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			79,64 €
	Alquiler de equipos [€/día]				- €
	Total (sin IVA) [€]				1.637,39 €
	IVA (21%)				343,85 €
	Total (con IVA) [€]				1.981,25 €

Figura 36 – Combinación de reducción de tarifa de acceso y potencia. Estimación de ahorro anual.

9.2) SUMINISTRO 2.

9.2.1) Datos generales.

- TARIFA DE ACCESO: 3.0A
- POTENCIA CONTRATADA: P1 = 20 kW, P2 = 20 kW, P3 = 32,909 kW.
- CUPS: ES0033770122871003LV0F

9.2.2) Análisis de consumos.

Con respecto al consumo anual del periodo 2017, este es de 25.746 kWh, siendo el consumo en los diferentes periodos de un 23,39% en el P1, un 59,59% en el P2 y un 17,02% en el P3. Hay un consumo de energía reactiva anual del orden de 6.017 kVarh, no relevante porque los valores de $\cos \phi$ (variables) están entre 0.95 y 1, por tanto, no se aplican penalizaciones por este concepto (salvo en meses puntuales, aunque su impacto económico es irrelevante).

El consumo en P3 representa el orden de consumo de las luminarias exteriores y equipos encendidos en stand-by. El horario del P2, que es el periodo que más peso tiene en el consumo, es de 8 h a 18 h y 22 h a 24 h en invierno y de 8 h a 11 h y 15 h a 0 h en verano.

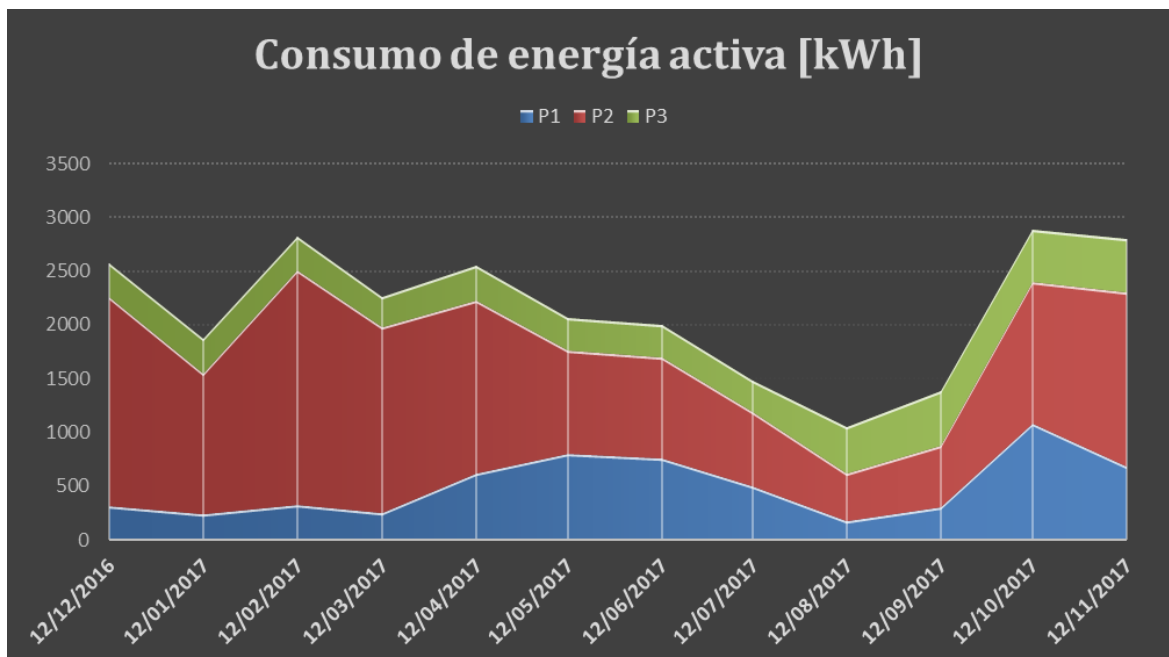


Figura 37 – Consumo de energía activa.

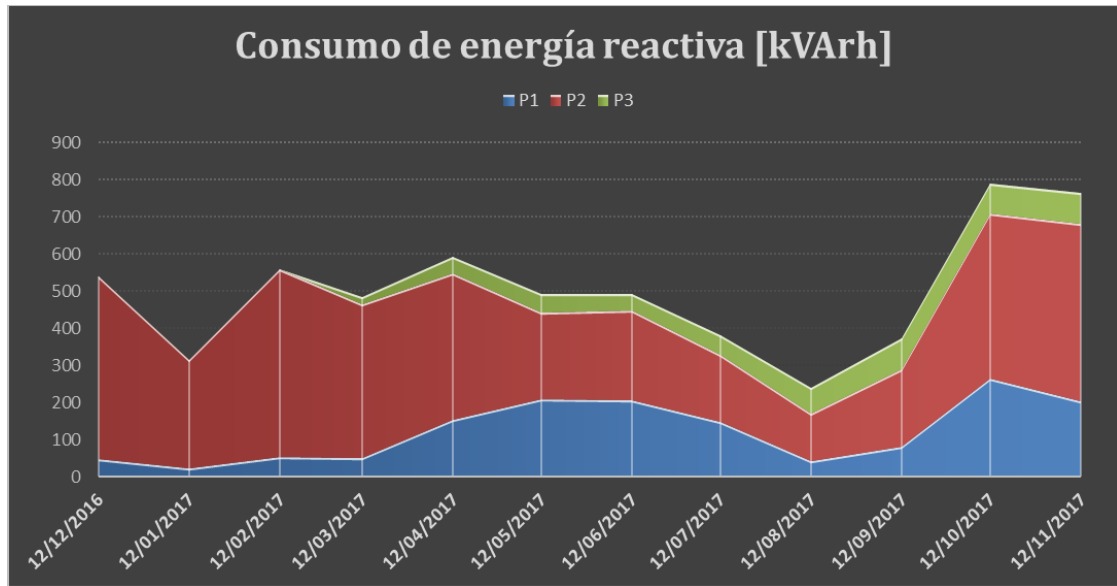


Figura 38 – Consumo de energía reactiva.

9.2.3) Análisis de potencia.

Actualmente existe contratada una potencia de 20 kW para los dos primeros periodos (punta y llano); y de 32,91 kW en el tercer periodo (valle), la máxima según boletín. Se producen en los dos primeros periodos saltos bruscos en función de la época del año, siendo el principal problema que hay grandes saltos que van desde los 20 kW hasta los 5 kW. Generalmente no se supera la potencia contratada, más bien en base a los valores se debe reducir.

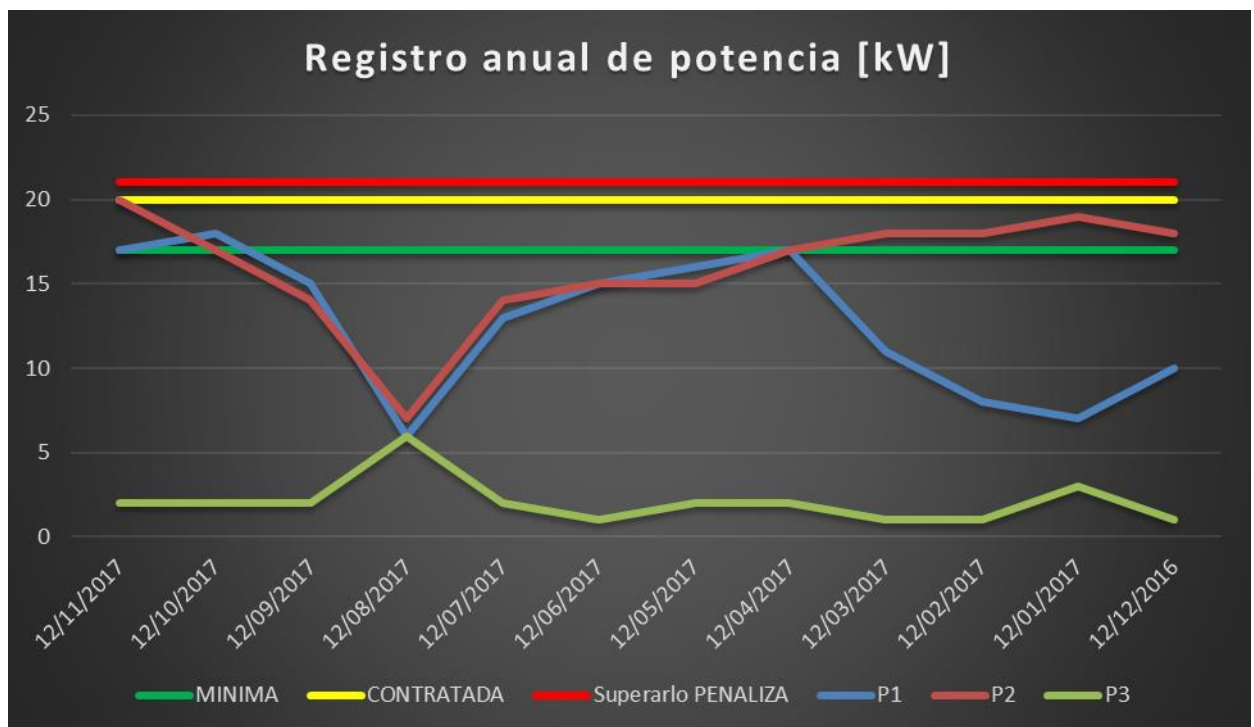


Figura 39 – Registro anual de potencias.

Para el periodo de tiempo analizado las potencias óptimas resultantes en los diferentes periodos son 16 kW en el P1, 18 kW en el P2 y 2 kW en el P3, habiendo un potencial de ahorro del orden de los 757 € / año sólo por este concepto si el análisis se elabora mediante valores de potencia promedio y se usan los valores de potencia óptimos.

Instalación: TRIFÁSICA		Simulación: consumo promedio			
ACTUAL	Descuento en consumo:	0%		Días	365
3.0A	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	6.022	15.341	4.383	25746
	Precio [€/kWh]	0,119147	0,095953	0,067462	0,09653
	Coste [€]	717,50 €	1.472,01 €	295,69 €	2.485,20 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	20	20	32,91	
	Potencia utilizada [kW]	12,75	16	2,08	
	Potencia facturada [kW]	17	17	27,9735	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,067865	0,045548	
	Coste [€]	698,06	421,10	465,06	1.584,22 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			208,06 €
	Alquiler de equipos [€/día]				
	Total (sin IVA) [€]				4.277,48 €
	IVA (21%)				898,27 €
Total (con IVA) [€]					5.175,75 €
PROPUESTA	Descuento en consumo:	0%		Días	365
3.0A	Concepto	P1	P2	P3	TOTAL
Energía activa	Consumo [kWh]	6.022	15.341	4.383	25746
	Precio [€/kWh]	0,119147	0,095953	0,067462	0,09653
	Coste [€]	717,50 €	1.472,01 €	295,69 €	2.485,20 €
Potencia	Potencia contratada [kW]	16	18	2	
	Potencia utilizada [kW]	12,75	16	2,08	
	Potencia facturada [kW]	13,6	16	2,08	
	Precio [€/kW día]	0,112499	0,067865	0,045548	
	Coste [€]	558,45	396,33	34,58	989,36 €
	Penalización [kW]	0	0	0	- €
Impuestos y otros	Impuesto eléctrico [€/kWh]	0,0511269632			177,64 €
	Alquiler de equipos [€/día]				- €
	Total (sin IVA) [€]				3.652,20 €
	IVA (21%)				766,96 €
Total (con IVA) [€]					4.419,17 €

Figura 40 – Comparativa anual con valores promedio de situación actual frente a optimizada.

Al aplicarse mejoras en iluminación y/o otros campos este apartado debe ser revisado puesto que se podrá reducir en mayor medida la potencia, y en igual medida se reducirá el consumo.

10) Análisis de consumo de gasóleo.

En este apartado se registran los datos de consumo de gasóleo C necesario para satisfacer la demanda térmica de los centros a estudio. Los datos se obtienen a partir de la información de facturación de los proveedores a los centros, y es proporcionada por el peticionario de este informe.

Centro	Consumo [kWh]
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	136.530
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	
CPI de Castroverde (edificio 1)	158.180
CPI de Castroverde (edificio 2)	
CEIP Albeiros	110.000
CEIP Luís Pimentel	130.000
CEIP Paradai	130.000
CEIP Plurilingüe A Gándara	80.000
CEIP Luís Tobío	110.000

Tabla 13 – Registros facilitados de consumo de gasóleo C en los centros.

Hay que tener en cuenta que hay centros que realizan un repostaje anual, mientras que otros realizan varios repostajes. Además, hay centros en los que la misma caldera alimente más edificios que el que se propone a estudio, y el nivel de origen en el tanque a la hora de llenar los tanques no va a ser el mismo. Por tanto, se ha de ser cuidadoso a la hora de interpretar estos datos de consumo.

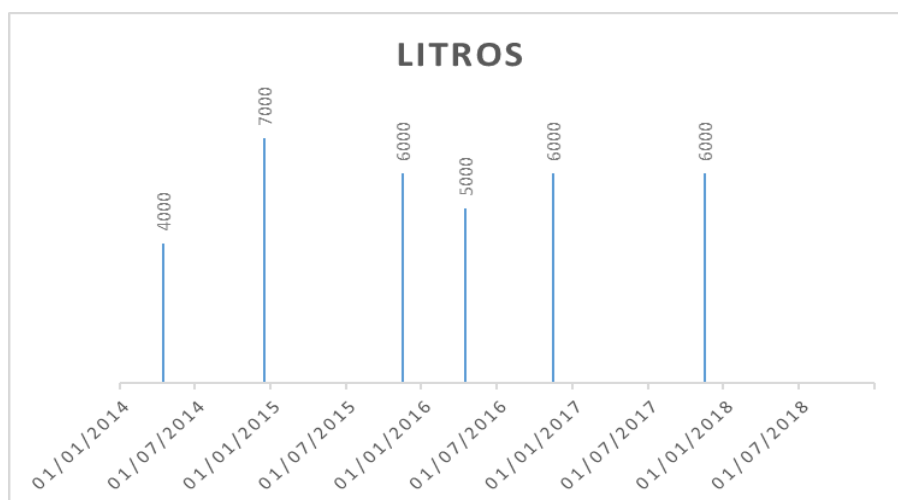


Figura 41 – Número de llenados del tanque gasóleo y volumen asociado en el CEIP Luís Tobío.

11) Análisis térmico de los sistemas constructivos.

El centro educativo se ubica en varias localidades de la provincia de Lugo, (a diferentes altitudes), pertenecientes todas prácticamente a la zona climática D1 (excepto el CPI Castroverde que se encuentra en la zona climática E1). Si se toman como referencia las características de transmitancia térmica fijadas en el “Apéndice D: Definición del edificio de referencia” se tienen unos valores límite en las propuestas de mejora planteadas en el estudio, reflejados en la siguiente tabla:

D.2.13 ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	-	-	-	0,40	0,57	0,44

Tabla 14 – Valores límite de transmitancia para una zona D1 según CTE

3.1 Definición de características de la envolvente térmica.

El centro a estudio tiene unas transmitancias térmicas superiores a las marcadas en la normativa actual como límite para el edificio de referencia en la zona climática. Este hecho hace que el edificio tenga un gran margen de mejora energética.

Concretamente en base a los datos por defecto que asignan las herramientas simplificadas en base a la fecha de construcción:

- Transmitancia de muros: 2 - 2,38 W/m²K.
- Transmitancia de suelo: 2 W/m²K.
- Transmitancia de cubierta: 2,17 W/m²K.
- Transmitancia de huecos: 5,7 W/m²K.

Se muestra a continuación el valor de transmitancia de una solución constructiva para fachada similar al considerado, en el que el orden de magnitud coincide aproximadamente con los estimados por defecto:

Cerramiento opaco.		
Ext.	½ pie LM métrico	115 mm
	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5 cm	50 mm
	Fábrica de ladrillo cerámico LH doble	60 mm
Int.	Mortero de áridos ligeros	20 mm
Total	Espesor	245 mm
	U-value [W/m²·K]	1.81 W/m²·K

Tabla 15 – Transmitancia térmica de una solución constructiva de fachada similar.

El modelado del conjunto carpintería-vidrio simplificado, cuyas características han sido obtenidas mediante software creado por fabricantes de vidrio (Saint Gobain) y laboratorios como Berkeley Lab, es muy similar a los valores estimados de las propiedades térmicas aportados por las herramientas simplificadas de certificación.

Por tanto, las características del sistema propuesto, así como las de los huecos actuales que se estiman, vienen definidas a continuación:



Sistema marco metal sin RPT vidrio simple	U (W/m²·K)	SHGC
Vidrio simple 3 mm	5,71	0,86
Carpintería metálica sin rotura de puente térmico	5,68	-
Conjunto	5,7	0,76

Tabla 16 – Datos del sistema marco metálico sin RPT con vidrio simple.



Sistema doble ventana de metal de vidrio simple	U (W/m ² *K)	SHGC
Combinación de vidrio simple 4 mm	2.81	0.67
Carpintería metálica sin rotura de puente térmico	2.81	-
Conjunto	2.81	0.67

Tabla 17 – Datos del sistema doble ventana con marco de metal sin RPT con vidrio simple.

Sistema doble vidrio BE+CS con marco con RPT	U (W/m ² *K)	SHGC
Vidrio doble bajo emisivo con control solar	-	-
Carpintería metálica con rotura de puente térmico	-	-
Conjunto	1.1	0.64

Tabla 18 – Datos del sistema doble vidrio bajo emisivo control solar con marco de metal con RPT.

12) Termografías.

Se realizan varias inspecciones termográficas en diciembre de 2017, siendo algunas capturas relevantes por las condiciones en las que se tomaron (sin ser estas las condiciones óptimas), representando un análisis cuantitativo de la transferencia de calor y siendo de utilidad para la valoración y verificación de la transmitancia térmica elegida.

También sirven para detectar elementos singulares a través de los cuales se pierde calor, como por ejemplo en la siguiente imagen del CEIP Paradaí donde existen tramos del circuito de calefacción fuera de la envolvente, algunos aislados que minimizan la pérdida de calor, pero otros que no están aislados y aparecen en amarillo y rojo, donde es conveniente reparar el aislamiento.

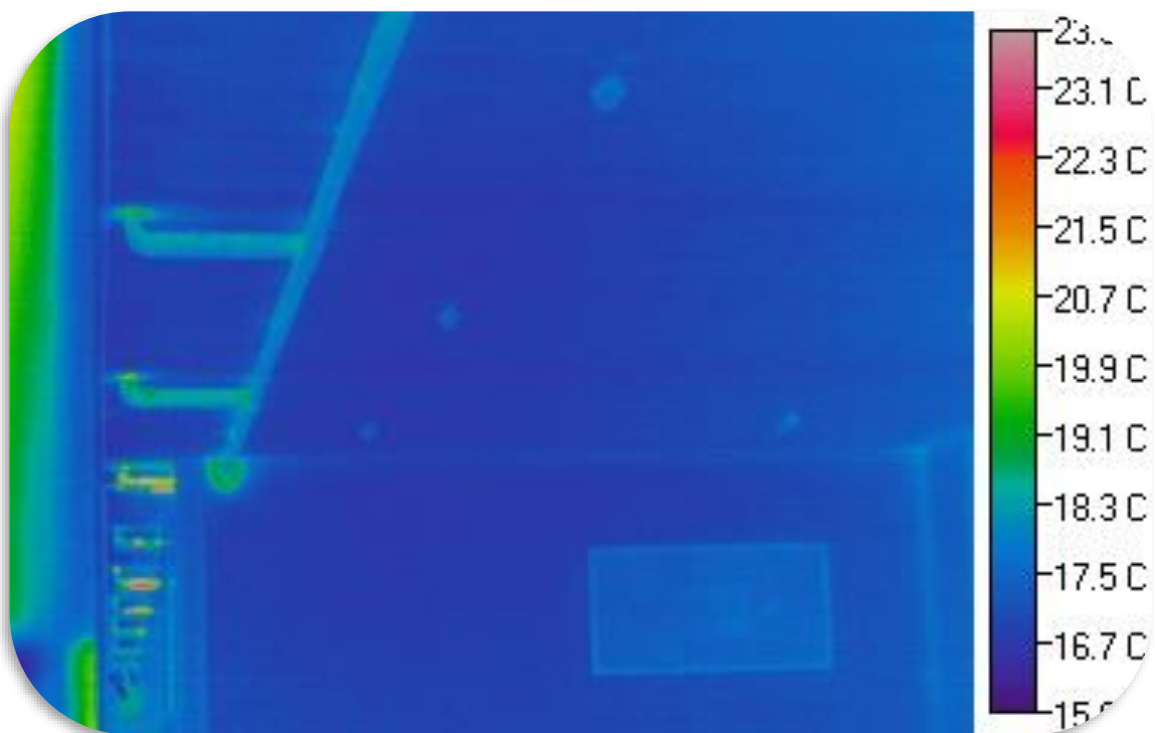


Figura 42 – Pérdidas energéticas en un tramo exterior del circuito de calefacción.

En otros centros se detectan baños calefactados mediante radiadores con ventanas abiertas de lamas de vidrio o rotas; contacto directo del lucernario en cubierta con el espacio interior calefactado (en el que se debe separar mediante otro lucernario para evitar pérdidas de calor tanto por transmisión del elemento separador, como por convección al existir infiltraciones de aire a través de ese elemento); holguras en las puertas que aumentan las infiltraciones de aire; etc.

Otra zona interesante es el forjado “en voladizo” que contacta directamente con el exterior. Se detectan los elementos que lo forman debido a los diferentes valores de conductividad de sus materiales, y se visualizan pérdidas energéticas que se podrían reducir con la aplicación de aislamiento térmico.

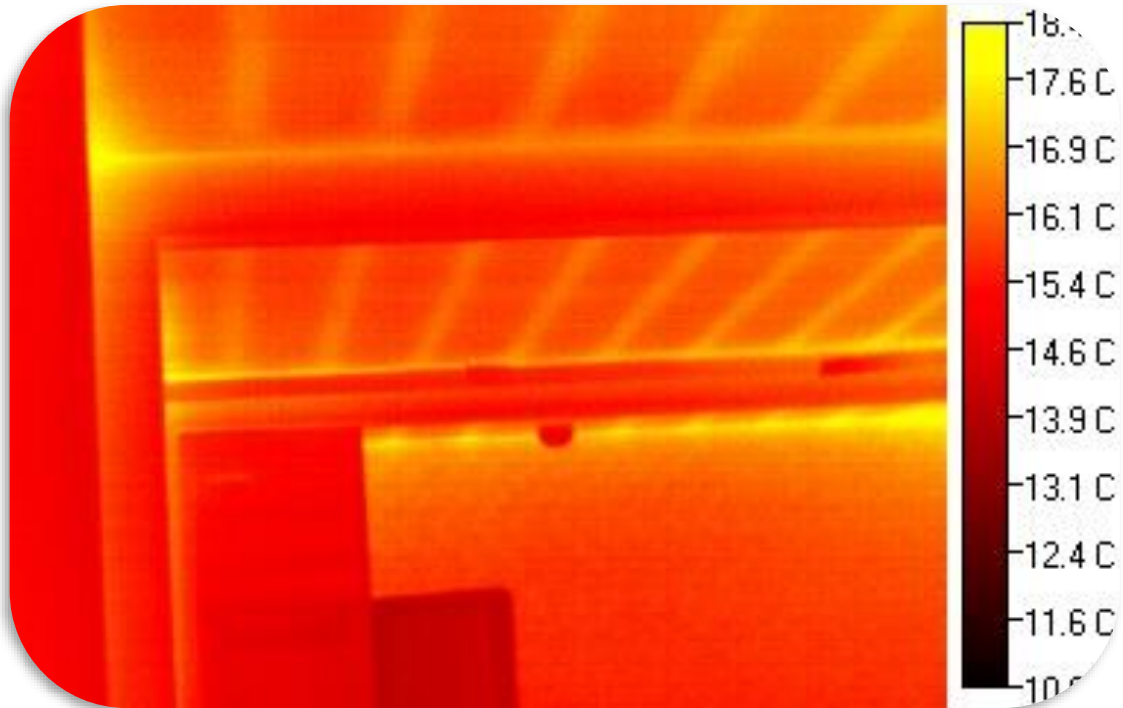


Figura 43 – Pérdidas energéticas en el forjado en contacto con el exterior.

Se detectan también pérdidas importantes en la carpintería de los huecos y elementos estructurales que rompen la continuidad de la fachada como los pilares y frentes de forjado, especialmente importantes en el CEIP Veleiro-Docampo.

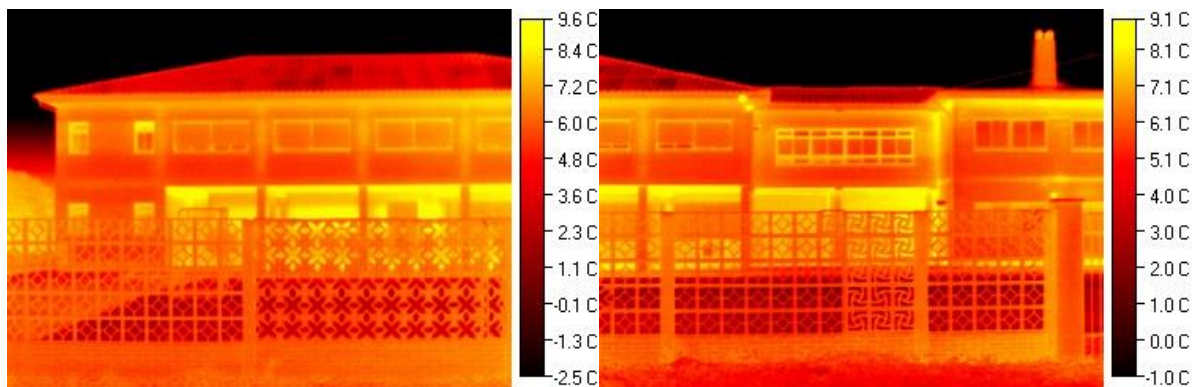


Figura 44 – Pérdidas energéticas por puentes térmicos en CEIP Veleiro-Docampo (independiente).

Se analizan también algunos equipos interiores, presentando las capturas termográficas en los últimos apartados de este estudio para así visualizar la energía que se pierde al tener equipos conectados a la red de forma permanente y en standby.

En la siguiente captura termográfica del CEIP Luís Tobío se aprecian las pérdidas principalmente en la carpintería metálica. También en el contorno inferior del hueco, en la zona de la caja de la persiana, por la fachada en las zonas por las que pasa el circuito de calefacción, y en las zonas en las que se ubican los radiadores bajo ventana debido al flujo de aire caliente que asciende por convección. Hay huecos con las persianas cerradas mientras que otros las tienen abiertas.

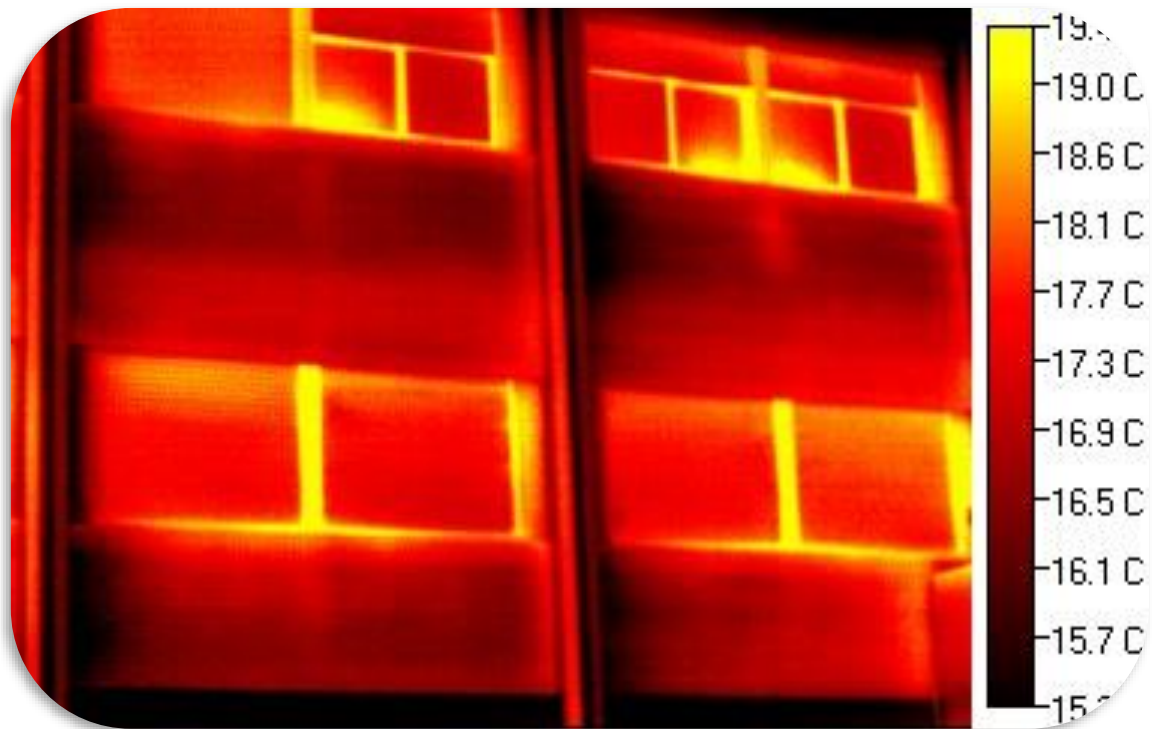


Figura 45 – Pérdidas energéticas en varias zonas de fachada en CEIP Luís Tobío.

El equipo empleado es una cámara termográfica marca NEC modelo TH9260, con sensor de 640x480 UFPA y margen de error del 2%.

13) Análisis de las instalaciones.

Es objetivo de este capítulo la evaluación de los sistemas de instalaciones energéticas de los centros. Para ello, se analizan tanto los sistemas de calefacción como los sistemas de iluminación.

13.1) INSTALACIÓN TÉRMICA.

Las instalaciones térmicas del centro educativo se limitan a sistemas de calefacción, no existiendo sistemas que permitan la refrigeración y/o ventilación del edificio a estudio (aulario-administrativo). Las instalaciones de calefacción se componen de una caldera a gasóleo C, con radiadores de chapa de diferentes tipos según el centro (mayoritariamente) como emisores térmicos. El sistema de distribución corresponde a un sistema de agua caliente con una conexión a los emisores térmicos en paralelo (circuito bitubo) entre una rama de ida y una de retorno.

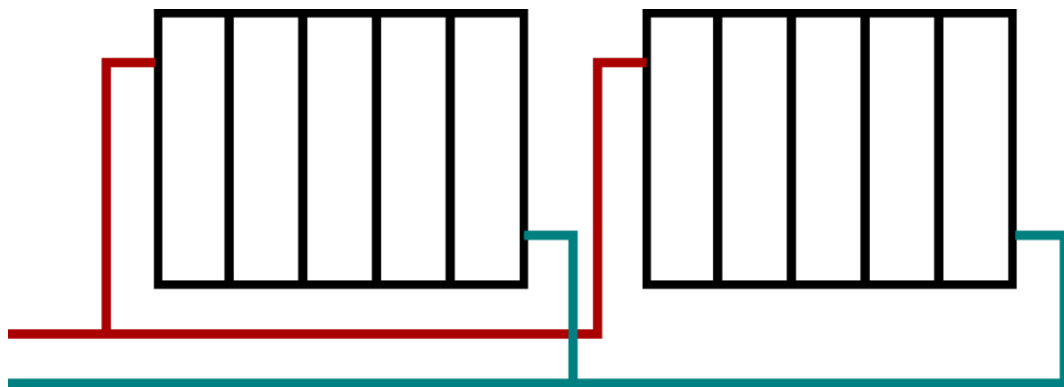


Figura 46 - Sistema de distribución bitubo

En algunos centros se anulan algunos radiadores zonas concretas que se encuentran sin uso específico, o son de uso esporádico, en la que se mantiene el detentor de los radiadores cerrado de forma manual, a fin de evitar calefactar espacios sin uso.

13.1.1) Producción.

Dependiendo del centro, el encendido es automático o manual, siendo en algunos casos mixto de forma que alguno de los responsables del centro, como por ejemplo el conserje, la pueden apagar manualmente. Normalmente el encendido está programado de forma automática aproximadamente entre las 7:30 y 13:00 horas. Existen dependiendo del centro calderas de diferentes potencias y años de instalación, por tanto, también en diferentes estados de conservación. Se comunica que las salas de calderas pasan correctamente las revisiones mensuales según RITE realizadas por los mantenedores.



Figura 47 – Diferentes salas de calderas en los centros visitados.

Las calderas suelen ser de la marca Roca, de diferentes modelos: CPA-160; CPA-200; CPA-230BT; CPA 250 y otros. La potencia nominal promedio es del orden

de 200 kW, y el quemador suele ser marca ROCA modelo TECNOCOMpatible. Funciona de forma automática durante los meses comprendidos entre octubre y marzo, ambos incluidos. Se estima un rendimiento medio del 89%.

Las salas dan a depósitos de combustible normalmente enterrados, y en otros al exterior, que se identifican por ejemplo localizando las setas de ventilación.



Figura 48 – Depósito exterior de gasóleo de la sala de calderas del CEIP A Gándara, al fondo.

13.1.2) Distribución.

La distribución de calefacción por el centro educativo se realiza mediante varios circuitos de acero de tipo bitubo, es decir en paralelo, en el que por la tubería de ida se realizan tomas para radiadores y el agua se devuelve a la tubería de retorno. El trazado de las tuberías de reparto depende del centro, en algunos va a la vista y es accesible siendo realizado sobre el rodapié de las plantas, mientras que en otros va por el techo o empotrado. En la planta baja generalmente va por el techo siendo visible y accesible.



Figura 49 – Circuito visible (izq.) y empotrado (der.)

13.1.3) Emisión.

En todas las zonas prácticamente la emisión se realiza mediante radiadores de chapa, que en algunos centros tienen válvulas termostáticas, con unas dimensiones variables en función del espacio a climatizar. Normalmente están colocados bajo ventana.



Figura 50 – Emisor de chapa ubicado bajo ventana.

La utilización de emisores eléctricos en ciertas estancias manifiesta la incapacidad de alcanzar la temperatura de confort requerida en el centro en algunas zonas. Es muy destacable la presencia de emisores eléctricos en el CEIP Castroverde.



Figura 51 – Emisores eléctricos en el CEIP Castroverde de diferentes tipos.

13.1.4) Medidas de eficiencia.

En general, se puede concluir que en la instalación térmica se pueden implementar medidas de mejora. Dichas medidas pueden contribuir a disminuir las pérdidas energéticas tanto en generación como en distribución. El rendimiento de los generadores normalmente es bajo si los comparamos con las tecnologías actuales, existen tecnologías más modernas (como la que incorporan las actuales calderas de condensación) que permitirían hacer un uso más efectivo del combustible. Asimismo, la incorporación de reguladores termostáticos en los radiadores posibilitaría adecuar las demandas de calefacción a cada estancia. Podrían también abordarse las pérdidas de calor en el circuito hidráulico mediante la instalación de un aislante perimetral (coquilla aislante) en algunas zonas. Es imprescindible aumentar el confort térmico de los usuarios para evitar el uso de los radiadores eléctricos, uno de los equipos más ineficientes.

13.2) INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.

La iluminación del centro se basa principalmente en tubos convencionales fluorescentes. Generalmente los centros tienen la misma distribución en aulas, y en algunos existen zonas puntuales dónde se han sustituido por fluorescentes con otro formato, o incluso puntualmente alguno de los tubos por LED. Se encuentran también otras tecnologías minoritarias como bombillas de bajo consumo e incandescentes.

La configuración de luminaria más usada en el centro es la de doble tubo fluorescente de 36 W cada uno, y reactancia electromagnética con una potencia estimada en este equipo auxiliar de 58 W, y una potencia conjunto aproximada de la luminaria total en base a esto de 130 W por cada una de estas luminarias.



Figura 52 – Distribución de luminarias en un aula estándar.

Entre los centros con una distribución de luminarias no coincidentes con la distribución estándar se encuentran el edificio independiente del CEIP Veleiro-Docampo, CEIP A Gándara y CEIP Luís Tobío. El CEIP A Gándara y el CEIP Luís Tobío tienen una distribución de luminarias ligeramente diferente a la estándar al tener la fila central dos tubos en lugar de uno solo.



Figura 53 – Distribución alternativa de luminarias en CEIP Luís Tobío.



Figura 54 – Luminaria principal en zona de aulas.



Figura 55 – Diferentes tipos de luminaria en los centros.

La potencia total instalada de iluminación del centro en base al inventario y las mediciones se estima en 12.150 W en la planta superior, 12.150 W en la planta baja y 8.700 W en el sótano. Esto supone una potencia total en iluminación interior de 33 kW. En total, el consumo energético anual en iluminación se estima en 25.098 kWh para el centro tipo, no obstante, cada centro puede variar por sus particularidades al tener unas condiciones de uso y horarios diferentes.

	Planta 2	Planta 1	Planta baja	
POTENCIA INSTALADA [kW]	12.15	12.15	8.7	
DÍAS USO ANUAL	172	172	86	
HORAS USO DÍA	8	8	5	
COEF SIMULTANEIDAD	0,5	0,5	0,7	TOTAL
	8.359	8.359	8.379	25.098

Tabla 19 – Consumos en iluminación por plantas para la tipología 10x3.

Para el modelo con la tipología 8x2 se realizaría el mismo cálculo con la diferencia de que se eliminaría la planta 2 de la tabla, la planta 1 al tener menos superficie la potencia queda reducida a 9,18 kW, y la planta baja por el mismo motivo tiene un valor de 6,3 kW, aumentando la simultaneidad de la planta 1 de 0,5 a 0,7 por un aumento del uso, y resultando por tanto un consumo de 14.910 kWh.

Hay que tener en cuenta que otra parte importante del consumo eléctrico son los circuitos de fuerza para el centro en general, apoyo eléctrico a la calefacción, proyectores y equipos informáticos (incluyendo el sistema ABALAR en las aulas), iluminación exterior, entre otras fuentes de demanda energética.

El nivel de iluminación artificial requiere una mejora en las zonas en las que todavía no se ha sustituido para alcanzar las exigencias contempladas en la actualidad. Los parámetros con mayor potencial de mejora son la luminosidad, la homogeneidad de la luz y el VEEI (Valor de Eficiencia Energética de la Instalación).

El Código Técnico de la Edificación, en su DB-HE3, delimita un valor de VEEI máximo de 3,5 para aularios, 4,0 para zonas comunes y 3 para recintos administrativos. El valor de VEEI en este tipo de luminarias (tanto por tipología como por obsolescencia) es muy elevado, ya no solo por el tipo de lámpara utilizada, si no por los equipos auxiliares (balasto y cebador) que elevan la potencia instalada del conjunto.

El CTE, en su DB-HE3, limita la potencia máxima instalada en relación a los metros cuadrados, marcando un máximo de 15 W/m².

Según la opinión del personal docente, una mejora de la iluminación supliría carencias actuales como la sensación de luz insuficiente, fenómenos de

deslumbramiento en pizarras o la incomodidad visual que produce el parpadeo de las luminarias obsoletas.

Entre las conclusiones extraídas tanto de la opinión de la directiva del centro como del análisis visual de las instalaciones, se pone en relieve la necesidad de sistemas de aprovechamiento de luz natural que permitan la regulación automática del nivel de iluminación artificial, el cambio de las luminarias fluorescentes por luminarias LED de menor consumo y mejor VEEI; así como un correcto mantenimiento de las instalaciones.

14) Simulación térmica.

14.1) DESCRIPCIÓN DEL MODELO.

Se han generado varios modelos térmicos basados en los datos recogidos en los centros educativos de: las condiciones ambientales, la ocupación, instalaciones, envolvente y geometría, entre otros.

Esto se hace para cada una de las tipologías definidas en los apartados anteriores: 10x3, 8x2 e independiente del CEIP Veleiro-Docampo.

14.1.1) Modelo geométrico.

Se define la geometría en el modelo con la información en planos y a partir de las visitas. En este paso se utiliza como apoyo el software SketchUp. Se aprovecha la herramienta para definir simultáneamente, junto con la geometría, parámetros necesarios para el modelo térmico, y edificios o elementos periféricos que pueden arrojar sombras.

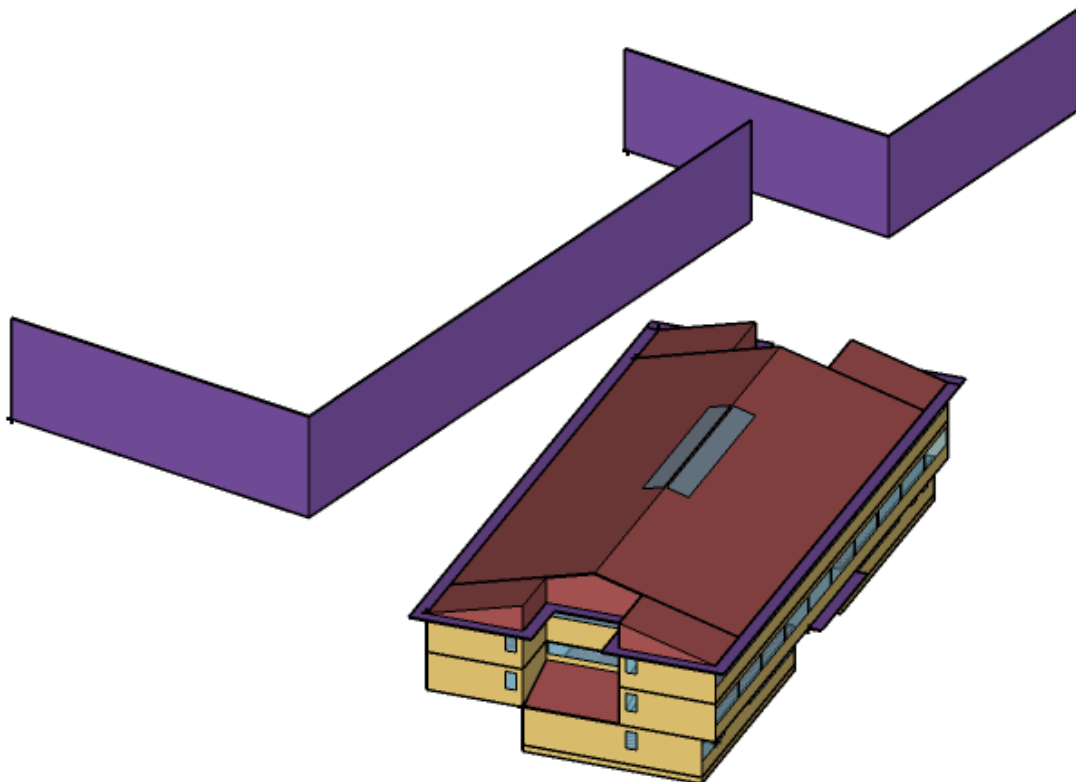


Figura 56 - Modelo geométrico del CEIP Luís Tobío (tipología 10x3) con elementos de sombra.

14.1.2) Modelo térmico.

Después de tener construido el modelo tridimensional, mediante una interfaz que facilita la introducción de los datos en EnergyPlus y la interpretación de sus resultados, se define la información necesaria para la realización de las posteriores simulaciones térmicas.

Sin necesidad de perjudicar la precisión, se realizan algunas simplificaciones que permiten reducir el tiempo de simulación. Según la tipología, el modelo se divide de diferentes maneras.

Para la definición del modelo constructivo del centro, se han realizado inspecciones visuales del edificio y, al no disponer de memoria de ejecución del proyecto en detalle para todos los centros, se han estimado las características constructivas de los cerramientos en base al año de construcción del edificio (años 80) y al proyecto base, que se comentaron en apartados anteriores.

En la siguiente imagen, además de las condiciones de contorno, se distinguen los diferentes elementos constructivos y también los diferentes espacios y elementos, del modelo elaborado para las tipologías 10x3.

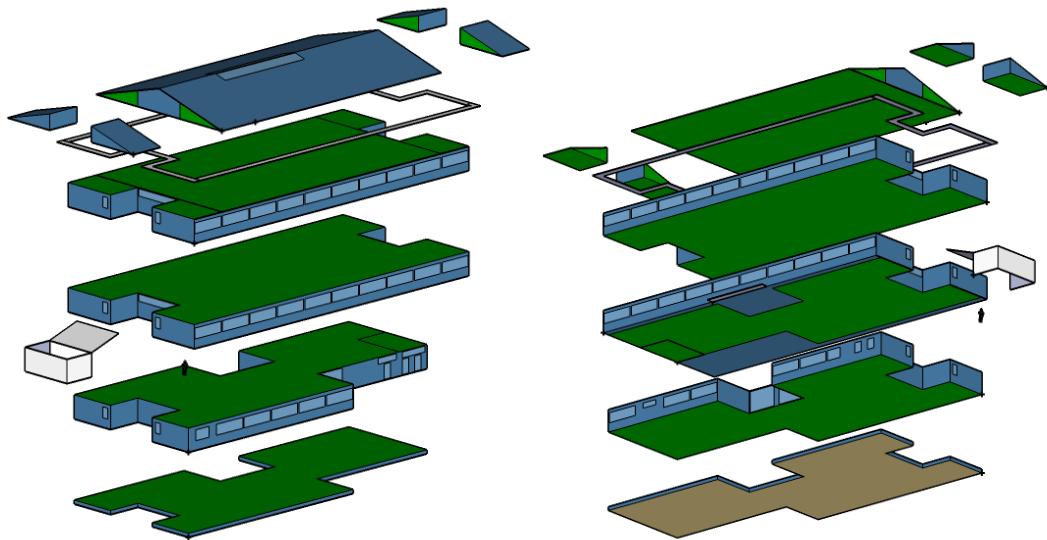


Figura 57 - Renderizado de la envolvente (explosionada) por tipo de condiciones de contorno.

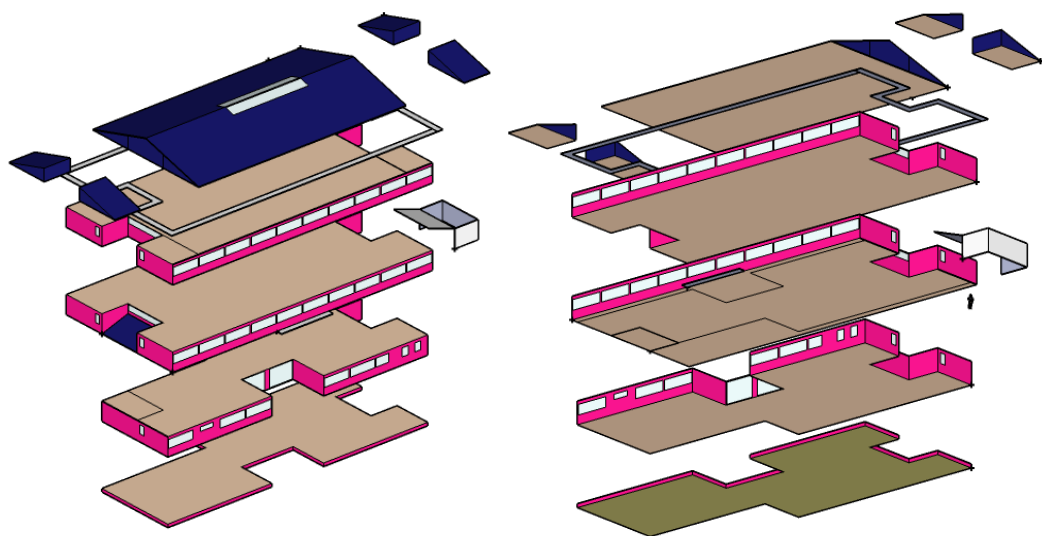


Figura 58 - Renderizado de la envolvente por tipo de construcción.

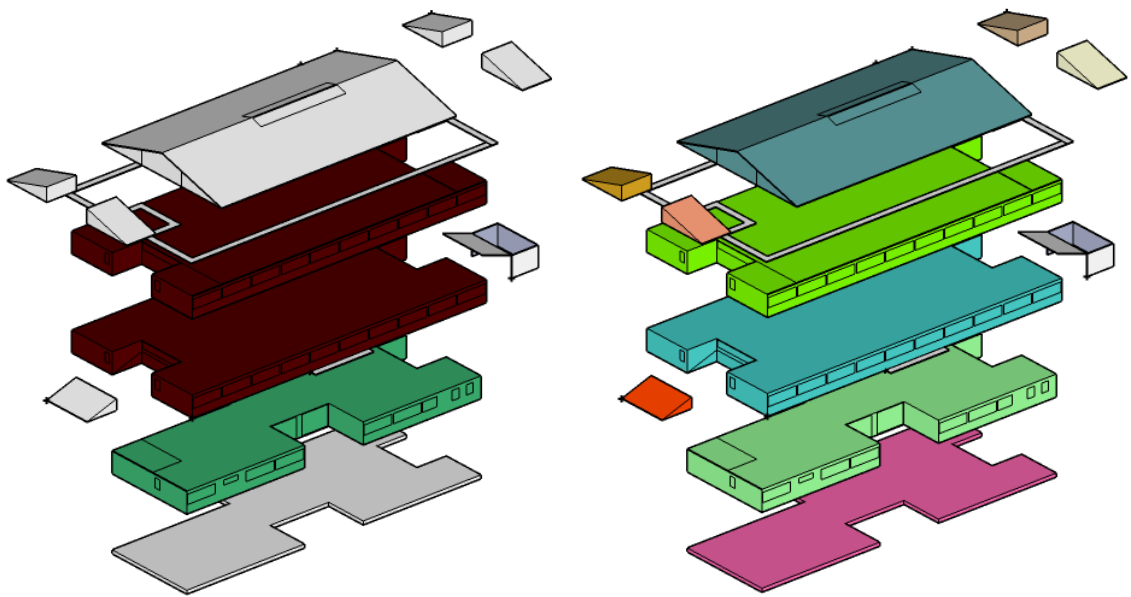


Figura 59 - Renderizado por espacio (izq.) y por zonas térmicas (der.)

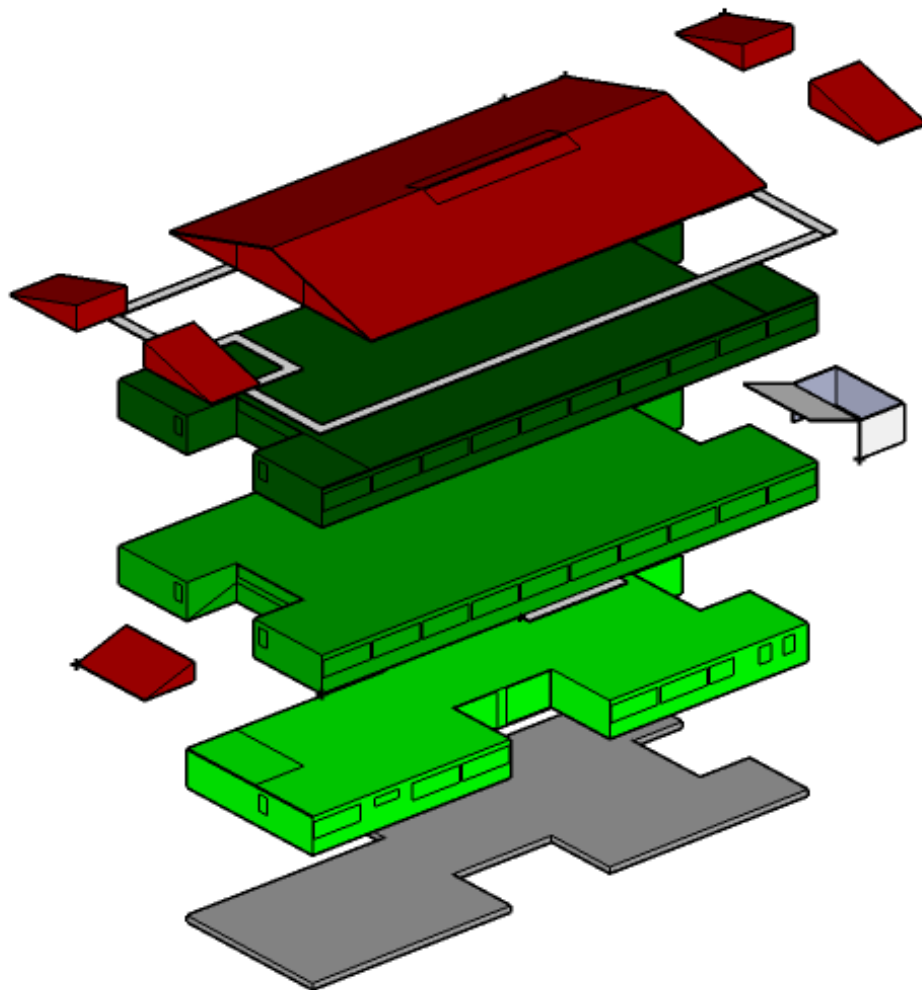


Figura 60 - Renderizado por planta.

14.2) RESULTADOS DE MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA (MCE)

A continuación, se describen las medidas de conservación de la energía propuestas para la evaluación de los ahorros energéticos producidos en la demanda térmica del centro.

14.2.1) M.C.E. 1. Aumento de estanqueidad y mejora de huecos.

Se analiza como medida de conservación de la energía la sustitución o mejora del conjunto de los huecos del edificio, lo que incluye la mejora de los vidrios y de los marcos, así como actuaciones en las cajas de persiana. Esto además lleva consigo un aumento de la estanqueidad del edificio.

Para la simulación de esta medida se ha considerado la sustitución del sistema actual por uno con las características indicadas en los apartados anteriores.

Además, se supone que las puertas actuales que comunican con el exterior tienen un peso relevante en el nivel de infiltraciones, por lo que para lograr el aumento de estanqueidad es necesario actuar sobre ellas (por ejemplo, mediante la instalación de burletes y juntas nuevas).

No es objeto de este estudio, pero se podría valorar la implantación de medidas para evitar la estratificación del aire, y cerrar los espacios interiores evitando que se comuniquen, así como en los centros en los que el lucernario esté en contacto directo crear un lucernario secundario a la altura del techo de la planta superior.

Es necesario tener en cuenta que, al aumentar la estanqueidad, sería necesario incrementar el número de renovaciones/hora de ventilación de las aulas y resto de zonas para cumplir los requisitos de higiene ambiental. Sin embargo, esta consideración no ha sido tomada en cuenta en las simulaciones, para poder comparar el ahorro energético que supone esta medida.

14.2.2) M.C.E. 2. Aumento de la resistencia térmica en fachadas y forjado BC.

Para la realización del análisis de esta medida se sustituyen los muros exteriores empleados en el modelo por unos con una transmitancia térmica menor, que permitan minimizar las pérdidas energéticas a través de la envolvente.

Se modela una solución de aislamiento exterior (SATE) de 8 cm de espesor que permita, además de aumentar la resistencia térmica de las fachadas, aislar los puentes térmicos en la estructura (como por ejemplo los debidos al forjado).

También se valora otra solución que consiste en el aislamiento de la cámara de aire, en la que la limitación viene marcada por su espesor (se estiman 4 cm de aislamiento térmico en los cálculos).

Otra opción de la que se obtienen resultados es el aislamiento del espacio bajo cubierta mediante mantas de lana de roca de 4 cm o bien proyectando aislamiento térmico.

14.2.3) M.C.E.4. Combinación de medidas anteriores.

Una vez analizadas y comparadas cada una de las propuestas de medidas de conservación de la energía que se han descrito anteriormente, se realiza una simulación que combina medidas de mejora de las propiedades térmicas de los huecos, aumento de la estanqueidad y mayor aislamiento térmico de la envolvente, seleccionándose aquellas consideradas como óptimas desde el punto de vista técnico- económico y de actuación global.

Para esta simulación, se mantienen las consideraciones descritas para cada una de las medidas individuales, en su apartado correspondiente, puesto que es una combinación de las medidas. Concretamente se combina la sustitución de los huecos existentes y el aislamiento de la cámara de aire (los ahorros por sustitución de iluminación se valoran en los próximos apartados).

14.3) RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.

Se realiza la simulación de las diferentes tipologías adaptando las características particulares observadas y comunicadas por parte de los centros en los edificios a estudio.

14.3.1) CEIP Luís Tobío.

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro de casi el 40%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros de casi un 20%.

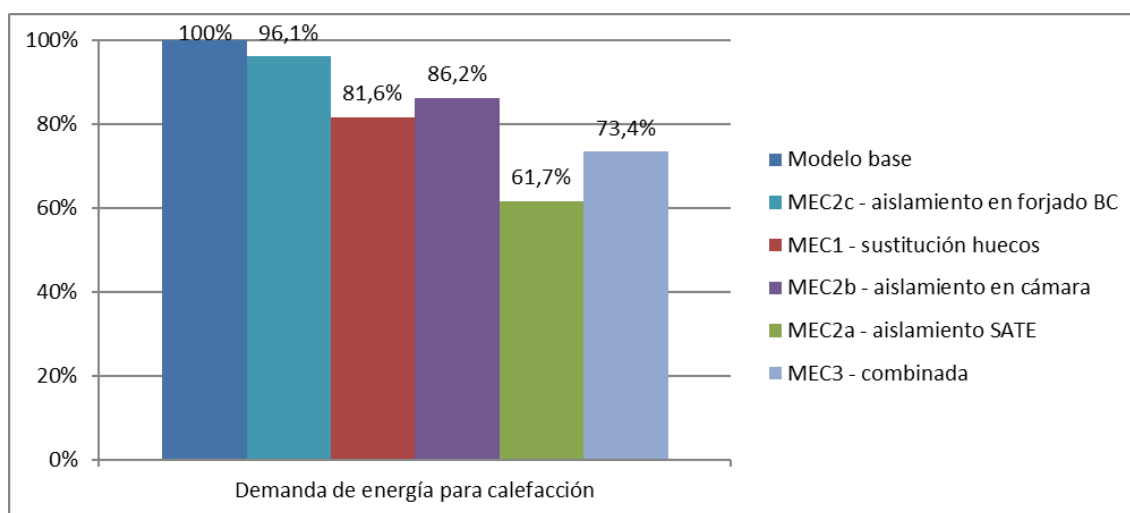


Figura 61 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento, seguida de la de sustitución de carpinterías.

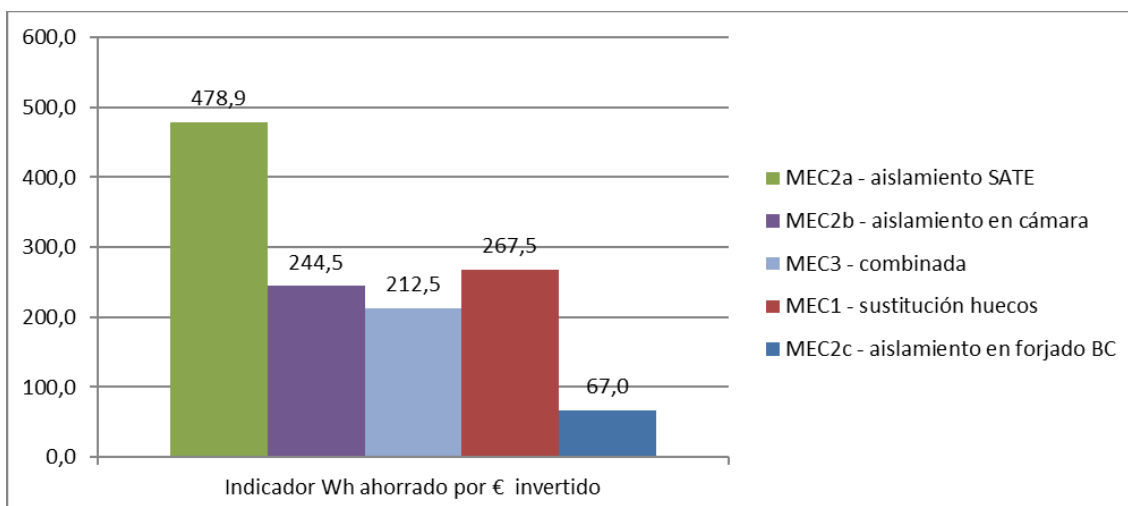


Figura 62 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	86365,1	101606	9.488,66 €	8,74	26,734
MEC1 - sustitución huecos	70448,9	82881	7.739,99 €	7,13	21,807
MEC2a - aislamiento SATE	53247,4	62644	5.850,12 €	5,39	16,482
MEC2b - aislamiento en cámara	74462,6	87603	8.180,96 €	7,53	23,049
MEC2c - aislamiento en forjado	83009,3	97658	9.119,97 €	8,4	25,695
MEC3 - combinada	63374,3	74558	6.962,73 €	6,41	19,617

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	18,43%	18725,00	1.748,67 €	1,61	4,93
MEC2a - aislamiento SATE	38,35%	38962,00	3.638,54 €	3,35	10,25
MEC2b - aislamiento en cámara	13,78%	14003,00	1.307,69 €	1,20	3,68
MEC2c - aislamiento en forjado	3,89%	3948,00	368,69 €	0,34	1,04
MEC3 - combinada	26,62%	27048,00	2.525,93 €	2,33	7,12

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	400	70.000,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	1017	81.360,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	881	57.265,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	907	58.955,00 €
MEC3 - combinada	-	-	127.265,00 €

Tabla 20 - Resultados de MAEs.

14.3.2) CEIP Paradai.

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 35%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros de casi un 25%.

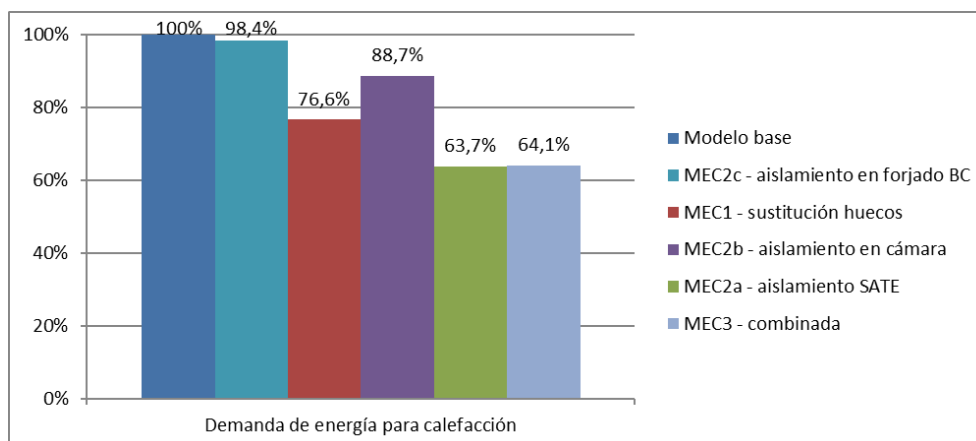


Figura 63 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

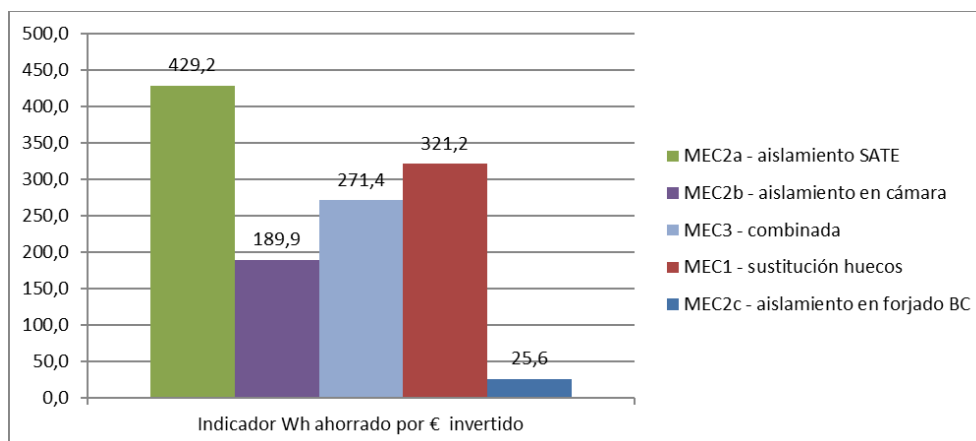


Figura 64 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	81812,5	96250	8.988,48 €	8,28	25,325
MEC1 - sustitución huecos	62699,4	73764	6.888,58 €	6,34	19,408
MEC2a - aislamiento SATE	52131,4	61331	5.727,50 €	5,27	16,137
MEC2b - aislamiento en cámara	72571,3	85378	7.973,18 €	7,34	22,464
MEC2c - aislamiento en forjado	80528,2	94739	8.847,37 €	8,15	24,927
MEC3 - combinada	52454,4	61711	5.762,99 €	5,31	16,237

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	23,36%	22486,00	2.099,89 €	1,93	5,92
MEC2a - aislamiento SATE	36,28%	34919,00	3.260,97 €	3,00	9,19
MEC2b - aislamiento en cámara	11,30%	10872,00	1.015,30 €	0,93	2,86
MEC2c - aislamiento en forjado	1,57%	1511,00	141,11 €	0,13	0,40
MEC3 - combinada	35,88%	34539,00	3.225,49 €	2,97	9,09

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	400	70.000,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	1017	81.360,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	881	57.265,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	907	58.955,00 €
MEC3 - combinada	-	-	127.265,00 €

Tabla 21 - Resultados de MAEs.

14.3.3) CEIP Albeiros.

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 40%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros de casi un 15%.

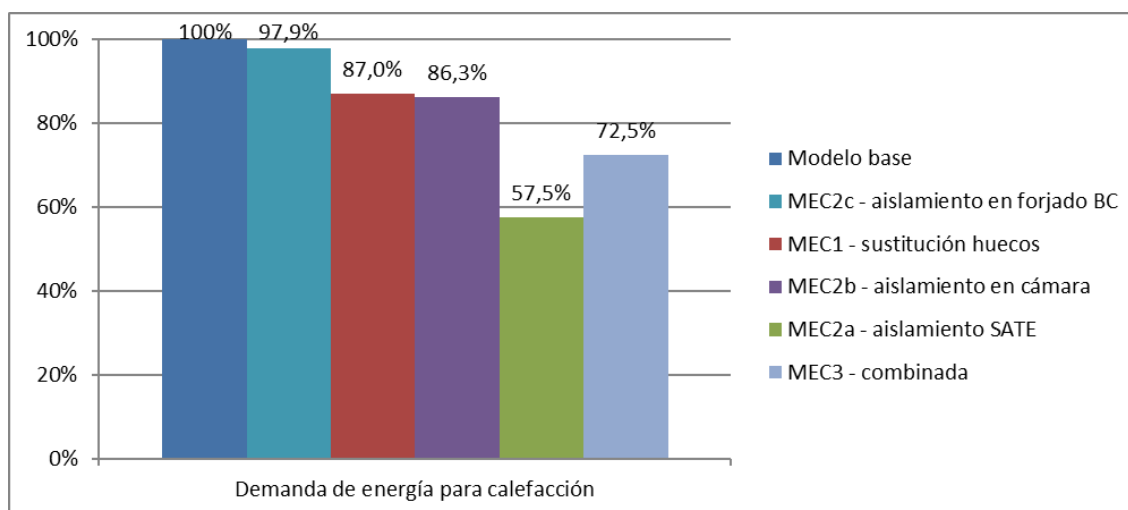


Figura 65 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara. En cambio, muestran como opción menos eficiente la aplicación de aislamiento térmico en el espacio en cubierta.

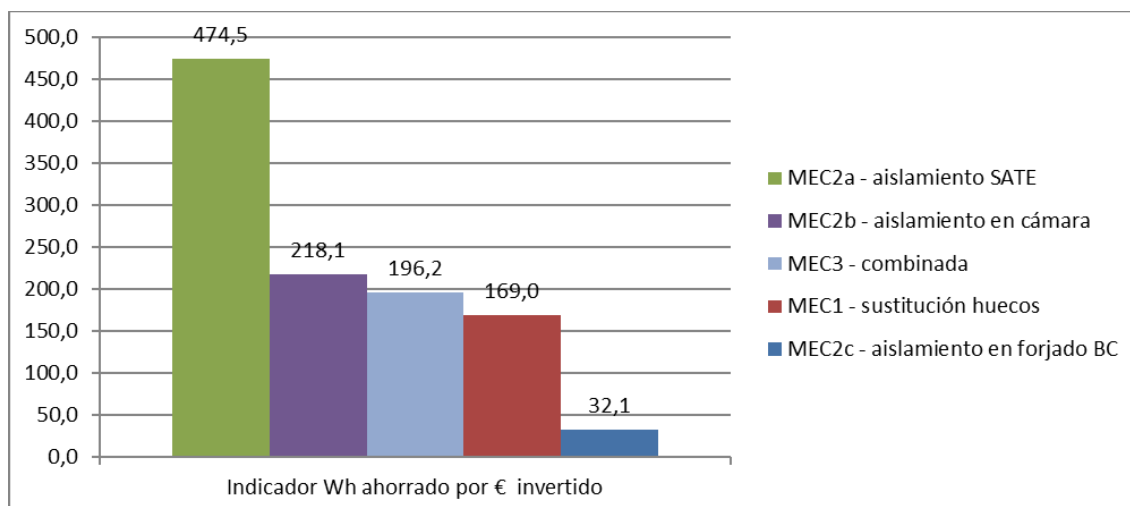


Figura 66 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	77225,1	90853	8.484,47 €	7,81	23,905
MEC1 - sustitución huecos	67168,7	79022	7.379,61 €	6,79	20,792
MEC2a - aislamiento SATE	44412,5	52250	4.879,46 €	4,49	13,748
MEC2b - aislamiento en cámara	66609,4	78364	7.318,16 €	6,74	20,619
MEC2c - aislamiento en forjado	75614,3	88958	8.307,50 €	7,65	23,406
MEC3 - combinada	55998,9	65881	6.152,41 €	5,66	17,334

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	13,02%	11831,00	1.104,86 €	1,02	3,11
MEC2a - aislamiento SATE	42,49%	38603,00	3.605,01 €	3,32	10,16
MEC2b - aislamiento en cámara	13,75%	12489,00	1.166,31 €	1,07	3,29
MEC2c - aislamiento en forjado	2,09%	1895,00	176,97 €	0,16	0,50
MEC3 - combinada	27,49%	24972,00	2.332,05 €	2,15	6,57

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	400	70.000,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	1017	81.360,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	881	57.265,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	907	58.955,00 €
MEC3 - combinada	-	-	127.265,00 €

Tabla 22 - Resultados de MAEs.

14.3.4) CEIP Luís Pimentel.

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el

exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 35%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros superiores al 10%.

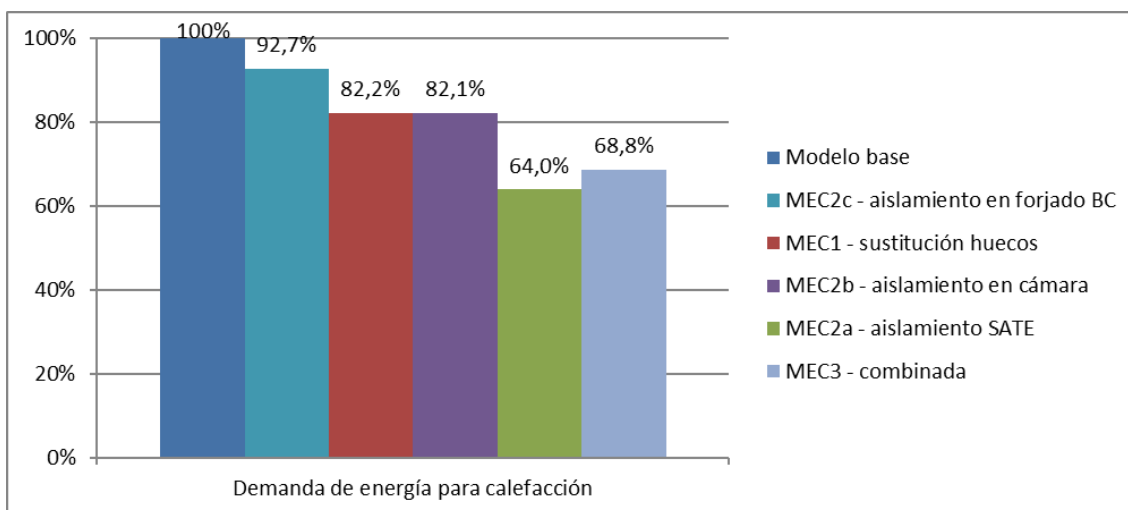


Figura 67 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

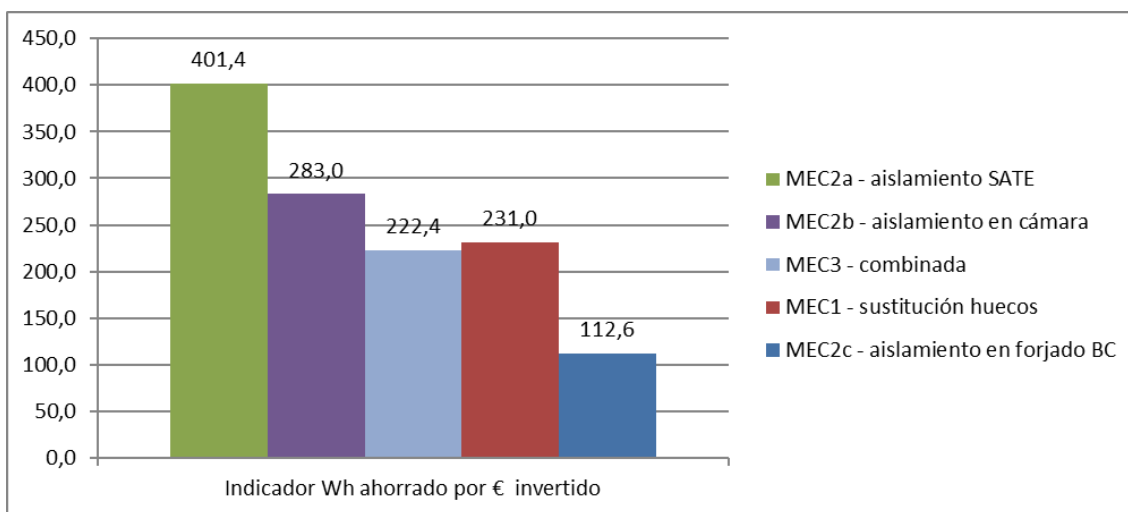


Figura 68 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	77031,3	90625	8.463,18 €	7,79	23,845
MEC1 - sustitución huecos	63289,3	74458	6.953,39 €	6,4	19,591
MEC2a - aislamiento SATE	49273,7	57969	5.413,54 €	4,98	15,252
MEC2b - aislamiento en cámara	63254,5	74417	6.949,56 €	6,4	19,58
MEC2c - aislamiento en forjado	71390,7	83989	7.843,46 €	7,22	22,099
MEC3 - combinada	52969,5	62317	5.819,58 €	5,36	16,396

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	17,84%	16167,00	1.509,78 €	1,39	4,25
MEC2a - aislamiento SATE	36,03%	32656,00	3.049,64 €	2,81	8,59
MEC2b - aislamiento en cámara	17,88%	16208,00	1.513,61 €	1,39	4,26
MEC2c - aislamiento en forjado	7,32%	6636,00	619,71 €	0,57	1,75
MEC3 - combinada	31,24%	28308,00	2.643,59 €	2,43	7,45

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	400	70.000,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	1017	81.360,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	881	57.265,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	907	58.955,00 €
MEC3 - combinada	-	-	127.265,00 €

Tabla 23 - Resultados de MAEs.

14.3.5) CEIP Plurilingüe A Gándara.

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del mismo. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 40%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros de casi el 15%.

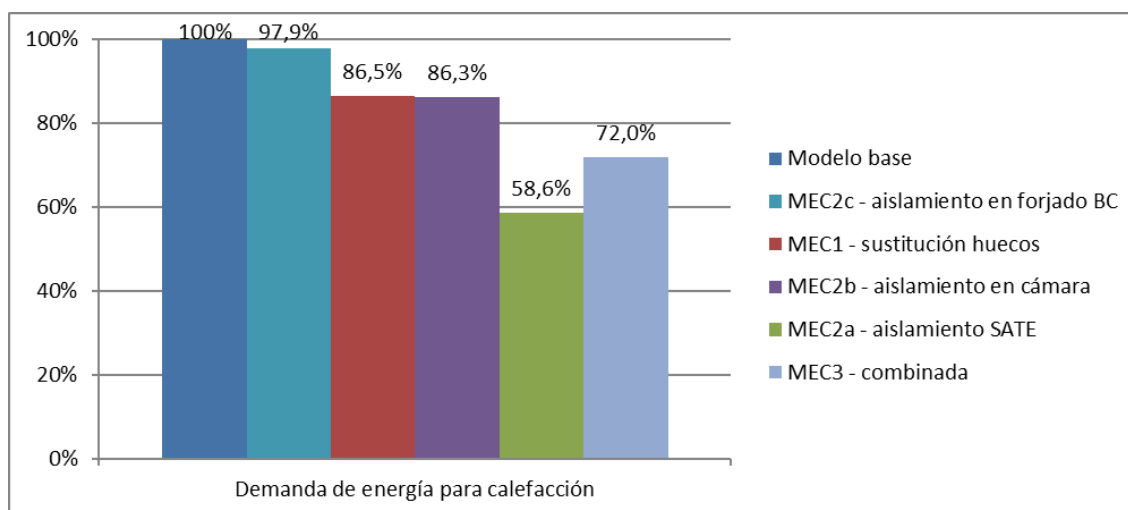


Figura 69 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

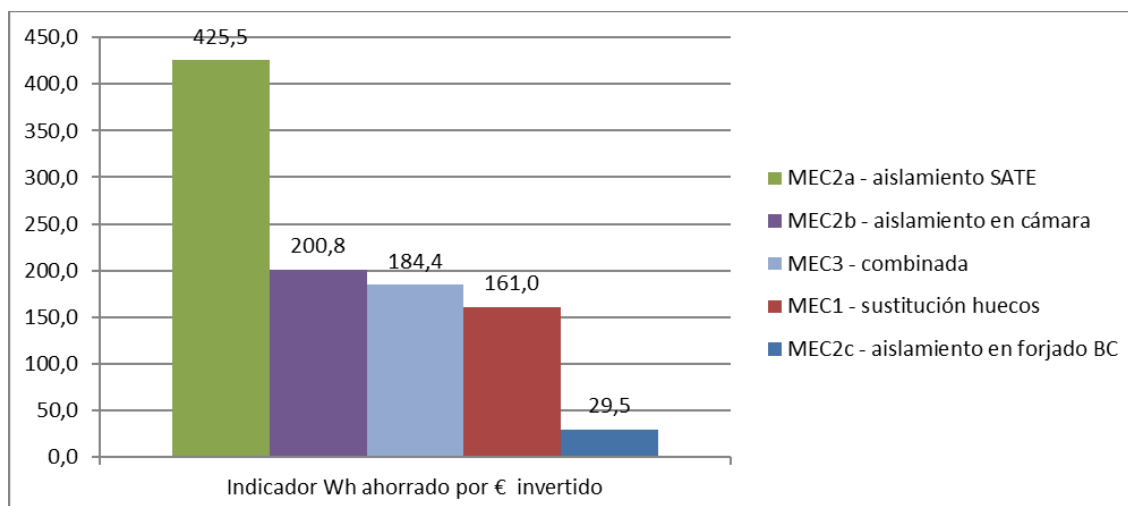


Figura 70 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	71156,9	83714	7.817,78 €	7,2	22,026
MEC1 - sustitución huecos	61577,4	72444	6.765,31 €	6,23	19,061
MEC2a - aislamiento SATE	41732,5	49097	4.585,01 €	4,22	12,918
MEC2b - aislamiento en cámara	61384,5	72217	6.744,11 €	6,21	19,001
MEC2c - aislamiento en forjado	69678,8	81975	7.655,38 €	7,05	21,569
MEC3 - combinada	51210	60247	5.626,27 €	5,18	15,852

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	13,46%	11270,00	1.052,47 €	0,97	2,97
MEC2a - aislamiento SATE	41,35%	34617,00	3.232,77 €	2,98	9,11
MEC2b - aislamiento en cámara	13,73%	11497,00	1.073,67 €	0,99	3,03
MEC2c - aislamiento en forjado	2,08%	1739,00	162,40 €	0,15	0,46
MEC3 - combinada	28,03%	23467,00	2.191,51 €	2,02	6,17

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	400	70.000,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	1017	81.360,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	881	57.265,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	907	58.955,00 €
MEC3 - combinada	-	-	127.265,00 €

Tabla 24 - Resultados de MAEs.

14.3.6) CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1).

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el

exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 40%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros de casi el 15%.

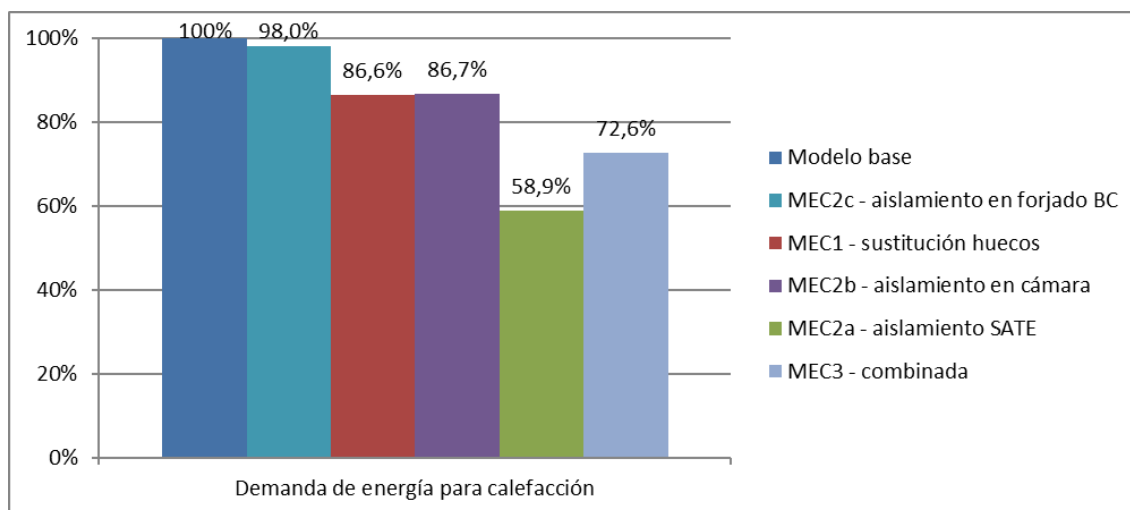


Figura 71 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

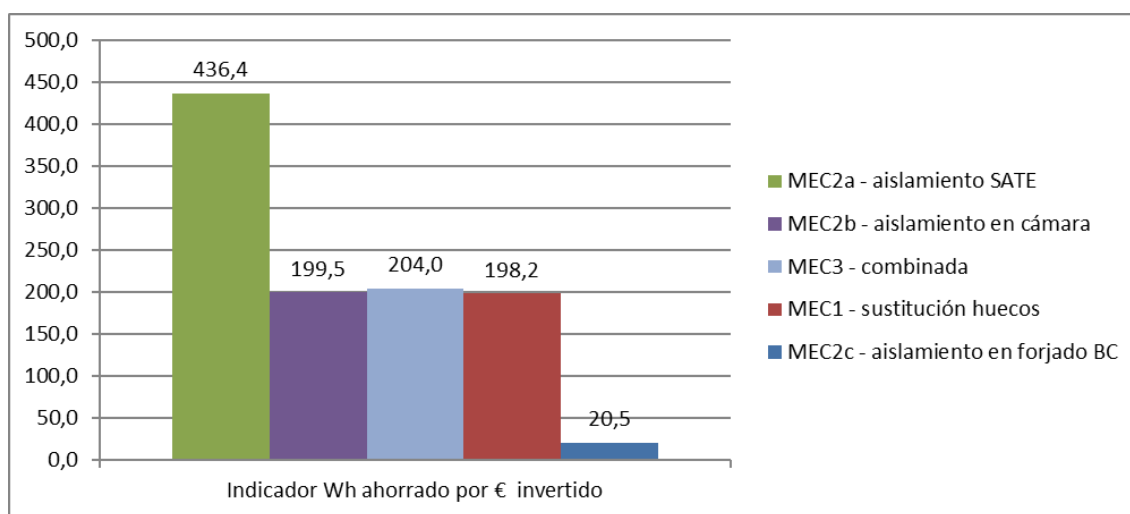


Figura 72 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	41357,6	48656	4.543,83 €	4,18	12,802
MEC1 - sustitución huecos	35815,6	42136	3.934,95 €	3,62	11,087
MEC2a - aislamiento SATE	24355,1	28653	2.675,81 €	2,46	7,539
MEC2b - aislamiento en cámara	35867,5	42197	3.940,64 €	3,63	11,103
MEC2c - aislamiento en forjado	40550,1	47706	4.455,11 €	4,1	12,552
MEC3 - combinada	30038,2	35339	3.300,20 €	3,04	9,2981

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	13,40%	6520,00	608,88 €	0,56	1,72
MEC2a - aislamiento SATE	41,11%	20003,00	1.868,02 €	1,72	5,26
MEC2b - aislamiento en cámara	13,27%	6459,00	603,19 €	0,56	1,70
MEC2c - aislamiento en forjado	1,95%	950,00	88,72 €	0,08	0,25
MEC3 - combinada	27,37%	13317,00	1.243,63 €	1,15	3,50

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	188	32.900,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	573	45.840,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	498	32.370,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	713	46.345,00 €
MEC3 - combinada	-	-	65.270,00 €

Tabla 25 - Resultados de MAEs.

14.3.7) CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2).

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 30%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros superiores al 6%.

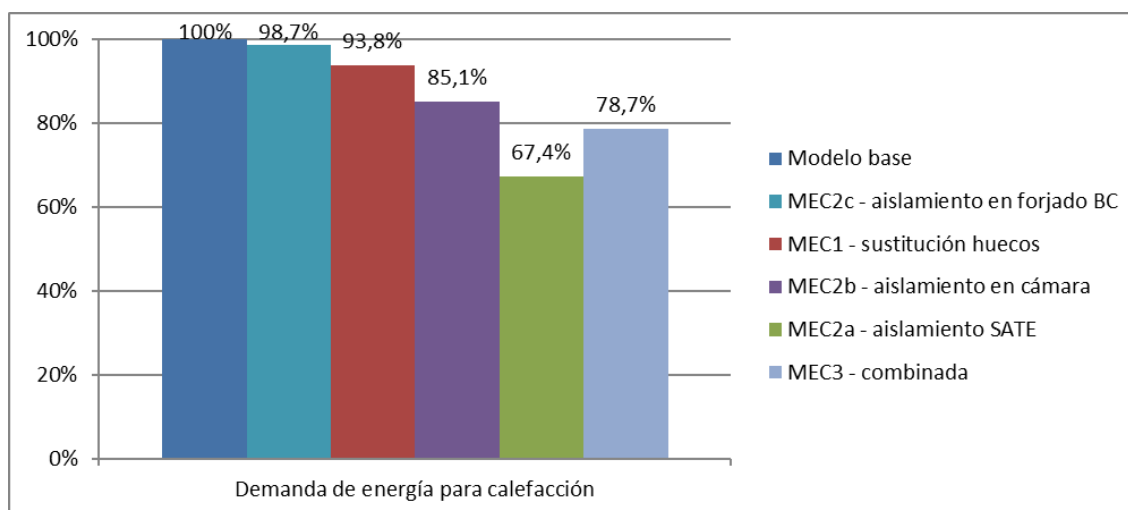


Figura 73 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

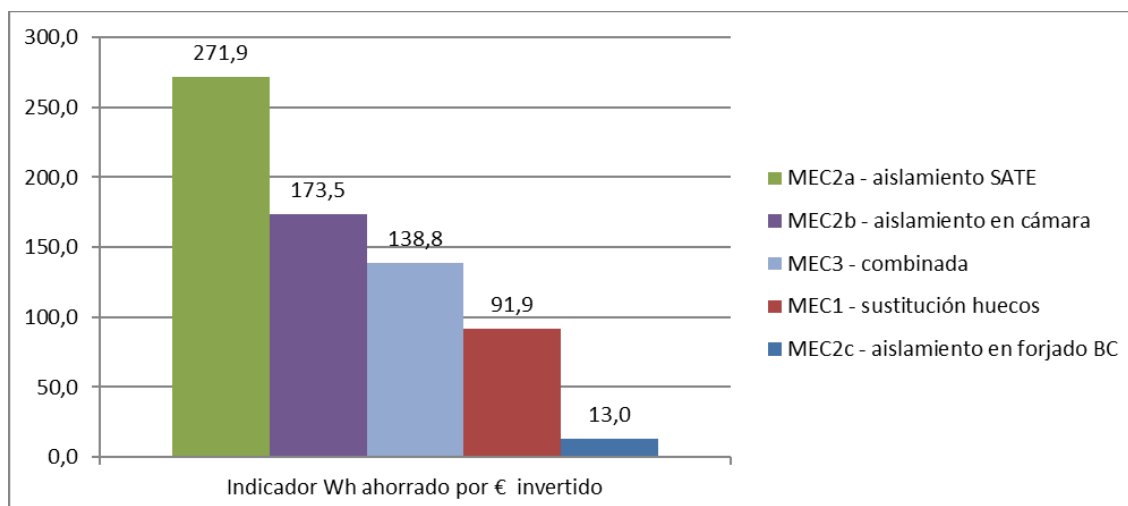


Figura 74 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	36261,9	42661	3.983,97 €	3,67	11,225
MEC1 - sustitución huecos	34006,8	40008	3.736,22 €	3,44	10,527
MEC2a - aislamiento SATE	24430,7	28742	2.684,12 €	2,47	7,5624
MEC2b - aislamiento en cámara	30845,7	36289	3.388,91 €	3,12	9,5481
MEC2c - aislamiento en forjado	35778,2	42092	3.930,84 €	3,62	11,075
MEC3 - combinada	28522,6	33556	3.133,69 €	2,89	8,829

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	6,22%	2653,00	247,76 €	0,23	0,70
MEC2a - aislamiento SATE	32,63%	13919,00	1.299,85 €	1,20	3,66
MEC2b - aislamiento en cámara	14,94%	6372,00	595,06 €	0,55	1,68
MEC2c - aislamiento en forjado	1,33%	569,00	53,14 €	0,05	0,15
MEC3 - combinada	21,34%	9105,00	850,29 €	0,78	2,40

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	165	28.875,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	640	51.200,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	565	36.725,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	675	43.875,00 €
MEC3 - combinada	-	-	65.600,00 €

Tabla 26 - Resultados de MAEs.

14.3.8) CPI Castroverde (edificio 1).

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en las demandas energéticas del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el

exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro de casi el 40%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros superiores al 10%.

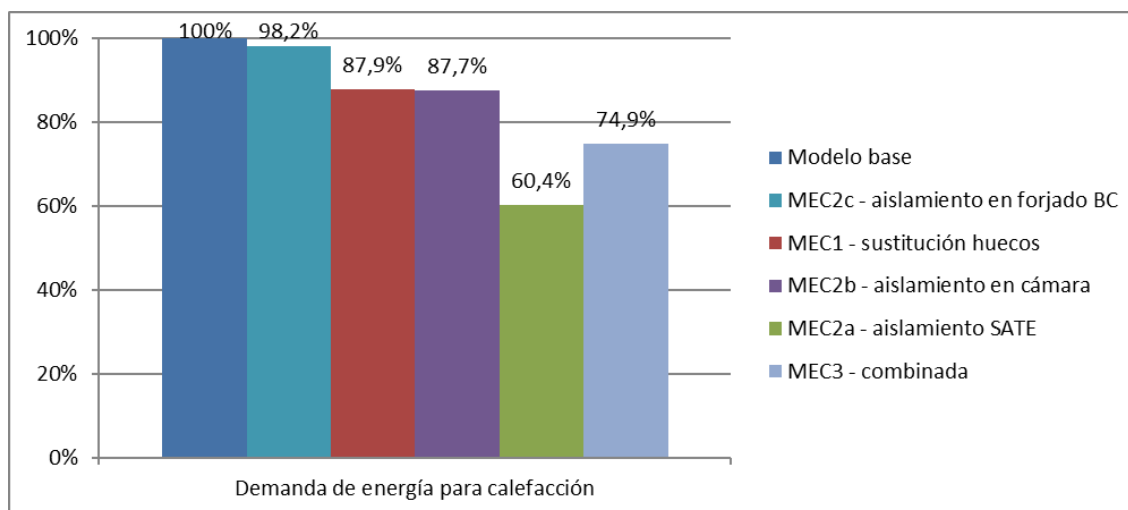


Figura 75 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

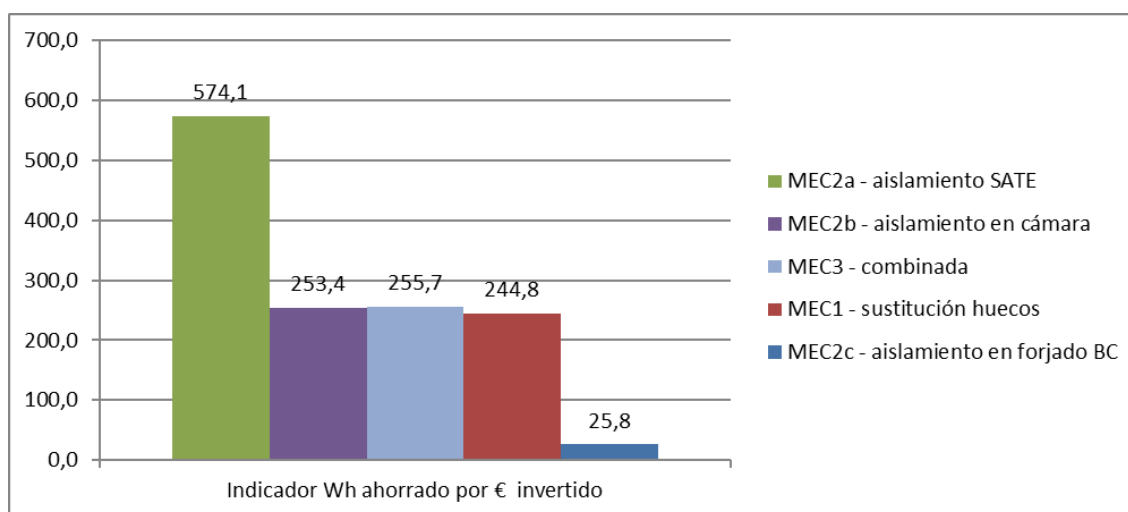


Figura 76 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	56470,6	66436	6.204,24 €	5,71	17,48
MEC1 - sustitución huecos	49623,9	58381	5.452,01 €	5,02	15,361
MEC2a - aislamiento SATE	34099,5	40117	3.746,40 €	3,45	10,555
MEC2b - aislamiento en cámara	49498,1	58233	5.438,19 €	5,01	15,322
MEC2c - aislamiento en forjado	55455,7	65242	6.092,74 €	5,61	17,166
MEC3 - combinada	42285	49747	4.645,71 €	4,28	13,089

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	12,12%	8055,00	752,23 €	0,69	2,12
MEC2a - aislamiento SATE	39,62%	26319,00	2.457,85 €	2,26	6,92
MEC2b - aislamiento en cámara	12,35%	8203,00	766,05 €	0,71	2,16
MEC2c - aislamiento en forjado	1,80%	1194,00	111,50 €	0,10	0,31
MEC3 - combinada	25,12%	16689,00	1.558,53 €	1,43	4,39

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	188	32.900,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	573	45.840,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	498	32.370,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	713	46.345,00 €
MEC3 - combinada	-	-	65.270,00 €

Tabla 27 - Resultados de MAEs.

14.3.9) CPI Castroverde (edificio 2).

Para este centro las propuestas que afectan al aislamiento son las que proporcionan unos mayores ahorros en la demanda energética del centro. Concretamente la propuesta correspondiente a la instalación de un aislamiento por el exterior (S.A.T.E), obtiene unos valores de ahorro superiores al 30%. El siguiente punto es la sustitución de huecos, con ahorros de casi el 7%.

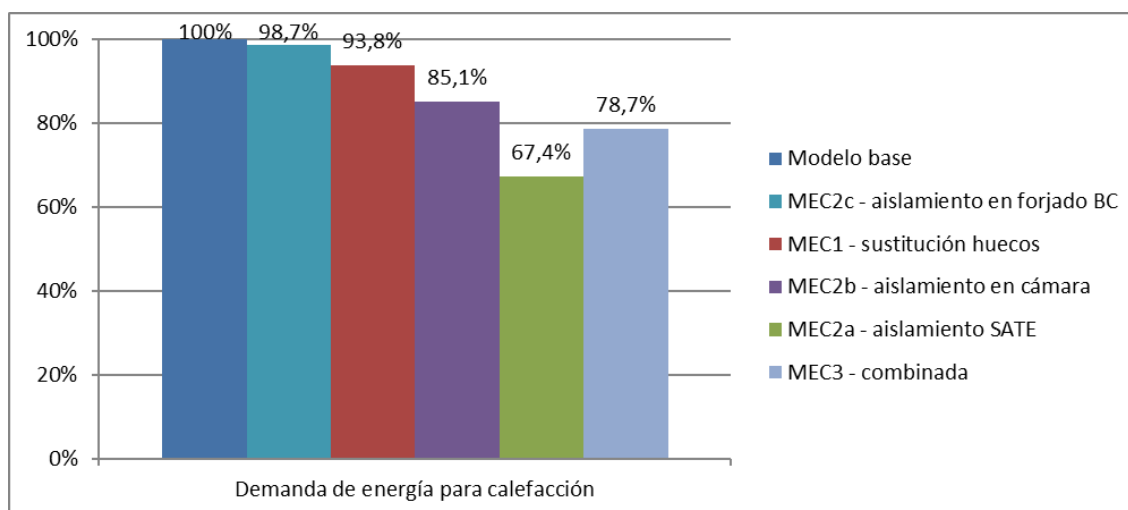


Figura 77 – Comparativa de MCE en función de la demanda en calefacción.

Los indicadores muestran lo mismo que la anterior gráfica, indicando como medida más rentable la aplicación de aislamiento SATE, seguida de la de sustitución de carpinterías y aislamiento en cámara.

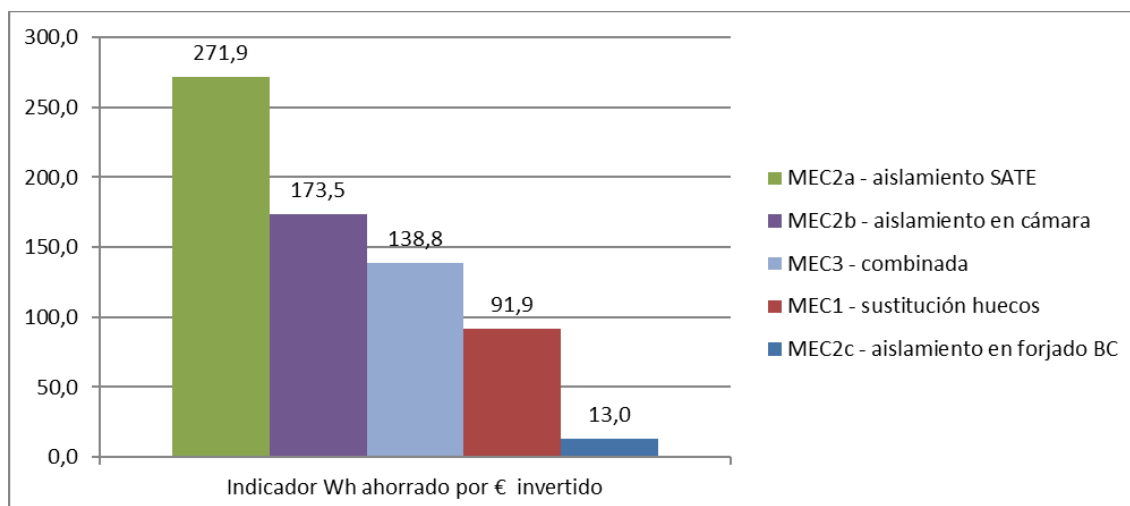


Figura 78 - Comparativa de las MCE en función de los indicadores.

	Demanda				
	Q [kWh]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
Modelo base	36261,9	42661	3.983,97 €	3,67	11,225
MEC1 - sustitución huecos	34006,8	40008	3.736,22 €	3,44	10,527
MEC2a - aislamiento SATE	24430,7	28742	2.684,12 €	2,47	7,5624
MEC2b - aislamiento en cámara	30845,7	36289	3.388,91 €	3,12	9,5481
MEC2c - aislamiento en forjado	35778,2	42092	3.930,84 €	3,62	11,075
MEC3 - combinada	28522,6	33556	3.133,69 €	2,89	8,829

	Ahorro anual				
	[%]	Prod [kWh]	[€]	[tep]	[t CO2]
MEC1 - sustitución huecos	6,22%	2653,00	247,76 €	0,23	0,70
MEC2a - aislamiento SATE	32,63%	13919,00	1.299,85 €	1,20	3,66
MEC2b - aislamiento en cámara	14,94%	6372,00	595,06 €	0,55	1,68
MEC2c - aislamiento en forjado	1,33%	569,00	53,14 €	0,05	0,15
MEC3 - combinada	21,34%	9105,00	850,29 €	0,78	2,40

	Ahorro anual		
	€/m2	m2	€
MEC1 - sustitución huecos	175	165	28.875,00 €
MEC2a - aislamiento SATE	80	640	51.200,00 €
MEC2b - aislamiento en cámara	65	565	36.725,00 €
MEC2c - aislamiento en forjado	65	675	43.875,00 €
MEC3 - combinada	-	-	65.600,00 €

Tabla 28 - Resultados de MAEs.

15) Certificación energética.

15.1) CONSIDERACIONES INICIALES.

El certificado contiene información energética sobre los componentes de la edificación. Este incluye una etiqueta que indica su clase en una escala ordenada alfabéticamente desde la A hasta la G dónde a medida que se avanza perdemos eficiencia, (la clase A es la más eficiente y la G la menos eficiente).

En caso de contrato de compraventa, el certificado del inmueble será proporcionado al adquiriente. En caso de contrato de alquiler, se exhibirá y se pondrá a disposición del destinatario una copia del certificado.

El certificado tiene una validez máxima de 10 años, siendo el propietario de la edificación el responsable de su actualización y renovación.

La obtención del certificado de eficiencia energética otorga el derecho de uso de la etiqueta de eficiencia energética durante el periodo de validez del mismo. La etiqueta es un distintivo que señala la calificación del inmueble.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación: Tipo de edificio:

Dirección:

Municipio:

C.P.:

C. Autónoma:

Referencia/s catastral/es:

Galicia

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m ² año	Emisiones kg CO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C	95	
D		32
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

Inserte aquí la fecha como dd/mm/aaaa

Válido hasta dd/mm/aaaa

ESPAÑA

Directiva 2010 / 31 / UE

Figura 79 – Formato de una etiqueta de calificación energética.

Se realiza un modelo para la carga de datos y la obtención de resultados de certificación energética de los edificios mediante la herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC), aprobada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la certificación de edificios terciarios existentes. Dicho modelo se incorpora en el apartado de anexos. Esta obtención de resultados de calificación se ha realizado tanto para el estado actual, como para determinar el impacto de las diferentes mejoras en la eficiencia energética proyectadas.

Con respecto a la introducción de datos, como por ejemplo la geometría del edificio, se han realizado algunas abstracciones y simplificaciones por limitaciones del programa.

15.2) **RESULTADOS DE CERTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL.**

Los resultados de calificación energética obtenidos para los edificios, en su estado actual, se exponen en la siguiente tabla.

Centro	Estado inicial. Emisiones CO2 [KgCO2/m2 año]	Letra
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	40,72	E
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	36,35	D
CPI de Castroverde (edificio 1)	53,35	E
CPI de Castroverde (edificio 2)	59,06	D
CEIP Albeiros	38,71	E
CEIP Luís Pimentel	36,53	D
CEIP Paradai	39,14	E
CEIP Plurilingüe A Gándara	36,62	D
CEIP Luís Tobío	41,40	E

Figura 80 - Indicador de eficiencia en emisiones (estado actual).

15.3) **RESULTADOS DE CERTIFICACIÓN DE UN ESTADO MEJORADO.**

Teniendo en cuenta los cálculos realizados por el software, se han considerado las siguientes series de medidas de mejora de la envolvente del edificio, obteniéndose, posteriormente, un nuevo certificado del futuro estado mejorado del mismo.

A continuación, se describen las medidas de conservación de la energía propuestas para la evaluación de los ahorros energéticos producidos en la demanda térmica del centro.

15.3.1) Sustitución integral de carpinterías y vidrios.

Se sustituyen todas las ventanas por unas con un comportamiento térmico más eficiente: carpinterías de aluminio con rotura de puente térmico por ensamblaje con barretas de 24 mm de poliamida 6.6 reforzada con un 25% de fibra de vidrio; y vidrios de doble acristalamiento tipo Climalit formados por un vidrio bajo emisivo de 10 mm, cámara de aire de 14 mm con perfil separador de aluminio y un vidrio interior laminado de seguridad de 10 mm.

Las características principales de las nuevas ventanas se enuncian a continuación, junto con la comparativa de propiedades de los vidrios respecto al estado actual:

- Transmitancia térmica del vidrio de 1,6 W/m²K.
- Factor solar del vidrio de 0,620.
- Permeabilidad conocida de 25 m³/h·m² a 100 Pa.
- Porcentaje de marco del 20%.
- Transmitancia térmica del marco de 1,8 W/m²K.

Con respecto a las carpinterías de las puertas, estas se sustituyen también por unas con características similares a las de las nuevas ventanas, con un porcentaje de marco del 50%.

Sistema marco-vidrio	U(W/m ² K)	Factor solar
Ventanal actual simple	5,7	0,78
Doble ventana	3,34	0,6
Vidrio propuesto 1	1,8	0,6

Tabla 29 - Comparativa de características de vidrios nuevos respecto a los actuales.

15.3.2) Aislamiento térmico de cámara de aire de fachadas.

Se mejora la resistencia térmica de la envolvente mediante la inyección de aislamiento térmico en la cámara de aire, que se estima de un espesor aproximado de 4 cm, por ejemplo, mediante espuma de poliuretano, logrando reducir la transmitancia térmica hasta valores de 0,66 W/m²K.

15.3.3) Sustitución de las luminarias fluorescentes por luminarias LED.

Mediante la sustitución de los tubos fluorescentes actuales por luminarias tipo LED se logra un ahorro estimado de un 52% con respecto a la potencia inicial necesaria, con un indicador parcial de emisiones en iluminación de letra A generalmente. Hay que tener en cuenta que como se reducen las ganancias internas en forma de energía térmica, otros valores pueden empeorar (por ejemplo, los vinculados a la calefacción) o mejorar (en el caso de la refrigeración).

15.4) **RESULTADOS DE SELECCIÓN Y COMBINACIÓN DE MEDIDAS.**

Se estudia la situación en que las medidas de mejora estudiadas antes se llevan a cabo de forma simultánea.

Para esta situación, se mantienen las consideraciones descritas para cada una de las medidas individuales, en su apartado correspondiente, puesto que es una combinación de las medidas. Concretamente se combina la sustitución de los huecos existentes (tanto el vidrio como las carpinterías), el aislamiento de fachada mediante inyección en cámara de aire, y la sustitución de iluminación antigua por luminarias más eficientes de tecnología LED en aquellos sobre los que todavía no se ha actuado.

Aplicadas las mencionadas medidas de mejora a la composición del edificio, el indicador global de emisiones pasa de una D o E (dependiendo del centro) a una C, tal como se muestra en la siguiente tabla; reduciéndose también el consumo de energía primaria no renovable.

Centro	Indicador emisiones CO2 [KgCO2/m2 año]				Indicador EPNR [KWh/m2 año]			
	Estado inicial		Estado final		Estado inicial		Estado final	
	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra	Valor	Letra
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	40,72	E	31,79	D	178,2	D	128,1	C
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	36,35	D	30,22	C	154,9	D	125,0	C
CPI de Castroverde (edificio 1)	53,35	E	42,54	D	224,2	D	180,1	C
CPI de Castroverde (edificio 2)	59,06	D	49,80	C	257,1	D	197,8	C
CEIP Albeiros	38,71	E	28,85	D	176,6	D	119,5	C
CEIP Luís Pimentel	36,53	D	27,06	C	163,9	D	112,6	C
CEIP Paradai	39,14	E	27,47	C	178,0	E	114,0	C
CEIP Plurilingüe A Gándara	36,62	D	27,80	C	168,6	D	115,4	C
CEIP Luís Tobío	41,40	E	29,30	C	186,2	D	120,2	C

Tabla 30 – Indicador emisiones y de energía primaria no renovable (EPNR) para los centros.

Teniendo en cuenta los datos de emisiones y consumo de energía primaria no renovable por área del estado inicial y del final, se calculan, según la expresión siguiente, los indicadores de ahorro FEDER CO32 (reducción del consumo anual de energía primaria “no renovable” en edificios públicos en kWh/año) y CO34 (reducción anual estimada de gases de efecto invernadero (toneladas equivalentes de CO2 anuales)).

$$CO32 = (\text{Consumo EPNR})_{\text{inicial-final}} \cdot \text{Superficie habitable}$$

$$CO34 = (\text{Emisiones CO2})_{\text{inicial-final}} \cdot \text{Superficie habitable}$$

En la tabla que se muestra a continuación se recogen los resultados obtenidos para cada uno de los centros de dichos indicadores.

Centro	CO32	CO34
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1)	64.278	11,46
CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2)	31.896	6,53
CPI de Castroverde (edificio 1)	56.503	13,87
CPI de Castroverde (edificio 2)	76.775	12,00
CEIP Albeiros	146.304	25,24
CEIP Luís Pimentel	131.405	24,24
CEIP Paradai	163.814	29,88
CEIP Plurilingüe A Gándara	136.166	22,58
CEIP Luís Tobío	168.960	30,98

Tabla 31 – Indicadores CO32 y CO34.

16) Análisis de iluminación.

16.1) RESULTADOS DE LAS MEDICIONES LUMÍNICAS.

Las mediciones realizadas con el luxómetro arrojan diferentes valores en función de la tipología de luminaria instalada, por ejemplo en un aula representativa en el edificio 1 del CEIP Veleiro-Docampo las mediciones son ligeramente superiores a los 300 lux en el plano de trabajo (mesas), y sin contaminación lumínica por luz natural (persianas cerradas). En otros centros en cambio, en algunas aulas se registran valores de más de 500 lux, siendo la explicación las luminarias presentes en la pizarra (a medida que alejamos el medidor el valor cae por debajo de los 450 lux).



Figura 81 – Mediciones lumínicas en aula tipo en CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1).



Figura 82 – Mediciones lumínicas en un aula tipo en CEIP Castroverde.

Las mediciones en pasillos y zonas de acceso cumplen o no dependiendo del centro. Así como por ejemplo para el pasillo superior del CEIP Castroverde está muy por encima con valores registrados en el plano de trabajo del orden de los 425 lux, en algunos baños es de apenas 40 lux; y en cambio en el CEIP Luis Pimentel se registra en el pasillo inferior 122 lux y en el CEIP Paradai valores de 84 lux.



Figura 83 – Varias mediciones lumínicas en las zonas de tránsito y baños de diferentes centros.

Como conclusión, los resultados varían sobre todo en función del número y sistema de luminarias instalado. En algunos centros se cumplen los valores normativos y en otros no, tanto de potencia instalada por unidad de superficie como de iluminancia media y VEEI.



Figura 84 – Mediciones en zona de uso administrativo (izq.) y comedor (der.)



Figura 85 – Mediciones en zona de uso gimnasio en CEIP Luís Tobío.

16.2) SIMULACIÓN LUMÍNICA.

Se ha centrado la simulación lumínica en una configuración predominante y repetitiva, como es la de las aulas, y en las zonas en las que todavía no se han sustituido las luminarias por otras más eficientes. Se ha elegido la zona de aulas por ser en donde es más importante garantizar los parámetros de iluminación adecuados.

La tipología de luminaria fluorescente predominante, a sustituir, es la de doble tubo fluorescente de 36 W cada uno. Estas luminarias son antiguas, y muchas veces van equipadas con balastos y reactancias convencionales. Además de proporcionar un bajo rendimiento luminoso a causa del efecto del paso del tiempo y un mantenimiento no adecuado (ensuciamiento), producen fenómenos molestos como ruido y parpadeo, además de que el consumo energético del equipo auxiliar es similar al de la luminaria en algunos casos.

Con respecto a la iluminación se propone la instalación de detectores de presencia en aulas y zonas de paso, de reducida sensibilidad, y que tengan en cuenta el nivel de iluminación natural. Si fuera posible instalar un sistema por el que se regule la intensidad de la iluminación artificial en función del nivel de luz natural con luminarias que incorporen dicha tecnología, así se hará.

Los sistemas a instalar deben ser semiautomáticos, es decir, que permitan forzar el estado de las luminarias en encendido o apagado, para poder responder ante necesidades lumínicas puntuales. El precio de estos sistemas oscila entre 150 euros y 200 euros.

Según la Guía de Eficiencia Energética en Centros Docentes (Fenercom e IDAE), los ahorros obtenidos serán del orden del 20-60% empleando dichos sistemas, con periodos de amortización entre 2 y 6 años suponiendo un uso de 1.080 horas y un precio de la energía de 0,1815 euros/ kWh, la regulación de una clase con 6 luminarias y detector de presencia.

Mediante simulación se analiza el confort lumínico sobre la zona de trabajo, que en las aulas son las mesas. Se analizan 2 tipologías de aula: las estándar (aulas grandes) con dimensiones aproximadas de 9 x 7 metros (y altura 3 metros) que son las predominantes; y las estándar que se han dividido en 2 (aulas pequeñas) de aproximadamente 4,5 x 7 metros. Se obtiene que el confort lumínico, que en su día se proyectó para cumplir esos valores, actualmente está por debajo de los niveles establecidos, y se puede mejorar además del nivel de iluminación artificial los deslumbramientos y/o parpadeos. En los anexos se adjunta documentación al respecto con los resultados de la simulación.

El único problema de la nueva distribución es el desequilibrio en caso de división de un aula grande (estándar) en otra de la mitad de su superficie, ya que la partición pasaría justo por la línea de luminarias.

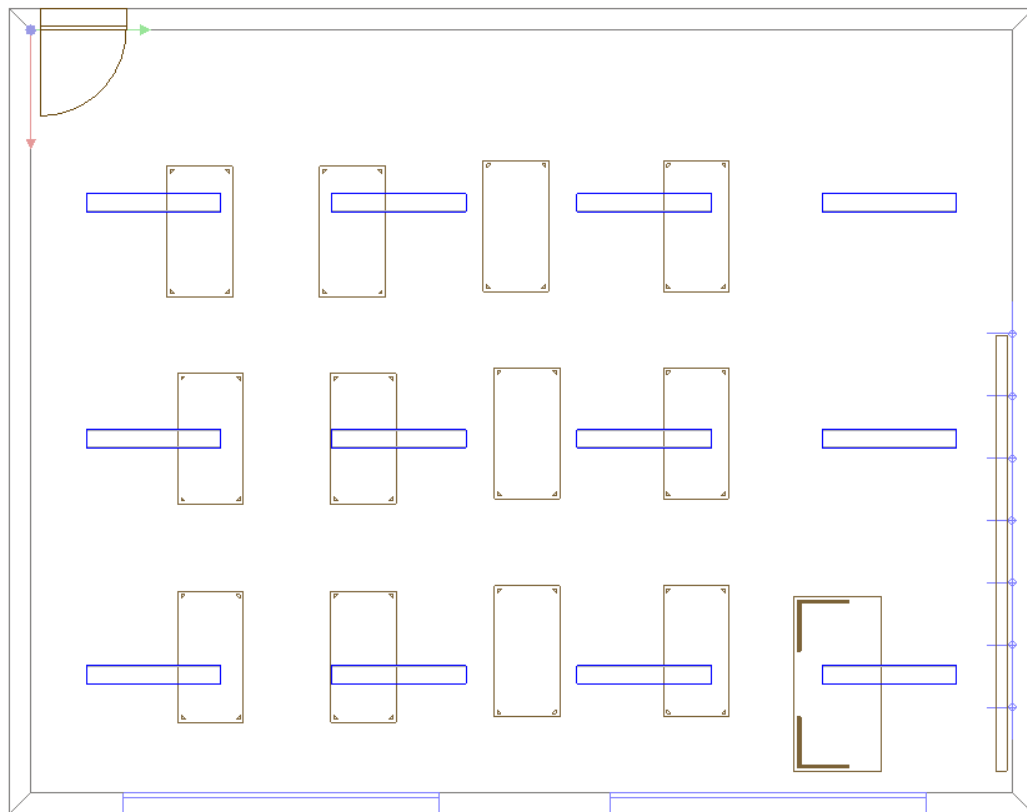


Figura 86 – Distribución de luminarias actuales en el aula grande.

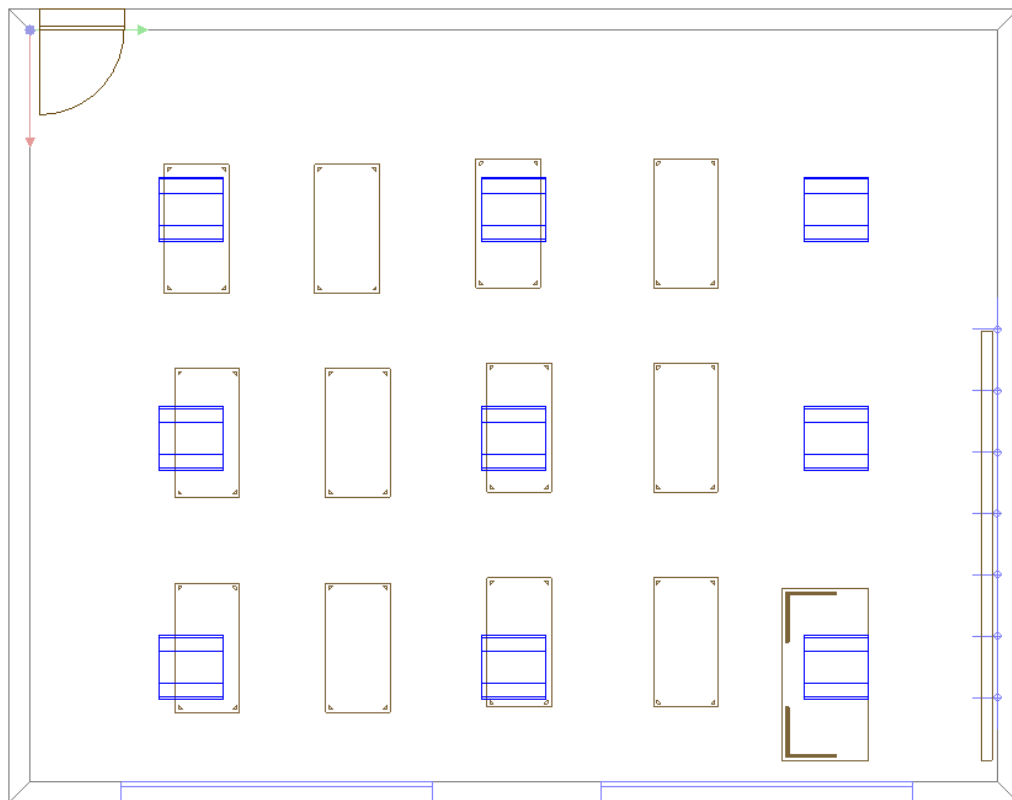


Figura 87 – Distribución de nuevas luminarias propuestas en el aula grande.

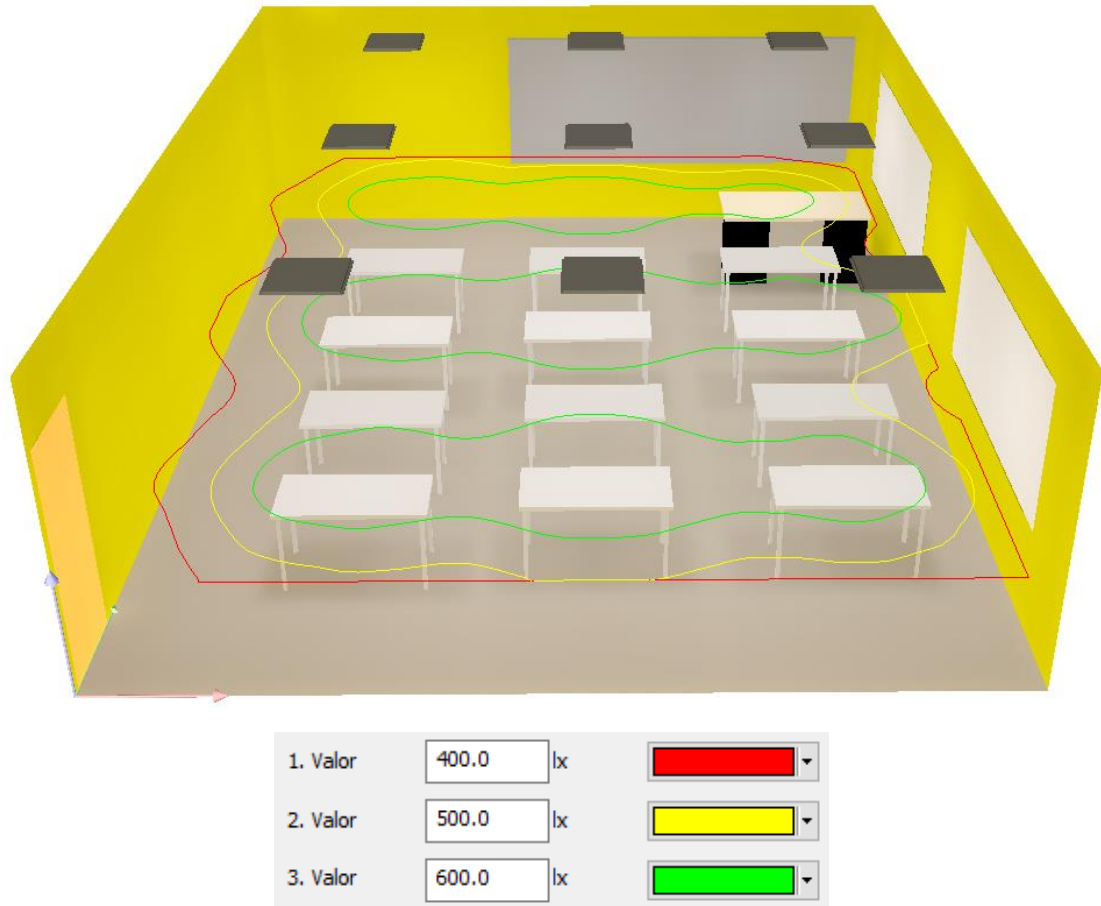


Figura 88 – Isolíneas con la distribución propuesta en el aula grande.

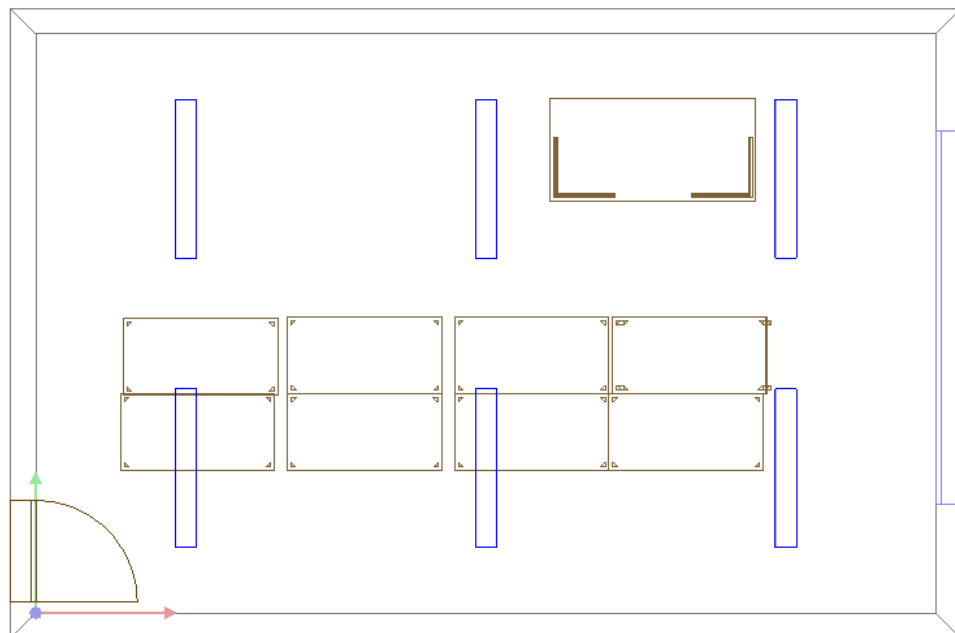


Figura 89 – Distribución de las luminarias actuales en el aula pequeña.

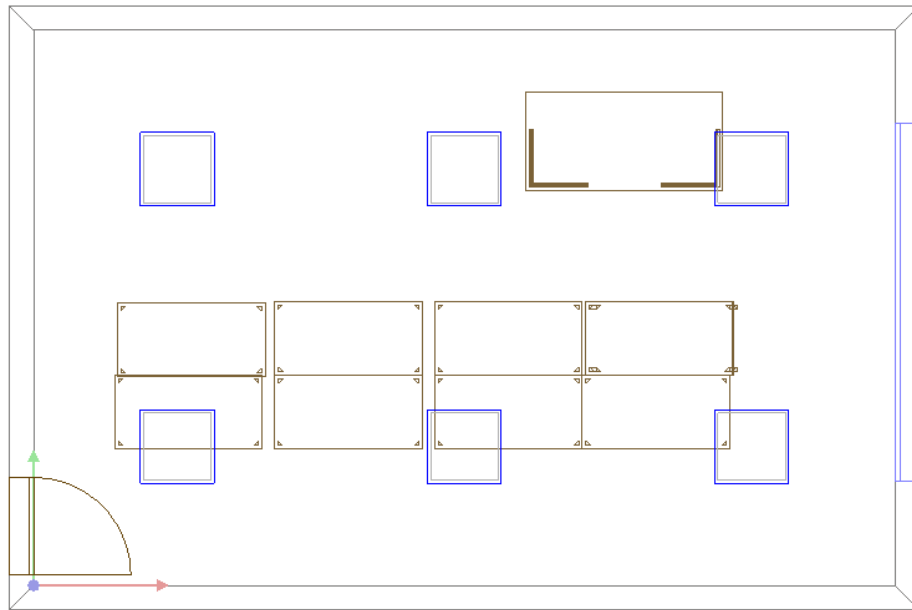


Figura 90 – Distribución propuesta para las nuevas luminarias en el aula pequeña.

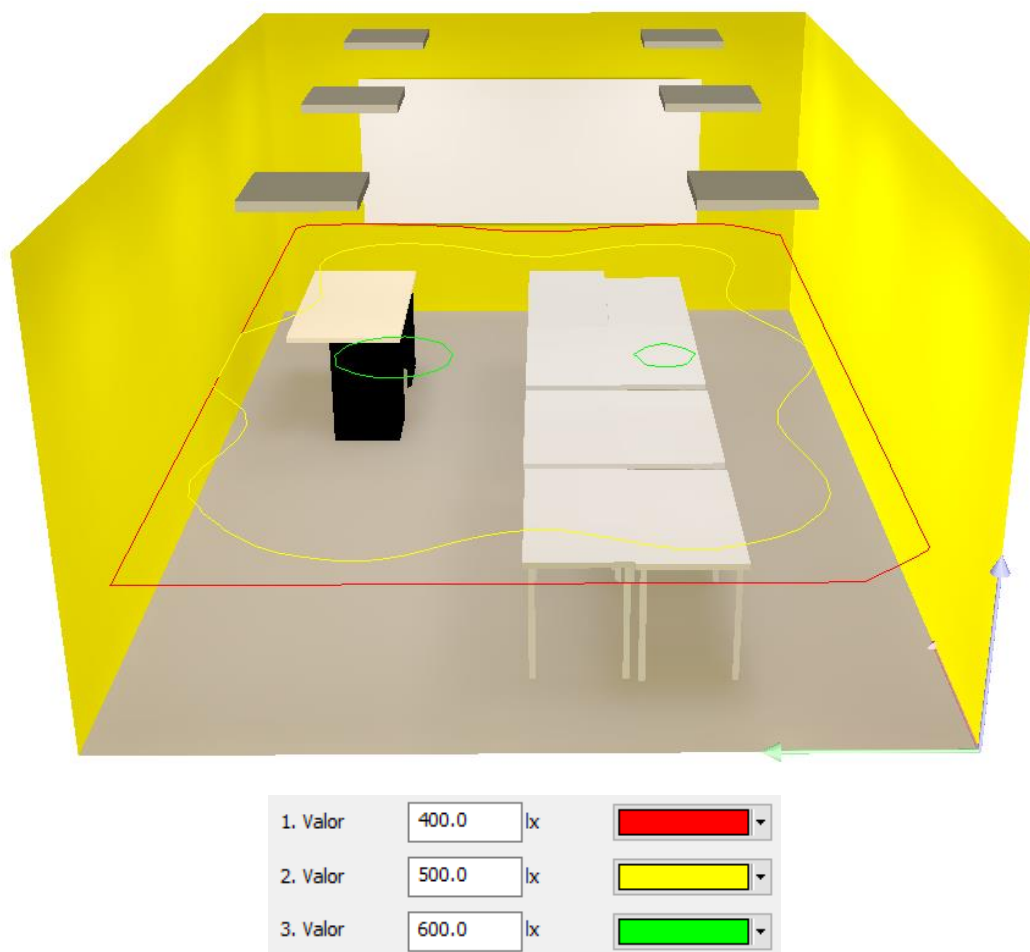


Figura 91 – Isolíneas con la nueva distribución propuesta en el aula pequeña.

Se han tomado los datos de los catálogos de Philips por ser una marca de referencia y disponer de varias opciones. Por ello deben de tomarse como valores orientativos, siendo la gama de precios y calidades muy amplia en función de los fabricantes.

Con la distribución propuesta la simulación arroja los resultados que recoge la siguiente tabla, donde se refleja que aumenta la iluminación mientras que se reduce la potencia instalada por unidad de superficie y se mejora el VEEI. Los valores salientes para la nueva distribución de VEEI, W/m² y Em son correctos, cumpliendo los valores que marcan las normas.

Aula grande	Em [lx]	W/m ²	VEEI
Actual	450	11.05	-
Nueva	589	5.79	1.02

Figura 92 – Resumen de valores para el aula grande.

Aula pequeña	Em [lx]	W/m ²	VEEI
Actual	450	11.05	-
Nueva	519	7.81	1.51

Figura 93 – Resumen de valores para el aula pequeña.

17) Conclusiones.

Las características principales del centro que influyen a su vez en el comportamiento energético, ya comentadas en otros apartados, se resumen en:

- Nivel de infiltraciones moderado-alto. Existen importantes entradas de aire exterior a través de la envolvente.
- Alto coeficiente global de transmisión de calor. Los cerramientos originales carecen de aislante y producen pérdidas importantes de calor por conducción al exterior. Lo mismo con respecto a los huecos.
- Obsolescencia y baja eficiencia energética en la mayor parte del sistema de iluminación actual del centro.
- Necesidades de mantenimiento. Los elementos móviles como las persianas; o los eléctricos, como las luminarias, requieren de mantenimiento constante para poder funcionar en su estado óptimo.

17.1) INSTALACIÓN TÉRMICA.

Es posible analizar la influencia de distintos parámetros en el consumo final de un edificio. Cuanto mayor sea el conocimiento de la realidad de un centro, mejor se puede construir su modelo, pero llegar a niveles de detalle muy elevados implica costes de proyecto equiparables a los procesos de auditoría, construcción de modelos térmicos y realización de simulaciones. La solución adoptada en este proyecto busca alcanzar un punto de compromiso entre precisión y economía, para lo que han sido acotados en rangos de variación los parámetros conocidos mediante la información aportada por la Consellería de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria, así como la obtenida mediante visitas y cuestionarios a los gestores de los centros.

El mayor potencial de ahorro en calefacción se encuentra en el aumento de la resistencia térmica de la fachada. Por ello, es la medida que proporciona mayores ahorros energéticos, y consiste en aplicar un aislamiento térmico al cerramiento. Esta medida influye además en reducir la influencia de los puentes térmicos en la demanda energética en el caso del aislamiento mediante SATE. Al actuar sobre los puentes térmicos se disminuirá la posibilidad de aparición de patologías como son las humedades por condensación en el interior del centro, así como las derivadas del exceso de dilatación de la estructura metálica debida a los cambios de temperatura.

Analizando la eficiencia de la inversión, las medidas con mayores ahorros anuales por euro invertido resultan ser las que tienen que ver con la aplicación de aislamiento, seguidas de las de sustitución de los huecos de la envolvente.

En la medida relativa a la sustitución de los huecos existentes, se ha de tener en cuenta que redundará en la reducción de infiltraciones incontroladas, produciendo un incremento del confort en las zonas afectadas.

Con respecto a la medida de aislamiento exterior mediante SATE, indicar que está demostrado que, a partir de espesores de aislamiento superiores a 100 mm, el aumento de la resistencia térmica del elemento constructivo se estanca. Pasar de unas condiciones iniciales sin aislamiento a un aislamiento de 40 mm supone una reducción muy importante en la transmitancia del cerramiento.

17.2) INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN. REGULACIÓN Y SUSTITUCIÓN.

El mayor potencial de ahorro en iluminación se localiza en la propuesta de sustitución integral de luminarias, que se verá incrementado con la instalación de un sistema autónomo de regulación de luz artificial. La sustitución de las luminarias actuales, de tubo fluorescente con balastro, por unas luminarias más modernas, proporcionará ahorros energéticos significativos gracias a que no sólo se reduce la potencia del tubo, sino que también la del equipo auxiliar.

Se propone la sustitución luminarias en las zonas que actualmente no se han sustituido, por otras más eficientes, y regulación de la iluminación artificial en base a ocupación e iluminación natural.

Los ahorros obtenidos con la incorporación de regulación al sistema de alumbrado están entre el 20% y el 60%, según estimaciones de la Guía de Eficiencia Energética en Centros Docentes (Fenercom e IDAE).

A fin de suplir las carencias lumínicas especificadas por la dirección del centro, se plantean las siguientes medidas de mejora del sistema de iluminación. Entre ellas, se prevé la sustitución integral de las luminarias existentes, de tipo fluorescente, por otras tipo LED con mejores prestaciones.

Con la aplicación de esta medida se estiman ahorros cercanos al 52% en necesidades de potencia instalada para iluminación, lo cual permite reducir las potencias por área aproximada establecidas; y teniendo en cuenta los nuevos valores de eficiencia energética de la instalación (VEEI) son mejorados. De esta forma, se asegura también el cumplimiento de la normativa del DB-HE3 en referencia a la potencia máxima instalada.

Del mismo modo, la incorporación de un sistema de regulación multisensor y controlador de iluminación para las luminarias de nueva colocación permitirá una mejor gestión de la iluminación artificial, al activarla sólo cuando la iluminación natural no pueda suplir las demandas lumínicas requeridas por normativa.

El cambio de luminarias, respetando los valores de VEEI y potencia máxima instalada definidos en el Código Técnico de la Edificación, aumentará la calidad lumínica en el plano de trabajo de las aulas del centro con una menor potencia instalada, y con un gasto energético menor.

Se recomienda instalar un sistema de control y regulación de la iluminación artificial con el fin de aprovechar al máximo la luz natural que ofrecen los grandes ventanales del centro y los lucernarios.

También es recomendable apagar por completo aquellos equipos informáticos que no se van a emplear, en vez de apagar solamente la pantalla o dejarla en stand-by. De hecho, desconectarlos de la red eléctrica evita consumos residuales no despreciables. El empleo de regletas de enchufes con interruptor permite desconectar cómodamente varios equipos y ahorrar electricidad con una inversión mínima. Las siguientes imágenes muestran las pérdidas energéticas generadas por una CPU y una impresora de uno de los centros analizados, y sirve para entender como los equipos que no se usan y quedan encendidos pierden energía en forma de calor.

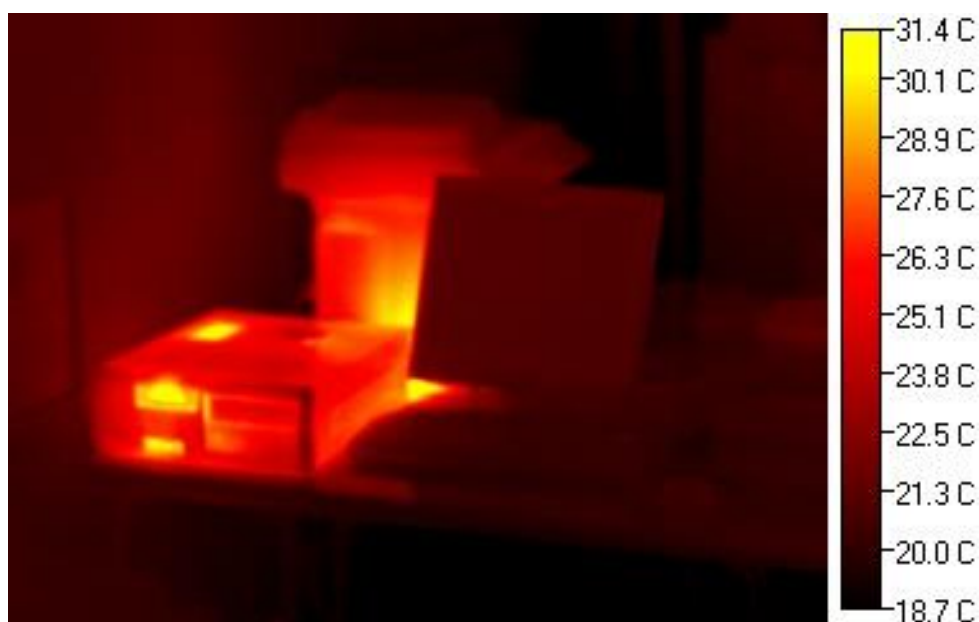


Figura 94 – Captura termográfica de equipos conectados en regleta.

La mejor forma de ahorrar es no consumir. El aprovechamiento de la luz natural, apagando las luces cuando no sean necesarias, es un gesto con más impacto del que puede parecer. Es habitual ver aulas vacías con la luz encendida o incluso zonas perfectamente iluminadas por el sol, con luminarias funcionando. En ausencias de más de 5 minutos, como los recreos, apagar las luces ahorra en energía eléctrica. No hay que olvidar la importancia del mantenimiento: un tubo fluorescente que ya ha finalizado su vida útil puede funcionar, pero va a proporcionar mucha menos luz.

ANEXOS

ÍNDICE

ANEXOS.....	1
1) ANEXO 1 - Modelos.....	3
1.1) CEIP Albeiros.....	3
1.2) CEIP Veleiro-Docampo (edificio 1).....	5
1.3) CEIP Veleiro-Docampo (edificio 2).....	7
1.4) CPI Castroverde (edificio 1).	9
1.5) CPI Castroverde (edificio 2).	11
1.6) CEIP Plurilingüe A Gándara.	13
1.7) CEIP Paradai.	15
1.8) CEIP Luis Pimentel.....	17
1.9) CEIP Luís Tobío.....	19
2) ANEXO 2 – Resultados del estudio lumínico.....	21

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 – Modelo con sombras periféricas.	3
Figura 2 - Edificio en perspectiva.....	3
Figura 3 – Vista en planta.	3
Figura 4 – Vista de alzado. Laterales.	4
Figura 5 – Vista de alzado principal.	4
Figura 6 – Vista de alzado posterior.	4
Figura 7 – Modelo con sombras periféricas. Edificio en perspectiva.	5
Figura 8 – Vista en planta.	5
Figura 9 – Vista de alzado. Lateral 1.	5
Figura 10 – Vista de alzado. Lateral 2.	6
Figura 11 – Vista de alzado principal.	6
Figura 12 – Vista de alzado posterior.	6
Figura 13 – Modelo con sombras periféricas.	7
Figura 14 - Edificio en perspectiva.....	7
Figura 15 – Vista en planta.	7
Figura 16 – Vista de alzado. Lateral 1.	8
Figura 17 – Vista de alzado. Lateral 2.	8
Figura 18 – Vista de alzado principal.	8
Figura 19 – Vista de alzado posterior.	8
Figura 20 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.	9
Figura 21 – Vista en planta.	9
Figura 22 – Vista de alzado. Lateral 1.	10
Figura 23 – Vista de alzado. Lateral 2.	10
Figura 24 – Vista de alzado principal.	10

Figura 25 – Vista de alzado posterior.	10
Figura 26 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.	11
Figura 27 – Vista en planta.	11
Figura 28 – Vista de alzado. Lateral 1.	12
Figura 29 – Vista de alzado. Lateral 2.	12
Figura 30 – Vista de alzado principal.	12
Figura 31 – Vista de alzado posterior.	12
Figura 32 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.	13
Figura 33 – Vista en planta.	13
Figura 34 – Vista de alzado. Lateral 1.	13
Figura 35 – Vista de alzado. Lateral 2.	14
Figura 36 – Vista de alzado principal.	14
Figura 37 – Vista de alzado posterior.	14
Figura 38 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.	15
Figura 39 – Vista en planta.	15
Figura 40 – Vista de alzado. Lateral 1.	15
Figura 41 – Vista de alzado. Lateral 2.	16
Figura 42 – Vista de alzado principal.	16
Figura 43 – Vista de alzado posterior.	16
Figura 44 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.	17
Figura 45 – Vista en planta.	17
Figura 46 – Vista de alzado. Lateral 1.	17
Figura 47 – Vista de alzado. Lateral 2.	18
Figura 48 – Vista de alzado principal.	18
Figura 49 – Vista de alzado posterior.	18
Figura 50 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.	19
Figura 51 – Vista en planta.	19
Figura 52 – Vista de alzado. Lateral 1.	19
Figura 53 – Vista de alzado. Lateral 2.	20
Figura 54 – Vista de alzado principal.	20
Figura 55 – Vista de alzado posterior.	20

1) ANEXO 1 - Modelos

1.1) CEIP ALBEIROS.

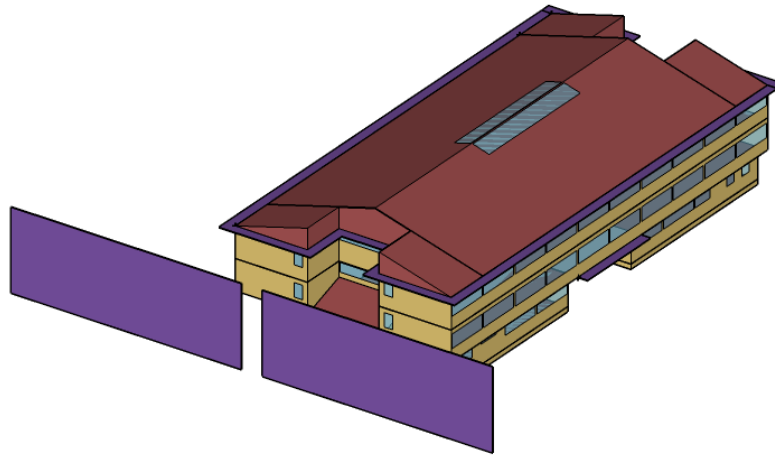


Figura 1 – Modelo con sombras periféricas.

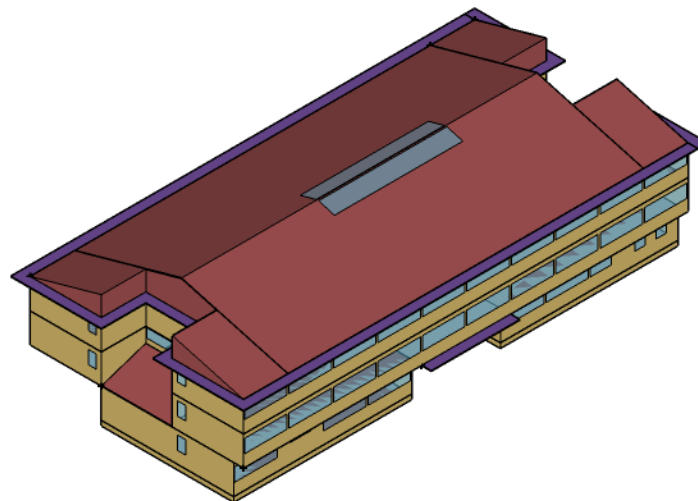


Figura 2 - Edificio en perspectiva.

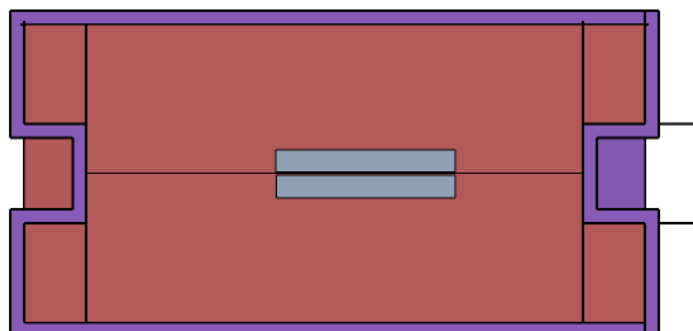


Figura 3 – Vista en planta.

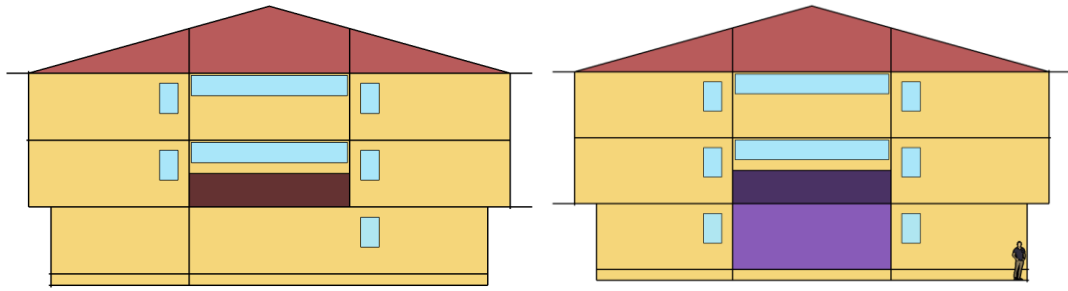


Figura 4 – Vista de alzado. Laterales.

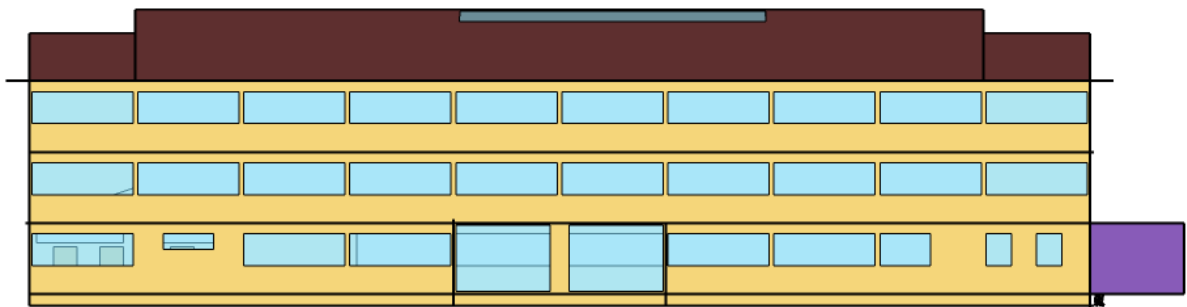


Figura 5 – Vista de alzado principal.

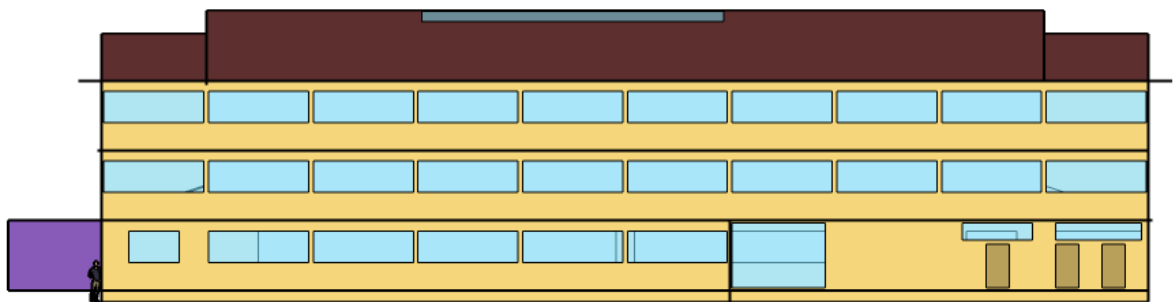


Figura 6 – Vista de alzado posterior.

1.2) CEIP VELEIRO-DOCAMPO (EDIFICIO 1).

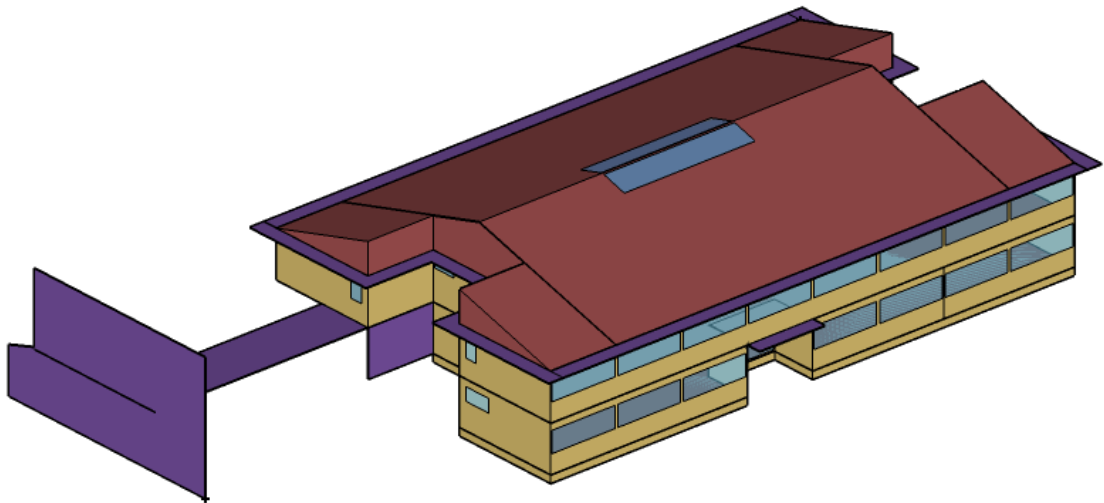


Figura 7 – Modelo con sombras periféricas. Edificio en perspectiva.

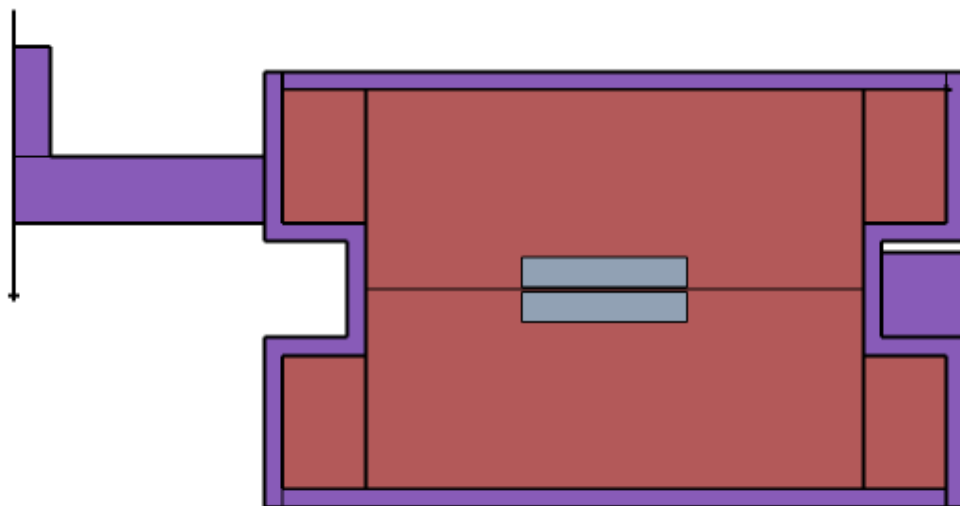


Figura 8 – Vista en planta.

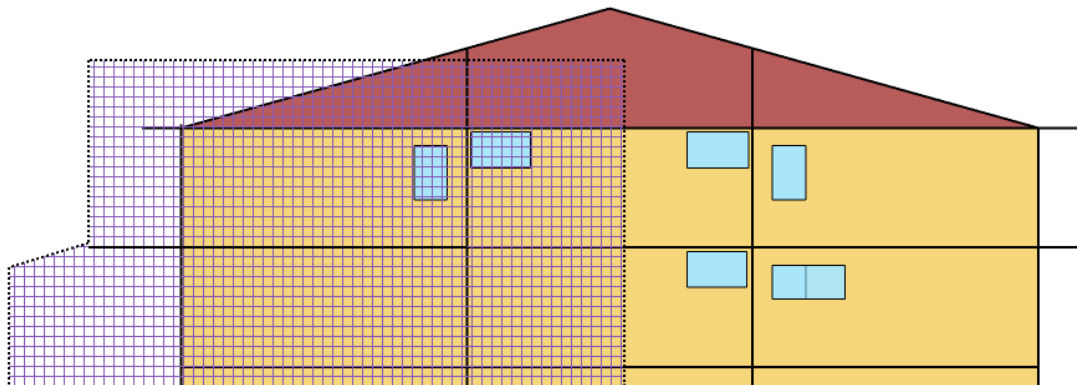


Figura 9 – Vista de alzado. Lateral 1.

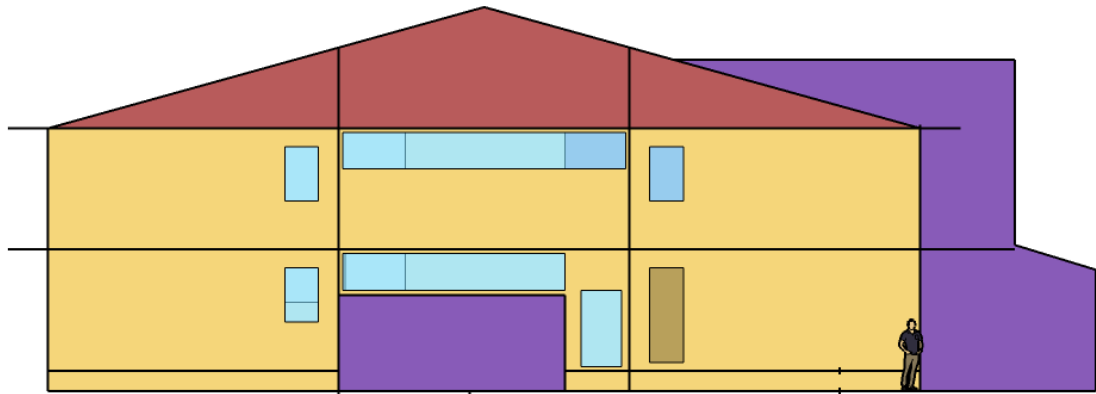


Figura 10 – Vista de alzado. Lateral 2.



Figura 11 – Vista de alzado principal.

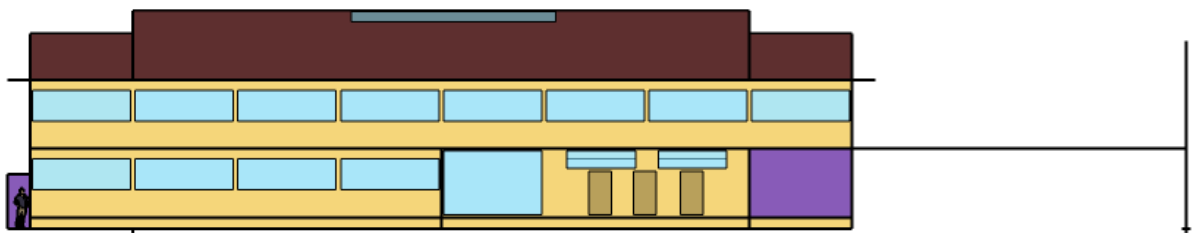


Figura 12 – Vista de alzado posterior.

1.3) CEIP VELEIRO-DOCAMPO (EDIFICIO 2).

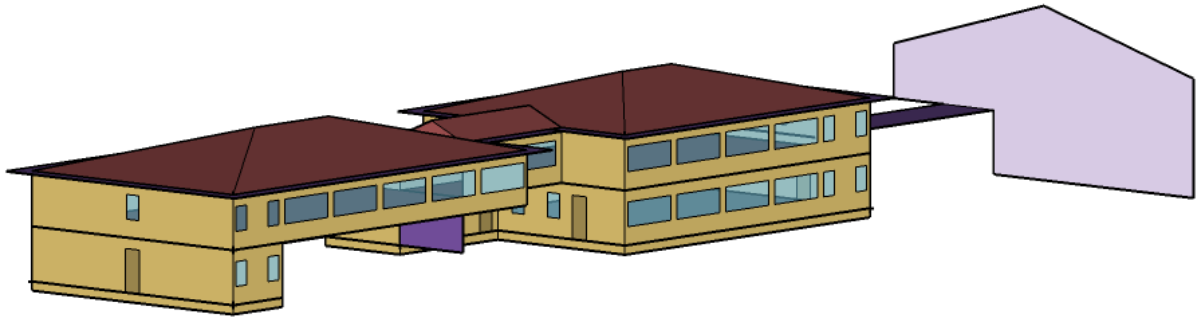


Figura 13 – Modelo con sombras periféricas.

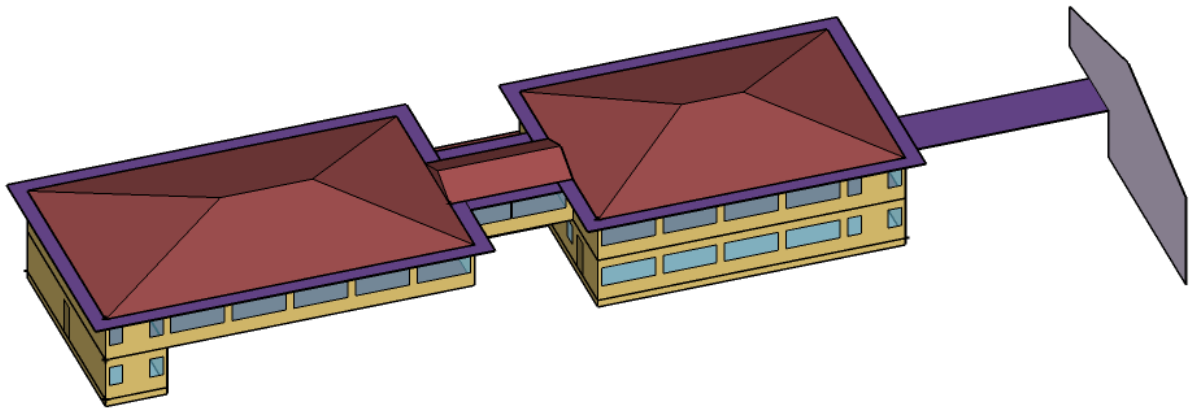


Figura 14 - Edificio en perspectiva.

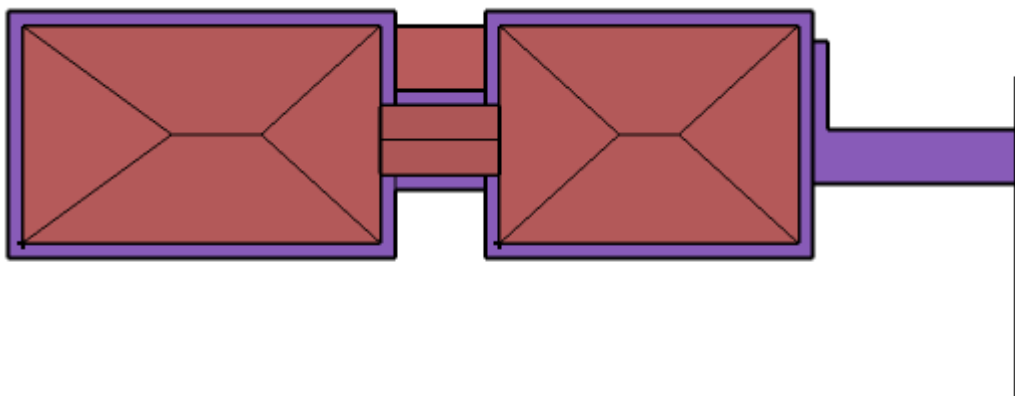


Figura 15 – Vista en planta.

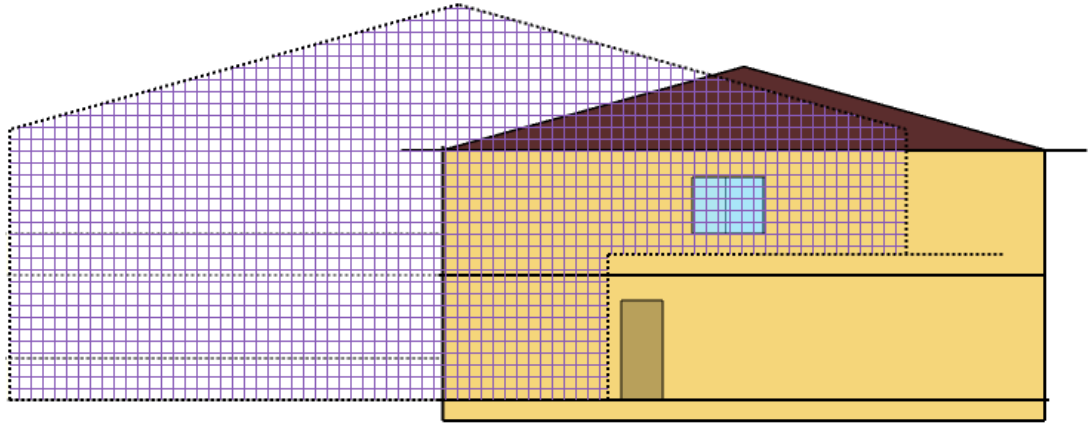


Figura 16 – Vista de alzado. Lateral 1.

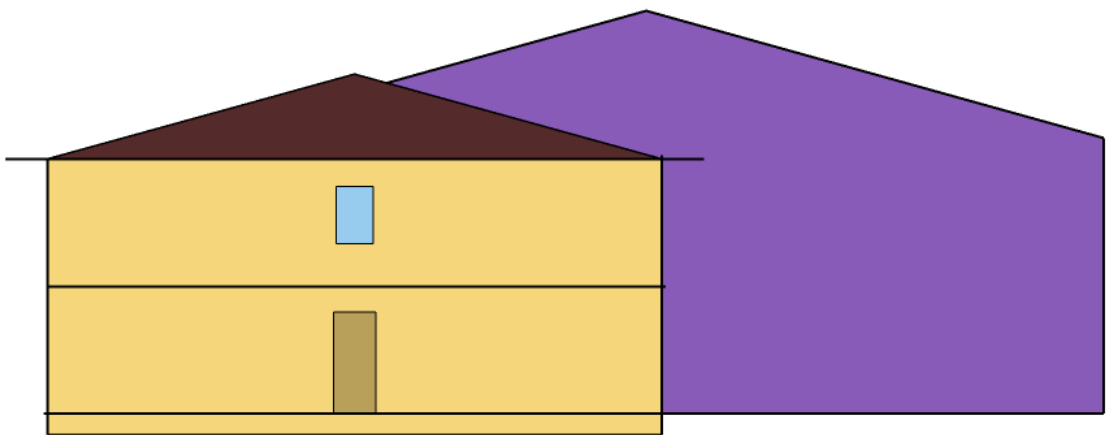


Figura 17 – Vista de alzado. Lateral 2.

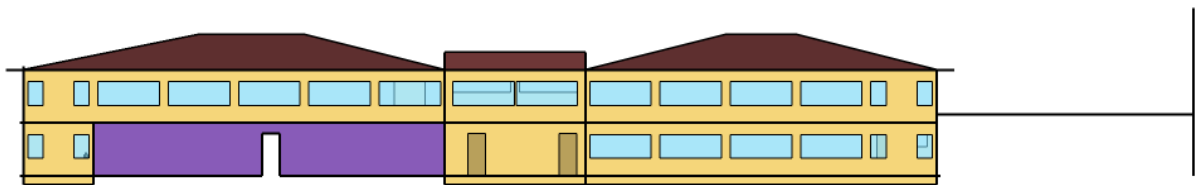


Figura 18 – Vista de alzado principal.

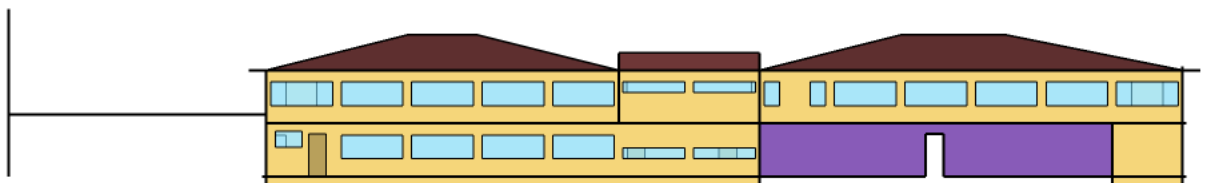


Figura 19 – Vista de alzado posterior.

1.4) CPI CASTROVERDE (EDIFICIO 1).

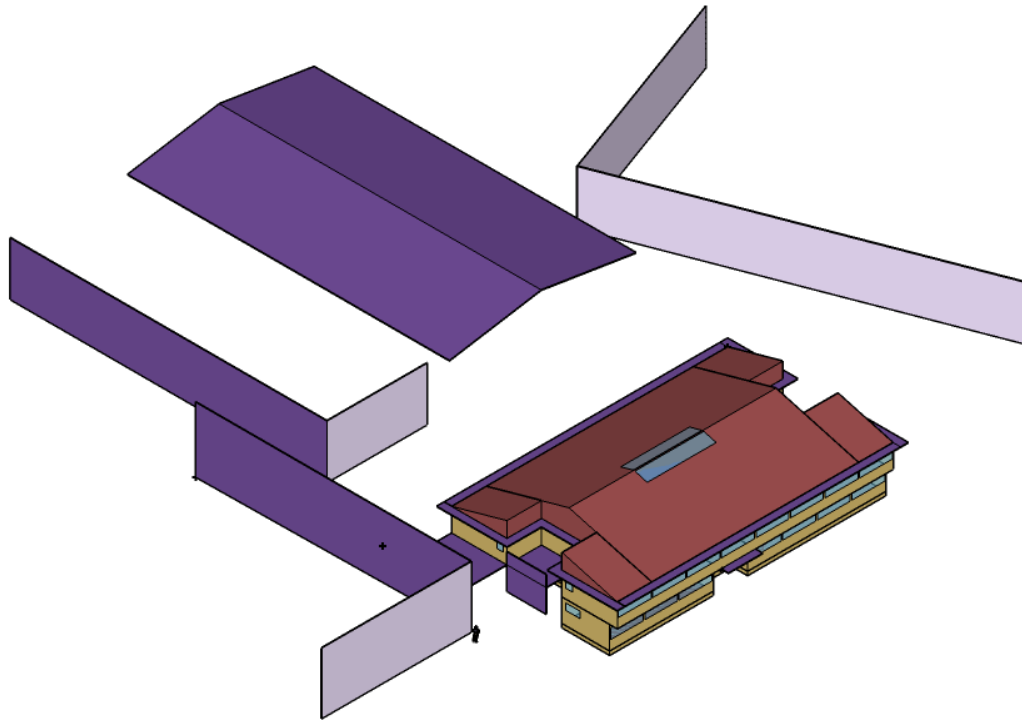


Figura 20 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.

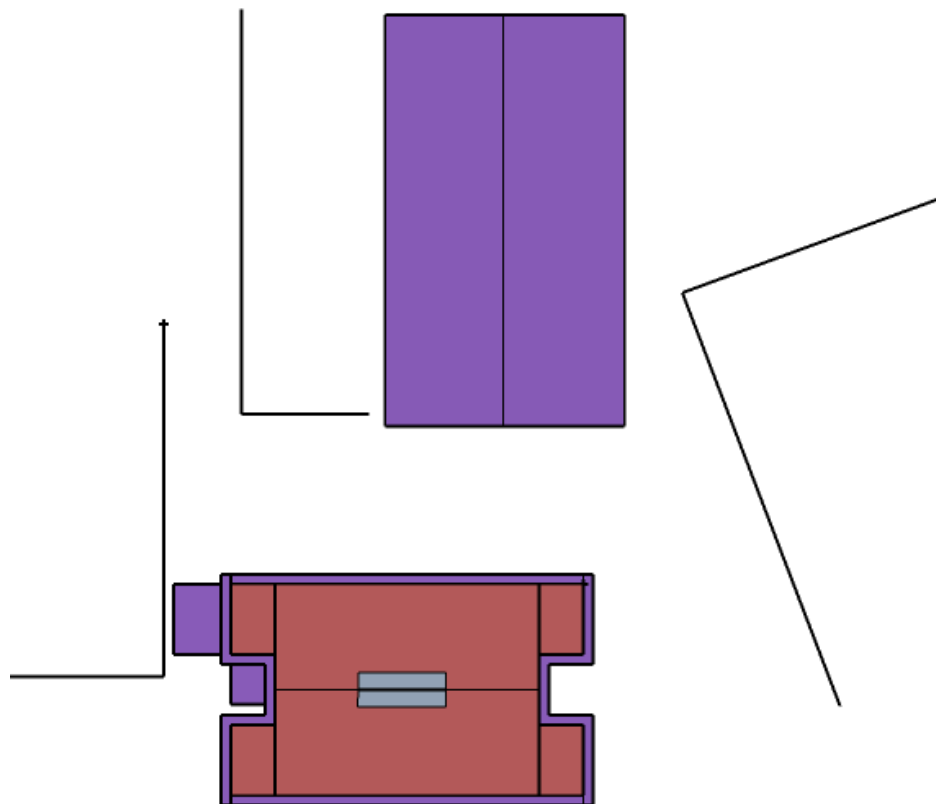


Figura 21 – Vista en planta.

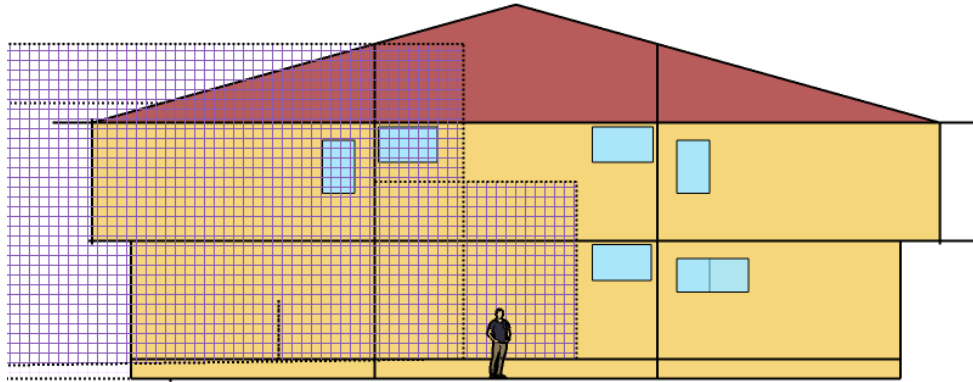


Figura 22 – Vista de alzado. Lateral 1.

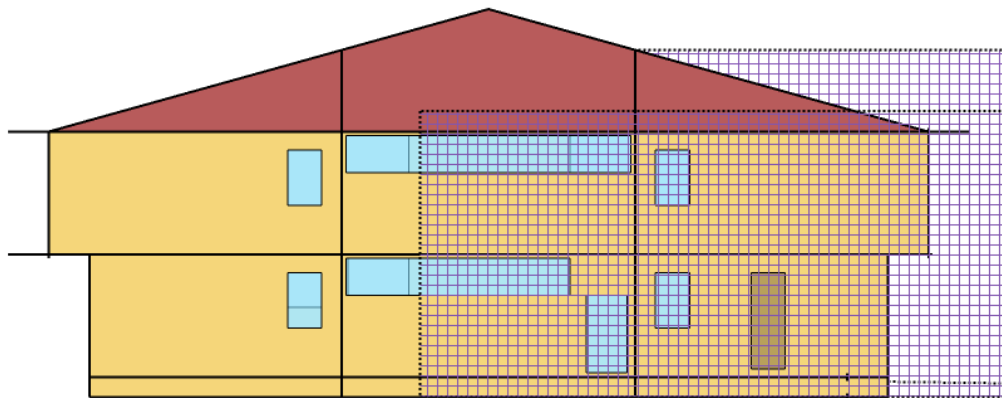


Figura 23 – Vista de alzado. Lateral 2.



Figura 24 – Vista de alzado principal.



Figura 25 – Vista de alzado posterior.

1.5) CPI CASTROVERDE (EDIFICIO 2).

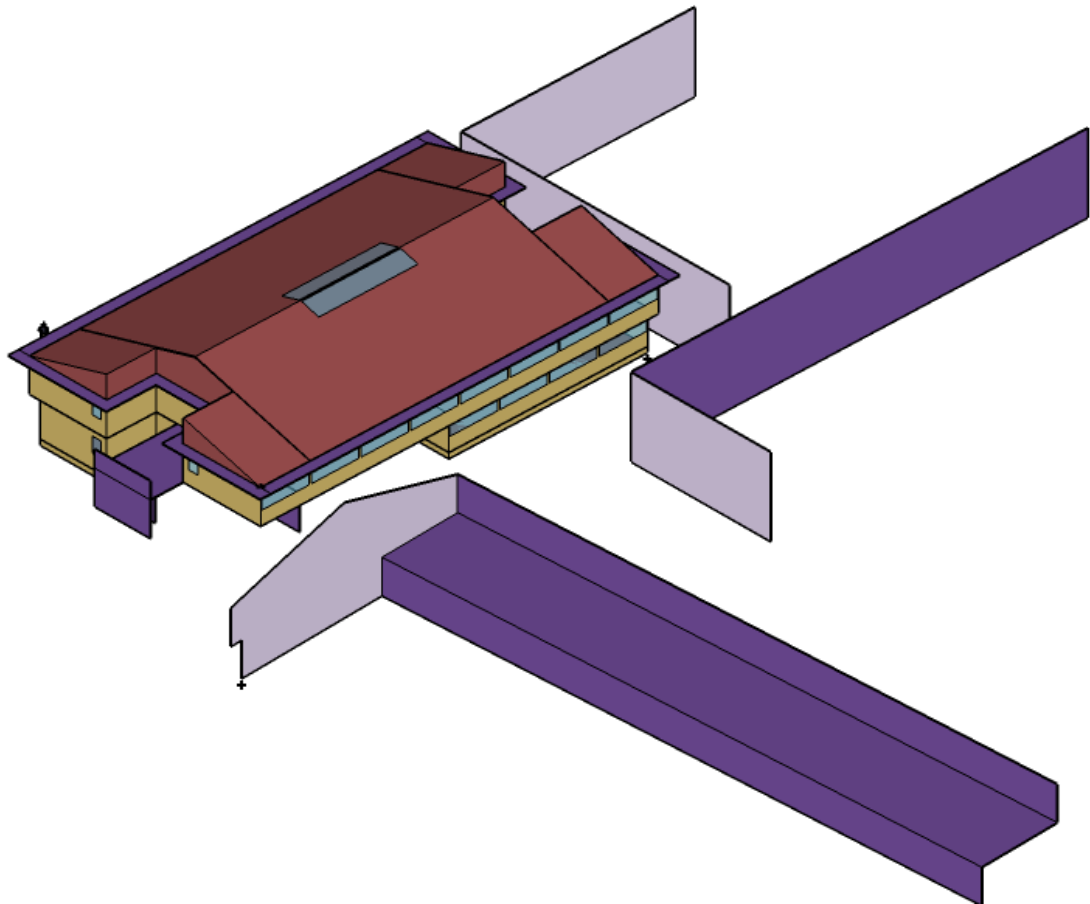


Figura 26 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.

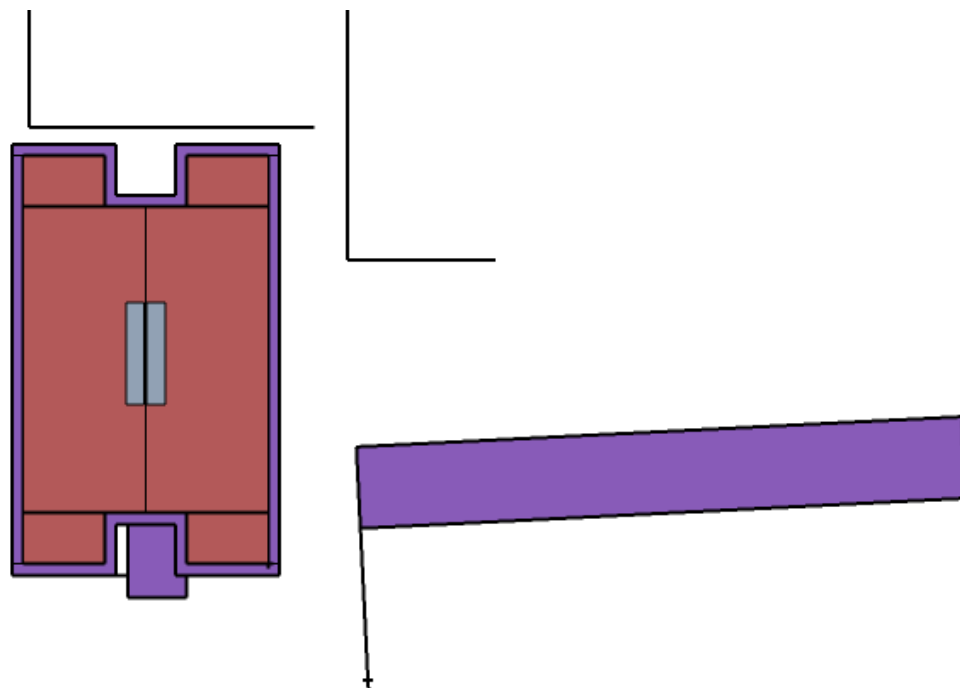


Figura 27 – Vista en planta.

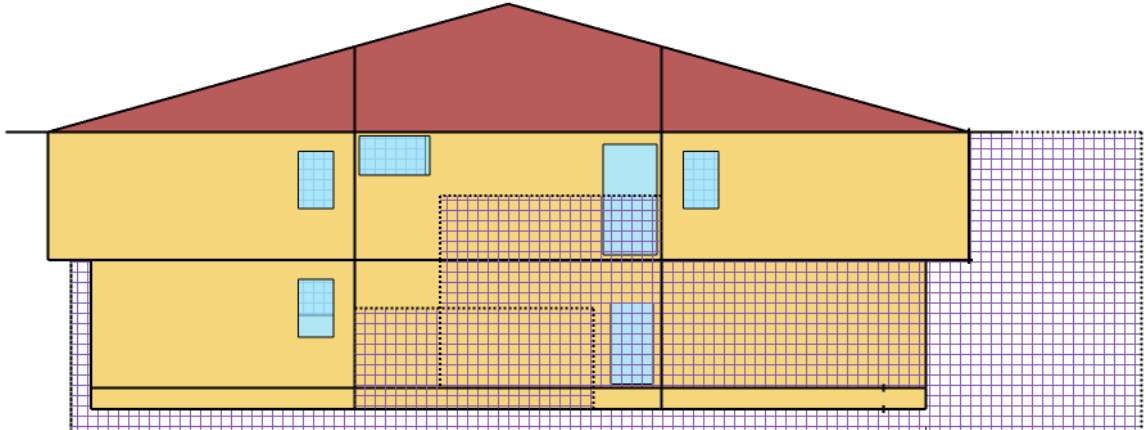


Figura 28 – Vista de alzado. Lateral 1.

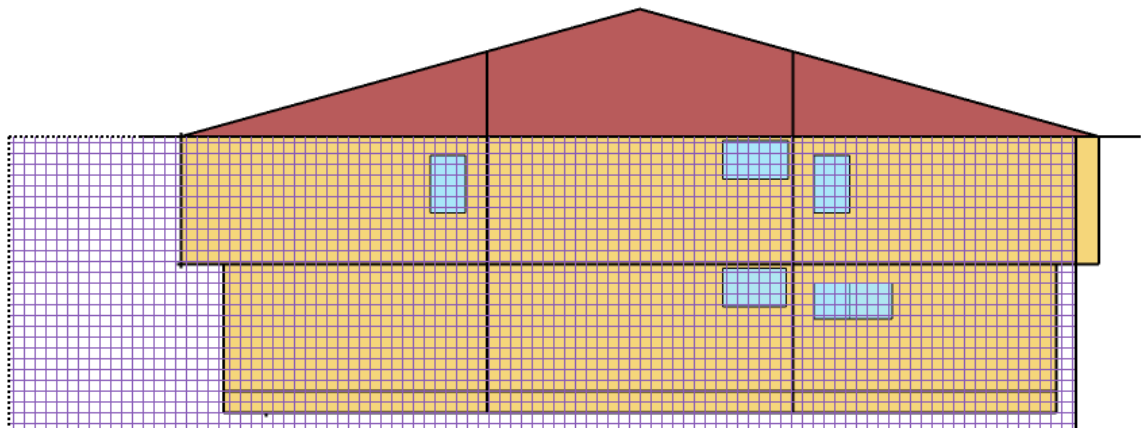


Figura 29 – Vista de alzado. Lateral 2.

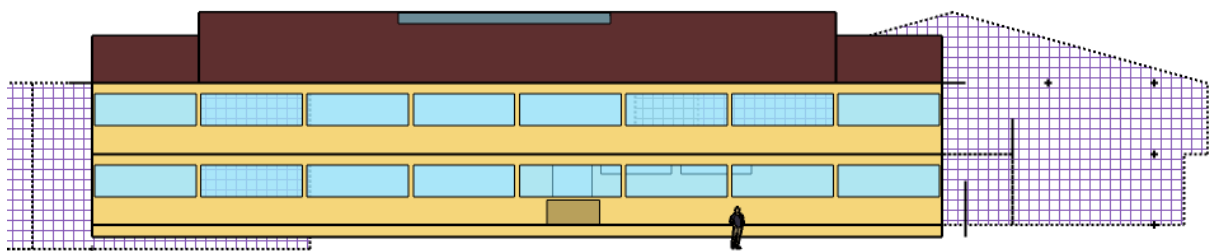


Figura 30 – Vista de alzado principal.

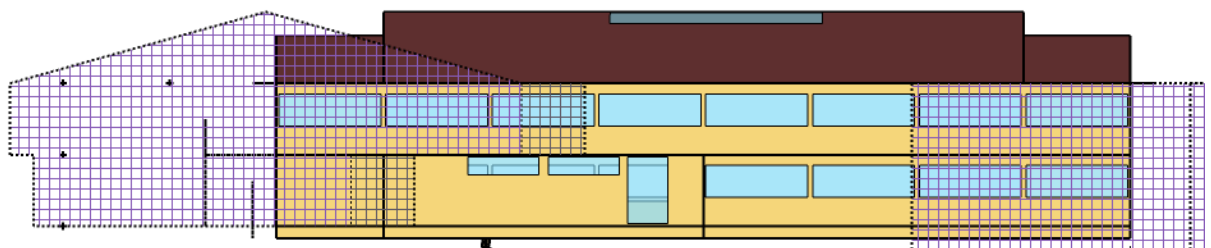


Figura 31 – Vista de alzado posterior.

1.6) CEIP PLURILINGÜE A GÁNDARA.

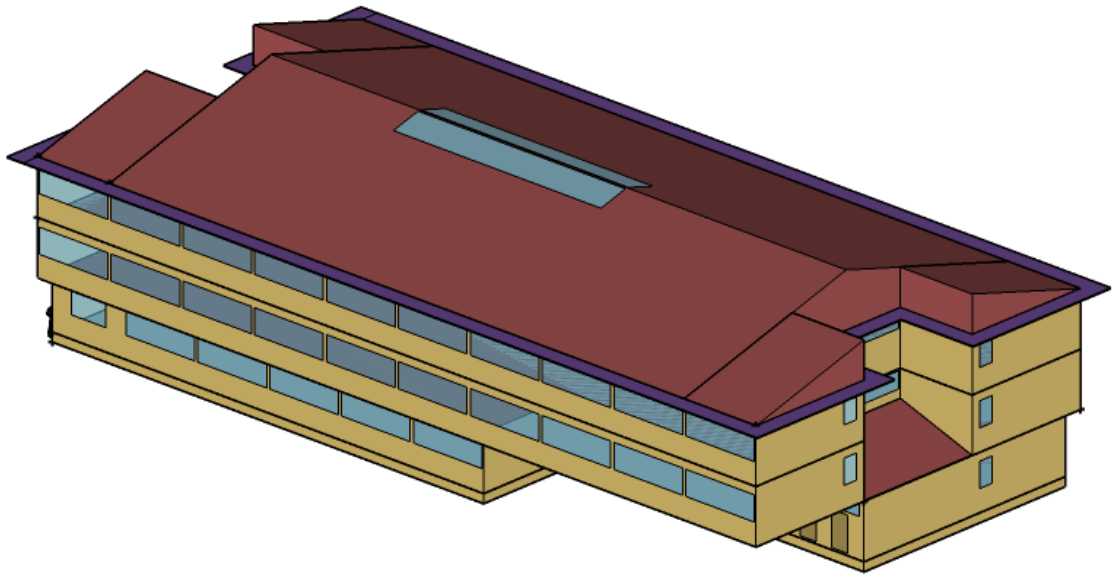


Figura 32 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.

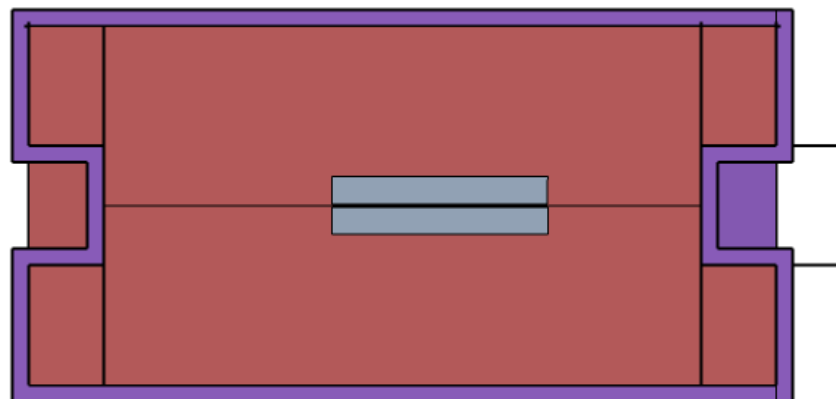


Figura 33 – Vista en planta.

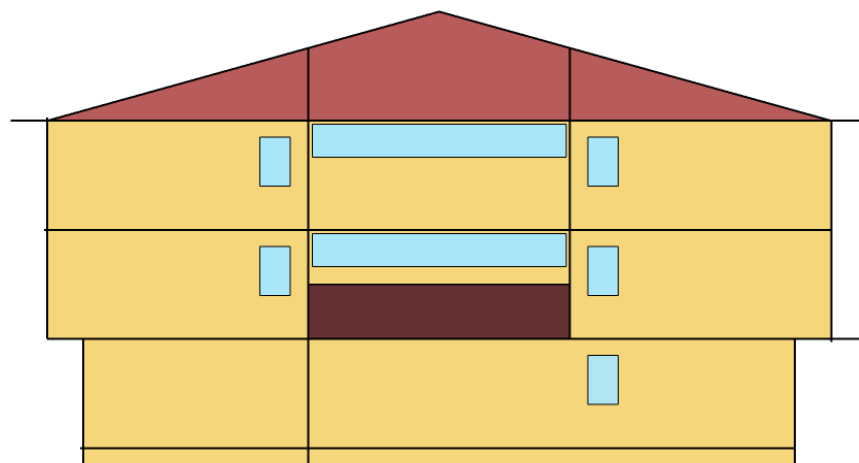


Figura 34 – Vista de alzado. Lateral 1.

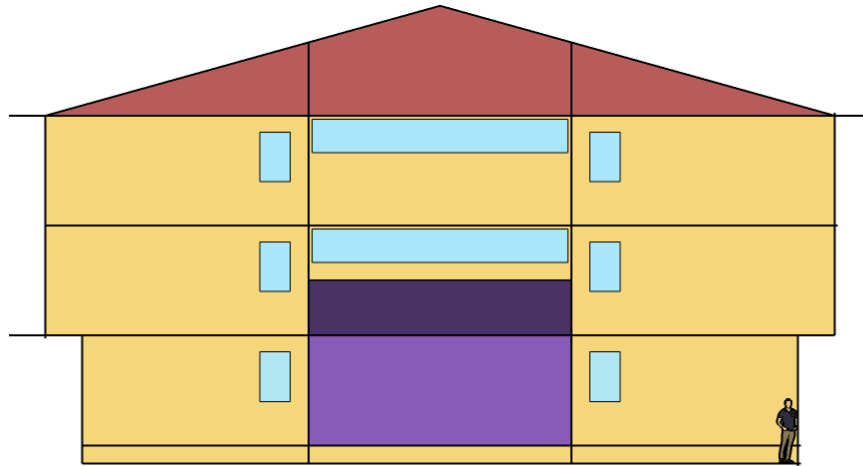


Figura 35 – Vista de alzado. Lateral 2.



Figura 36 – Vista de alzado principal.

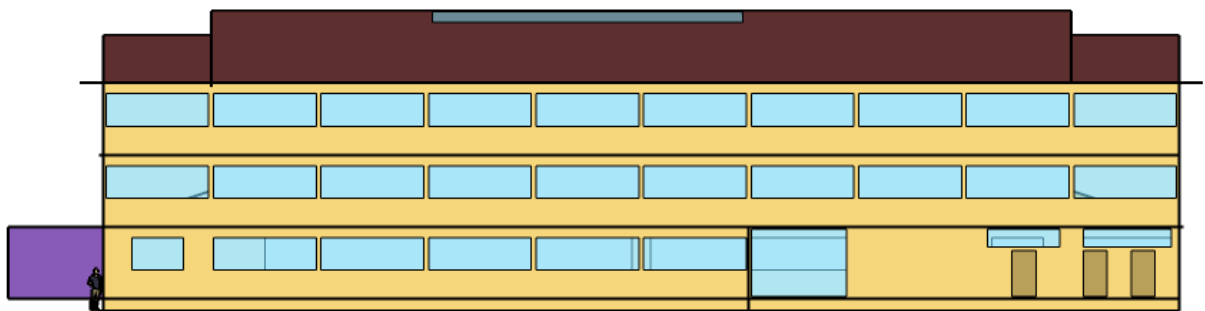


Figura 37 – Vista de alzado posterior.

1.7) CEIP PARADAI.

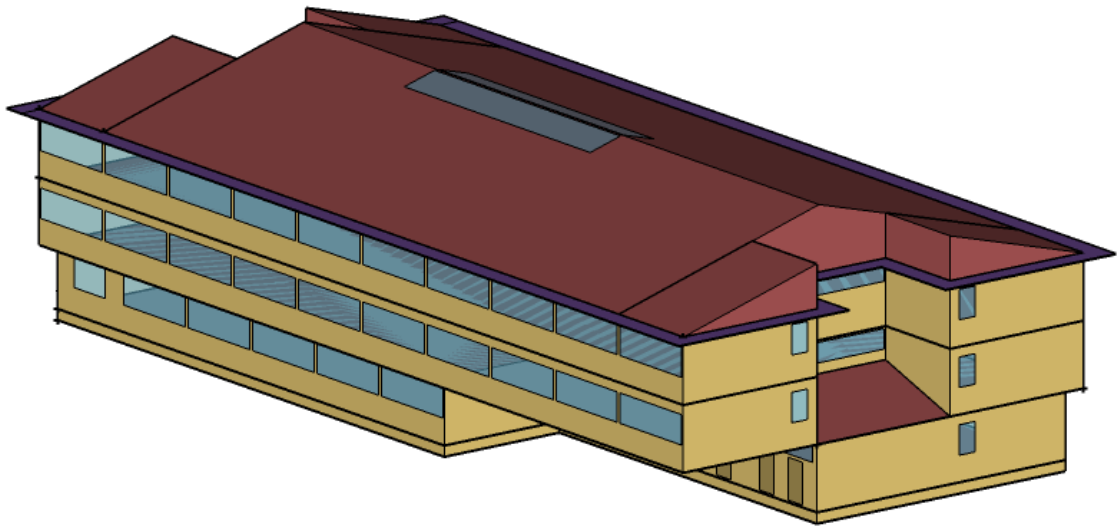


Figura 38 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.

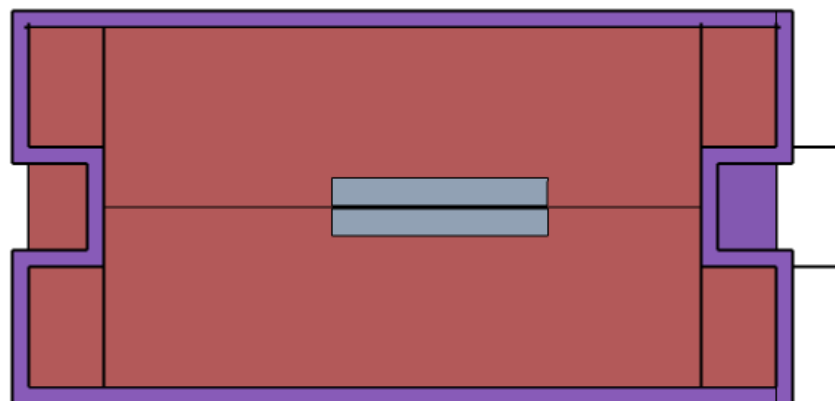


Figura 39 – Vista en planta.

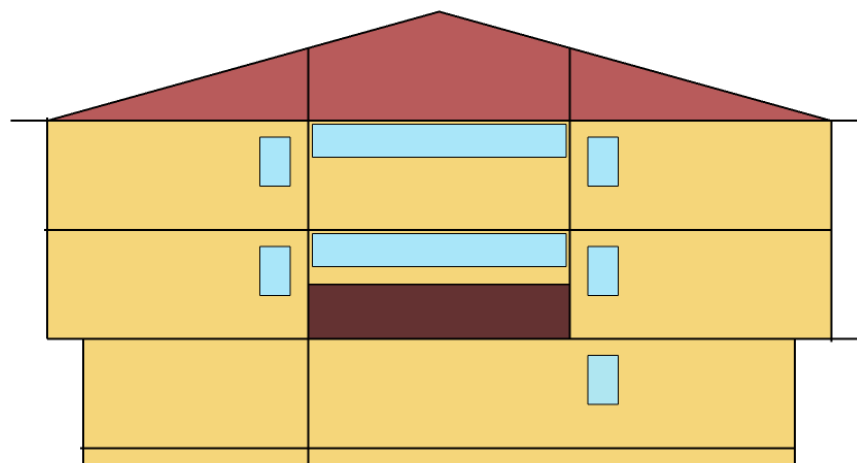


Figura 40 – Vista de alzado. Lateral 1.

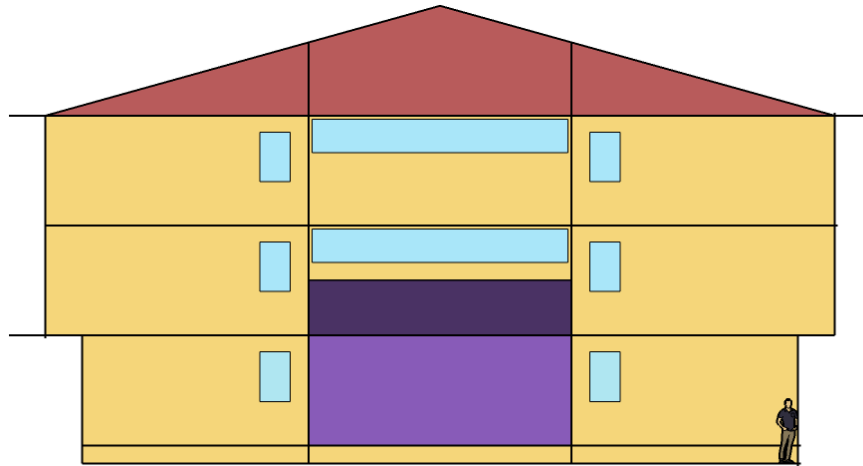


Figura 41 – Vista de alzado. Lateral 2.

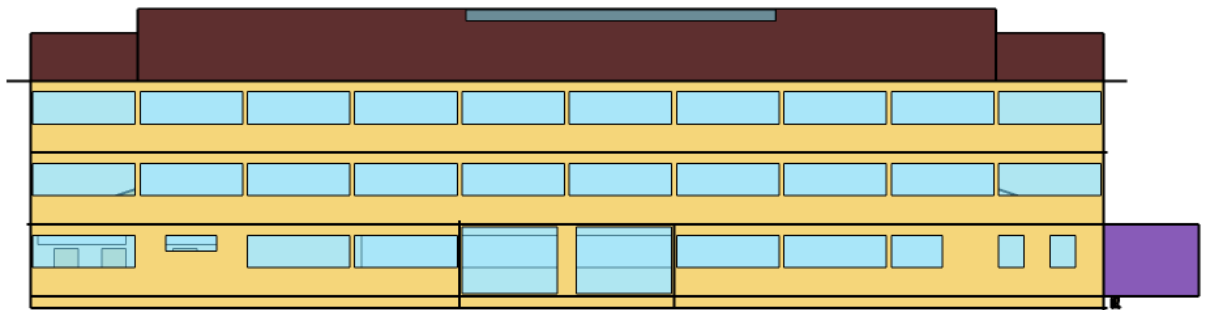


Figura 42 – Vista de alzado principal.



Figura 43 – Vista de alzado posterior.

1.8) CEIP LUIS PIMENTEL.

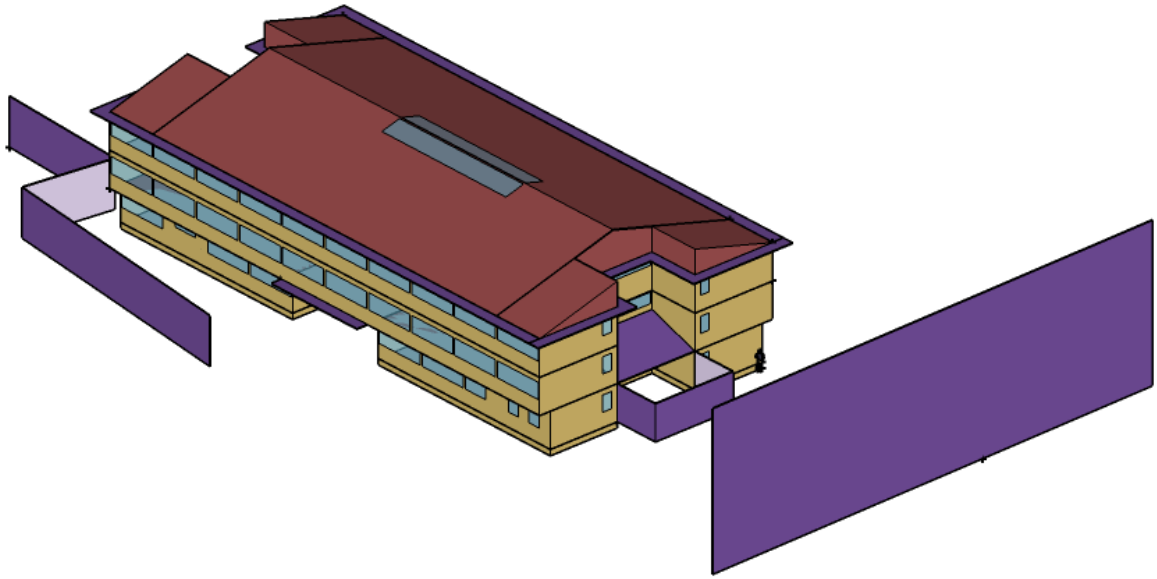


Figura 44 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.

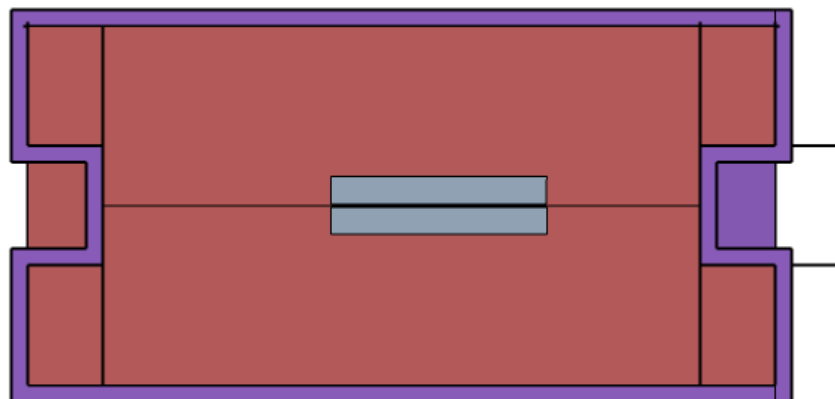


Figura 45 – Vista en planta.

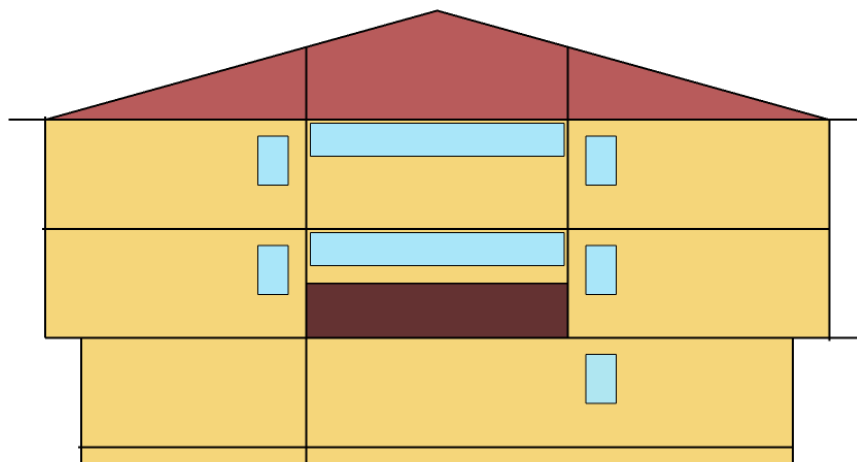


Figura 46 – Vista de alzado. Lateral 1.

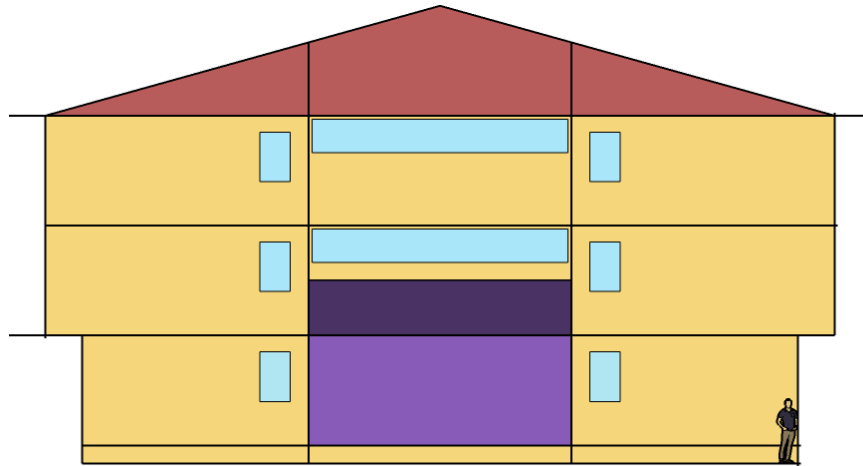


Figura 47 – Vista de alzado. Lateral 2.

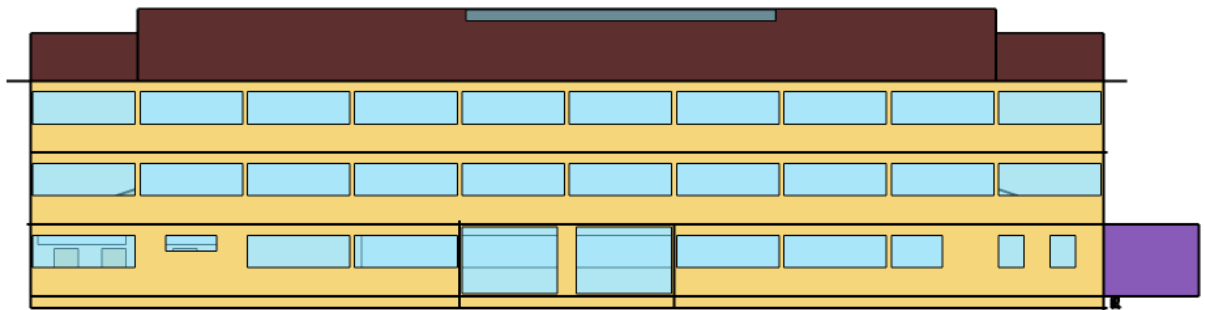


Figura 48 – Vista de alzado principal.

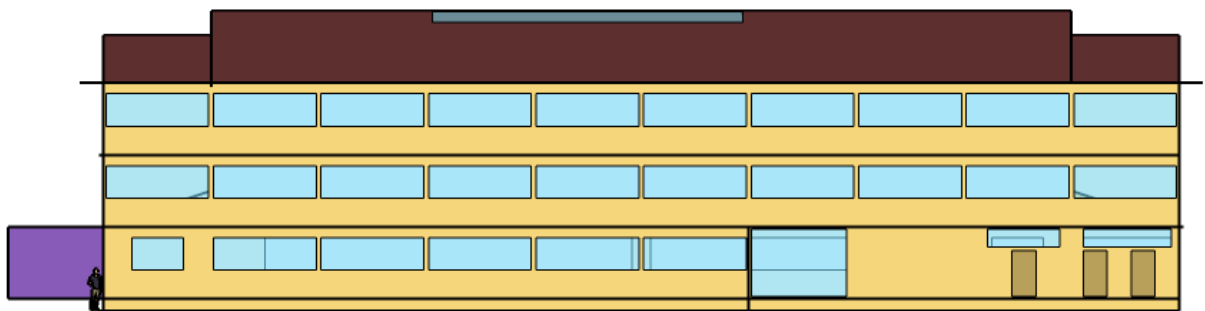


Figura 49 – Vista de alzado posterior.

1.9) CEIP LUÍS TOBÍO.

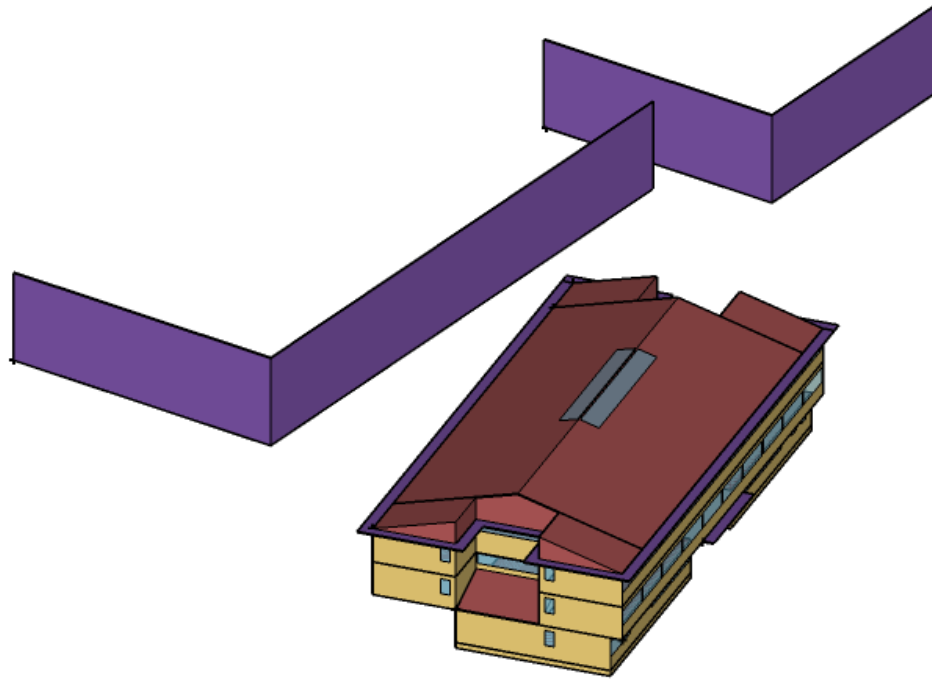


Figura 50 – Modelo con sombras periféricas y edificio en perspectiva.

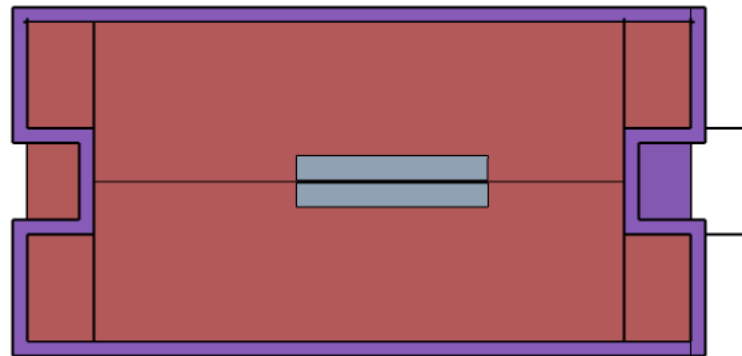


Figura 51 – Vista en planta.

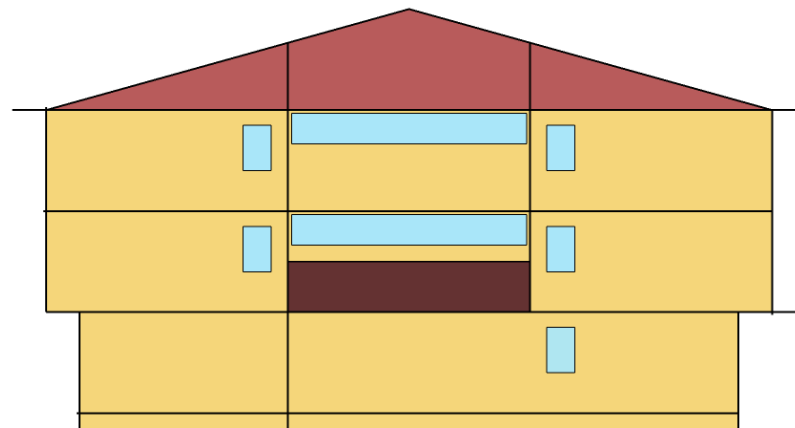


Figura 52 – Vista de alzado. Lateral 1.

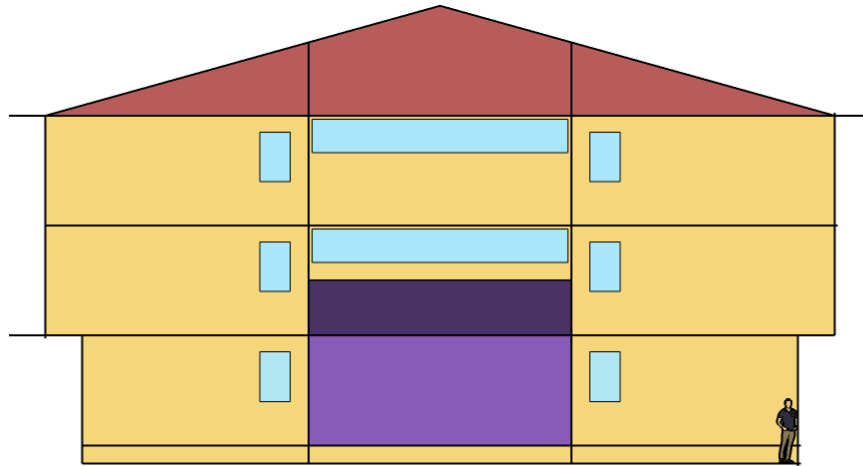


Figura 53 – Vista de alzado. Lateral 2.



Figura 54 – Vista de alzado principal.

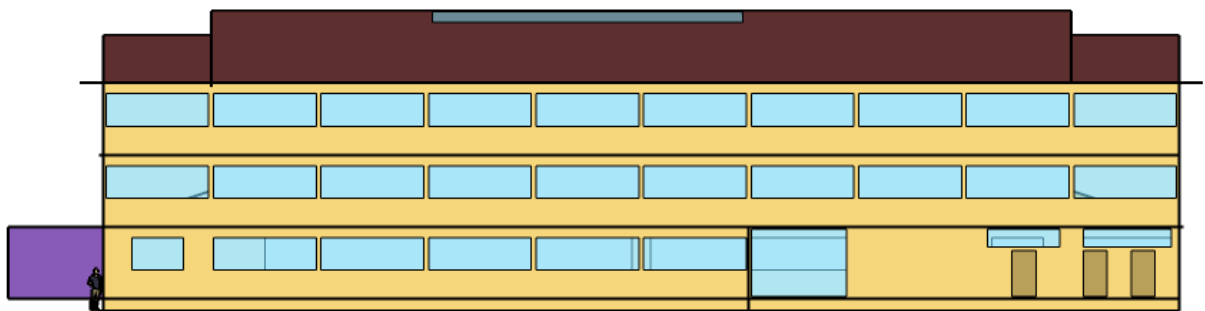


Figura 55 – Vista de alzado posterior.



2) ANEXO 2 – Resultados del estudio lumínico.

AULA GRANDE TIPO

Estudio lumínico aula grande

Contacto:
Nº de encargo:
Empresa:
Nº de cliente:

Fecha: 18.01.2018
Proyecto elaborado por: INGENIERÍA INSITU

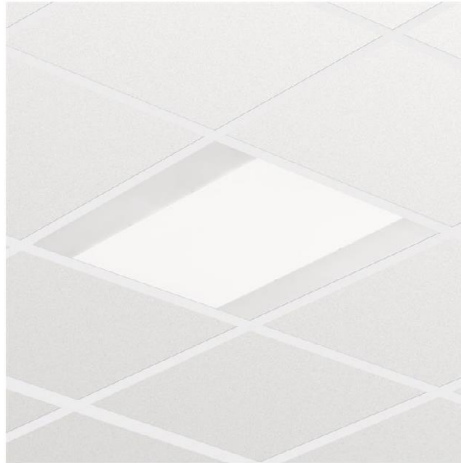
AULA GRANDE TIPO

DIALux
18.01.2018

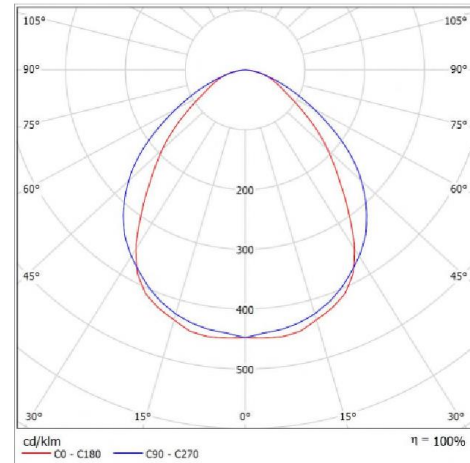
Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSU / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 59 87 97 100 100



Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR													
	Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30	
	Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	50	
	Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara						Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.2	19.4	18.5	19.6	19.8	20.2	21.3	20.5	21.6	21.8	21.8	
	3H	19.1	20.2	19.4	20.4	20.7	21.1	22.1	21.4	22.4	22.6	22.6	
	4H	19.5	20.5	19.9	20.8	21.1	21.3	22.3	21.7	22.6	22.9	22.9	
	6H	19.9	20.8	20.3	21.1	21.4	21.5	22.4	21.8	22.7	23.0	23.0	
4H	2H	20.0	20.9	20.4	21.2	21.5	21.5	22.4	21.9	22.7	23.0	23.0	
	3H	20.1	21.0	20.5	21.3	21.6	21.5	22.3	21.9	22.7	23.0	23.0	
	4H	18.8	19.8	19.1	20.0	20.3	20.4	21.4	20.8	21.7	22.0	22.0	
	6H	19.9	20.7	20.2	21.0	21.4	21.5	22.3	21.8	22.6	23.0	23.0	
8H	2H	20.4	21.2	20.8	21.5	21.9	21.9	22.6	22.3	22.9	23.3	23.3	
	3H	20.9	21.6	21.4	22.0	22.3	22.1	22.8	22.5	23.1	23.5	23.5	
	4H	21.1	21.7	21.6	22.1	22.5	22.2	22.8	22.6	23.2	23.6	23.6	
	6H	21.3	21.8	21.7	22.2	22.6	22.2	22.7	22.7	23.2	23.6	23.6	
12H	2H	20.7	21.3	21.1	21.7	22.1	22.0	22.6	22.4	23.0	23.4	23.4	
	3H	21.4	21.8	21.8	22.3	22.7	22.4	22.8	22.8	23.3	23.7	23.7	
	4H	21.6	22.0	22.1	22.5	23.0	22.5	22.9	23.0	23.3	23.8	23.8	
	6H	21.8	22.2	22.3	22.6	23.1	22.5	22.9	23.0	23.4	23.9	23.9	
12H	2H	20.7	21.2	21.2	21.7	22.1	22.0	22.5	22.4	22.9	23.4	23.4	
	3H	21.4	21.8	21.9	22.3	22.8	22.4	22.8	22.9	23.3	23.7	23.7	
	4H	21.7	22.1	22.2	22.5	23.0	22.5	22.9	23.0	23.4	23.9	23.9	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias													
S = 1,0H		+0.2 / -0.3						+0.2 / -0.3					
S = 1,5H		+0.4 / -0.9						+0.5 / -0.7					
S = 2,0H		+0.9 / -1.5						+1.4 / -1.4					
Tabla estándar		B1005						B1003					
Sumando de corrección		-4.2						-4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3000lm Páng luminosa total													

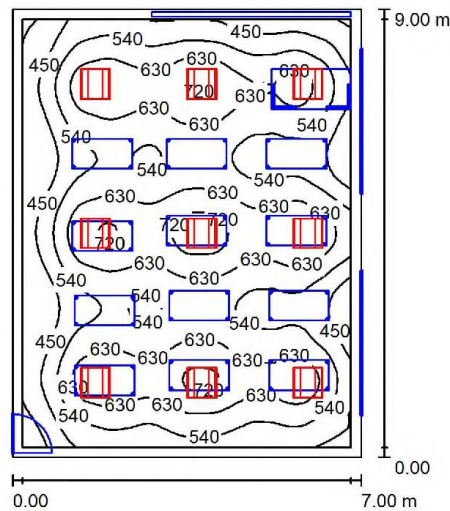
AULA GRANDE TIPO



18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula tipo / Resumen



Altura del local: 2.600 m, Altura de montaje: 2.600 m

Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	569	314	763	0.552
Suelo	85	438	85	598	0.193
Techo	78	309	216	354	0.699
Paredes (4)	72	350	135	496	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 64 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.200 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSU (1.000)	3700	3700	40.5
Total:			33300	33300	364.5

Valor de eficiencia energética: $5.79 \text{ W/m}^2 = 1.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 63.00 m^2)

AULA GRANDE TIPO



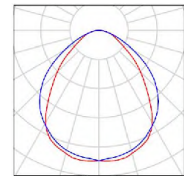
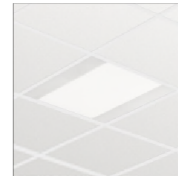
DIALux

18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula tipo / Lista de luminarias

9 Pieza PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSU
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3700 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3700 lm
Potencia de las luminarias: 40.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 59 87 97 100 100
Lámpara: 1 x LED37S/830/- (Factor de corrección 1.000).



AULA GRANDE TIPO



18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula tipo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 33300 lm
Potencia total: 364.5 W
Zona marginal: 0.200 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	333	236	569	/	/
Suelo	206	232	438	85	118
Techo	0.01	309	309	78	77
Pared 1	93	278	371	72	85
Pared 2	86	263	349	72	80
Pared 3	80	258	338	72	77
Pared 4	63	283	345	72	79

Simetrías en el plano útil
 E_{\min} / E_{\max} : 0.552 (1:2)
 E_{\min} / E_{\max} : 0.412 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $5.79 \text{ W/m}^2 = 1.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 63.00 m^2)



AULA TIPO

Estudio lumínico aula tipo (grande dividida)

Contacto:
Nº de encargo:
Empresa:
Nº de cliente:

Fecha: 18.01.2018
Proyecto elaborado por: INGENIERÍA INSITU

AULA TIPO

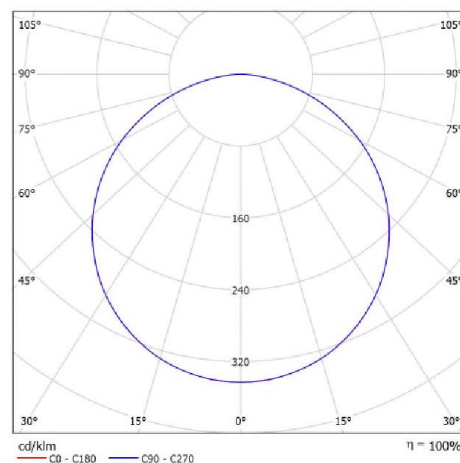
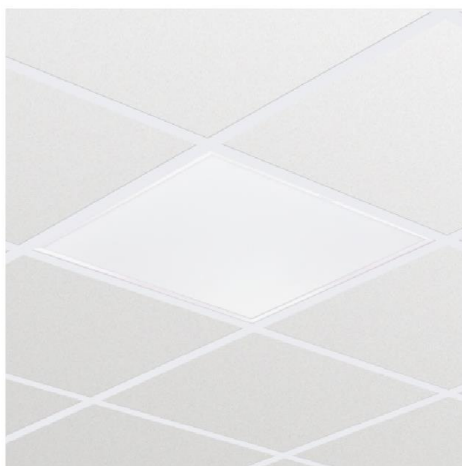

DIALux

18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS RC125B W60L60 1xLED34S/830 NOC / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 78 96 100 100

CoreLine Panel: tecnología LED que proporciona una luz uniforme de excelente calidad. Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La nueva gama de productos LED CoreLine Panel puede emplearse para sustituir las luminarias funcionales en aplicaciones generales de iluminación. Actualmente se encuentra disponible tanto en versión que cumple la normativa para oficinas (OC) como en versión que no cumple dicha normativa (NOC). El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR													
p.Techo		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30	
p.Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	50	
p.Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara						Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
X	Y												
2H	2H	17.1	18.5	17.4	18.7	18.9	17.1	18.5	17.4	18.7	18.9		
	3H	18.7	19.9	19.0	20.2	20.5	18.7	19.9	19.1	20.2	20.5		
	4H	19.3	20.5	19.7	20.8	21.0	19.4	20.5	19.7	20.8	21.1		
	6H	19.8	20.6	20.1	21.1	21.4	19.6	20.9	20.2	21.2	21.5		
	8H	19.9	20.9	20.2	21.2	21.5	19.9	21.0	20.3	21.3	21.6		
	12H	19.9	20.9	20.3	21.2	21.6	20.0	21.0	20.4	21.3	21.7		
4H	2H	17.8	19.0	18.2	19.3	19.5	17.8	19.0	18.2	19.3	19.5		
	3H	19.6	20.6	20.0	20.9	21.2	19.6	20.6	20.0	20.9	21.3		
	4H	20.3	21.2	20.7	21.6	21.9	20.4	21.2	20.8	21.6	22.0		
	6H	20.9	21.6	21.3	22.0	22.4	20.9	21.7	21.4	22.1	22.5		
	8H	21.0	21.7	21.5	22.1	22.6	21.1	21.8	21.6	22.2	22.6		
	12H	21.2	21.6	21.6	22.2	22.6	21.3	21.9	21.7	22.3	22.7		
8H	2H	20.6	21.3	21.1	21.7	22.1	20.7	21.4	21.1	21.8	22.2		
	3H	21.3	21.9	21.8	22.3	22.8	21.4	21.9	21.8	22.4	22.8		
	4H	21.6	22.0	22.0	22.5	23.0	21.6	22.1	22.1	22.6	23.1		
	6H	21.7	22.1	22.2	22.6	23.1	21.8	22.3	22.3	22.7	23.2		
	8H	20.7	21.3	21.1	21.7	22.1	20.7	21.3	21.1	21.7	22.2		
	12H	21.4	21.9	21.8	22.3	22.8	21.4	21.9	21.9	22.4	22.9		
Tabla estándar		BK06						BK06					
Sumando de corrección		4.4						4.5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3400lm flujo luminoso total													

AULA TIPO

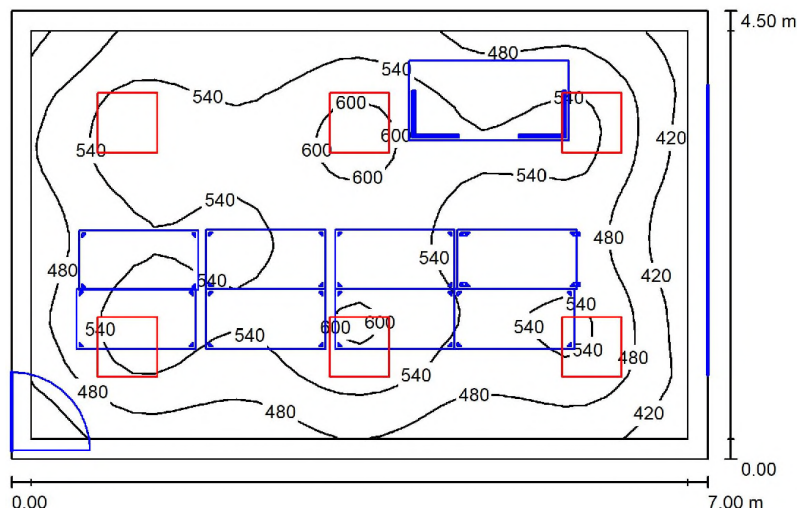


DIALux

18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula tipo / Resumen



Altura del local: 2.600 m, Altura de montaje: 2.600 m

Valores en Lux, Escala 1:58

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	519	372	625	0.717
Suelo	85	335	103	498	0.309
Techo	78	234	57	306	0.243
Paredes (4)	66	353	196	477	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.200 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS RC125B W60L60 1xLED34S/830 NOC (1.000)	3400	3400	41.0
Total:			20400	20400	246.0

Valor de eficiencia energética: $7.81 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 31.50 m^2)

AULA TIPO

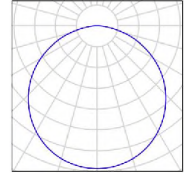

DIALux

18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula tipo / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS RC125B W60L60 1xLED34S/830 NOC
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3400 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3400 lm
Potencia de las luminarias: 41.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 78 96 100 100
Lámpara: 1 x LED34S/830/- (Factor de corrección 1.000).



AULA TIPO


DIALux

18.01.2018

Proyecto elaborado por INGENIERÍA INSITU
Teléfono
Fax
e-Mail

Aula tipo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 20400 lm
Potencia total: 246.0 W
Zona marginal: 0.200 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	318	200	519	/	/
Suelo	149	186	335	85	91
Techo	0.01	234	234	78	58
Pared 1	130	225	355	59	67
Pared 2	104	229	333	72	76
Pared 3	127	230	357	72	82
Pared 4	121	240	361	59	68

Simetrías en el plano útil

 E_{\min} / E_{\max} : 0.717 (1:1)

 E_{\min} / E_{\max} : 0.596 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $7.81 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 31.50 m^2)