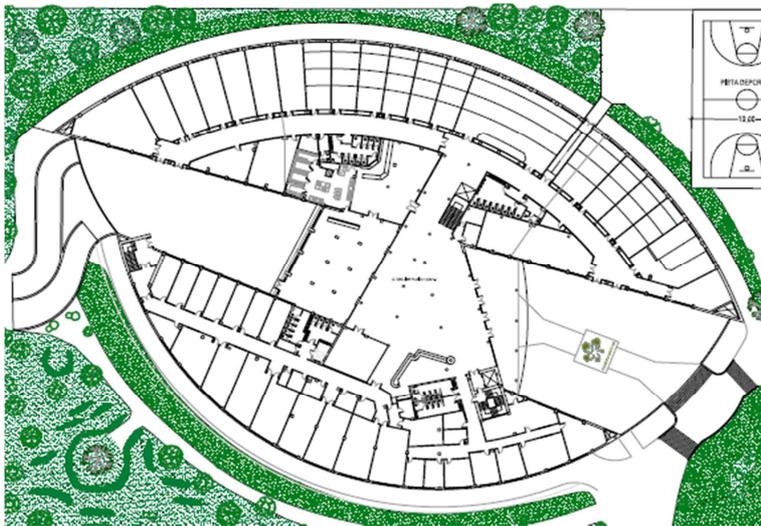


Estudio de eficiencia energética en un edificio docente de uso público

29 jul. 15



PROYECTO FINAL DE GRADO

AUTOR:

PABLO MARTÍNEZ ZAMORA.

TUTOR ACADÉMICO:

Amadeo Pascual Galán. Departamento de física aplicada



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la reducción del consumo energético de un edificio docente de uso público en la localidad de Paterna, Valencia.

Para ello se ha realizado un estudio previo del edificio, analizando sus características y calculando sus pérdidas energéticas para así identificar que aspectos deben de ser mejorados.

Una vez realizados los cambios para mejorar la eficiencia energética del edificio, se han recalculado sus pérdidas energéticas para poder obtener el ahorro energético y económico que estas suponen, estudiando el tiempo de amortización de la inversión necesaria para realizar dichas mejoras.

This work has the objective of reducing the energetic consumption of a public educational institution building located in Paterna, Valencia.

To achieve it, it has been made a preliminary building studio, analyzing its characteristics and calculating its energetic losses to identify what aspects should be improved.

Once changes have been made to improve the building's energetic efficiency, it has been recalculated its losses to get the energetic and economic savings that they will produce, studying the payback time of the investment that has been made.

Palabras clave: eficiencia energética, ahorro energético, energías renovables, sostenibilidad, bajas emisiones.

Key words: energy efficiency, energetic savings, renewable energy, sustainable, low emissions.

ACRÓNIMOS

CTE: Código Técnico de la Edificación

ACS: Agua Caliente Sanitaria

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología

IVACE: Instituto valenciano de competitividad empresarial

AGRADECIMIENTOS

Ha sido un largo y duro camino para llegar donde estoy, y que sin el apoyo de ciertas personas no habría llegado hasta aquí, por ello dedico estas líneas en agradecimiento.

En primer lugar, agradecer a mi pareja, la cual, pese a las dificultades que se nos han podido presentar, me ha dado su apoyo en todo momento, compartiendo tanto las alegrías como los momentos difíciles, aconsejándome y animándome para seguir adelante cuando lo he necesitado.

En segundo lugar, a mi familia, por su apoyo incondicional en todos los aspectos posibles, pero, sobre todo, a mi madre, por su paciencia, interés en mis estudios y sus constantes “empujones” para seguir adelante durante todos estos años, ya que todo ello ha contribuido en gran medida a que hoy este donde estoy.

Por último, a mi tutor académico, Amadeo Pascual Galán, por el interés y tiempo invertido en la tutorización de mi Trabajo Final de Grado, además de compartir conmigo muchas de sus experiencias previas en sus proyectos para otorgarme una visión global a la hora de realizar el mío.

ÍNDICE

1 CONTENIDO

Resumen.....	1
Acrónimos	2
Agradecimientos	3
Índice.....	4
2 Objetivos	7
3 Introducción.....	8
3.1 Situación y emplazamiento.....	8
3.2 Descripción del edificio	9
3.3 Zona climática	12
3.4 Uso actual del edificio	13
3.5 Antecedentes	13
3.5.1 Fotografías previas a la reforma	14
3.5.2 Fotografías posteriores a la reforma:.....	17
4 Toma de datos	19
4.1 Cubierta.....	19
4.1.1 Instalaciones de climatización.....	19
4.1.2 Composición de la cubierta.....	20
4.2 Fachada	22
4.3 Iluminación.....	23
4.3.1 Zona 1. Aulas	23
4.3.2 Zona 2: Pasillos.....	24
4.3.3 Zona 3: Garaje	25
4.3.4 Zona 4: Entrada del edificio.....	26
4.3.5 Zona 6: Perímetro edificio.....	27
4.3.6 Zona 7: Jardín	28
4.4 Agua Caliente sanitaria.....	31
4.5 Red de evacuación	33
4.6 Huecos de fachada	34

5	Calificación energética	35
6	Propuestas de mejora	36
6.1	Aislamiento de cubierta	36
6.1.1	Cálculo de la transmitancia en Invierno	36
6.1.2	Cálculo de la transmitancia en Verano.....	38
6.1.3	Comprobación de cumplimiento con CTE.....	39
6.1.4	Solución de mejora adoptada	39
6.1.5	Inversión inicial.....	40
6.1.6	Ahorro energético	41
6.1.7	Ahorro económico.....	43
6.1.8	Retorno de la inversión	44
6.2	Aislamiento en fachada	45
6.2.1	Cálculo de la transmitancia en Invierno	45
6.2.2	Cálculo de la transmitancia en verano	46
6.2.3	Comprobación de cumplimiento con CTE.....	47
6.2.4	Solución de mejora adoptada.	48
6.2.5	Inversión inicial.....	49
6.2.6	Ahorro energético	49
6.2.7	Ahorro económico	51
6.2.8	Retorno de la inversión	52
6.3	Cambio de la Iluminación	54
6.3.1	Solución de mejora adoptada	55
6.3.2	Garaje	57
6.3.3	Cafetería	60
6.3.4	Aulas	62
6.3.5	Entrada principal	67
6.3.6	Jardín	69
6.3.7	Contorno del edificio.....	71
6.3.8	Inversión total y amortización.....	73
6.4	Placas fotovoltaicas.....	74
6.4.1	Zonas a abastecer.....	74
6.4.2	Cálculo Potencia Total y Coste	75
6.4.3	Cálculo placas	76
6.4.4	Amortización	76

6.5	Placas solares	78
6.5.1	Cálculo demanda de ACS.....	78
6.5.2	Contribución solar mínima	80
6.5.3	Coste del consumo	81
6.5.4	Inversión.....	82
6.5.5	Retorno de la inversión	83
6.6	Recogida de aguas pluviales.....	84
6.6.1	Cálculo de las aguas recogidas	85
6.6.2	Ahorro	86
6.6.3	Inversión.....	86
6.6.4	Retorno de la inversión	87
6.7	Huecos de fachada	89
6.7.1	Solución escogida	89
6.7.2	Ahorro económico.....	91
6.7.3	Cálculo de la inversión necesaria y retorno	92
7	Inversión y amortización total.....	94
7.1	Inversión total	94
7.2	Amortización	95
8	Calificación energética final	96
9	Conclusiones	97
10	Referencias bibliográficas	98
11	Índice de figuras.....	99
Anexo 1	103
Anexo 2	104
Anexo 3	105

2 OBJETIVOS

El objetivo del presente proyecto es el de reducir el consumo energético de un edificio de uso público en la localidad de Paterna, Valencia.

Con ello se pretende adaptar a la normativa y rentabilizar las mejoras energéticas económicamente, de tal manera que sean amortizables en un periodo de tiempo razonable.

Por lo tanto, este proyecto solo se realizará en un futuro si la propiedad lo considera rentable económicamente.

Para ello, el presupuesto tiene que estar en consonancia con la rentabilidad y el tiempo de retorno de la inversión, analizando detalladamente que aspectos son los que realmente deben de ser mejorados, tanto por el gasto energético que suponen como por su viabilidad a la hora de llevarlos a cabo, realizando un estudio económico a posteriori para calcular el tiempo de retorno de dicha inversión inicial.

Este trabajo deberá de tratar los temas antes mencionados de forma clara y concisa, desmenuzando cada una de sus partes de forma detallada para facilitar la toma de decisiones del cliente a la hora de realizar este proyecto, dándole la posibilidad de que realice todo el conjunto de medidas o solo las que a él le interesen, enfatizando de forma clara el ahorro energético que dichas medidas suponen y el tiempo de retorno de la inversión a realizar.

3 INTRODUCCIÓN

3.1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.

El edificio objeto de estudio está situado en la avenida Benjamin Franklin Nº 18, en el parque tecnológico de Paterna, Valencia.

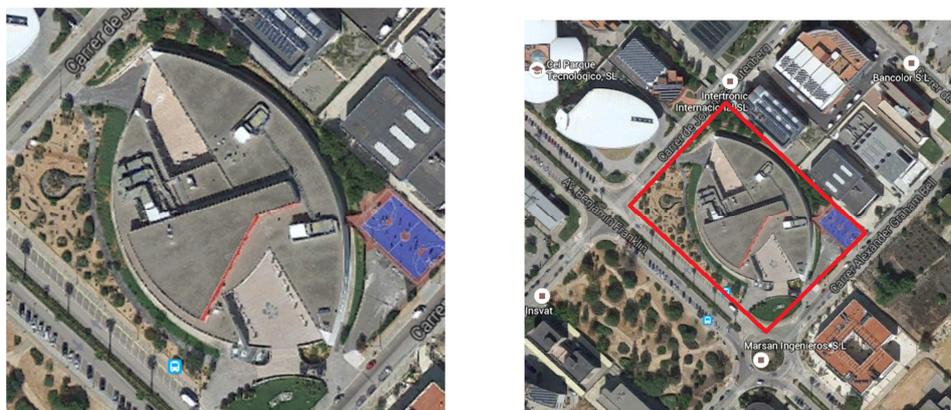


Figura 1. Plano de emplazamiento

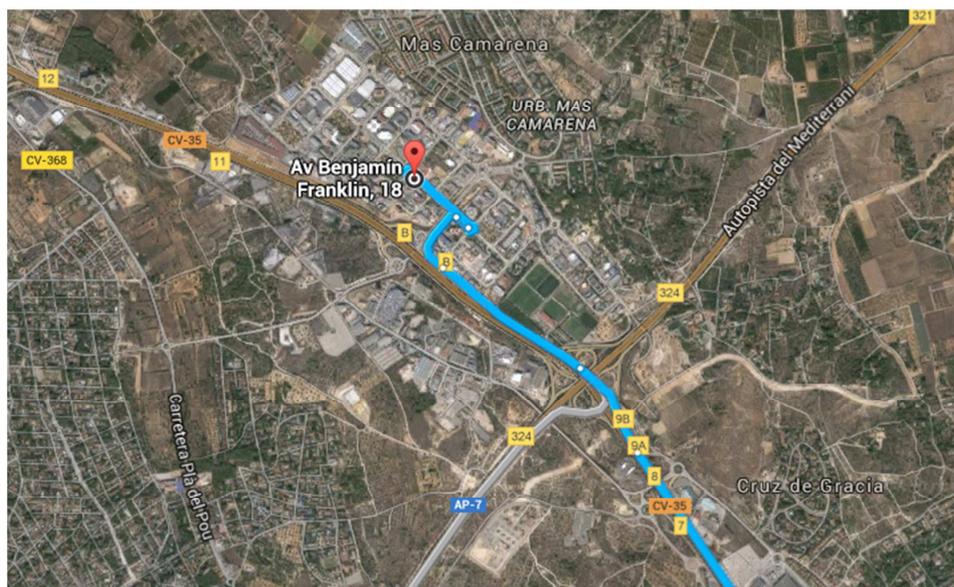


Figura 2. Plano de situación

El acceso a la zona desde Valencia se realiza a través de la Autovía de Ademuz (CV- 35), tomando la salida 9A, a una distancia de unos 13 kilómetros del centro de Valencia.

Su orientación principal es Este/Oeste, estando su entrada en la zona sur del edificio.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio está situado en un solar rectangular, con una superficie de 14.000 m² y una pendiente aproximada de un 4%. La parcela está completamente urbanizada, dotada de todos los servicios necesarios para ello.

La edificación está formada por tres plantas (PB+II), las cuales están principalmente destinadas a la actividad docente.

En planta baja, además de aulas, se sitúa el garaje exclusivo para personal y alumnos del centro, con acceso directo desde él al resto de zonas de distinto uso del edificio.

La entrada principal del edificio está en la primera planta, a la cual se accede desde unas escaleras que arrancan en el jardín. En dicha planta se sitúa el hall/recepción, la cafetería y comedor y el resto de aulas.

La última planta, de menor superficie, es diáfana y actualmente no tiene ningún uso, estando completamente desocupada.

En su exterior cuenta con una gran superficie ajardinada, además de zona de juegos y pista deportiva.

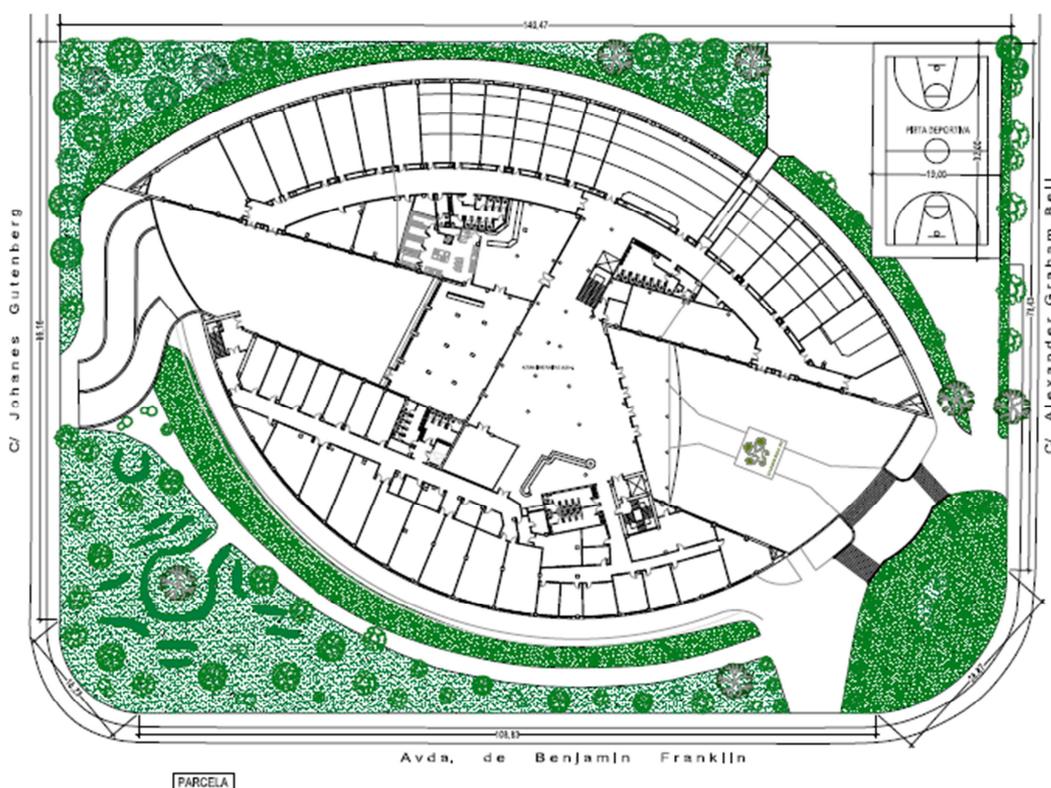


Figura 3. Plano de parcela

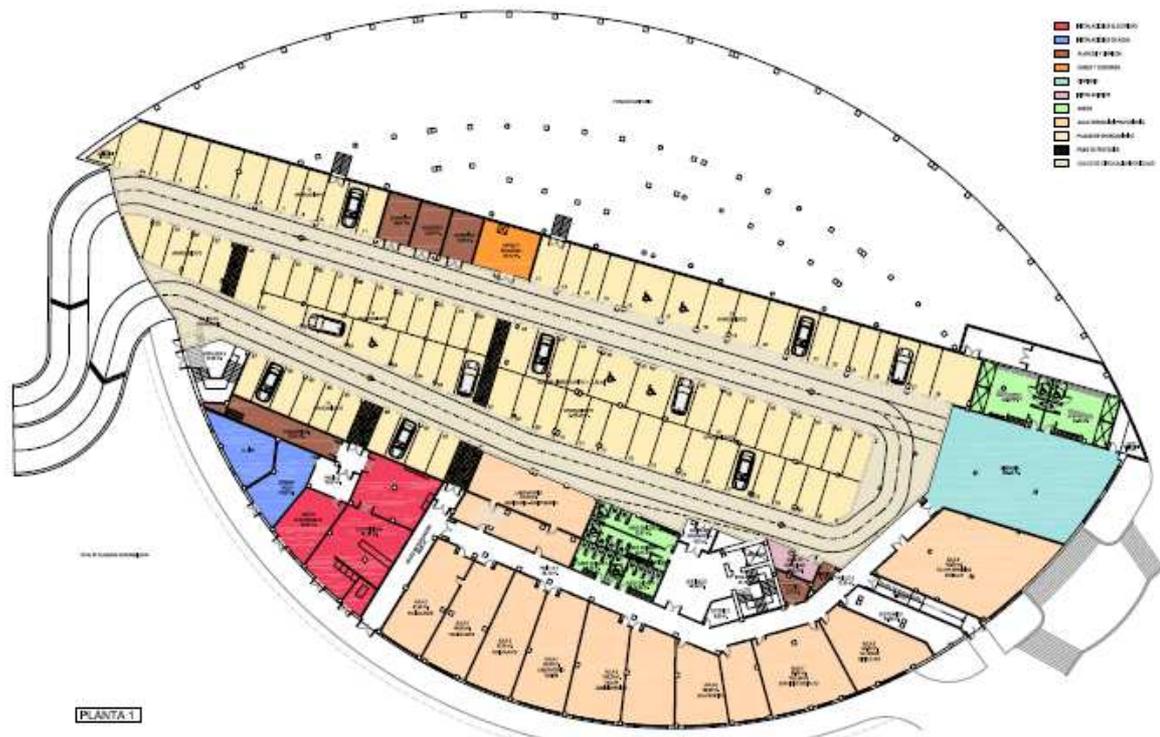


Figura 4. Plano planta 1

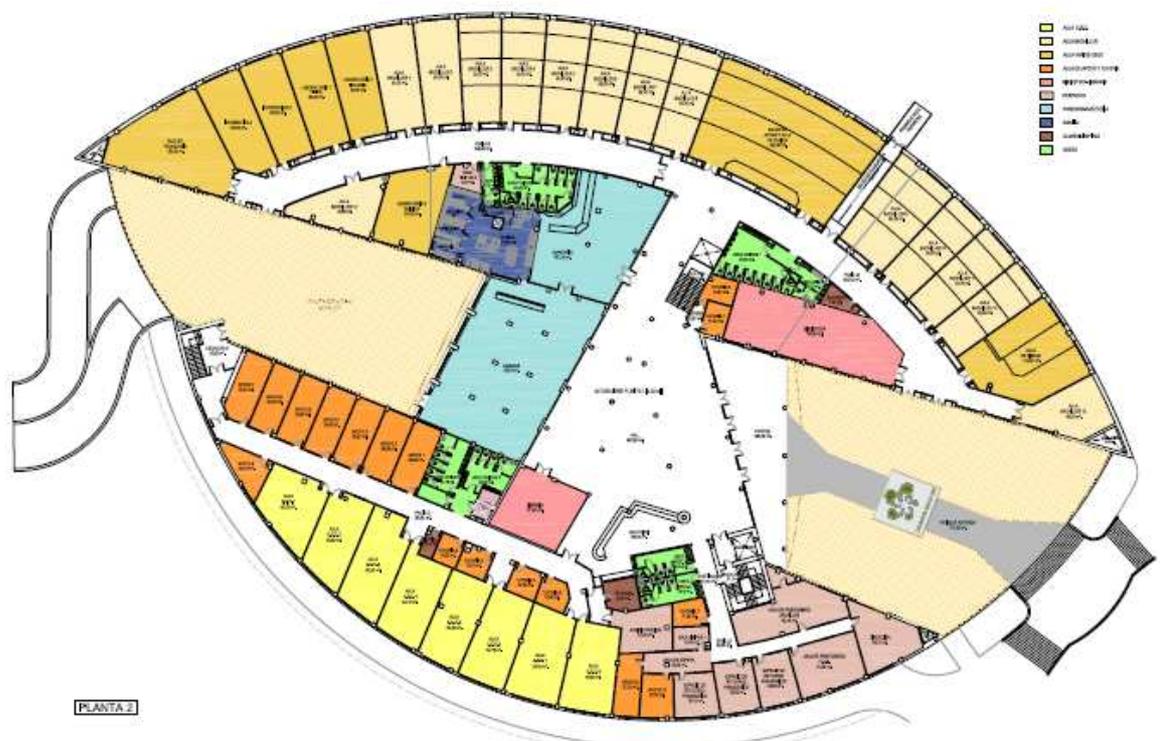


Figura 5. Plano planta 2

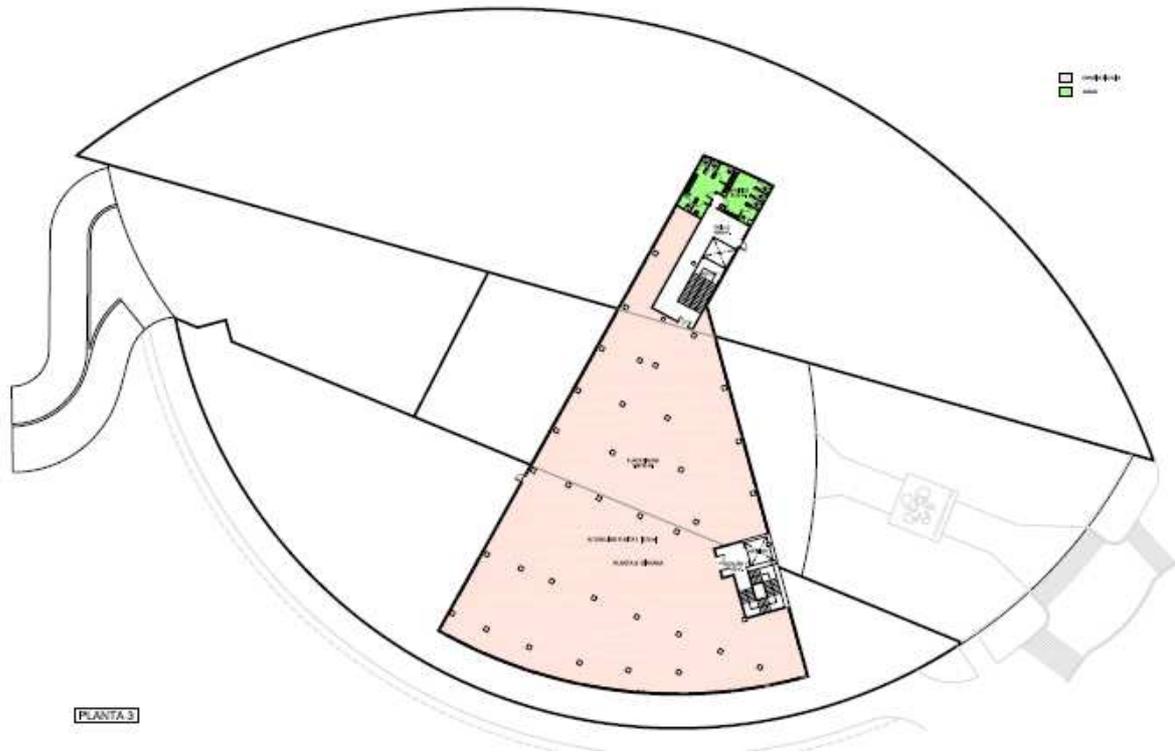


Figura 6. Plano de cubierta

3.3 ZONA CLIMÁTICA

Para saber la zona climática del edificio, la norma de referencia es el CTE DB- HE.

Primero, hay que obtener la zona climática y la altitud de la capital más cercana, que es Valencia.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1

Figura 7. Tabla de clasificación zonas climáticas.2013. CTE

Valencia se sitúa en la zona climática B3

El presente edificio, aunque se encuentra en el término municipal de Paterna, físicamente está muy cerca de la localidad de Bétera, con lo que tomaremos su altitud como referencia para saber la zona climática del edificio.

La Altitud de Bétera es de 125 m.

Han de restarse ambas altitudes y, según su diferencia, obtendremos la zona climática correspondiente.

$$125 \text{ m} - 8 \text{ m} < 200 \text{ m.}$$

Como la diferencia entre ambas altitudes es menor a 200 m., la zona climática que se toma como referencia para el edificio del proyecto es la de la capital.

Con lo que estamos en **Zona Climática B3.**

Estos datos servirán para comprobar si los cálculos de transmitancia obtenidos de la envolvente del edificio cumplen con los mínimos establecidos para cada zona climática por el CTE.

3.4 USO ACTUAL DEL EDIFICIO

Actualmente el edificio está destinado a la enseñanza primaria, secundaria y de formación profesional, estando en funcionamiento prácticamente el año entero, ya que se ofrecen diversos cursos de verano para estudiantes de diferentes edades.

Por lo anteriormente mencionado, el gasto energético es muy elevado dado su amplio horario de funcionamiento y el gran tamaño de sus instalaciones.

Con lo cual, este estudio adquiere una gran importancia, ya que las posibilidades de ahorrar energéticamente son muy grandes, pudiendo significar un cambio drástico desde el punto de vista económico y medioambiental.

3.5 ANTECEDENTES

Su construcción se realizó en el año 1992, y su destino original era ser un centro de estudios universitarios, pero, debido a los graves errores cometidos en la fase de ejecución y las graves patologías que ello conllevó, quedó cerrado y abandonado hasta años después que fue reabierto.

En el año 2012, un nuevo propietario adquirió el inmueble con el objetivo de convertirlo en un centro de estudios preuniversitarios, debiendo, para ello, ser reformado por completo para adaptar la construcción a la normativa vigente y que fuera apto para el uso al que estaba destinado.

La zona más dañada sobre la que hubo que actuar fue la fachada, la cual quebró por numerosas zonas debido a la falta de juntas de dilatación, en pavimentos y fachadas, y, en algunas zonas, también afectó la excesiva flecha de los forjados.

Está flecha excesiva no fue prevista en el proyecto ya que durante la fase de ejecución se eliminaron pilares, lo que aumento dicha flecha y produjo un empuje excesivo en la fachada.

3.5.1 Fotografías previas a la reforma



Figura 8. Patología 1



Figura 9. Patología 2



Figura 10. Patología 3



Figura 11. Patología 4



Figura 12. Patología 5



Figura 13. Patología 6

3.5.2 Fotografías posteriores a la reforma:



Figura 14. Exterior 1



Figura 15. Exterior 2



Figura 16. Exterior 3



Figura 17. Exterior 4

4 TOMA DE DATOS

El primer paso para el desarrollo de este trabajo, una vez recopilada toda la información posible sobre él, ha sido realizar una visita al edificio, para la recopilación de datos referentes al estado actual, sus instalaciones y patologías existentes, para así estudiar qué aspectos deben o pueden mejorarse para incrementar la eficiencia energética de este edificio.

4.1 CUBIERTA

El primer lugar a visitar fue la cubierta, ya que suele ser un punto crítico en los edificios y que su frecuente mala ejecución es un nido de patologías y fuga de energía, lo cual produce muchas pérdidas económicas a los propietarios de los inmuebles disminuyendo el confort térmico en el interior de los edificios.

En este caso, se trata de una cubierta no transitable invertida, con acabado de grava, en la cual se sitúan las instalaciones de climatización, consistente en una enfriadora para refrigeración/calefacción de las distintas zonas del edificio.

4.1.1 Instalaciones de climatización

La climatización del edificio, tanto en invierno como en verano se realiza con una enfriadora tipo bomba de calor de la marca Daikin, modelo EWYQ-GZ, con una potencia de 247 a 580 Kw.

Se trata de un modelo relativamente nuevo, con buenas prestaciones de rendimiento y eficiencia energética comparando con otras marcas comerciales, con lo cual se ha decidido no realizar ningún cambio en este aspecto.



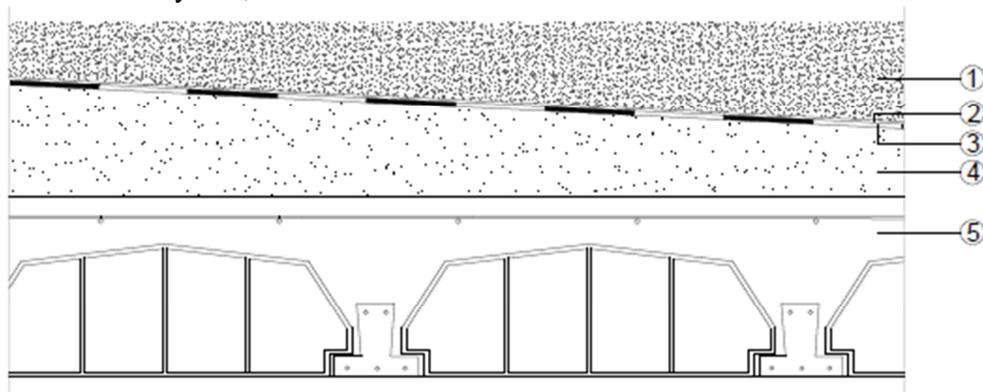
Figura 18. Enfriadora Daikin

4.1.2 Composición de la cubierta

Tras la inspección visual de la cubierta y preguntas al encargado de mantenimiento sobre ella, se detectó un problema y posible punto de mejora en ella:

La cubierta no posee ningún tipo de aislamiento térmico, siendo su composición la siguiente:

1. Acabado: capa de grava, $e=10$ cm
2. Filtro geotextil.
3. Lámina asfáltica impermeable, $e=0,003$ m
4. Hormigón celular, $e=20$ cm
5. Losa de hormigón, $e=20$ cm
6. Enlucido de yeso, $e=2$ cm



- ① Capa de grava
- ② Filtro geotextil
- ③ Lámina asfáltica impermeable
- ④ Hormigón celular
- ⑤ Losa de hormigón

Figura 19. Esquema de cubierta



Figura 20. Cubierta invertida 1



Figura 21. Cubierta invertida 2

Tras detectar este problema, se calculará si la transmitancia de la cubierta cumple con los mínimos exigidos por el CTE, estudiando el añadir una capa de aislamiento térmico para evitar una excesiva fuga de energía a través de ella.

4.2 FACHADA

Se ha proseguido con el estudio de fachada, tratándose de una fachada de una hoja de ladrillo panal del 11, con acabado monocapa en su exterior, una cámara de 4cm rellena con aislante tipo fibra de vidrio y con acabado interior de placas de yeso laminado.

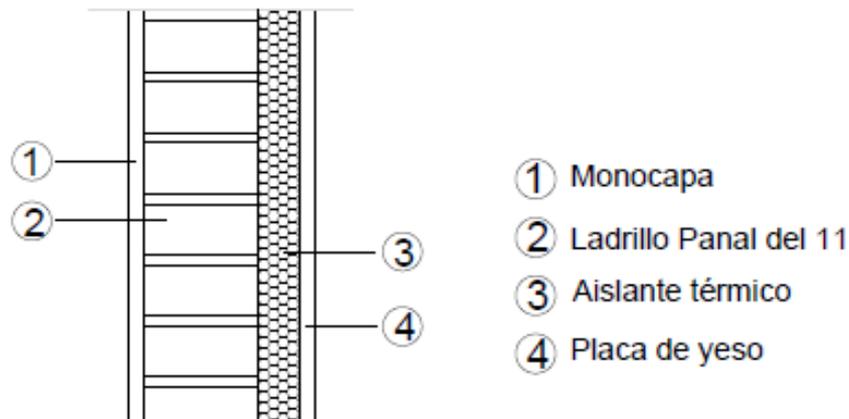


Figura 22. Esquema de fachada

Aunque no se detecta ningún problema grave, se estudiará el añadir aislamiento térmico, por su cara interior o por la exterior, para mejorar el aislamiento que, al ser una fachada de poco espesor, no será muy elevado.

4.3 ILUMINACIÓN

Dependiendo de la zona del edificio, se usa un tipo de iluminación u otra, aunque la más usada es la fluorescente, a través de tubos de distintos tamaños según la estancia a iluminar.

A continuación se explica la iluminación de las principales zonas del edificio:

4.3.1 Zona 1. Aulas

Las aulas están iluminadas con pantallas fluorescentes, de 3 o 4 tubos, siendo el número de estas bastante elevado:



Figura 23. Iluminación aulas 1



Figura 24. Iluminación aulas 2

4.3.2 Zona 2: Pasillos

Los pasillos se iluminan con apliques redondos de bombillas incandescentes:



Figura 25. Iluminación pasillo

4.3.3 Zona 3: Garaje

El garaje está iluminado con pantallas de dos tubos fluorescentes, de las cuales 18 están permanentemente encendidas, mientras las otras solo se encienden si alguien pulsa el interruptor:



Figura 26. Iluminación garage 1

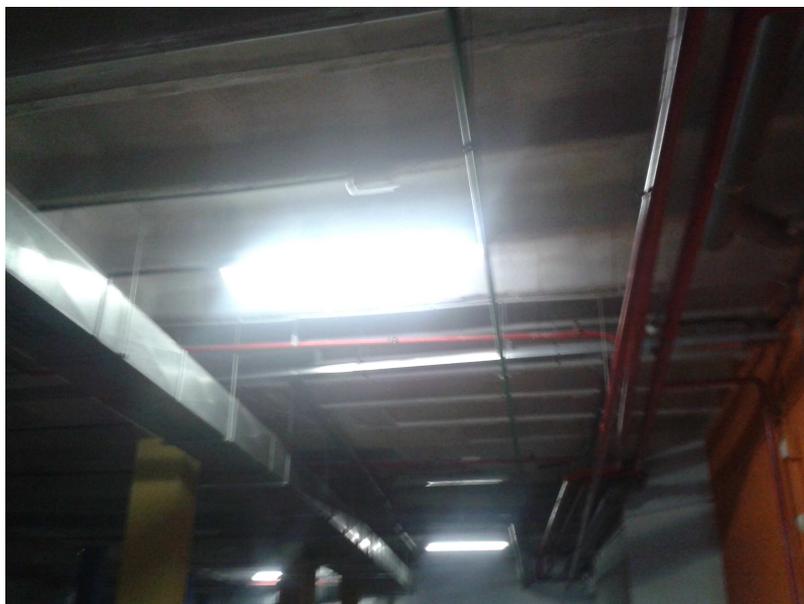


Figura 27. Iluminación garage 2

4.3.4 Zona 4: Entrada del edificio

En la zona de la entrada se disponen 8 focos halógenos los cuales están encendidos en las horas de oscuridad ininterrumpidamente:



Figura 28. Iluminación exterior 1



Figura 29. Iluminación exterior 2

4.3.5 Zona 6: Perímetro edificio

En su perímetro, el edificio está rodeado de iluminación la cual consiste en puntos de luz para exteriores con bombillas incandescentes, las cuales, como en el caso anterior, están todas las horas nocturnas encendidas.

El número total de puntos de luz es de 21 unidades, repartidas de forma uniforme en todo el perímetro.



Figura 30. Iluminación exterior 3

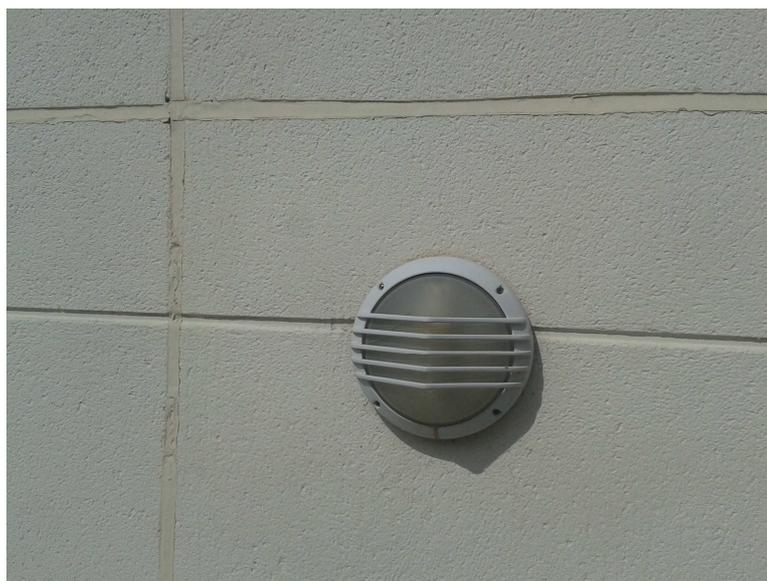


Figura 31. Iluminación exterior 4



Figura 32. Iluminación exterior 5

4.3.6 Zona 7: Jardín

El edificio está dotado con un amplio jardín el cual tiene ciertas zonas iluminadas durante toda la noche.

Consiste en 6 focos halógenos los cuales alumbran las zonas y árboles más importantes.



Figura 33. Iluminación jardín 1



Figura 34. Iluminación jardín 2



Figura 35. Iluminación jardín 3



Figura 36. Iluminación jardín 4

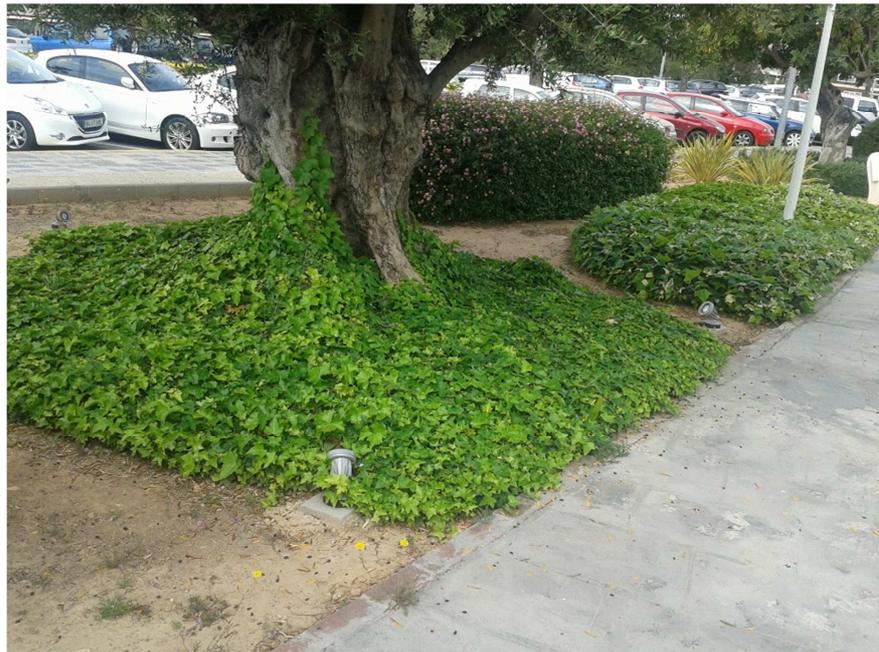


Figura 37. Iluminación jardín 5

4.4 AGUA CALIENTE SANITARIA

En la planta baja, junto al garaje, se encuentra la sala de calderas, en las cuales están instaladas dos calderas de gas natural y sus respectivos depósitos, de la casa comercial Vaillant, modelo ecoTEC plus 656 con las siguientes características:

Potencia para calefacción (60/80° C°)= 14-64 Kw

Potencia ACS para carga acumulador= 65 Kw

Modelo	Rango de modulación de potencia útil (kW)	Tipo de gas	Incluye	Referencia	Precio EUR
ecoTEC plus 466 VM ES 466/4-5	12-44 44	Natural (H)	Las referencias 251 xxxx incluyen: · Conexión de gas · Llaves de corte · Bomba de alta eficiencia y las conexiones para la misma (para 80-100-120 kW). Bomba integrada en caldera para 45 y 65 kW · Válvula de seguridad a elegir entre 4 ó 6 bar (80-100-120 kW) Válvula de seguridad de 3 bar suministrada para 45 y 65 kW No incluyen: · Accesorios de salida de gases · Aislantes para las llaves de corte ni para conexiones con bomba · Llave de gas · Vaso de expansión (viene conexión para el mismo en las conexiones suministradas)	00 1000 4148	3.380
				251 5148	3.529
ecoTEC plus 656 VM ES 656/4-5	14-64 65	Natural (H) ¹⁾		00 1000 4149	4.527
				251 5149	4.676
ecoTEC plus 806 VM ES 806/5-5	15-75 76	Natural (H)		00 1001 0761	4.203
				251 0761	5.019
ecoTEC plus 1006 VM ES 1006/5-5	19-93 95	Natural (H)		00 1001 0774	5.077
				251 0774	5.984
ecoTEC plus 1206 VM ES 1206/5-5	22-112 114	Natural (H)		00 1001 0786	5.604
				251 0786	6.475

1) No homologada para propano
 * 80, 100 y 120 kW

■ Potencia Calefacción (80/60 °C) ■ Potencia ACS Carga acumulador

Figura 38. Características de caldera.2015.Vaillant.es



Figura 39. Calderas 1



Figura 40. Calderas 2

Aunque es un modelo bastante eficiente energéticamente, se estudiará el añadir placas solares como apoyo a las calderas para obtener el mayor ahorro posible.

4.5 RED DE EVACUACIÓN

Se trata de un sistema de evacuación mixto, en el cual, las bajantes de pluviales y fecales están separadas, pero evacúan las aguas al mismo colector, con lo que no puede aprovecharse el agua de lluvia recogida de la cubierta.

Teniendo en cuenta los más de 5000 metros cuadrados que tiene la cubierta y con ello, la posibilidad de recoger grandes cantidades de agua, así como el gran gasto de agua que el edificio tiene, se está desaprovechando una oportunidad de ahorro muy grande, haciendo un gasto innecesario de agua en una zona donde las sequías abundan.

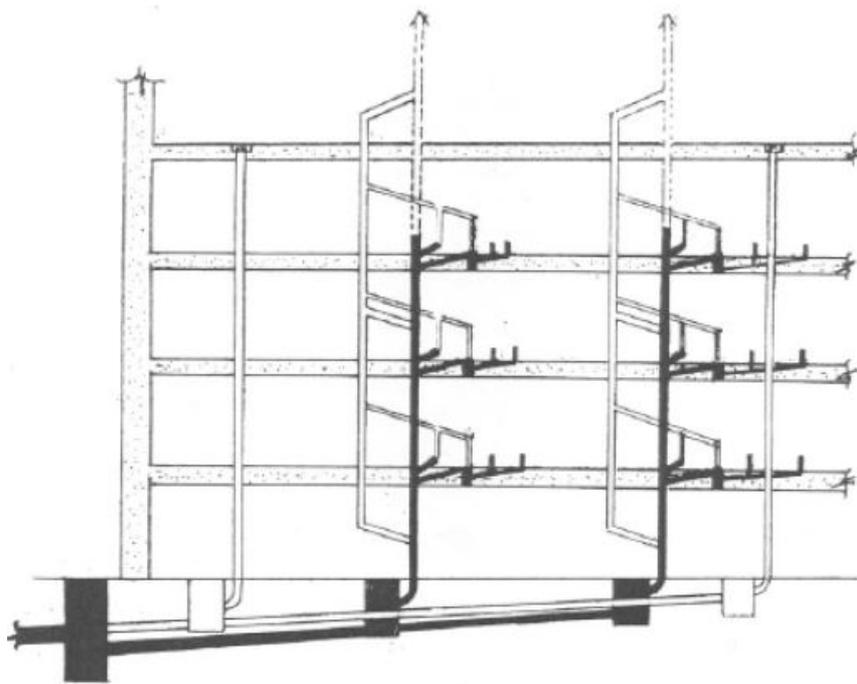


Figura 41. Esquema red de evacuación mixta

4.6 HUECOS DE FACHADA

La mayor parte de las ventanas tienen una orientación Este/Oeste, estando compuestas de carpintería de aluminio con doble cristal, abatibles, sin rotura del puente térmico y oscurecimiento con persianas de PVC.

Dada su orientación, composición y la falta de una protección efectiva frente al sol, la fuga de energía es muy elevada en estas ventanas, estando totalmente expuestas al sol tanto por la mañana como por la tarde, lo cual afecta considerablemente al confort térmico dentro de las aulas de estudio.



Figura 42. Huecos de fachada 1



Figura 43. Huecos de fachada 2

5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Con los datos anteriormente obtenidos se procederá a la calificación energética del edificio.

El programa a usar será el CE3X.

Los resultados obtenidos son los siguientes:



Figura 44. Calificación energética inicial

Obtenemos una letra E, una calificación energética baja que se va a tratar de mejorar para ahorrar la máxima energía posible.

6 PROPUESTAS DE MEJORA

6.1 AISLAMIENTO DE CUBIERTA

Como anteriormente se ha mencionado, la cubierta no transitable invertida con acabado de grava, no posee ningún tipo de aislamiento térmico, aspecto importante que puede afectar a la pérdida de energía de forma considerable.

Como primer paso, se ha calculado la transmitancia actual de la cubierta.

Para ello, se ha considerado los tres meses de invierno con temperaturas más frías y los tres meses de verano con temperaturas más elevadas.

6.1.1 Cálculo de la transmitancia en Invierno

Para este cálculo se han considerado las horas más frías del día durante el horario de apertura del centro en los tres meses más fríos de invierno.

El horario de apertura es a las 7:00 AM y su cierre a las 10:00 PM.

Las horas más frías se dividen en dos intervalos:

- De 7:00 AM a 10:00 AM.
- De 7:00 PM a 10:00 PM.

El total de horas más frías al día es de 6, donde se considera una temperatura ambiente exterior de 5° C.

La temperatura interior estimada para un confort térmico adecuado es de 22 ° C.

	espesor e	cond. Térmica λ	res. Térmica Rt	grad T ΔT	temp T	
aire interior					22	
superficie interior			0,13	1,55	20,45	
Enlucido de yeso	0,02	0,3	0,07	0,80	19,65	
losa de hormigón	0,2	1,63	0,123	1,46	18,19	
hormigón celular	0,2	0,2	1,00	11,93	6,26	
impermeabilización asfáltica	0,003	0,19	0,0158	0,19	6,07	
fieltro separador	0,005			0,00	6,07	Se desprecia
grava	0,1	2	0,050	0,60	5,48	
superficie exterior			0,04	0,48	5,00	
aire exterior					5	
		Rt Total=	1,425			

Figura 45. Tabla de transmitancia inicial en invierno de cubierta

$$U_t = 1/R_t = 0,70 \quad \text{W/m}^2$$

$$\text{Flujo calor (qt)} = 11,93 \quad \text{W/m}^2 \text{ h}$$

El flujo de calor obtenido es de 11,93 W/m² h

6.1.2 Cálculo de la transmitancia en Verano

Para este cálculo se han considerado las horas de más calor del día durante el horario de apertura del centro en los tres meses más calurosos del verano.

Teniendo en cuenta el horario antes mencionado obtenemos un intervalo de horas calurosas de:

- 11:00 AM a 5:00 PM.

El total de horas es de 6, donde se considera una temperatura ambiente exterior de 37 ° C.

La temperatura interior estimada para un confort térmico adecuado es de 20 ° C.

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					20
superficie interior			0,13	1,55	21,55
Enlucido de yeso	0,02	0,3	0,07	0,80	22,35
losa de hormigón	0,2	1,63	0,123	1,46	23,81
hormigón celular	0,2	0,2	1,00	11,93	35,74
impermeabilización asfáltica	0,003	0,19	0,0158	0,19	35,93
fieltro separador	0,005			0,00	
grava	0,1	2	0,050	0,60	36,52
superficie exterior			0,04	0,48	37,00
aire exterior					37
			Rt Total=	1,425	

Se desprecia

Figura 46. Tabla de transmitancia inicial en verano de cubierta

$$U_t = 1/R_t = 0,70 \quad \text{W/m}^2$$

$$\text{Flujo calor (qt)} = 11,93 \quad \text{W/m}^2 \text{ h}$$

Se obtiene un flujo de calor en verano de 11,93 W/m² h

6.1.3 Comprobación de cumplimiento con CTE

El CTE marca, para la zona climática B3, las siguientes transmitancias máximas de la envolvente del edificio:

ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

Figura 47. Transmitancias máximas de envolvente.2013. CTE

Para cubiertas marca una $U_{m\acute{a}x} = 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Comparando con los resultados anteriormente obtenidos, vemos que no cumple con el máximo permitido por la norma ya que nuestra U es de $0,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

6.1.4 Solución de mejora adoptada

Para adaptar nuestro edificio a la normativa vigente, más concretamente al CTE DB HE, habrá que mejorar el aislamiento térmico de la cubierta para disminuir su transmitancia y que esta tenga un valor inferior al que marca la normativa.

Para ello, se ha decidido añadir una capa de material aislante, el cual, como ya se ha mencionado, es inexistente en la cubierta.

Dado que se trata de una cubierta pesada invertida, se ha escogido como material aislante placas de Poliestireno Extruido, por adaptarse muy bien a esta situación.

Sus principales características son:

- Es un material rígido extruido con una estructura celular cerrada.
- Su resistencia contra el agua es muy elevada, teniendo un grado de absorción casi nulo, tanto por inmersión como por difusión, siendo una cualidad indispensable en cubiertas invertidas.
- Tiene una gran resistencia mecánica, lo cual es una ventaja dado que nuestra cubierta tiene un acabado pesado de grava.
- Puede usarse dentro de un amplio margen de temperaturas, que abarca desde $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$, sin sufrir ninguna deformación.

Se ha seleccionado el aislante térmico de poliestireno extruido de la casa comercial Terrapilar, el cual posee una conductividad térmica de $0,034\text{ W/m}^2$ para un espesor de 30 a 60 mm.

CUADRO TÉCNICO					
Conductividad térmica ($\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{K}$) a 10°C	Resistencia a la compresión min. 10% (KPa)	Reacción al fuego	Absorción de agua (%)	Tolerancias espesor (mm)	Superficie
0,034 (30-60 mm)	300	E	$\leq 0,7$	+2/-2 ($< 50\text{mm}$)	Lisa
0,036 ($> 60\text{ mm}$)				+ 3/2 ($\geq 50\text{mm}$)	

Figura 48. Transmitancia poliestireno extruido.2015.Terrapilar.es

6.1.5 Inversión inicial

El coste del Poliestireno extruido XPS es de **6,25 €/m²**

Con una superficie de cubierta de 5045 m^2 , el coste total será = **31.530,38 €**

A continuación se calculará el ahorro energético que supone añadir una capa aislante de Poliestireno extruido en la cubierta, para, a continuación, determinar el tiempo de retorno de esta inversión y valorar su rentabilidad.

6.1.6 Ahorro energético

El ahorro energético obtenido es el siguiente:

En invierno

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					22
superficie interior			0,13	0,75	21,25
enlucido de yeso	0,02	0,3	0,067	0,38	20,87
Losa de hormigón	0,2	1,63	0,123	0,71	20,16
hormigón celular	0,2	0,2	1,00	5,77	14,39
impermeabilización asfáltica	0,003	0,19	0,016	0,09	14,29
fieltro separador	0,005			0,00	14,29
grava	0,2	2	0,1	0,58	13,72
poliestireno extruido XPS	0,05	0,034	1,47	8,49	5,23
superficie exterior			0,04	0,23	5,00
aire exterior					5
			Rt Total=		
			2,946		

Figura 49. Tabla transmitancia final de cubierta en invierno

$U_t=1/R_t=$ **0,34** W/m²

Flujo calor (qt)= **5,77** W/m² h

Ahorro= 6,16 W/m² h

En verano:

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					20
superficie interior			0,13	0,75	20,75
enlucido de yeso	0,02	0,3	0,067	0,38	21,13
Losa de hormigón	0,2	1,63	0,123	0,71	21,84
hormigón celular	0,2	0,2	1,00	5,77	27,61
impermeabilización asfáltica	0,003	0,19	0,016	0,09	27,71
fieltro separador	0,005			0,00	27,71
grava	0,2	2	0,1	0,58	28,28
poliestireno extruido XPS	0,05	0,034	1,47	8,49	36,77
superficie exterior			0,04	0,23	37,00
aire exterior					37
		Rt Total=	2,946		

Figura 50. Tabla transmitancia final de cubierta invierno

$U_t=1/R_t=$ **0,34** W/m² K
Flujo calor (qt)= 5,77 W/m² h

Ahorro= 6,16 W/m² h

6.1.7 Ahorro económico

El resultado final es un ahorro energético por cada hora de 6,16 W/m².

Con los siguientes datos se calculará el ahorro económico total anual de esta mejora:

- Calor ahorrado total a la hora:

$$Q_{\text{Total}} = Q/m^2 \times m^2_{\text{cubierta}} = 6,16 \text{ W/m}^2 \text{ h} \times 5045 \text{ m}^2 =$$

$$= \mathbf{31.063,65 \text{ W/h} = 31,06 \text{ Kw/h}}$$

- Coste Kw/h= **0,122183 €/h**
- En este cálculo se ha considerado el ahorro durante 6 meses al año, correspondientes a 3 meses de verano y tres de invierno, con lo que se estiman **180 días**, de los cuales se ha analizado un intervalo de **6 horas** con las temperaturas más desfavorables, dando un total de **1.080 horas/ año**.

$$\text{Ahorro a la hora} = \text{Coste Kw/h} \times Q_{\text{Ahorrado}} = 0,122183 \times 31,06 = \mathbf{3,80 \text{ €/h}}$$

$$\mathbf{AHORRO ANUAL} = \text{Ahorro/h} \times \text{horas/anuales} = 3,80 \times 1.080 = \mathbf{4.099,09 \text{ €}}$$

6.1.8 Retorno de la inversión

Con una inversión inicial de **31.530,38 €** y un ahorro anual de **4.099,09 €** el tiempo de retorno de la inversión será de:

$31.530,38 / 4.099,09 = 7,69$ años = **7 años 252 días.**

Como se observa en las siguientes tablas y gráficas, en el año 8 ya se obtienen beneficios de la mejora realizada, amortizándose en un plazo asequible menor de 10 años:

Balance inversión	- 31.530,38 €
Año 1	- 27.431,29 €
Año 2	- 23.332,20 €
Año 3	- 19.233,12 €
Año 4	- 15.134,03 €
Año 5	- 11.034,95 €
Año 6	- 6.935,86 €
Año 7	- 2.836,78 €
Año 8	1.262,31 €
Año 9	5.361,39 €
Año 10	9.460,48 €

Figura 51. Tabla retorno inversión de cubierta

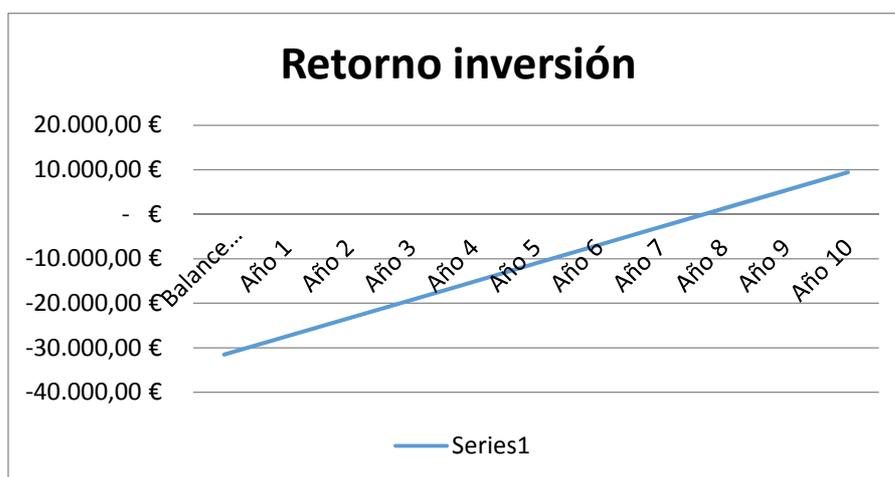


Figura 52. Gráfica retorno inversión de cubierta

6.2 AISLAMIENTO EN FACHADA

El principal problema de la fachada es que es de una sola hoja, lo cual puede afectar a la capacidad de aislar térmicamente el edificio.

Con el mismo procedimiento que en el apartado anterior, se va a analizar la transmitancia de fachada, considerando las mismas temperaturas y los mismos meses del año en el cálculo.

6.2.1 Cálculo de la transmitancia en Invierno

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					22
superficie interior			0,13	1,39	20,61
placa de yeso laminado	0,015	0,25	0,06	0,64	19,97
aislante fibra de vidrio	0,04	0,04	1	10,69	9,28
L. panal del 11	0,115	0,35	0,329	3,51	5,77
monocapa	0,015	0,47	0,032	0,34	5,43
superficie exterior			0,04	0,43	5,00
aire exterior					5
		Rt Total=	1,590		

Figura 53. Tabla de transmitancia inicial en invierno de fachada

$$U=1/Rt= \quad \mathbf{0,629 \text{ W/m}^2 \text{ K}}$$

$$\text{Flujo calor (qt)}= \quad \mathbf{10,69 \text{ W/m}^2}$$

Se obtiene un flujo de calor en invierno de **10,69 W/m² h**

6.2.2 Cálculo de la transmitancia en verano

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					20
superficie interior			0,13	1,39	18,61
placa de yeso laminado	0,015	0,25	0,06	0,64	17,97
aislante fibra de vidrio	0,04	0,04	1	10,69	7,28
L. panal del 11	0,115	0,35	0,329	3,51	3,77
monocapa	0,015	0,47	0,032	0,34	3,43
superficie exterior			0,04	0,43	3,00
aire exterior					37
		Rt Total=	1,590		

Figura 54. Tabla de transmitancia inicial en verano de fachada

$$U=1/Rt= \quad \quad \quad \mathbf{0,629} \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\text{Flujo calor (qt)}= \quad \quad \quad \mathbf{10,69} \text{ W/m}^2$$

Se obtiene un flujo de calor en verano de 10,69 W/m² h

6.2.3 Comprobación de cumplimiento con CTE

El CTE marca, para la zona climática B3, las siguientes transmitancias máximas de la envolvente del edificio:

ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

Figura 55, Tabla transmitancias máximas en envolvente.2013.CTE.

Para fachadas marca una $U_{m\acute{a}x} = 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

En el caso de la fachada, si cumple con el CTE, ya que nuestra fachada tiene una $U_{m\acute{a}x} = 0,629 \text{ W/m}^2 \text{ K} < 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Pese a todo, aún puede mejorarse el aislamiento de la fachada, con lo que se va a realizar un estudio de soluciones posibles, con su pertinente estudio energético y económico.

6.2.4 Solución de mejora adoptada.

Se ha optado por aumentar el aislamiento de la fachada añadiendo material aislante por el exterior.

El sistema escogido es el Coteterm, que consiste en placas aislantes adheridas al soporte mediante mortero hidráulico, fijación mecánica mediante espiga y taco expansionante, protección de la placa con una malla y una capa de acabado encima.

Como ventajas puede destacarse:

- Eliminación de los puentes térmicos: pilares, frentes de forjado, cajas de persiana, jambas,...
- Aumento de la inercia térmica de la fachada.
- Impermeabilidad al agua de lluvia.
- Permeabilidad al vapor de agua evitando riesgos de condensaciones.
- Optimización de la superficie útil de la vivienda, ya que se trata de cerramientos de menor espesor y se aplica por el exterior de la vivienda.
- Grandes posibilidades de diseño: amplia gama de texturas y colores.
- Rehabilitación de fachadas sin necesidad de desalojar las viviendas.

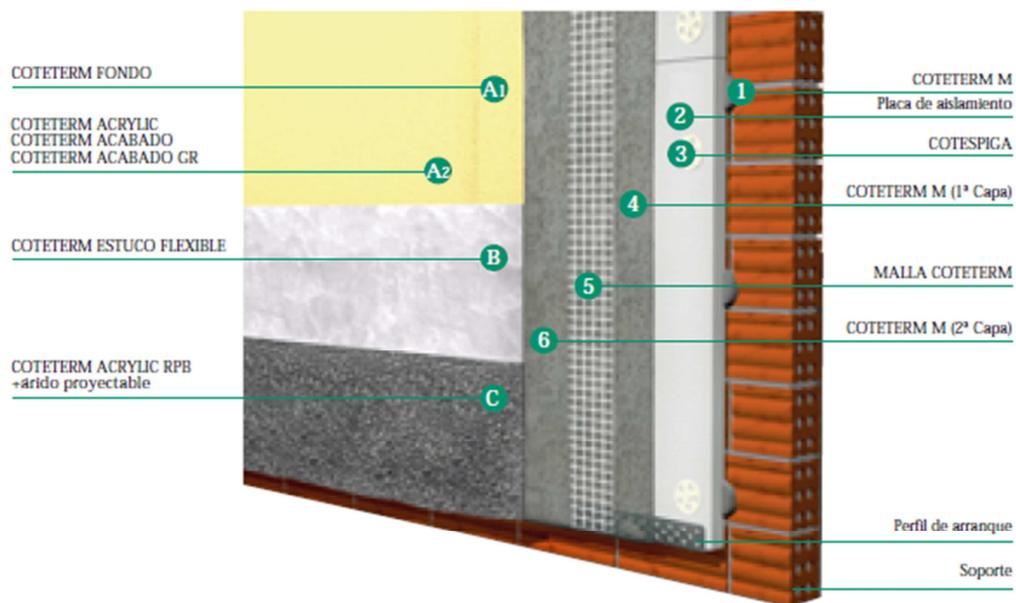


Figura 56. Esquema de fachada sistema Coteterm.2015.parex.es

6.2.5 Inversión inicial

El coste del sistema Coteterm es de 10 €/m².

Con una superficie de fachada de 4.143 metros, la obra tendrá un coste final de:

41.430,00 €

Al igual que en el apartado anterior, se va a calcular el ahorro energético que supone añadir una capa espuma de poliuretano en toda la fachada, para, determinar el tiempo de retorno de esta inversión y valorar su rentabilidad.

6.2.6 Ahorro energético

En invierno:

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					22
superficie interior			0,13	0,83	21,17
placa de yeso laminado	0,015	0,25	0,06	0,38	20,79
aislante fibra de vidrio	0,04	0,04	1	6,39	14,40
L. panal del 11	0,115	0,35	0,329	2,10	12,30
monocapa	0,015	0,47	0,032	0,20	12,10
espuma de poliuretano	0,03	0,028	1,071	6,84	5,26
superficie exterior			0,04	0,26	5,00
aire exterior					5
		Rt Total=	2,662		

Figura 57. Tabla de transmitancia final de fachada en invierno

Flujo calor (qt)= **6,39** W/m²

U=1/Rt= 0,376 W/m² K

En verano:

	espesor	cond. Térmica	res. Térmica	grad T	temp
	e	λ	Rt	ΔT	T
aire interior					20
superficie interior			0,13	0,83	19,17
placa de yeso laminado	0,015	0,25	0,06	0,38	18,79
aislante fibra de vidrio	0,04	0,04	1	6,39	12,40
L. panal del 11	0,115	0,35	0,329	2,10	10,30
monocapa	0,015	0,47	0,032	0,20	10,10
espuma de poliuretano	0,03	0,028	1,071	6,84	3,26
superficie exterior			0,04	0,26	3,00
aire exterior					37
		Rt Total=	2,662		

Figura 58. Tabla transmitancia final de fachada en verano

Flujo calor (qt)= **6,39 W/m²**

U=1/Rt= 0,37566941 W/m² K

El ahorro tanto en invierno como en verano es de **4,30 W/m² K**

6.2.7 Ahorro económico

El resultado final es un ahorro energético por cada hora de 4,30 W/m².

Con los siguientes datos se calculará el ahorro económico total anual de esta mejora:

- Calor ahorrado total a la hora:

$$Q_{\text{Total}} = Q/m^2 \times m^2_{\text{fachada}} = 4,30 \text{ W/m}^2 \text{ h} \times 4.143 \text{ m}^2 =$$

$$= 17.823,9 \text{ W/h} = 17,82 \text{ Kw/h}$$

- Coste Kw/h= **0,122183 €/h**
- En este cálculo se ha considerado el ahorro durante 6 meses al año, correspondientes a 3 meses de verano y tres de invierno, con lo que se estiman **180 días**, de los cuales se ha analizado un intervalo de **6 horas** con las temperaturas más desfavorables, dando un total de **1.080 horas/ año**.

$$\text{Ahorro a la hora} = \text{Coste Kw/h} \times Q_{\text{Ahorrado}} = 0,122183 \times 17,82 = 2,18 \text{ €/h}$$

$$\text{AHORRO ANUAL} = \text{Ahorro/h} \times \text{horas/anuales} = 2,18 \times 1.080 = 2.352,00 \text{ €}$$

6.2.8 Retorno de la inversión

Con una inversión inicial de **41.430,00 €** y un ahorro anual de **2.352,00 €**, el tiempo de retorno de la inversión será de:

$41.430,00 / 2.352,00 = 17,61$ años = **17 años y 223 días.**

Como se observa en las siguientes tablas y gráficas, a principios del año 10 ya se comenzará a obtener beneficios de la mejora realizada, amortizándose en un plazo asequible de aproximadamente 10 años:

Balance inversión	- 41.430,00 €
Año 1	- 39.078,00 €
Año 2	- 36.726,00 €
Año 3	- 34.374,00 €
Año 4	- 32.022,00 €
Año 5	- 29.669,99 €
Año 6	- 27.317,99 €
Año 7	- 24.965,99 €
Año 8	- 22.613,99 €
Año 9	- 20.261,99 €
Año 10	- 17.909,99 €
Año 11	- 15.557,99 €
Año 12	- 13.205,99 €
Año 13	- 10.853,99 €
Año 14	- 8.501,99 €
Año 15	- 6.149,98 €
Año 16	- 3.797,98 €
Año 17	- 1.445,98 €
Año 18	906,02 €
Año 19	3.258,02 €
Año 20	5.610,02 €
Año 21	7.962,02 €
Año 22	10.314,02 €
Año 23	12.666,02 €

Figura 59. Tabla de retorno de inversión de fachada

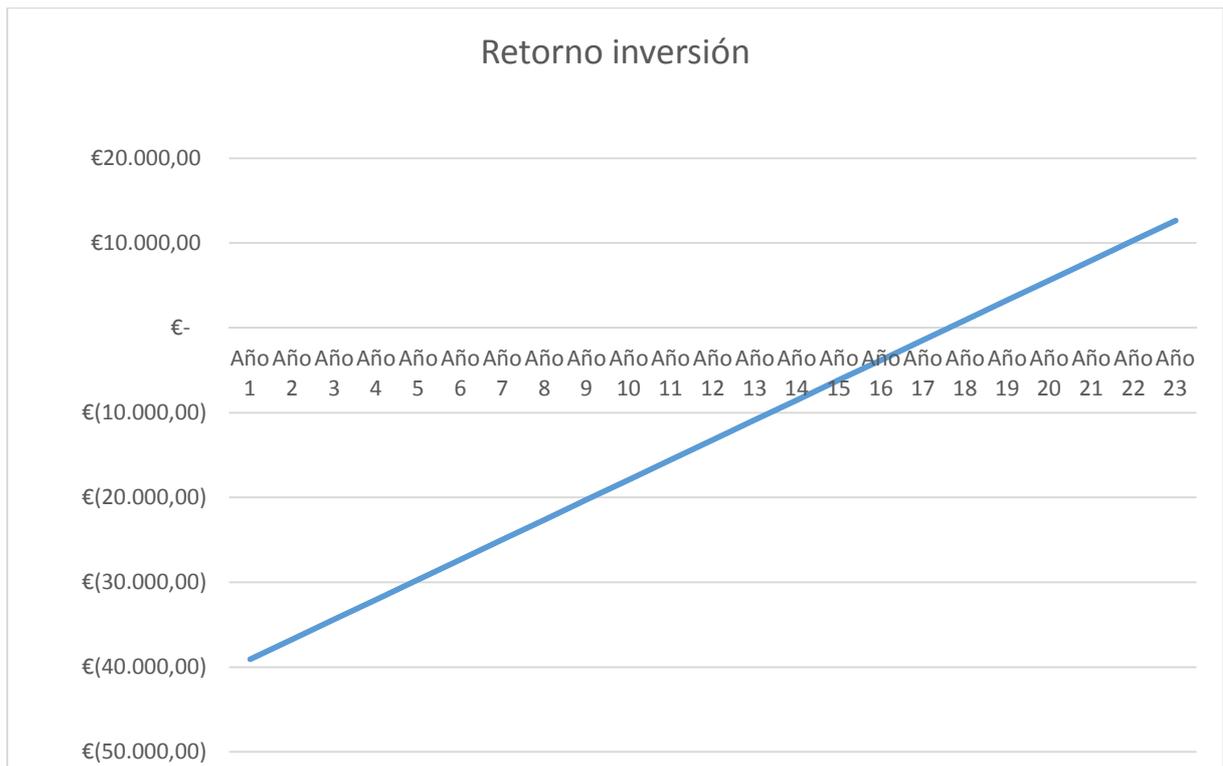


Figura 60. Gráfica de retorno inversión de cubierta

6.3 CAMBIO DE LA ILUMINACIÓN

Por su gran tamaño y a las horas de funcionamiento, este edificio tiene un gasto eléctrico de iluminación elevadísimo, con lo que es muy importante realizar un estudio de esta con el fin de reducir su consumo.

Como ya hemos visto en apartados anteriores, hay distintas zonas diferenciadas dentro del edificio, teniendo en algunos casos distintas fuentes de iluminación.

Pese a lo anteriormente dicho, el tipo de iluminación predominante en el interior del edificio es el de pantallas de tubos fluorescentes.

En cambio, la zona exterior esta iluminada de forma genérica por focos halógenos. Ya que es difícil contabilizar el número total de puntos de luz existentes, el estudio se centra en las que más horas de encendido poseen, ya que disminuir el su consumo tendrá un impacto favorable en el gasto eléctrico total.

Las zonas de más tiempo de encendido son:

- Garaje: la iluminación permanente de esta zona está encendida durante todo el horario de apertura del centro, de 7:00 AM a 10:00 PM, dando un total de horas de encendido de 15.
- Cafetería: es un caso similar al anterior, pero la iluminación son bombillas incandescentes.
- Entrada principal: los focos halógenos situados en esta están encendidos durante toda la noche, equivalente de una forma aproximada a 9 horas diarias.
- Jardín: posee en mismo tipo de iluminación con las mismas horas de encendido que el del apartado anterior.
- Aulas: se estima unas horas diarias de uso de 12. Están iluminadas con pantallas fluorescentes de 3 tubos.

6.3.1 Solución de mejora adoptada

Debido a que no puede limitarse el encendido de estas luces por su necesidad para desempeñar de una forma correcta la actividad docente, se ha buscado alternativas de iluminación que tengan un menor consumo y un mayor rendimiento que la iluminación halógena, fluorescente e incandescente.

Se ha escogido la iluminación Led, la cual, a grandes rasgos, posee las siguientes ventajas:

- **Menor consumo:**

A la misma cantidad de lúmenes, LED consume menos Watios a la hora, siendo la diferencia mayor o menor según con que luz se compare. A continuación se observa una tabla comparativa de LED con otros tipos de luz en distintos rangos de potencia.

Tabla de equivalencia - Iluminación exterior

Tecnología Led	Bombillas Halógenas	Bajo Consumo	Tubos Fluorescentes T8	Lámparas de Vapor de Sodio (alta presión)	Lámparas de Vapor de Sodio sin balastro	Lumen(Lm)
60W	400W	120W	120W	100W	300W	4800-5400
80W	450W	160W	160W	120W	380W	6400-7200
90W	550W	180W	180W	150W	450W	7200-8100
120W	750W	240W	240W	200W	600W	9600-10080
150W	900W	300W	300W	250W	750W	12000-13500
160W	950W	320W	320W	250W	750W	12800-14400

Tabla de equivalencia - Iluminación interior

Tecnología Led	Bombillas Halógenas	Bajo Consumo	Tubos Fluorescentes T8	Lámparas de Vapor de Sodio (alta presión)	Lámparas de Vapor de Sodio sin balastro	Lumen(Lm)
1W	10W					80-90
3W	20W					240-270
5W	35W					400-450
7W	50W					560-630
10W	80W	20W	20W			800-900
12W	100W	24W	24W			960-1080
15W	120W	30W	30W			1200-1350
20W	150W	40W	40W			1600-1800
60W	400W	120W	120W	100W	300W	4800-5400
80W	450W	160W	160W	120W	380W	6400-7200
90W	550W	180W	180W	150W	450W	7200-8100
120W	750W	240W	240W	200W	600W	9600-10080
150W	900W	300W	300W	250W	750W	12000-13500
160W	950W	320W	320W	250W	750W	12800-14400

Figura 61. Tabla comparativa LED.2015.ledalmacen.com

- **Menos contaminante:**
El principal problema de algunas luces como las fluorescentes es que entre sus componentes se encuentra el mercurio y el tungsteno, materiales altamente contaminantes con el medio ambiente.
La iluminación LED está libre de estos materiales, además de rebajar las emisiones de CO2 en un 20%.
- **Elevada vida útil:**
Su vida útil es de unas 50.000 horas aproximadamente, cifra muy elevada si se compara con la iluminación fluorescente, que tiene unas horas de vida de entre 6.000 y 17.000 según la calidad de esta.
- **No genera calor:**
El 80% de la energía que consume se convierte en luz, al contrario que con las incandescentes que ese mismo porcentaje se convierte calor.
- **Mayores resistencias:**
A las temperaturas extremas, humedad y vibraciones que las bombillas incandescentes.
- **Su encendido es instantáneo.**
- **Reproduce colores con gran fidelidad:**
Su índice cromático es de 80 sobre 100.
Tiene, además, disponibles distintos tonos de luz.

Con todo lo expuesto, se va a realizar un estudio de cada una de las zonas antes mencionadas del ahorro que supondría un cambio a iluminación LED, así como un estudio de viabilidad y de retorno de inversión.

6.3.2 Garaje

Esta zona está iluminada por pantallas fluorescentes de dos tubos de 160 cm.

Hay 18 pantallas encendidas de forma permanente durante el horario de apertura del centro, en total 15 horas al día, mientras el resto de pantallas permanecen apagadas mientras nadie pulsa el interruptor.

Dado que el alumbrado permanente emite suficiente luz y normalmente no se accionan el resto de luces, el estudio va a centrarse en la sustitución de las 18 pantallas antes mencionadas.

Por lo tanto habrá que entrar a valorar el ahorro y coste de 36 tubos LED, como sustitución de los fluorescentes.

El coste actual de estas instalaciones se calcula en la siguiente tabla:

COSTE CONSUMO FLUORESCENTE							
Consumo (W)	Coste kw €	Horas de consumo/día	Coste/día €/ Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
36	0,122183	15	0,0659	36	2,37	142,51	866,96

Figura 62. Tabla de cálculo del consumo actual del garaje

Se considera que instalados actualmente hay tubos fluorescentes con una potencia de 36 W, con un coste eléctrico de 0,122 euros el kilowatio y un total de 36 tubos (dos por cada pantalla).

El coste anual que supone tener esta iluminación encendida durante 15 horas diarias es de **866,96€**.

El siguiente paso es el de calcular el coste anual eléctrico si hubieran instalados tubos LED. El cálculo se realiza con el mismo proceso que el anterior:

COSTE CONSUMO LED							
Consumo (W)	Coste kw €	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
18	0,122183	15	0,03298941	36	1,18761876	71,2571256	433,48

Figura 63. Tabla de cálculo del consumo con LED del garaje

Los tubos LED a mismos lúmenes que los anteriores consumen la mitad de potencia, con lo que el coste desciende a la mitad.

Por lo tanto, el ahorro anual en el garaje usando LED respecto al tubo fluorescente es de **433,48€**

El **coste de la inversión** para cambiar a iluminación sería:

COSTE INVERSIÓN		
Coste/Unidad	Unidades Totales	Coste Inversión
15,67 €	36	564,12 €

Figura 64. Tabla conste de inversión LED

El **retorno de la inversión** se realizará en un plazo de

$564,12/433,48 = 1,3$ años = **1 año y 191 días.**

Las 50.000 horas de vida útil de LED, con un funcionamiento diario de 15 horas, da una vida útil total de **9 años y 48 días.**

Como puede apreciarse, es una inversión muy rentable debido a su bajo coste y el reducido tiempo de retorno.

Representación gráfica del tiempo de retorno de inversión:

Balance Inversión	- 564,12 €
Balance Año 1	- 130,64 €
Balance Año 2	302,84 €
Balance Año 3	736,32 €
Balance Año 4	1.169,80 €
Balance Año 5	1.603,28 €
Balance Año 6	2.036,77 €
Balance Año 7	2.470,25 €
Balance Año 8	2.903,73 €
Balance Año 9	3.337,21 €
Balance Año 10	3.770,69 €

Figura 65. Tabla de retorno de inversión LED

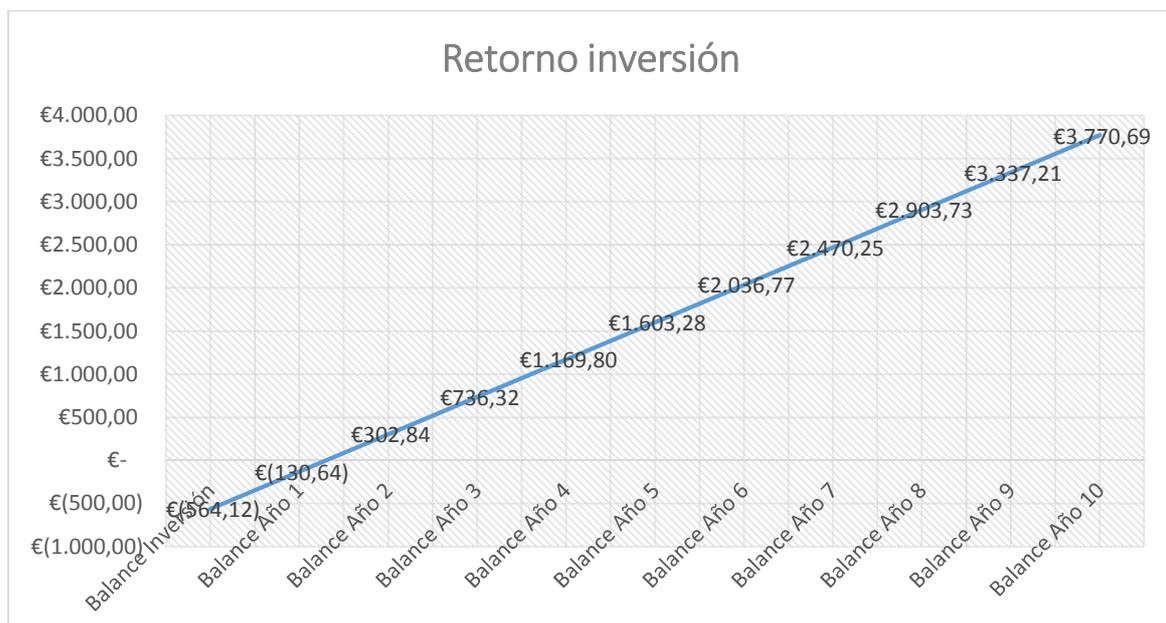


Figura 66. Gráfica retorno de inversión LED

6.3.3 Cafetería

La cafetería tiene un horario de funcionamiento de 15 horas al día, la misma que el centro. No tiene salida al exterior del edificio, con lo que su iluminación es totalmente artificial.

Está iluminada con puntos de luz de bombillas incandescentes.

Por lo tanto su consumo actual es:

COSTE CONSUMO INCANDESCENTE							
Consumo (W)	Coste kw €	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
80	0,122183	15	0,1466196	17	2,4925332	149,551992	909,77

Figura 67. Tabla de cálculo del consumo actual de la cafetería

El cambio a LED supondría una inversión de:

COSTE INVERSIÓN		
Coste/Unidad	Unidades Totales	Coste Total
24,95 €	6	149,70 €

Figura 68. Tabla coste de inversión LED

El consumo con iluminación LED sería:

COSTE CONSUMO LED							
Consumo (W)	Coste kw €	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
10	0,122183	15	0,01832745	17	0,31156665	18,693999	113,72

Figura 69. Tabla cálculo consumo LED de cafetería

Con lo cual el ahorro anual será de **769,05€**

Este cambio se habrá amortizado en:

$149,7/909,77 = 0,188$ años = **69 días**

Las 50.000 horas de vida útil de LED, con un funcionamiento diario de 15 horas, da una vida útil total de **9 años y 48 días**.

Es un cambio muy rentable, se reduce mucho el consumo y el tiempo en recuperar la inversión es muy bajo.

Ahorra anual=	796,05 €
Balance Inversión	- 149,70 €
Balance Año 1	646,35 €
Balance Año 2	1.442,41 €
Balance Año 3	2.238,46 €
Balance Año 4	3.034,51 €
Balance Año 5	3.830,56 €

Figura 70. Tabla de retorno de inversión LED

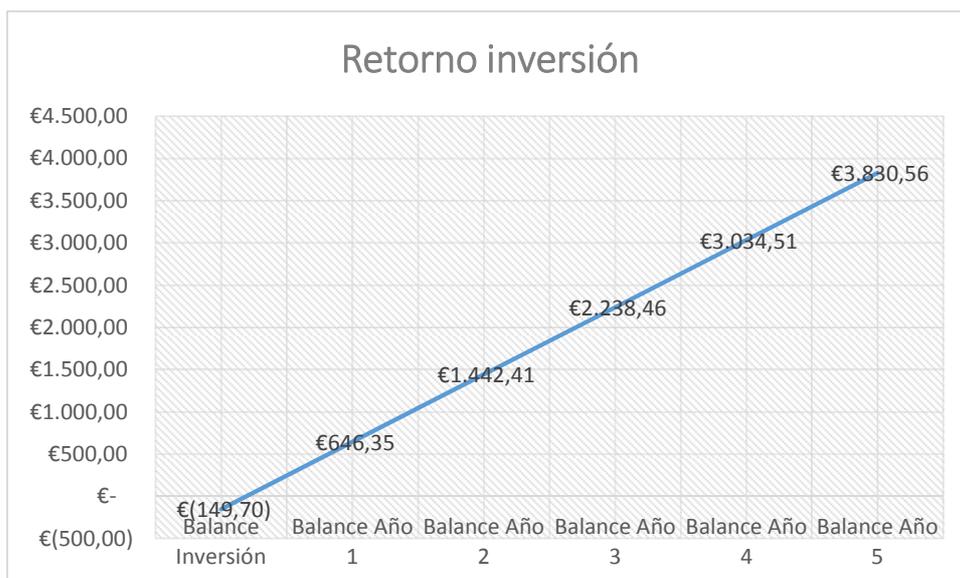


Figura 71. Gráfica retorno de la inversión LED

6.3.4 Aulas

Las aulas están iluminadas con pantallas fluorescentes de 3 o 4 tubos, las cuales se estima que están encendidas una media de 7 horas diarias.

Esta estimación de horas de funcionamiento en basa en que, aunque la mayor parte del día se imparten clases, las horas totales no se corresponden al as horas de apertura del centro. Además, muchas de las aulas están bien iluminadas con luz natural, por lo que no se hará uso de las luces a todas horas o no se encenderán todas. Por ello, como contabilizo que todas las luces estarían encendidas, reduzco el número de horas posibles de encendido a 7.

Para contabilizar el número de pantallas LED, me he basado en los planos eléctricos donde aparecen marcados los puntos de luz.

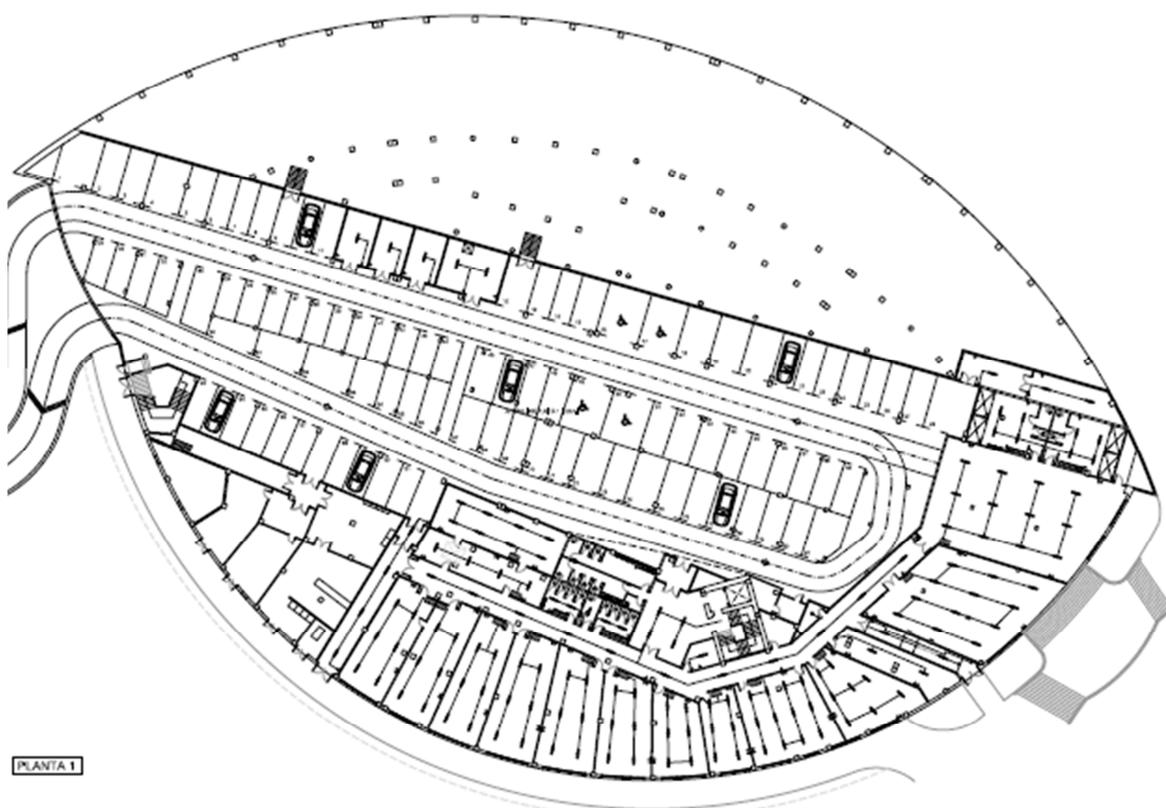


Figura 72. Plano instalación eléctrica Planta 1

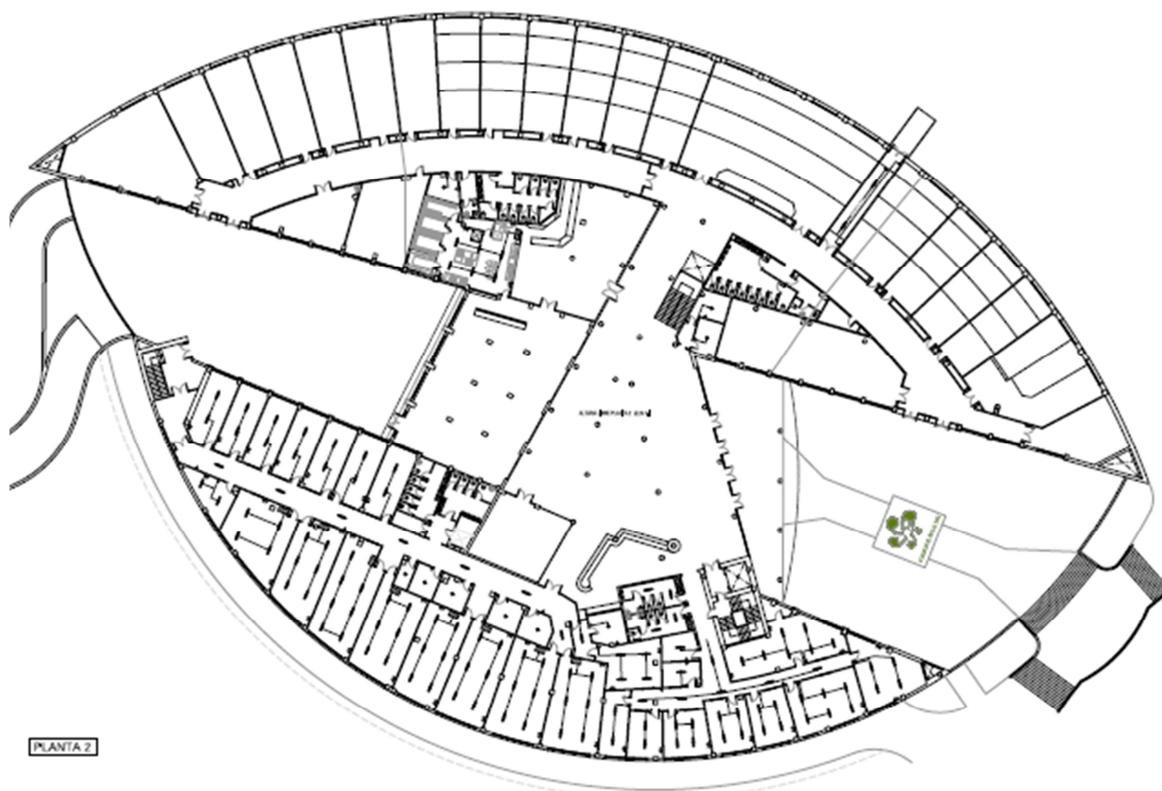


Figura 73. Plano instalación eléctrica Planta 2

Se puede observar que en el plano de electricidad de planta 2 no están señalados los puntos de luz de las aulas de la zona Este del edificio. Dado que este tiene una forma simétrica se ha contabilizado que dicha zona tiene un número de pantallas igual al de la parte Oeste pero incrementado un 30%, ya que visualmente se observa que la superficie de las aulas Este es ligeramente mayor.

Debido a la dificultad para contabilizar las pantallas que tienen 3 tubos y las que tienen 4, se ha considerado que una mitad de pantallas tendrán 3 y la otra 4.

El recuento final es el siguiente:

Planta	Nº Pantallas	Tubos
1	104	364
2	239,2	837,2
TOTAL=	343,2	1201,2

Figura 74. Tabla de recuento luminarias

Con los siguientes datos se calcula el gasto que supone esta iluminación con tubos fluorescentes:

COSTE CONSUMO FLUORESCENTE						
Consumo (W)	€/kW h	Horas de consumo/día	Coste/día €	Unidades Totales	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual
36	0,122	7	0,030744	1201,2	2215,781568	13.294,69 €

Figura 75. Tabla de cálculo consumo actual aulas

La inversión necesaria para realizar un cambio a LED sería de:

COSTE INVERSIÓN AULAS		
€/Unidad Led	Unidades Totales	Coste Inversión €
14,91	1201,2	17.909,89 €

Figura 76. Tabla coste de inversión LED

El consumo que supondría la iluminación con tecnología LED sería:

COSTE CONSUMO LED (aulas, comedor, baños...)						
Consumo (W)	€/kw h	horas consumo/día	Coste/día €	Unidades Totales	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual
18	0,122	7	0,015372	1201,2	1107,890784	6.647,34 €

Figura 77. Tabla de cálculo consumo LED

El ahorro anual total es de: **6.647,34 €**

Con los datos anteriores se calcula la amortización de esta mejora

$$17.909,89/6.647,34= 2,69 \text{ años} = \mathbf{2 \text{ años y 252 días}}$$

Se amortiza en un plazo razonable de menos de 3 años.

Teniendo en cuenta las 50.000 horas de vida útil de LED, que repartidas entre las 7 horas de uso diario daría un resultado de **20 años de vida útil**, tiempo de sobra para disfrutar de los beneficios que supone el cambio.

En la siguiente tabla puede observarse el balance favorable que se tendría en el año 20:

Balance inversión	- 17.909,89 €
Año 1	- 11.262,55 €
Año 2	- 4.615,20 €
Año 3	2.032,14 €
Año 4	8.679,49 €
Año 5	15.326,83 €
Año 6	21.974,18 €
Año 7	28.621,52 €
Año 8	35.268,87 €
Año 9	41.916,21 €
Año 10	48.563,56 €
Año 11	55.210,90 €
Año 12	61.858,24 €
Año 13	68.505,59 €
Año 14	75.152,93 €
Año 15	81.800,28 €
Año 16	88.447,62 €
Año 17	95.094,97 €
Año 18	101.742,31 €
Año 19	108.389,66 €
Año 20	115.037,00 €

Figura 78. Tabla retorno inversión LED

La representación gráfica de la inversión sería la siguiente:

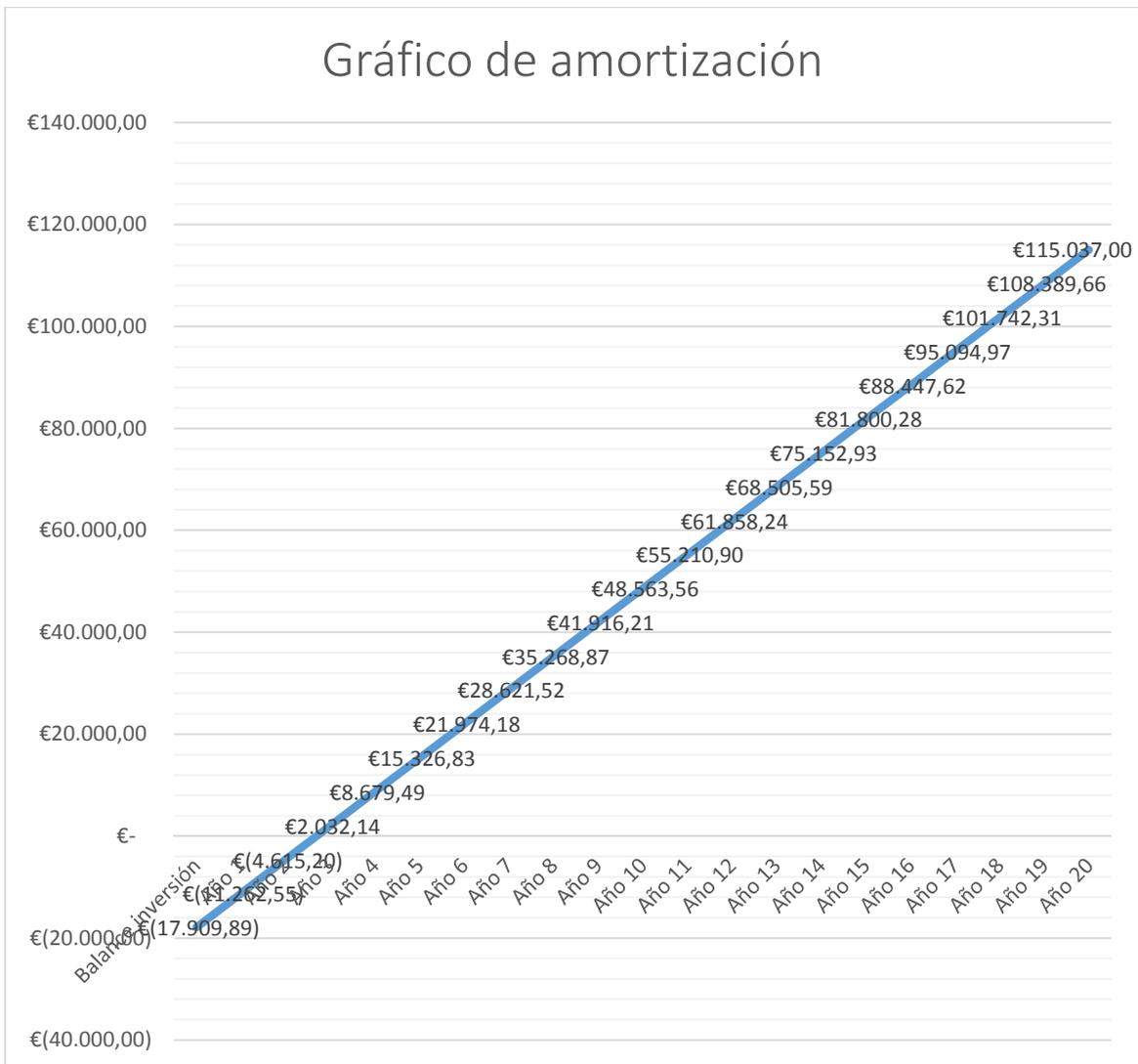


Figura 79. Gráfica retorno inversión LED

6.3.5 Entrada principal

La entrada principal del edificio está iluminada en su parte exterior por 8 focos Halógenos, encendidos durante las horas nocturnas, siendo un total aproximado de unas 9 horas.

Su consumo actual es el siguiente:

COSTE CONSUMO HALÓGENO							
Consumo (W)	Coste kw €	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura €	Coste anual
200	0,122183	9	0,22	8	1,76 €	105,57 €	642,19 €

Figura 80. Tabla cálculo del consumo actual en entrada

La inversión necesaria para cambiar a focos LED es:

COSTE INVERSIÓN		
Coste/Unidad	Unidades Totales	Coste Inversión
69,41 €	8	555,28 €

Figura 81. Tabla conste inversión LED

El consumo que supondría la iluminación con tecnología LED sería:

COSTE CONSUMO LED							
Consumo (W)	Coste kw €	Horas consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura €	Coste anual €
50	0,122183	9	0,055	8	0,44 €	26,39 €	160,55 €

Figura 82. Tabla de cálculo del consumo LED

Se obtiene un ahorro anual de **481,65 €**

El retorno de la inversión se realizará en un plazo de 1,15 años= **1 año y 55 días**

La vida útil de los focos LED será de **15 años y 81 días**.

Balance Inversión	-	555,28 €
Balance Año 1	-	73,63 €
Balance Año 2		408,01 €
Balance Año 3		889,66 €
Balance Año 4		1.371,30 €
Balance Año 5		1.852,95 €
Balance Año 6		2.334,59 €
Balance Año 7		2.816,24 €
Balance Año 8		3.297,88 €

Figura 83. Tabla de retorno de inversión LED

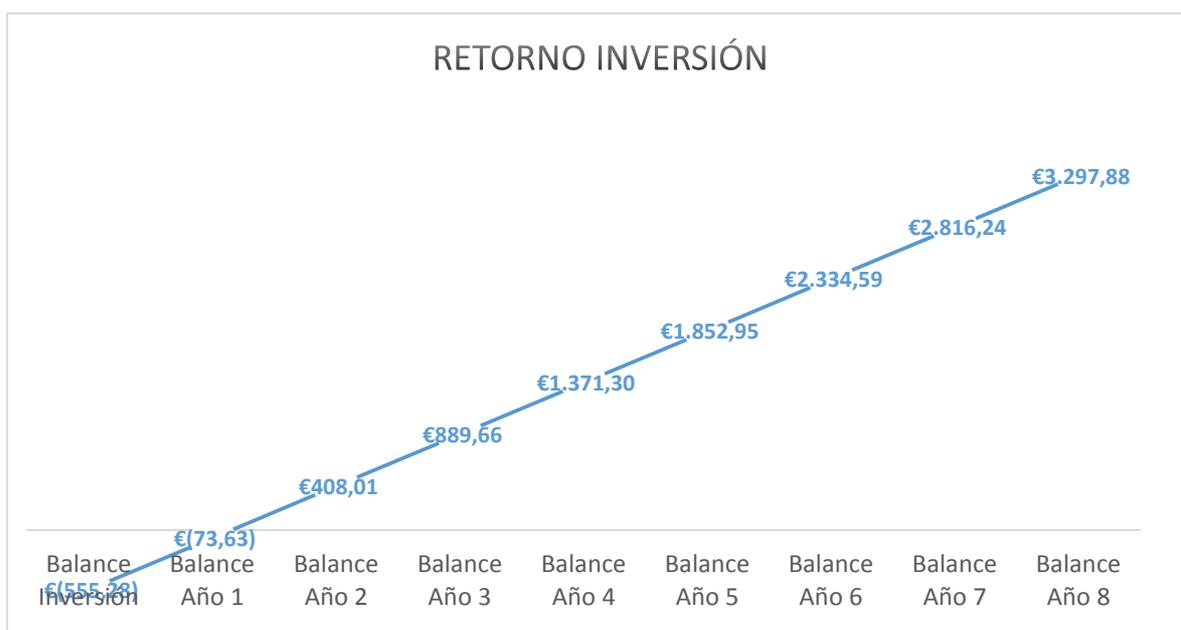


Figura 84. Gráfica retorno inversión LED

6.3.6 Jardín

Al igual que en el apartado anterior, el jardín está iluminado con focos halógenos durante las 9 horas nocturnas.

Su consumo actual es:

COSTE CONSUMO HALÓGENO								
Consumo (W)	Coste kw €	Coste/h (€/Kwh)	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
150	0,122183	0,01832745	9	0,16494705	6	0,9896823	59,380938	361,23

Figura 85. Tabla de cálculo del consumo actual del jardín

El coste de los focos halógenos es:

COSTE INVERSIÓN		
Coste/Unidad	Unidades Totales	Coste Inversión
69,41 €	6	416,46 €

Figura 86. Tabla de coste de inversión LED

El consumo con focos LED es de:

COSTE CONSUMO LED								
Consumo (W)	Coste kw €	Coste/h (€/Kwh)	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
20	0,122183	0,00244366	9	0,02199294	6	0,13195764	7,9174584	48,16

Figura 87. Tabla de cálculo del consumo LED

El ahorro anual es de **313,07 €**

Su amortización se realizará en un plazo de 1,15 años= **1 año y 55 días.**

La vida útil de los focos será de **15 años y 81 días**.

Balance Inversión	- 555,28 €
Balance Año 1	- 242,21 €
Balance Año 2	408,01 €
Balance Año 3	721,08 €
Balance Año 4	1.034,15 €
Balance Año 5	1.347,22 €
Balance Año 6	1.660,29 €
Balance Año 7	1.973,36 €
Balance Año 8	2.286,43 €
Balance Año 9	2.599,50 €
Balance Año 10	2.912,57 €
Balance Año 11	3.225,64 €
Balance Año 12	3.538,71 €
Balance Año 13	3.851,78 €
Balance Año 14	4.164,84 €
Balance Año 15	4.477,91 €

Figura 88. Tabla de retorno de inversión LED

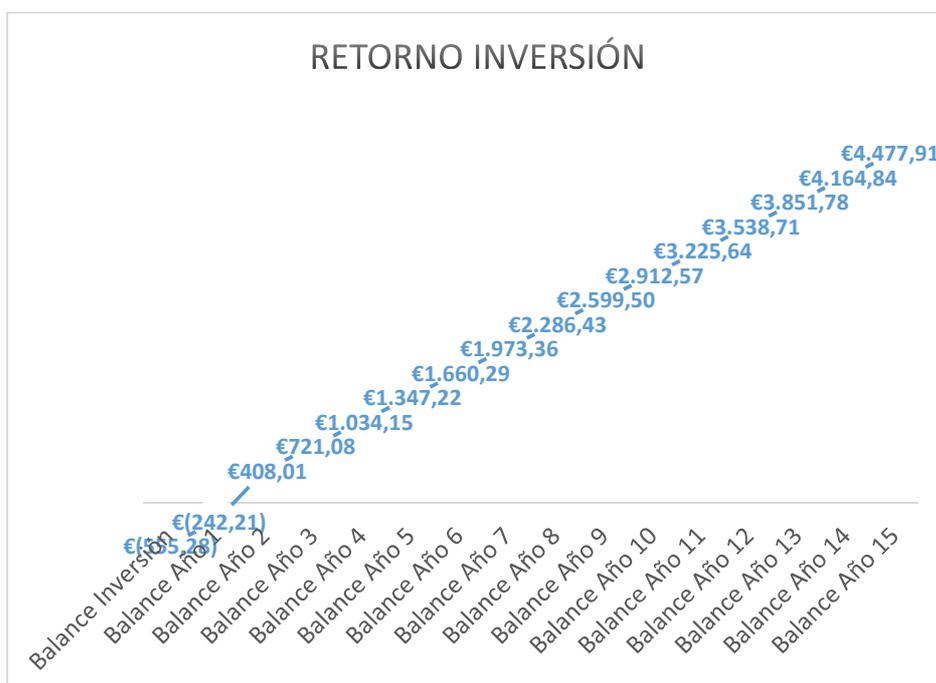


Figura 89. Gráfica de retorno de inversión LED

6.3.7 Contorno del edificio

El perímetro del edificio dispone de iluminación repartida de forma más o menos uniforme, la cual ilumina zonas de paso situadas en el exterior.

Se han contabilizado los puntos de luz en las visitas realizadas, habiendo un total de 21 unidades.

Se trata de luces incandescentes, información que pudo proporcionar el encargado de mantenimiento.

Su horario de encendido es de 9 horas, durante la noche.

Su consumo es:

COSTE CONSUMO INCANDESCENTE								
Consumo (W)	Coste kw €	Coste/h (€/Kwh)	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura € (bimestral)	Coste anual €
80	0,122183	0,00977464	9	0,08797176	21	1,84740696	110,8444176	674,30

Figura 90. Tabla consumo actual luminarias exteriores

El cambio a LED supondría un coste de:

COSTE INVERSIÓN		
Coste/Unidad	Unidades Totales	Coste Inversión
24,95 €	21	523,95 €

Figura 91. Tabla de coste de inversión LED

El consumo con LED descendería a:

COSTE CONSUMO LED								
Consumo (W)	Coste kw €	Coste/h (€/Kwh)	Horas de consumo/día	Coste/día € Unidad	Unidades Totales	Coste/día € Total	Coste Factura €	Coste anual €
10	0,122183	0,00122183	9	0,0109964	21	0,2309258	13,855552	84,29

Figura 92. Tabla coste del consumo LED

El ahorro anual obtenido es de **590,02 €**

Por lo tanto, el retorno de la inversión se realizará en un plazo de **322 días**.

La vida útil será de **15 años y 81 días**.

Balance Inversión	- 523,95 €
Balance Año 1	66,07 €
Balance Año 2	656,08 €
Balance Año 3	1.246,10 €
Balance Año 4	1.836,11 €
Balance Año 5	2.426,13 €
Balance Año 6	3.016,14 €
Balance Año 7	3.606,16 €
Balance Año 8	4.196,17 €
Balance Año 9	4.786,19 €
Balance Año 10	5.376,21 €
Balance Año 11	5.966,22 €
Balance Año 12	6.556,24 €
Balance Año 13	7.146,25 €
Balance Año 14	7.736,27 €
Balance Año 15	8.326,28 €

Figura 93. Tabla retorno de la inversión LED

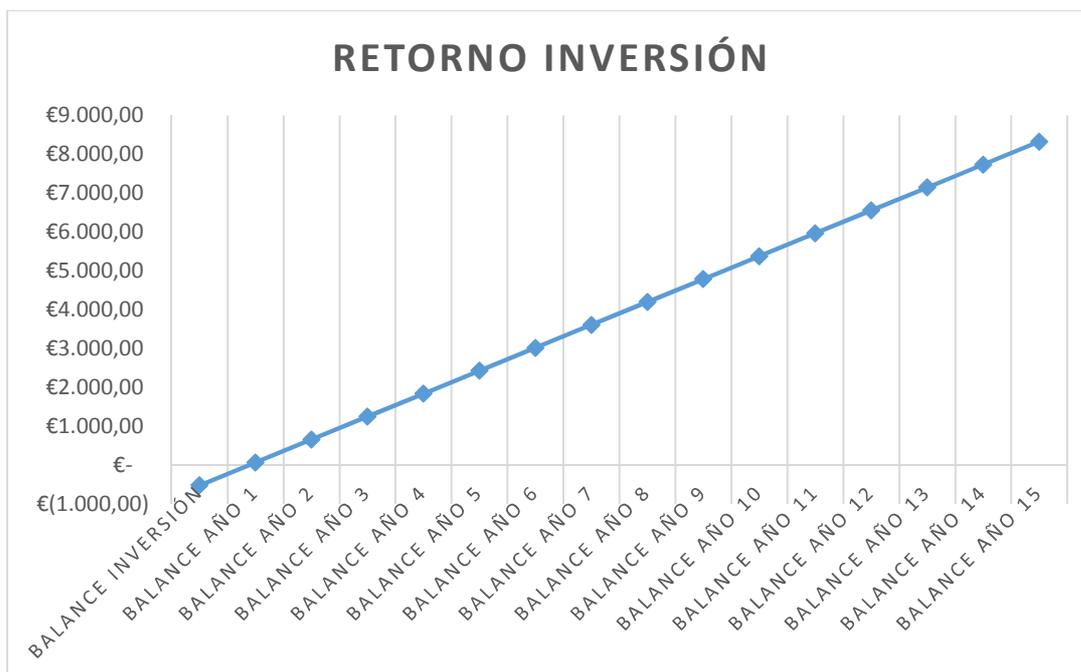


Figura 94. Gráfica retorno de la inversión LED

6.3.8 Inversión total y amortización

En esta tabla se representa de forma conjunta el coste de la inversión y el ahorro anual de los apartados anteriores:

Zonas	Inversión €	Ahorro anual €
Garaje	564,12	433,48
Cafetería	149,7	769,05
Aulas	17909,89	2954,38
Entrada	555,28	481,65
Jardín	416,46	313,07
Perímetro	523,95	590,02
TOTAL=	20.119,40 €	5.541,65 €

Figura 95. Tabla coste inversión y ahorro iluminación total

El tiempo de retorno de amortización de toda la iluminación es de **3 años y 230 días**.

En conclusión el cambio a tecnología LED es muy rentable, dado que la inversión inicial tiene un coste asequible y el tiempo de amortización es muy reducido.

6.4 PLACAS FOTOVOLTAICAS

Como fuente de energía de apoyo para la iluminación se instalarán unas placas fotovoltaicas que cubran cierto porcentaje del consumo eléctrico total.

El CTE HE 5 establece como obligatorio el uso de la energía solar como apoyo a la fuente principal de energía para edificios de los siguientes usos:

Tabla 1.1 Ámbito de aplicación

Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m ² construidos
Administrativos	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

Figura 96. Tabla ámbito aplicación energía fotovoltaica.2013. CTE

Nuestro edificio no está incluido en la anterior lista, por lo que el CTE no nos obliga a disponer de este tipo de energía, teniendo libertad para cubrir el porcentaje que nos convenga con dicha fuente.

6.4.1 Zonas a abastecer

Se ha decidido cubrir el gasto eléctrico de la iluminación de las siguientes zonas:

- Entrada principal.
- Jardín.
- Contorno edificio.

6.4.2 Cálculo Potencia Total y Coste

Como ya se ha realizado el cambio a iluminación LED, en las siguientes tablas se refleja el consumo en W y su coste con la nueva iluminación.

FOCOS EXTERIOR ENTRADA				
Iluminación	Unidades	Cosumo Unidad W	Consumo W	Coste anual
Foco LED	8	50	400	160,55 €

Figura 97. Consumo focos entrada

ILUMINACIÓN EXT. EDIFICIO				
Iluminación	Unidades	Cosumo Unidad W	Consumo W	Coste anual
Bombilla Led	21	10	210	84,29 €

Figura 98. Consumo luminarias exteriores

JARDÍN				
Iluminación	Unidades	Cosumo Unidad W	Consumo W	Coste anual
Bombilla Led	6	20	120	48,16 €

Figura 99. Consumo focos jardín

Con lo que debemos cubrir los siguientes datos con las placas fotovoltaicas

Coste= **293,00 €**

Consumo= **730 W**

6.4.3 Cálculo placas

La placa escogida es de 130 W con un coste de 160,00 €

El cálculo de las placas es el siguiente:

Cálculo placas			
Potencia Placa W	Nº Placa	Coste Placa	Coste Total
130	6,00	160,00 €	960,00 €

Figura 100. Tabla de cálculo de placas

Dividiendo el consumo a cubrir de 730 W entre los Watios por placa se obtienen 6 placas fotovoltaicas. Multiplicando en número de placas por el coste por placa se obtiene una inversión de **960 €**.

6.4.4 Amortización

Por lo tanto, la amortización se realizará en un plazo de **3 años y 103 días**.

Balance Inversión	- 960,00 €
Balance Año 1	- 667,00 €
Balance Año 2	- 374,00 €
Balance Año 3	- 81,00 €
Balance Año 4	212,00 €
Balance Año 5	505,00 €
Balance Año 6	798,00 €
Balance Año 7	1.091,00 €
Balance Año 8	1.384,00 €

Figura 101. Tabla retorno de inversión

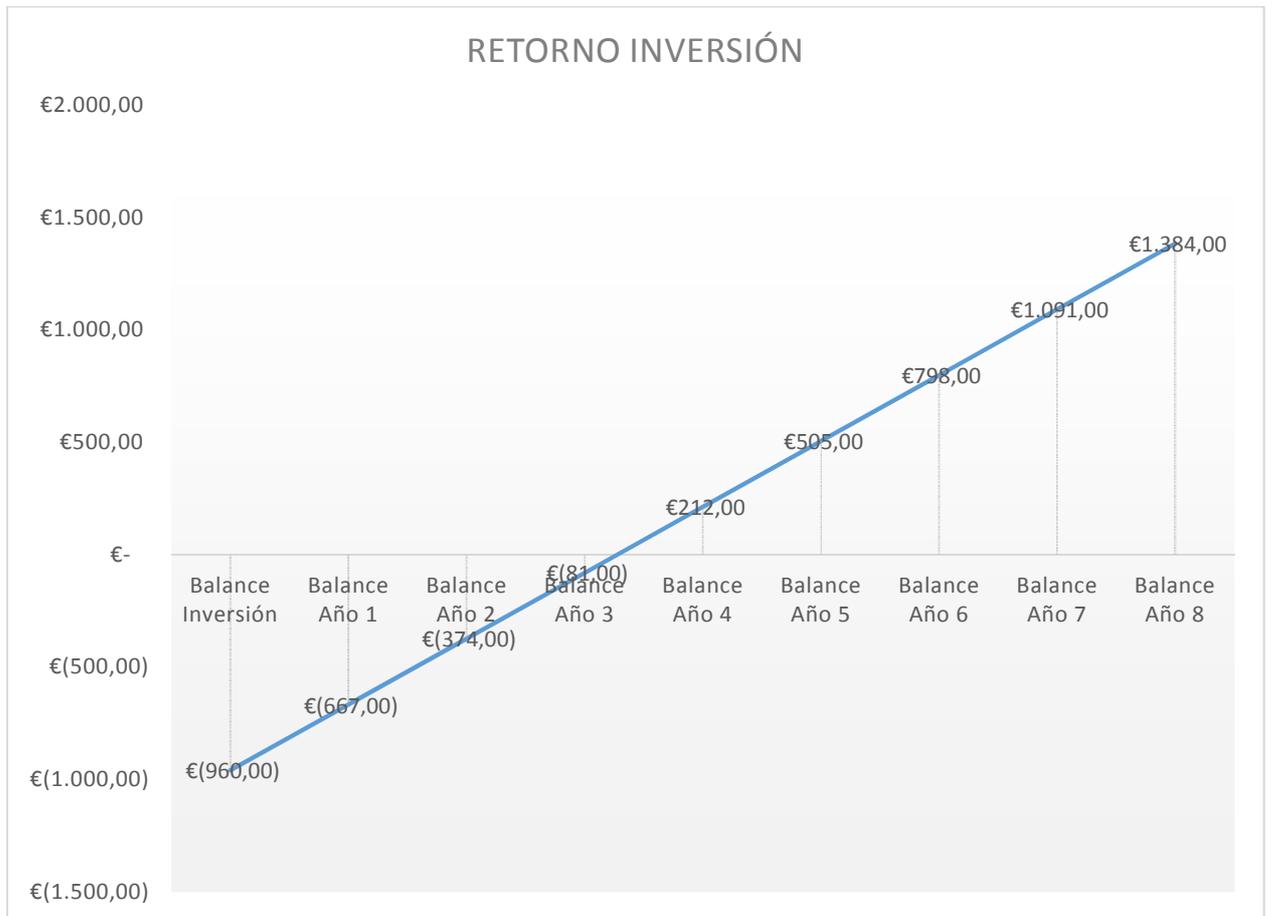


Figura 102. Gráfica retorno de la inversión

6.5 PLACAS SOLARES

Se pretende cubrir la demanda de ACS con placas solares para tener autoabastecimiento y que así el gasto sea nulo o casi nulo.

Para realizar este apartado, se siguen las instrucciones del CTE HE 4

“Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”

El ámbito de aplicación que marca la norma es el siguiente

“Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.”

Es aplicable a edificios en rehabilitación de cualquier uso, con lo que afecta a nuestro edificio.

6.5.1 Cálculo demanda de ACS

Se ha realizado a partir de la tabla 3.1 del CTE HE 4 apartado 3

3.1.1 Cálculo de la demanda

- 1 Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Figura 103. Tabla demanda ACS.2013. CTE

El centro docente está dotado de comedor, cafetería y vestuario, con lo que se obtiene una demanda de ACS diaria de

	L/alumno	Alumnos	L Totales
Escuelas=	3	1.000	3.000

Figura 104. Tabla demanda ACS en escuelas

	L/ almuerzo	Almuerzos	L Totales
Cafetería=	1	200	200

Figura 105. Tabla demanda ACS en cafeterías

	L/ comida	Comidas	L Totales
Comedor=	10	200	2.000

Figura 106. Tabla demanda ACS en comedor

	L/ servicio	Servicios	L Totales
Vestuario=	15	40	600

Figura 107. Tabla demanda ACS en vestuario

El resultado total es el siguiente:

LITROS DÍA=	5.800
LITROS HORA=	414

Figura 108. Demanda ACS total

6.5.2 Contribución solar mínima

Primero se necesita saber la zona climática en la que está València:



Fig. 3.1. Zonas climáticas

Figura 109. Tabla contribución energía solar mínima.2013.CTE

Valencia está situada en la zona climática IV

La fuente de apoyo es gas natural, así que nos basamos en la tabla 2.1 para calcular el % de demanda a cubrir con la energía solar.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Figura 110. Tabla porcentaje de ACS a cubrir con energía solar.2013.CTE

Con una demanda de 5.800 litros al día en zona climática IV, el porcentaje mínimo a cubrir es de un 65% de ACS.

6.5.3 Coste del consumo

El cálculo que se va a realizar es con la idea de cubrir la demanda de ACS por completo.

Con los datos anteriores puede obtenerse el coste del gas necesario para calentar el agua.

Para ello se considera los siguientes datos:

Tª Entrada °C	15
Tª Salida °C	60
ΔT^a °C	45
C agua	4186 J/Kg °C

Figura 111. Tabla datos de cálculo energía para calentar ACS

Hay que calcular los Watios necesarios para calentar una unidad de masa. Esto se consigue a partir del calor específico del agua (C)

Este dato hay que pasarlo a W/h

A partir de la siguiente equivalencia $1.000\text{W/h} = 1.000\text{ J/s}$

Obtenemos $C = 4.186\text{ J/Kg }^\circ\text{C} / 3600\text{ segundo} = \mathbf{1,66\text{ W/h}}$

Se considera un uso de 14 horas diarias de ACS:

Litros/h	ΔT^a	C agua (W/h)	W/h	Kw/h	Coste gas Kw/h	Coste/h	Coste/día (14h)	Coste anual
414	45	1,16	21.678	22	0,26 €	5,64 €	20,52 €	7.488,19 €

Figura 112. Tabla ahorro ACS

El ahorro de ACS anual será de **7.488,19 €**

6.5.4 Inversión

Las placas solares a utilizar son las de la casa comercial JUNKERS, las cuales tienen muy buen rendimiento y con ello un menor gasto.

Las características del modelo escogido son las siguientes:

MODELO	FKT-1 S	FKT-1 W
Montaje	Vertical	Horizontal
Dimensiones (mm)	1145x2070x90	2070x1145x90
Área total (m ²)	2,37	2,37
Área de apertura (m ²)	2,25	2,25
Área del absorbedor (m ²)	2,23	2,23
Volumen del absorbedor (l)	1,43	1,76
Peso en vacío (kg)	44	45
Presión trabajo máx. (bar)	10	10
Caudal nominal (l/h)	50	50
Material de la caja	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor	Lana mineral, de 55 mm. de espesor
Absorbedor	Selectivo	Selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD	PVD
Circuito hidráulico	Doble serpentín	Doble serpentín
Coef. pérdidas línea (W/m ² K)	0,811	0,811
Coef. pérdidas secundaria (W/m ² K ²)	3,653	3,653
	0,0146	0,0146

Figura 113. Características Placa Solar.2015.junkers.es

Cada placa calienta 50 Litros a la hora, pero es necesario que sea durante las horas de sol, con lo que los 5.800 Litros de ACS se deben obtener en un intervalo de 8 horas, dando un resultado de 725 Litros de ACS a la hora.

Con esos datos se calcula la inversión:

Demanda L/h	L/placa h	nº Placas	Coste/Placa	Coste depósito	Coste Inversión
725	50	15,00	844,00 €	4.628,00 €	17.288,00 €

Figura 114. Tabla cálculo coste de la inversión

Además, hay que valorar el coste del depósito acumulador para el ACS. Ya que el consumo diario es de 5.800 L., se va a instalar un depósito de 3.000 L para cubrir dicha demanda.

El precio aproximado de un depósito acumulador de esa capacidad es de **4.628,00 €**

La inversión total a realizar será **17.288,00 €**

6.5.5 Retorno de la inversión

El retorno finalizará en **2 años y 110 días.**

Balance Inversión	-	17.288,00 €
Año 1	-	9.799,81 €
Año 2	-	2.311,62 €
Año 3		5.176,57 €
Año 4		12.664,76 €
Año 5		20.152,94 €
Año 6		27.641,13 €
Año 7		35.129,32 €
Año 8		42.617,51 €
Año 9		50.105,70 €
Año 10		57.593,89 €
Año 11		65.082,08 €
Año 12		72.570,27 €

Figura 115. Tabla retorno de la inversión

6.6 RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES

El edificio tiene un sistema mixto de saneamiento, por lo cual no se aprovechan las aguas de lluvia recogidas en la cubierta.

Esto es un gran desperdicio, porque con la gran superficie de cubierta existente, las cantidades de agua a recoger pueden ser muy grandes, ahorrando mucho dinero.

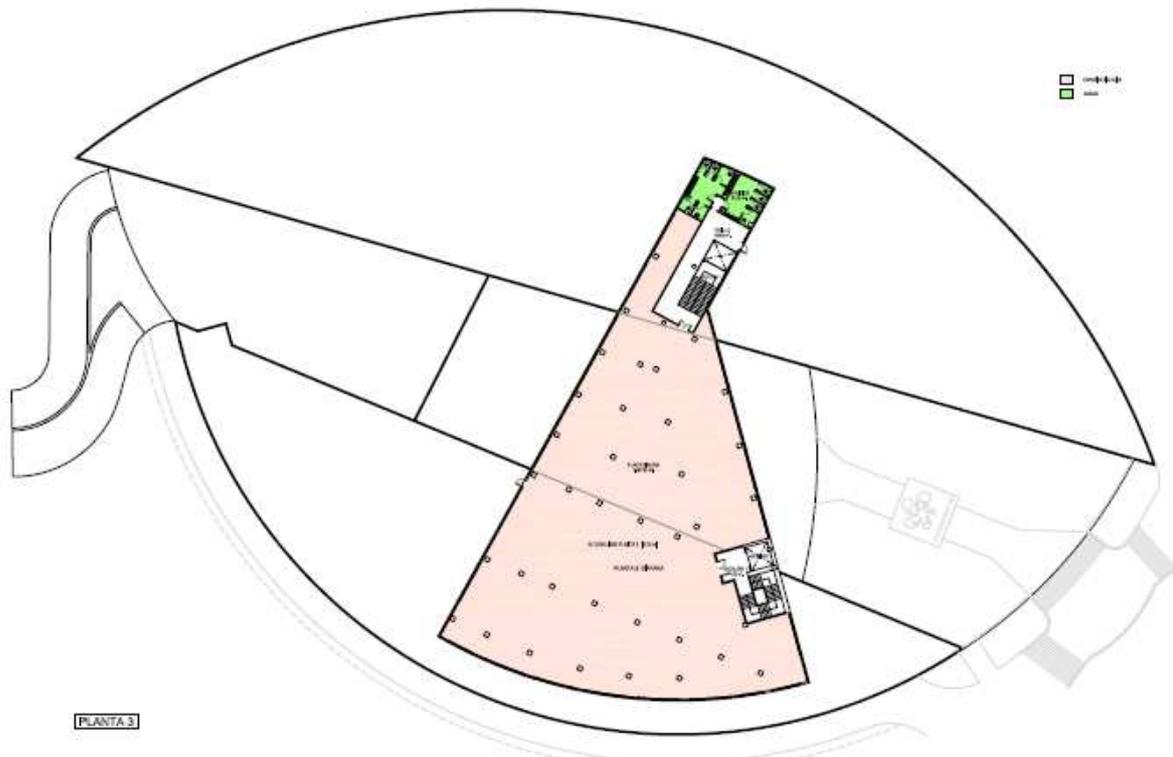


Figura 116. Plano de cubierta

La cubierta tiene una superficie total de 5.045 metros cuadrados, dividida en dos zonas, la cubierta de la planta 1 y la de la planta 2.

Ambas desaguan las aguas a través de sumideros y la red de pluviales, llevando las aguas al único colector existente.

Se pretende realizar obras para ejecutar una red de saneamiento separativa, reconduciendo la red de pluviales a un depósito a instalar para el almacenamiento de agua. Este debe de tener sistema de rebosadero para aliviar aguas y llevarlas al colector cuando se sobrepasa la capacidad del depósito.

Para esta tarea, se seguirán los siguientes pasos:

6.6.1 Cálculo de las aguas recogidas

Para saber las precipitaciones mensuales y anuales de la capital valenciana, se ha visitado la web www.aemet.es la cual recoge la media de las precipitaciones de la capital durante el periodo de 1981 a 2010. Estos datos son los que se van a utilizar para nuestros cálculos por la proximidad del edificio a la capital.

Los datos extraídos son los siguientes:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	11.8	16.4	7.1	37	64	4.4	0.0	0.3	0.5	0.3	9.0	171
Febrero	12.5	17.1	7.8	36	64	3.9	0.0	0.4	1.3	0.1	6.0	171
Marzo	14.4	19.3	9.6	33	63	3.6	0.0	0.4	0.9	0.0	7.1	215
Abril	16.2	20.8	11.5	38	62	4.8	0.0	1.1	0.7	0.0	5.2	234
Mayo	19.0	23.4	14.6	39	65	4.3	0.0	1.8	0.4	0.0	5.9	258
Junio	22.9	27.1	18.6	22	66	2.6	0.0	1.8	0.2	0.0	9.0	276
Julio	25.6	29.7	21.5	8	67	1.1	0.0	1.6	0.1	0.0	13.0	314
Agosto	26.1	30.2	21.9	20	68	2.4	0.0	1.9	0.3	0.0	10.2	288
Septiembre	23.5	27.9	19.1	70	67	5.0	0.0	2.8	0.0	0.0	6.6	234
Octubre	19.7	24.3	15.2	77	67	5.0	0.0	2.3	0.0	0.0	5.9	202
Noviembre	15.3	19.8	10.8	47	66	4.3	0.0	0.5	0.3	0.0	6.7	167
Diciembre	12.6	17.0	8.1	48	65	4.8	0.0	0.3	0.2	0.0	7.1	155
Año	18.3	22.8	13.8	475	65	46.3	0.1	15.3	5.0	0.5	93.2	2696

Figura 117. Tabla pluviometría mensual de Valencia.1981-2010.aemet.es

La media anual de precipitaciones en la ciudad de Valencia es de **475 mm** o **L/m²**.

Multiplicando el dato anterior por los metros cuadrados totales de la cubierta sabemos que puede recogerse al año un total de **2.396.375 litros**.

6.6.2 Ahorro

Para este apartado se consideran los costes según la cantidad de agua consumida:

Agua.....	0,549	€/m ³
Alcantarillado normal.....	0,302	€/m ³
C. Consumo canon saneamiento.....	0,441	€/m ³
	TOTAL= 1,292	€/m³

Como $1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ Litros}$

El coste por litro del agua es de **0,00129 €**

Multiplicando por la cantidad de litros recogidos anualmente en la cubierta se obtiene el coste del agua recogida y, por lo tanto, el dinero ahorrado

Ahorro anual= 0,00129 €/ L x 2.396.375 L= 3.096,12 €

6.6.3 Inversión

Los dos gastos principales son las obras necesarias para cambiar la red de evacuación de mixta a separativa y un depósito de la capacidad adecuada para almacenar el agua.

Las obras van a ser de poca entidad ya que al ser una red mixta, simplemente hay que desconectar las bajantes pluviales del colector y desviarlas al depósito instalado.

El depósito se va a dimensionar de forma aproximada para que tenga la capacidad de almacenar una cantidad de agua menor que la que precipita en el mes más lluvioso, en este caso Octubre, con una precipitación total de 77 Litros/m².

El tamaño será menor dado que no precipita toda al mismo tiempo.

Para evitar el desborde de agua el depósito tendrá un sistema antidesborde que canalizará el agua sobrante al colector.

Los datos están representados en la siguiente tabla:

Cálculo depósito						
Mes máxima precipitación	L/m2 mes	m2 cubierta	L/mes	m3/mes	Tamaño m3	Coste
Octubre	75	5.045	378.375	378,38	200	30.000,00 €

Figura 118. Tabla cálculo capacidad del depósito

Se estima que un depósito de 200 m³ tendrá la capacidad suficiente para ir almacenando el agua de lluvia. Sus dimensiones serán de 10x10 metros en planta y 2 metros de altura.

Se emplazará en el exterior del edificio en la zona ajardinada.

El coste del desvío de la red mixta se desprecia por ser muy reducido.

6.6.4 Retorno de la inversión

El retorno finalizará en un plazo de **9 años y 252 días**.

Balace Inversión	- 30.000,00 €
Año 1	- 26.903,88 €
Año 2	- 23.807,77 €
Año 3	- 20.711,65 €
Año 4	- 17.615,53 €
Año 5	- 14.519,42 €
Año 6	- 11.423,30 €
Año 7	- 8.327,18 €
Año 8	- 5.231,07 €
Año 9	- 2.134,95 €
Año 10	961,17 €
Año 11	4.057,28 €
Año 12	7.153,40 €
Año 13	10.249,51 €

Figura 119. Tabla retorno de la inversión

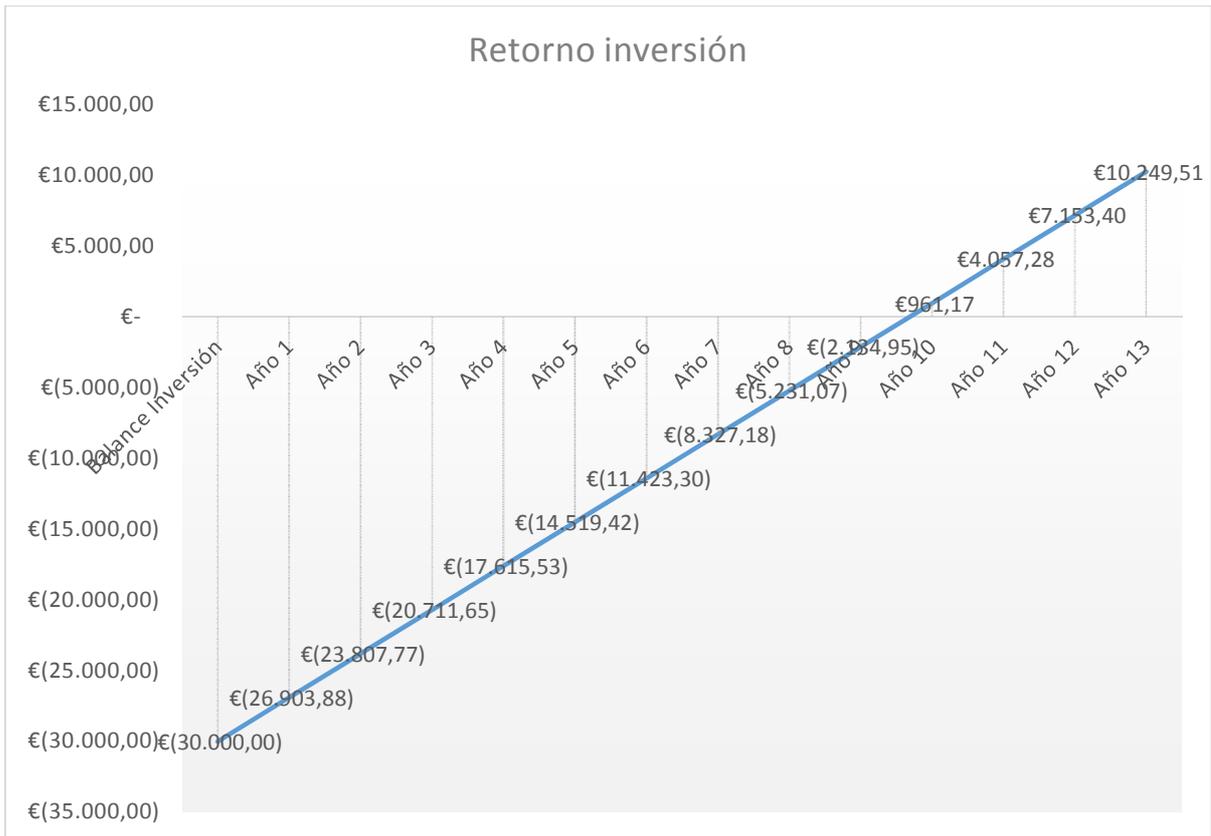


Figura 120. Gráfica retorno de la inversión

Se amortiza en un plazo asequible dado que el depósito y las obras tienen una vida útil ilimitada y el ahorro anual a partir del plazo antes mencionado es considerable ya que supera los 3.000 €.

6.7 HUECOS DE FACHADA

Las ventanas son abatibles de carpintería de PVC y doble acristalamiento tipo climalit 4/6/4.

La transmitancia para este tipo de vidrio es de $U= 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Si se cambian estos cristales por unos triples de baja emisividad la transmitancia puede reducirse de forma importante, ya que para estos vidrios es de

$U= 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

En la siguiente tabla se calcula y compara el flujo de calor en verano con ambos cristales:

Tipo de cristal	U W/k m2	Rt W/k m2	T ext	T int	q W/k m2
Climalit 4/6/4	3,3	0,30	37	22	49,5
Climalit + Planitherm 4/12/4/12/4	0,7	1,42857143	37	22	10,5

Figura 121. Tabla comparativa de la transmitancia de vidrios

El ahorro obtenido es de **39 W/m² K**.

6.7.1 Solución escogida

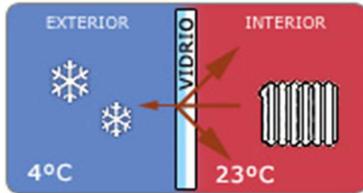
Aunque la reducción de la transmitancia aporta una gran mejora energética en el edificio, hay que tener en cuenta la orientación desfavorable del edificio en cuanto a la protección contra la radiación solar.

Las aulas con orientación Este se ven muy afectadas en la mañana por la radiación solar al igual que las aulas de la zona Oeste por la tarde, ya que no disponen de ningún tipo de protección contra esta radiación, excepto persianas las cuales restan iluminación si se desean bajar, aumentando el gasto eléctrico por ser necesario encender las luminarias.

La opción más adecuada para este caso sería la de cambiar el climalit doble por uno triple tipo **planitherm cool-lite**.

El vidrio planitherm consiste en depositar sobre una de sus caras, una fina capa metálica transparente e incolora que mejora drásticamente el aislamiento del cristal así como la temperatura a la que se producen condensaciones.

INVIERNO



VERANO

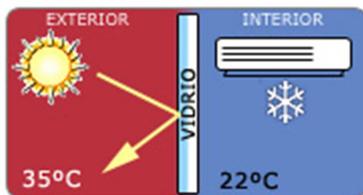
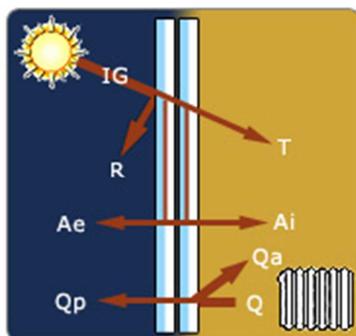


Figura 122. Esquema vidrio planitherm.2015.josemonserrat.com

La tecnología cool-lite permite controlar la radiación solar incidente en los cristales y evitar el calentamiento excesivo de estos, haciendo de pantalla protectora aumentando el confort dentro de la estancia protegida con este tipo de acristalamiento.



- IG**= Energía solar incidente
- T**= Transmisión energética
- R**= Reflexión energética global
- Ae**= Reemisión al exterior
- Ai**= Reemisión al interior
- Q**= Calor producido
- Qp**= Calor perdido
- Qa**= Calor ahorrado

Figura 123. Esquema vidrio cool-lite.2015.josemonserrat.com

6.7.2 Ahorro económico

El primer paso para calcular el ahorro total que supondrá la mejora propuesta es conocer la superficie de cristales existentes en el edificio.

Por el estudio hecho en los planos, existen 3 tipos distintos de ventanas, de los cuales están todas sus dimensiones y número de unidades están representadas en las siguientes tablas:

VENTANA TIPO 1					
Unidades	Área Ventana m ²	Área marco m ²	FM	Área cristal m ²	Área cristal TOTAL m ²
39	3,40	0,484	0,14	2,91	113,57

Figura 124. Cálculo área ventana tipo 1

VENTANA TIPO 2					
Unidades	Área Ventana m ²	Área marco m ²	FM	Área cristal m ²	Área cristal TOTAL m ²
8	8,12	1,88	0,23	6,24	49,90

Figura 125. Cálculo área ventana tipo 2

VENTANA TIPO 3					
Unidades	Área Ventana m ²	Área marco m ²	FM	Área cristal m ²	Área cristal TOTAL m ²
7	6,98	1,362	0,20	5,61	39,30

Figura 126. Cálculo área ventana tipo 3

La superficie total de cristal es de **202,77 m²**

Con los datos el ahorro total de 39 W/m² a la hora obtenido anteriormente y la superficie total de cristales se obtiene el coste que ello supone en los meses de verano e invierno:

AHORRO € VERANO							
Ahorro W/m ² h	Ahorro Kw/m ² h	€/kw h	€/Kwh m ²	h T ^a máx./día	€/día m ²	€/3 meses verano m ²	Ahorro Total €
39	0,039	0,12218	0,004765	6	0,02859082 2	2,57	521,76

Figura 127. Tabla cálculo ahorro en verano

AHORRO € INVIERNO							
Ahorro W/m ² h	Ahorro Kw/m ² h	€/kw h	€/Kwh m ²	h T ^a máx./día	€/día m ²	€/3 meses verano m ²	Ahorro Total €
39	0,039	0,12218 3	0,00476513 7	6	0,02859082 2	2,57	521,76

Figura 128. Tabla cálculo ahorro en invierno

El ahorro anual es de **1.043,52 €**

6.7.3 Cálculo de la inversión necesaria y retorno

El coste de este tipo de cristal es de 53 euros/m² dando un resultado final de **10.746,81 €**

Por lo tanto, esta inversión se verá amortizada en un plazo de **10 años y 106 días.**

El retorno de la inversión se refleja en la siguiente tabla

Balance inversión	- 10.746,81 €
Año 1	- 9.703,29 €
Año 2	- 8.659,76 €
Año 3	- 7.616,24 €
Año 4	- 6.572,71 €
Año 5	- 5.529,19 €
Año 6	- 4.485,66 €
Año 7	- 3.442,14 €
Año 8	- 2.398,61 €
Año 9	- 1.355,09 €
Año 10	- 311,56 €
Año 11	731,96 €
Año 12	1.775,49 €
Año 13	2.819,01 €
Año 14	3.862,54 €

Figura 129. Tabla retorno de la inversión



Figura 130. Gráfica retorno de la inversión

7 INVERSIÓN Y AMORTIZACIÓN TOTAL

7.1 INVERSIÓN TOTAL

En la siguiente tabla se reúnen las inversiones de cada una de las mejoras y el ahorro que supondrán anualmente:

	INVERSIÓN	AHORRO ANUAL
Aislamiento en cubierta	31.530,38 €	4.099,09 €
Aislamiento en fachada	41.430,00 €	2.352,00 €
Iluminación LED	20.119,40 €	5.541,65 €
Placas Fotovoltaicas	1.460,31 €	312,45
Placas solares ACS	17.288,00 €	7.488,19 €
Red recogida de aguas	30.000,00 €	3.096,12 €
Doblado de Ventanas	10.746,81 €	1.043,52 €
TOTAL	152.574,90 €	23.933,02 €

Figura 131. Tabla del cálculo de la inversión total a realizar

7.2 AMORTIZACIÓN

Con un coste total de 152.574,90 € y un ahorro anual de 23.933,02 € obtenemos un periodo de amortización de **6 años y 137 días**.

Dado el corto periodo de amortización que suponen dichos cambios, se concluye que es una versión muy rentable.

Balance Inversión=	-152.574,90 €
Año 1	-128.641,88 €
Año 2	-104.708,86 €
Año 3	-80.775,84 €
Año 4	-56.842,82 €
Año 5	-32.909,80 €
Año 6	-8.976,78 €
Año 7	14.956,24 €
Año 8	38.889,26 €
Año 9	62.822,28 €
Año 10	86.755,30 €
Año 11	110.688,32 €

Figura 132. Tabla del cálculo de la amortización

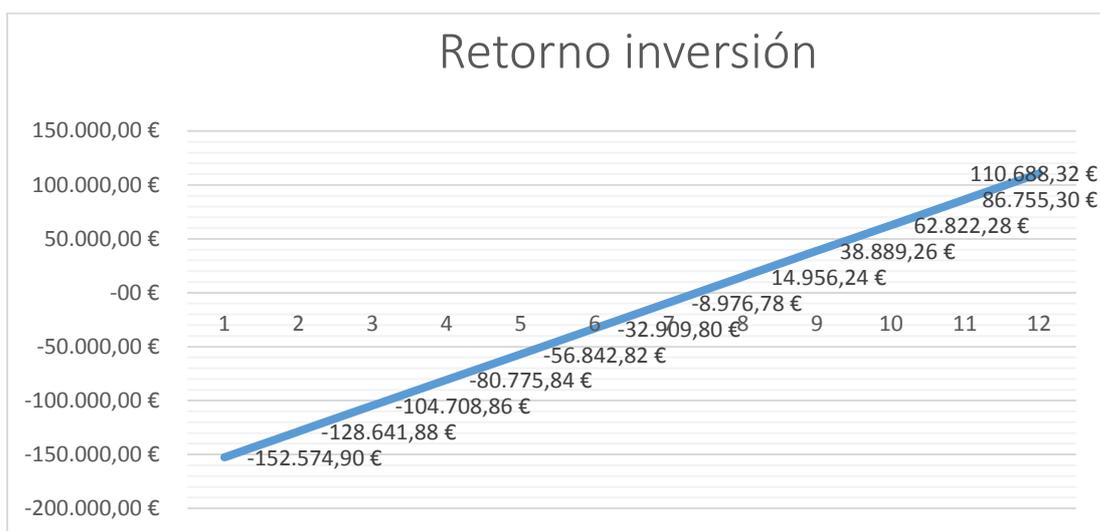


Figura 133. Gráfica retorno de la inversión

8 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA FINAL

Todos estos cambios se han introducido como mejoras en el programa CE3X y así obtener la calificación energética final, obteniendo el siguiente resultado:

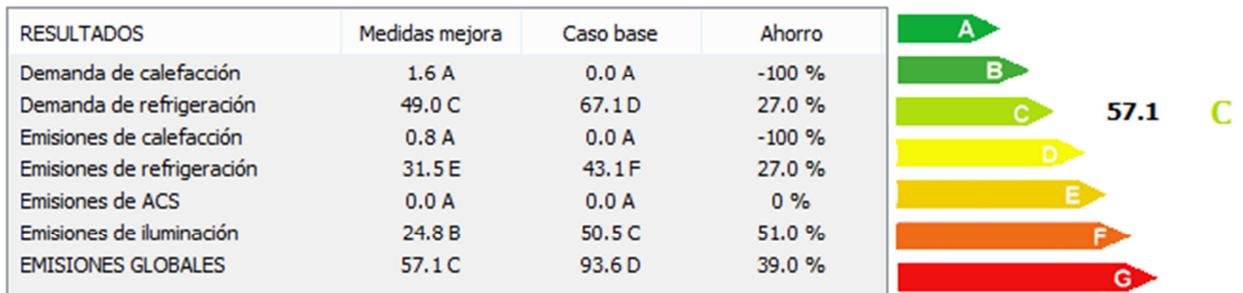


Figura 134. Certificación energética final

Obtenemos una letra C, mejorando dos letras lo cual, junto con el ahorro económico antes obtenido, muestra una gran mejora en el edificio.

9 CONCLUSIONES

Como se ha visto en este trabajo, el estudio y análisis de un edificio que identifique sus puntos débiles de gasto energético, nos ha permitido proponer mejoras coherentes de ahorro energético, lo cual disminuirá por un lado las consecuencias nocivas sobre el medio ambiente, y por otro lado contribuirá a eliminar costes innecesarios.

Dada la situación económica actual, en la que la construcción de obra nueva es muy reducida y en la que las necesidades de ahorro económico son más importantes que nunca, considero muy interesante que se realicen este tipo de proyectos, ya que la eficiencia energética es un aspecto un tanto novedoso que no se ha tenido en cuenta durante épocas pasadas. Anteriormente, lo único que importaba era construir el mayor número de edificios al menor coste posible, lo que ha causado problemas de gasto energético y por consecuencia se han alcanzado unos costes económicos desorbitados.

Las propuestas de mejora que se realizan en este trabajo son de gran utilidad, ya que responden a la necesidad real del propietario del edificio de obtener un ahorro económico a través de la realización de mejoras energéticas. Por otro lado, aunque va a ser necesaria una inversión inicial para llevarlas a cabo, tras realizarse un estudio riguroso, este proyecto permitirá amortizar la inversión realizada en un periodo de tiempo razonable.

El ámbito de aplicación de este proyecto es muy extenso, ya que como se ha comentado antes, la mayor parte de edificios existentes pueden mejorarse energéticamente con sencillas obras y de este modo, beneficiarse en un corto plazo de tiempo, de las mejoras que dichas obras conllevan.

Pienso que si se empieza a tomar en serio estos aspectos de ahorro energético y a invertir en ellos, la sociedad podrá dar un cambio drástico, ya que las cantidades de dinero que se ahorrarán, así como la creación de empleo que ello conllevará, serán muy elevadas y ayudarán a preservar el medio ambiente que tan afectado se está viendo desde el siglo pasado.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Detail 2012. *Construir a base de reciclaje*. Dossier: *Edificios de consumo energético cero*. [Julio/2012]

AENOR, 2013. *UNE-ISO 21500: Directrices para la dirección y gestión de proyectos*. Norma UNE. Edn. Madrid.

Jose María Fernandez Salgado 2011. *Eficiencia energética en los edificios*. Antonio Madrid Vicente.

Código Técnico de la Edificación (2013), *Documento básico HE, Ahorro de energía*.

RD 235/2013, (2013). *Procedimiento básico para la certificación de edificios*.

Directiva 27/2012/UE, (2012). *Eficiencia energética de edificios*.

Páginas web:

www.rehabitecnews.com Tecnología de rehabilitación y eficiencia energética en edificios.

es.detail-online.com Arquitectura sostenible.

www.junkers.es Calderas, equipos de refrigeración y placas solares.

www.vaillant.es Calderas y equipos de refrigeración.

www.parex.es Aislamiento de fachadas.

www.terrapilar.com Aislamientos e impermeabilizaciones

www.climalit.es Vidrios aislantes con control solar

11 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Plano de emplazamiento.....	8
Figura 2.Plano de situación	8
Figura 3. Plano de parcela	9
Figura 4. Plano planta 1.....	10
Figura 5. Plano planta 2.....	10
Figura 6. Plano de cubierta	11
Figura 7. Tabla de clasificación zonas climáticas.2013. CTE.....	12
Figura 8. Patología 1.....	14
Figura 9. Patología 2.....	14
Figura 10. Patología 3.....	15
Figura 11.Patología 4.....	15
Figura 12. Patología 5.....	16
Figura 13. Patología 6.....	16
Figura 14. Exterior 1	17
Figura 15. Exterior 2	17
Figura 16. Exterior 3	18
Figura 17. Exterior 4	18
Figura 18. Enfriadora Daikin	19
Figura 19. Esquema de cubierta.....	20
Figura 20. Cubierta invertida 1.....	21
Figura 21. Cubierta invertida 2.....	21
Figura 22. Esquema de fachada	22
Figura 23. Iluminación aulas 1.....	23
Figura 24. Iluminación aulas 2.....	24
Figura 25. Iluminación pasillo.....	24
Figura 26. Iluminación garage 1	25
Figura 27. Iluminación garage 2	25
Figura 28. Iluminación exterior 1	26
Figura 29. Iluminación exterior 2	26
Figura 30. Iluminación exterior 3	27
Figura 31. Iluminación exterior 4	27
Figura 32. Iluminación exterior 5	28
Figura 33. Iluminación jardín 1.....	28
Figura 34. Iluminación jardín 2.....	29
Figura 35. Iluminación jardín 3.....	29
Figura 36. Iluminación jardín 4.....	30
Figura 37. Iluminación jardín 5.....	30
Figura 38. Características de caldera.2015.Vaillant.es.....	31
Figura 39. Calderas 1	31
Figura 40. Calderas 2	32
Figura 41. Esquema red de evacuación mixta.....	33

Figura 42. Huecos de fachada 1	34
Figura 43. Huecos de fachada 2	34
Figura 44. Calificación energética inicial	35
Figura 45. Tabla de transmitancia inicial en invierno de cubierta	37
Figura 46. Tabla de transmitancia inicial en verano de cubierta	38
Figura 47. Transmitancias máximas de envolvente.2013. CTE	39
Figura 48. Transmitancia poliestireno extruido.2015.Terrapilar.es.....	40
Figura 49. Tabla transmitancia final de cubierta en invierno.....	41
Figura 50. Tabla transmitancia final de cubierta invierno.....	42
Figura 51. Tabla retorno inversión de cubierta.....	44
Figura 52. Gráfica retorno inversión de cubierta	44
Figura 53. Tabla de transmitancia inicial en invierno de fachada.....	45
Figura 54. Tabla de transmitancia inicial en verano de fachada.....	46
Figura 55, Tabla transmitancias máximas en envolvente.2013.CTE.	47
Figura 56. Esquema de fachada sistema Coteterm.2015.parex.es.....	48
Figura 57. Tabla de transmitancia final de fachada en invierno	49
Figura 58. Tabla transmitancia final de fachada en verano	50
Figura 59. Tabla de retorno de inversión de fachada	52
Figura 60. Gráfica de retorno inversión de cubierta	53
Figura 61. Tabla comparativa LED.2015.ledalmacen.com	55
Figura 62. Tabla de cálculo del consumo actual del garaje.....	57
Figura 63. Tabla de cálculo del consumo con LED del garaje.....	58
Figura 64. Tabla conste de inversión LED.....	58
Figura 65. Tabla de retorno de inversión LED	59
Figura 66. Gráfica retorno de inversión LED	59
Figura 67. Tabla de cálculo del consumo actual de la cafetería.....	60
Figura 68. Tabla coste de inversión LED.....	60
Figura 69. Tabla cálculo consumo LED de cafetería	60
Figura 70. Tabla de retorno de inversión LED	61
Figura 71. Gráfica reotrno de inversión LED	61
Figura 72. Plano instalación eléctrica Planta 1.....	62
Figura 73. Plano instalación eléctrica Planta 2.....	63
Figura 74. Tabla de recuento luminarias.....	63
Figura 75. Tabla de cálculo consumo actual aulas	64
Figura 76. Tabla coste de inversión LED.....	64
Figura 77. Tabla de cálculo consumo LED	64
Figura 78. Tabla retorno inversón LED	65
Figura 79. Gráfica retorno inversión LED	66
Figura 80. Tabla cálculo del consumo actual en entrada	67
Figura 81. Tabla conste inversión LED.....	67
Figura 82. Tabla de cálculo del consumo LED	67
Figura 83. Tabla de retorno de inversión LED	68
Figura 84. Gráfica retorno inversión LED	68
Figura 85. Tabla de cálculo del consumo actual del jardín	69
Figura 86. Tabla de coste de inversión LED.....	69

Figura 87. Tabla de cálculo del consumo LED	69
Figura 88. Tabla de retorno de inversión LED	70
Figura 89. Gráfica de retorno de inversión LED	70
Figura 90. Tabla consumo actual luminarias exteriores.....	71
Figura 91. Tabla de coste de inversión LED	71
Figura 92. Tabla coste del consumo LED	71
Figura 93. Tabla retorno de la inversión LED	72
Figura 94. Gráfica retorno de la inversión LED.....	72
Figura 95. Tabla coste inversión y ahorro iluminación total	73
Figura 96. Tabla ámbito aplicación energía fotovoltaica.2013. CTE	74
Figura 97. Consumo focos entrada	75
Figura 98. Consumo luminarias exteriores.....	75
Figura 99. Consumo focos jardín.....	75
Figura 100. Tabla de cálculo de placas.....	76
Figura 101. Tabla retorno de inversión	76
Figura 102. Gráfica retorno de la inversión.....	77
Figura 103. Tabla demanda ACS.2013. CTE.....	78
Figura 104. Tabla demanda ACS en escuelas	79
Figura 105. Tabla demanda ACS en cafeterías	79
Figura 106. Tabla demanda ACS en comedor	79
Figura 107. Tabla demanda ACS en vestuario.....	79
Figura 108. Demanda ACS total.....	79
Figura 109. Tabla contribución energía solar mínima.2013.CTE.....	80
Figura 110. Tabla porcentaje de ACS a cubrir con energía solar.2013.CTE	80
Figura 111. Tabla datos de cálculo energía para calentar ACS	81
Figura 112. Tabla ahorro ACS	81
Figura 113. Características Placa Solar.2015.junkers.es	82
Figura 114. Tabla cálculo coste de la inversión.....	82
Figura 115. Tabla retorno de la inversión	83
Figura 116. Plano de cubierta	84
Figura 117. Tabla pluviometría mensual de Valencia.1981-2010.aemet.es.....	85
Figura 118. Tabla cálculo capacidad del depósito.....	87
Figura 119. Tabla retorno de la inversión	87
Figura 120. Gráfica retorno de la inversión.....	88
Figura 121. Tabla comparativa de la transmitancia de vidrios	89
Figura 122. Esquema vidrio planitherm.2015.josemonserrat.com	90
Figura 123. Esquema vidrio cool-lite.2015.josemonserrat.com	90
Figura 124. Cálculo área ventana tipo 1.....	91
Figura 125. Cálculo área ventana tipo 2.....	91
Figura 126. Cálculo área ventana tipo 3.....	91
Figura 127. Tabla cálculo ahorro en verano.....	92
Figura 128. Tabla cálculo ahorro en invierno.....	92
Figura 129. Tabla retorno de la inversión	93
Figura 130. Gráfica retorno de la inversión.....	93
Figura 131. Tabla del cálculo de la inversión total a realizar	94

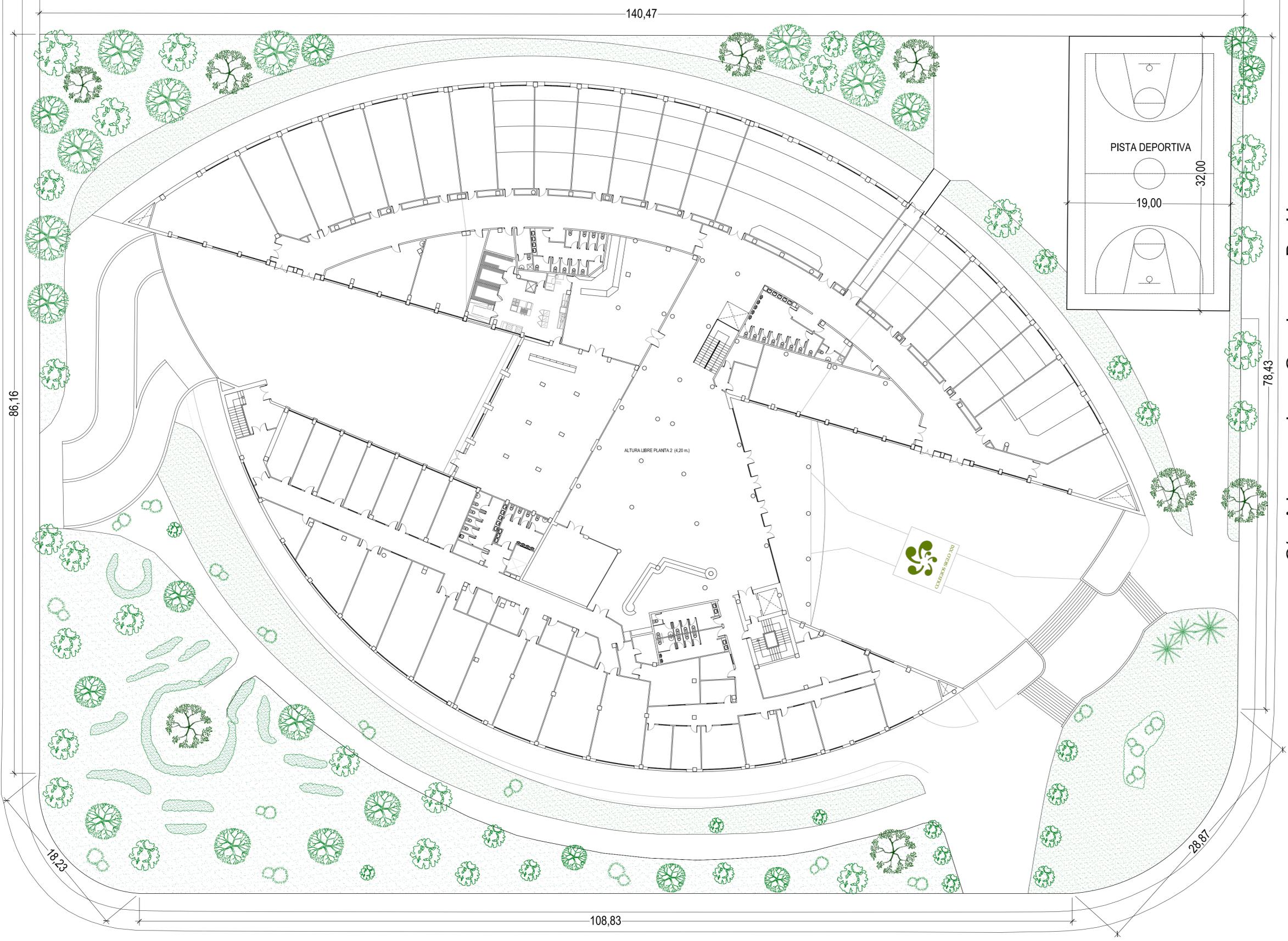
Figura 132. Tabla del cálculo de la amortización	95
Figura 133. Gráfica retorno de la inversión.....	95
Figura 134. Certificación final.....	96

ANEXO 1

1. Plano de parcela
2. Planos de Planta 1
3. Plano de Planta 2
4. Plano de cubierta
5. Secciones A-B y C-D

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. - E.I.P.:511
 EDIFICIO ESTE/M/Parcela.010
 Diseñado: M. Adarid - 14 mayo 2012
 El presente documento es copia de su original del que es autor el Arquitecto Amadeo Pascual Galán en representación de la sociedad TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requerirá la previa autorización expresa de su autor quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.

C/ Johannes Gutenberg



Avda. de Benjamin Franklin

PARCELA

C/ Alexander Graham Bell

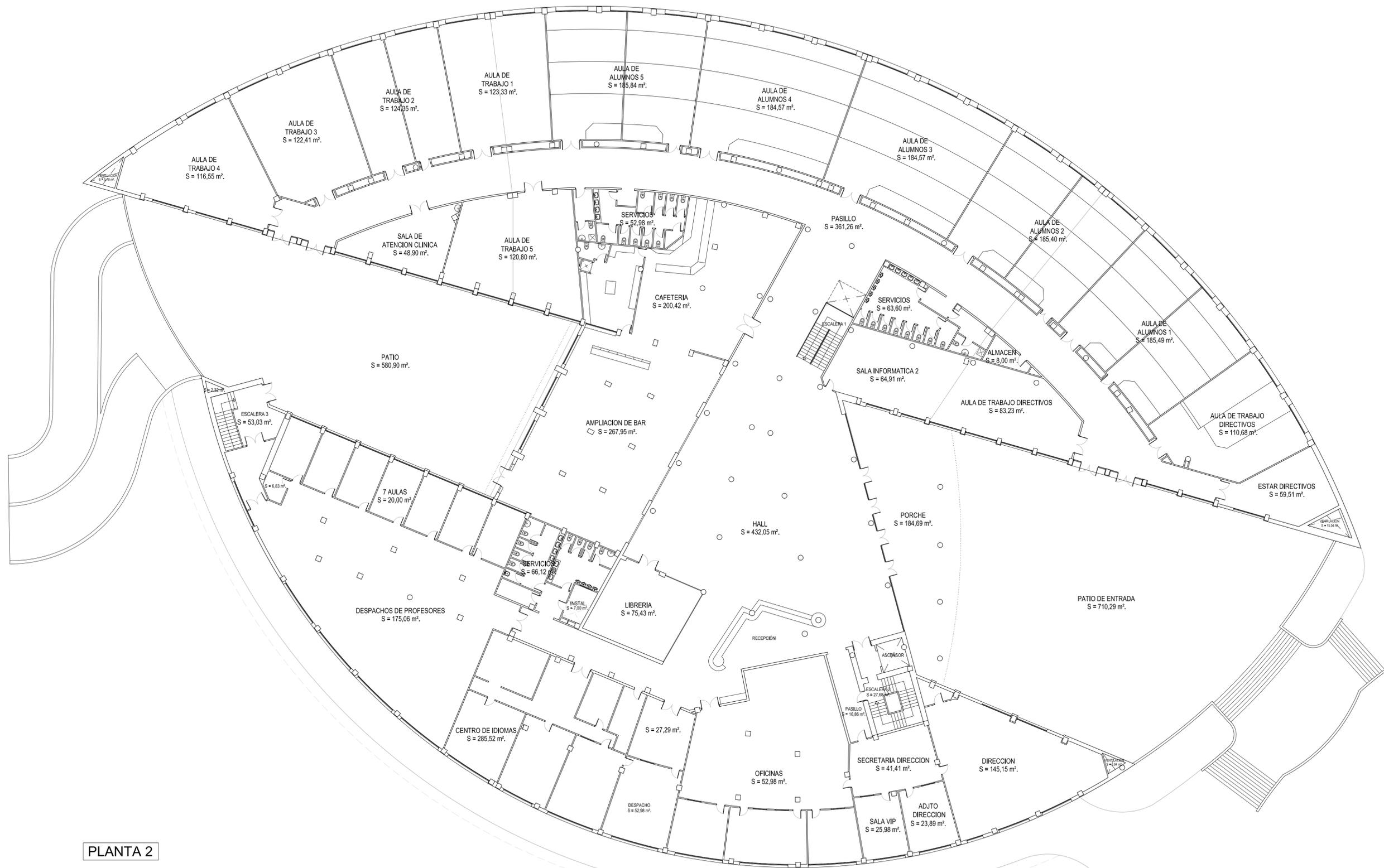


SUPERFICIE DE PARCELA --- 14.000 m².

PARCELA

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.		E-mail: 9111amadeo@pascualarquitectura.es	
ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán		C/ Gascó Ollag, nº 6, Esc. A, Pla. 2 -Valencia-	
PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070		Tel.: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 46 52	
SITUACION: Avd. Benjamin Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-		www.pascualarquitectura.es	
Firma Arquitecto:		ESCALA:	Nº. PLANO:
PROYECTO de EJECUCIÓN		1:250	2
REFORMA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIO DOCENTE		FECHA:	Mayo 2012
APAREJADOR:	DELINEANTE:	Nº. EXPEDIENTE:	5/11

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA S.L.P. - Exp. 5/11
 DIBUJO: ESTADY/Parceledo.dwg
 Dibujado: M. Adad - 14 mayo 2012
 El presente documento es copia de su original del que es autor el Arquitecto Amadeo Pascual Galán en representación de la sociedad TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requiere la previa autorización expresa de su autor quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.



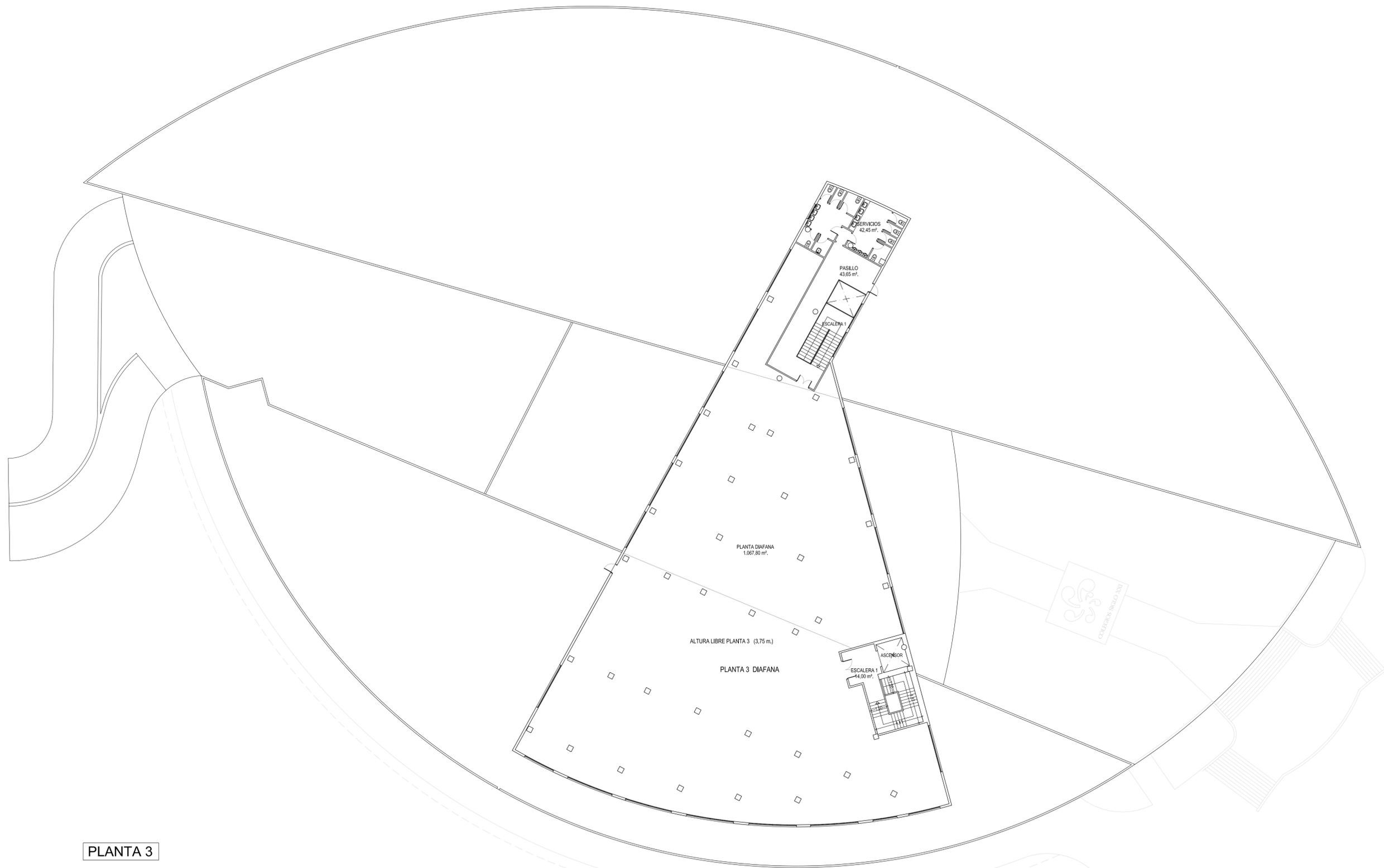
PLANTA 2

RESUMEN DE SUPERFICIES
 SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA 2 5.125,00 m²

**ESTADO ACTUAL
 PLANTA 2**

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.		E-mail: 911tamadeo@pascualarquitectura.es	
ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán		C/ Gasco Olayo, nº 6, Esp. A, Pta. 2 - Valencia	
PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070		Tel: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 45 52	
SITUACION: Avd. Benjamín Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-		www.pascualarquitectura.es	
Firma Arquitecto:		Firma Arquitecto:	
PROYECTO de EJECUCIÓN		ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 5
REFORMA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIO DOCENTE		APAREJADOR:	DELINEANTE:
Nº EXPEDIENTE: 5/11		FECHA: Mayo 2012	

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA S.L.P. - Etc: 5/11
 D:\TRAM\ESTIMAD\Parceledwg
 Dibujado: M. Adad 10 mayo 2012
 El presente documento es copia de su original del que es autor el Arquitecto Amadeo Pascual Galán en representación de la sociedad TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requiere la previa autorización expresa de su autor quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.



PLANTA 3

RESUMEN DE SUPERFICIES

SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA 3	1.265,00 m².
SUPERFICIE UTIL PLANTA 3	1.167,90 m².

**ESTADO ACTUAL
 PLANTA 3**

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.
 ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán
 PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070
 SITUACION: Avd. Benjamín Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-

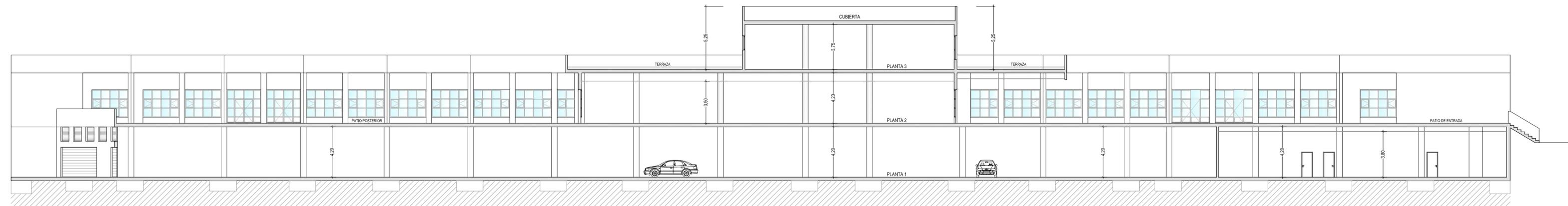
E-mail: 9111amadeo@pascualarquitectura.es
 C/ Gasco Ollag, nº 6, Esp. A, Pta. 2 -Valencia-
 Telf: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 45 52
 www.pascualarquitectura.es

Firma Arquitecto:

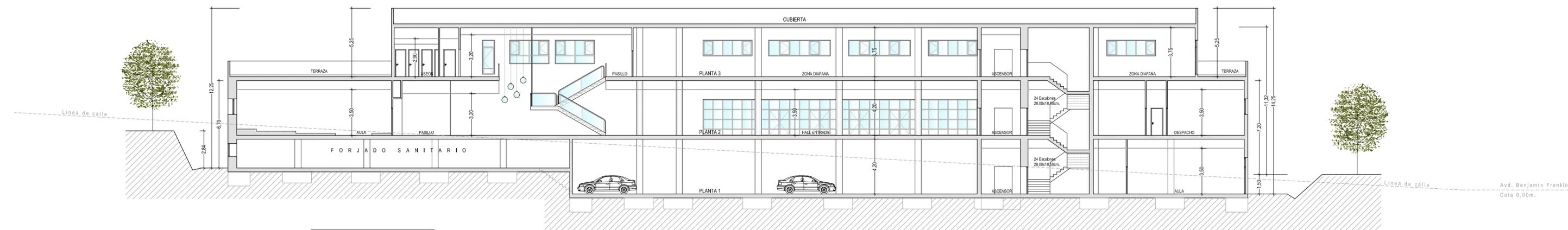
ESCALA: 1:200
 Nº. PLANO: 6

APAREJADOR: DELINEANTE: Nº. EXPEDIENTE: 5/11
 FECHA: Mayo 2012

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Exp.: 5/11
 EDIFICIO ESTEMA/Parcela.dwg
 Dibuñado: M. Adalid 16 mayo 2012
 El presente documento es copia de su original del que es autor el Arquitecto Amadeo Pascual Galán en representación de la sociedad TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requerirá la previa autorización expresa de su autor quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.



SECCIÓN A-B



SECCIÓN C-D

SECCIONES

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.
 ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán

PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070

SITUACION: Avd. Benjamín Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-

APAREJADOR: DELINEANTE: Nº. EXPEDIENTE: 5/11

FECHA: Mayo 2.012

PROYECTO de EJECUCIÓN
 REFORMA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIO DOCENTE

ESCALA: 1:200

Nº. PLANO: 26

E-mail: 9111amadeo@pascualarquitectura.es
 C/ Gascó Ollag, nº 6, Esc. A, Pla. 2 -Valencia-
 Tel.: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 46 62
 www.pascualarquitectura.es

Firma Arquitecto:

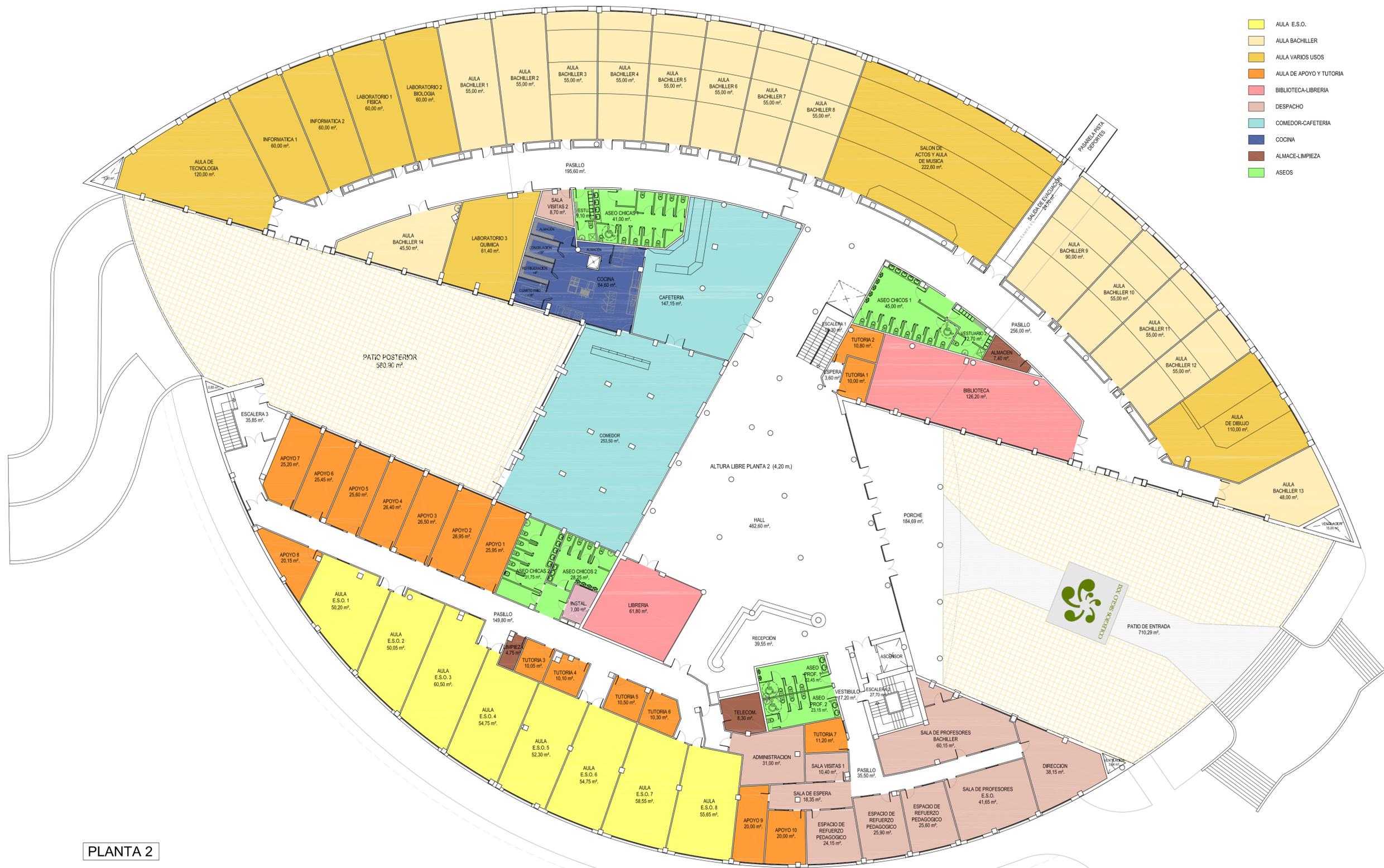
ESCALA: 1:200

Nº. PLANO: 26

FECHA: Mayo 2.012

ANEXO 2

1. Zonificación Planta 1
2. Zonificación Planta 2
3. Zonificación Planta cubierta
4. Memoria de carpinterías



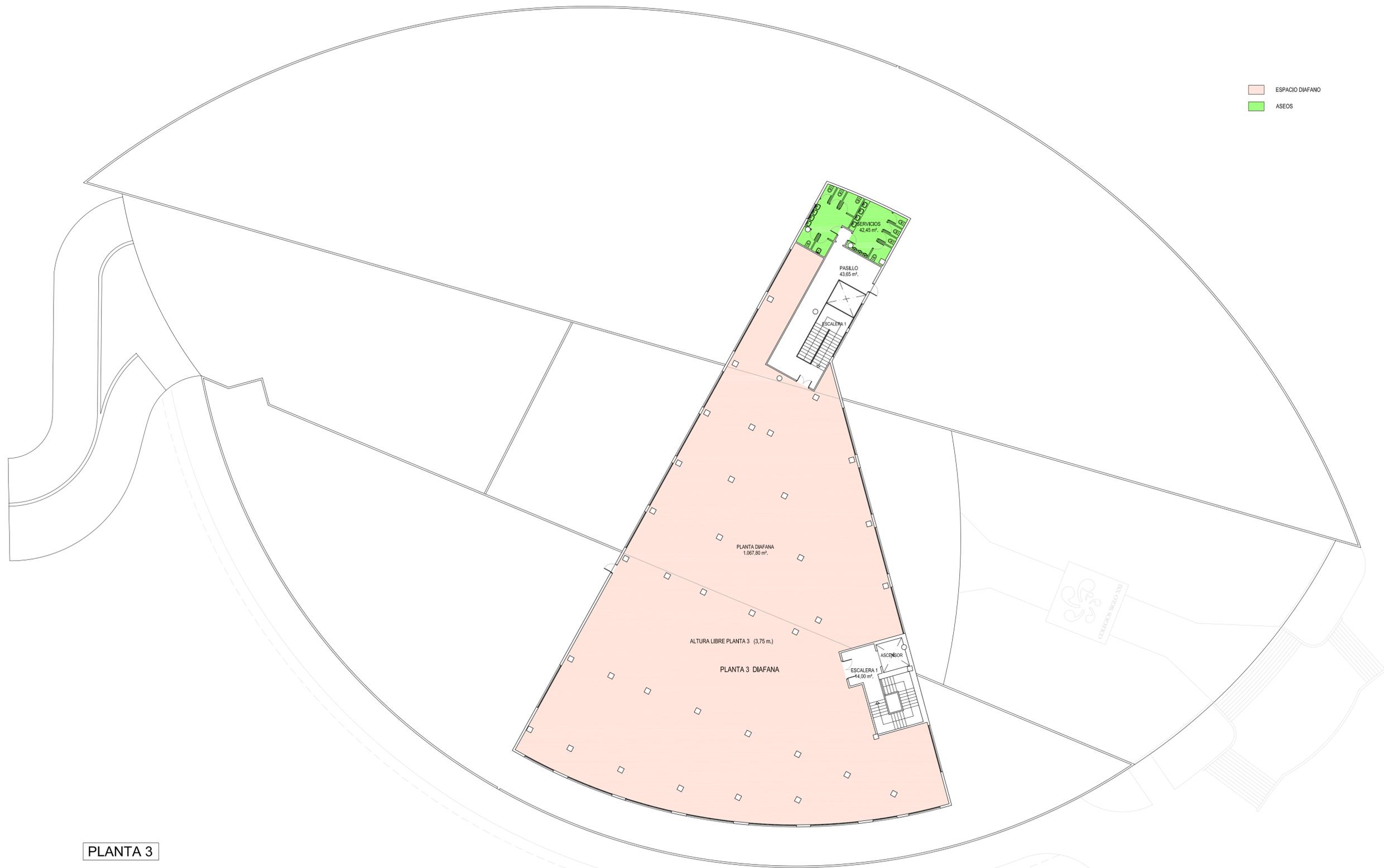
- AULA E.S.O.
- AULA BACHILLER
- AULA VARIOS USOS
- AULA DE APOYO Y TUTORIA
- BIBLIOTECA-LIBRERIA
- DESPACHO
- COMEDOR-CAFETERIA
- COCINA
- ALMACE-LIMPIEZA
- ASEOS

PLANTA 2

DISTRIBUCIÓN REFORMA PROYECTADA PLANTA 2

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.		E-mail: 911tamadeo@pascualarquitectura.es	
ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán		C/ Gasco Olayo, nº 6, Esp. A, Pta. 2 -Valencia- Telf: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 45 52 www.pascualarquitectura.es	
PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070		Firma Arquitecto:	
SITUACIÓN: Avd. Benjamín Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-			
PROYECTO de EJECUCIÓN		ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 15
REFORMA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIO DOCENTE		APAREJADOR:	DELINEANTE:
Nº EXPEDIENTE: 5/11		FECHA: Mayo 2012	

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA S.L.P. - Exp: 5/11
 D:\TRAM\ESTIMAD\Parceledwg
 Dibujado: M. Adad 10 mayo 2012
 El presente documento es copia de su original del que es autor el Arquitecto Amadeo Pascual Galán en representación de la sociedad TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requiere la previa autorización expresa de su autor quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.



PLANTA 3

DISTRIBUCIÓN ESTADO ACTUAL PLANTA 3

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.
 ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán
 PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070
 SITUACIÓN: Avd. Benjamín Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-

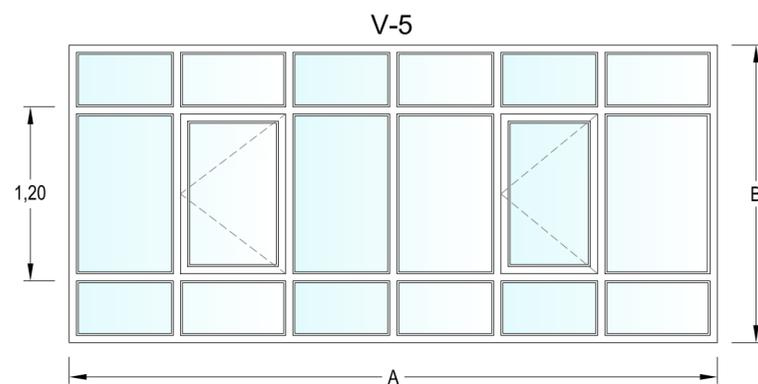
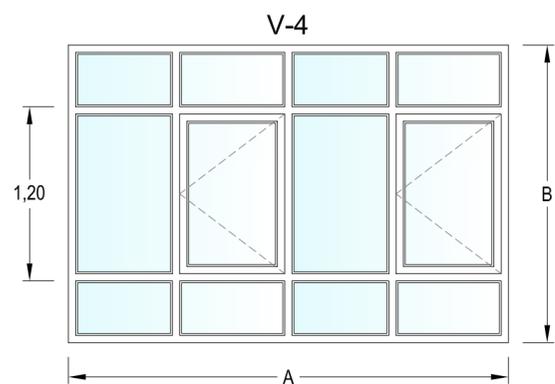
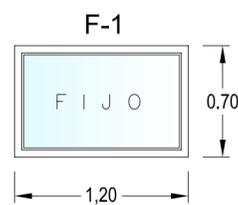
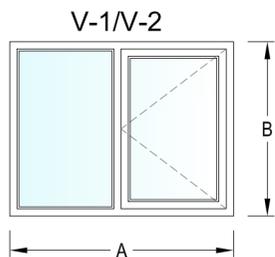
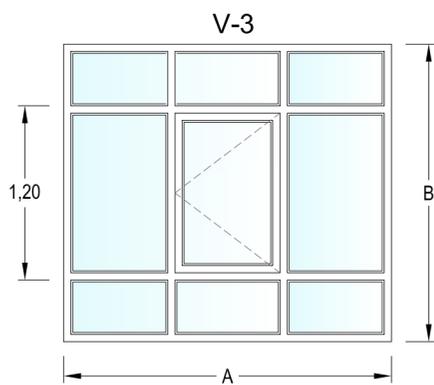
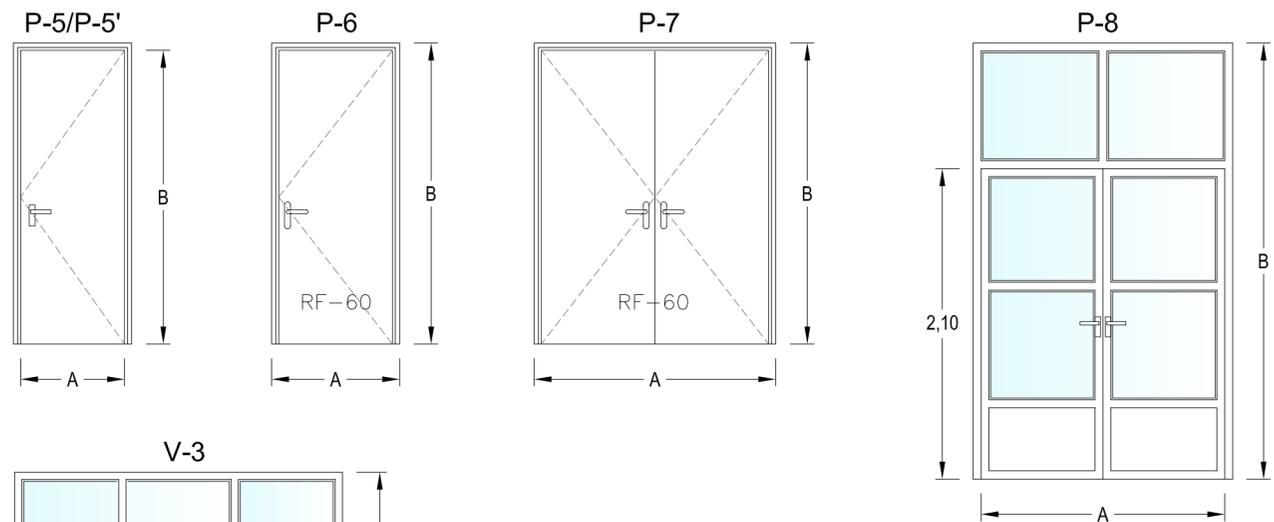
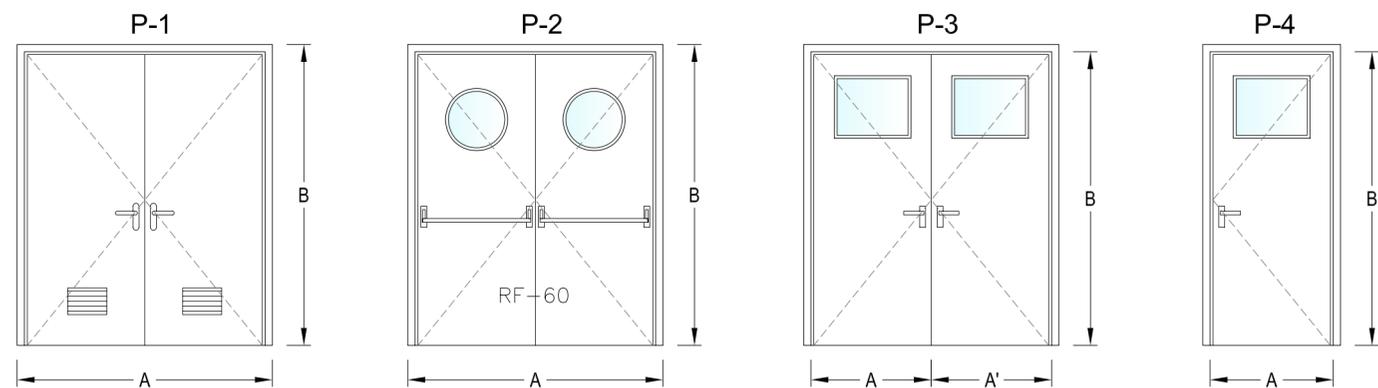
E-mail: 9111amadeo@pascualarquitectura.es
 C/ Gasco Ollag, nº 6, Esp. A, Pta. 2 -Valencia-
 Telf: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 45 52
 www.pascualarquitectura.es
 Firma Arquitecto:

PROYECTO de EJECUCIÓN
 REFORMA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIO DOCENTE

ESCALA: 1:200
 Nº. PLANO: 16
 FECHA: Mayo 2012

APAREJADOR: DELINEANTE: Nº. EXPEDIENTE: 5/11

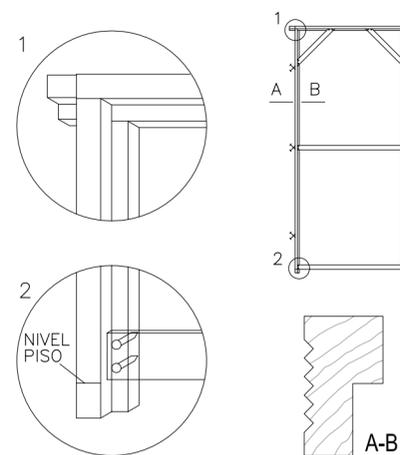
TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Exp.: 511
 EDIFICIO ESTEMA/Det_Carpinteria.dwg
 Dibujado: M. Adalid 14 mayo 2012
 El presente documento es copia de su original del que es autor el Arquitecto Amadeo Pascual Galán en representación de la sociedad TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requerirá la previa autorización expresa de su autor quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.



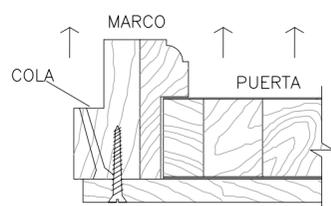
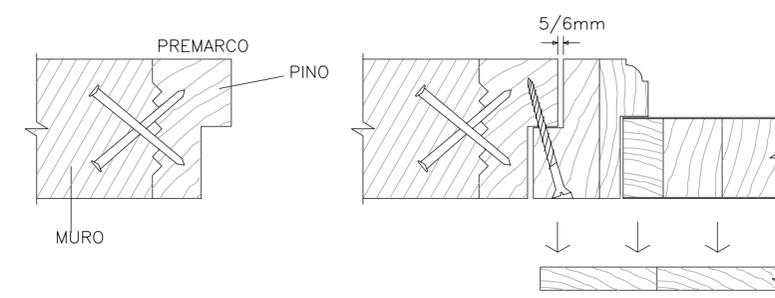
PREMARCO

Para lograr la colocación correcta es, necesario que el premarco que se vaya a utilizar, tenga un galce o rebaje (Fig. 1) con el fin de acoplar el marco que contiene la hoja de la puerta.
 El premarco, en su parte inferior, nos indica mediante una muesca (Fig. 2) el nivel a ras del suelo.

Es muy importante, para evitar problemas en la posterior instalación de la puerta que los rastreles no se desprendan del premarco hasta que la obra este en condiciones.



INSTALACION

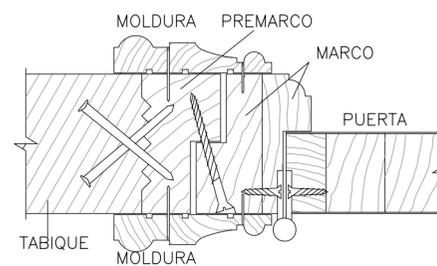


1.- Acabada la obra, incluso de pintura, y retirados los rastreles de los premarcos, se impregna de cola la parte del galce del marco de la puerta y se apoya sobre el premarco, haciendo coincidir los galces. Entre el marco existe una holgura de 5 ó 6 mm, para evitar los posibles movimientos del premarco debidos a la humedad de las paredes.

2.- Se atornilla por los taladros preparados en fabrica con los tornillos que se adjuntan para tal efecto en cada sistema.

3.- Una vez colocados los tornillos, se destornillan los rastreles de la puerta a continuación ya se puede abrir la puerta y colocar los tapajuntas.

INSTALADO



SECCION A-B

CUADRO DE CARPINTERIA

TIPO	Nº de Ud.	DIMENSIONES Ax B	MATERIAL	SITUACION
P-1	5	1.70x2.00	Metálica	Almacén parking
P-2	5	1.70x2.00	Metálica	Pasillo de emergencia
P-3	4	2x0.82x2.03	Madera	Pasillos aulas
P-4	24	0.82x2.03	Madera	Aulas
P-5	34	0.82x2.03	Madera	Aseo - Tutorías - Limp.
P-5'	15	0.62x2.03	Madera	Inodoros aseos
P-6	1	1.00x2.00	Metálica	Salida parking
P-7	1	2.00x2.00	Metálica	Salida escalera
P-8	3	1.90x2.10 + Fijo	Aluminio lacado	Salida de emergencia
F-1	26	1.20x0.70	Aluminio lacado	Pasillo - aulas
V-3	1	1.50x1.80	Aluminio lacado	Fachada
V-4	4	3.00x1.80	Aluminio lacado	Fachada
V-5	6	4.50x1.80	Aluminio lacado	Fachada

DETALLE DE CARPINTERIA

TRAM ARQUITECTURA E INGENIERIA, S.L.P.
 ARQUITECTO: Amadeo Pascual Galán

PROMOTOR: INMOBILIARIA MARIN MEDINA S.A. C.I.F.- A 46.703.070

SITUACION: Avd. Benjamín Franklin, nº.18 (Parque Tecnológico) -PATERNA-

PROYECTO de EJECUCIÓN
 REFORMA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIO DOCENTE

APAREJADOR: DELINEANTE: Nº. EXPEDIENTE: 5/11 FECHA: Mayo 2012

E-mail: 9111amadeo@pascualarquitectura.es
 C/ Gascó Ollag, nº 6, Esc. A, Pla. 2 -Valencia-
 Tel.: 96 362 45 62 - Fax: 96 362 46 52
 www.pascualarquitectura.es

Firma Arquitecto:

ESCALA: Nº. PLANO: **24**

ANEXO 3

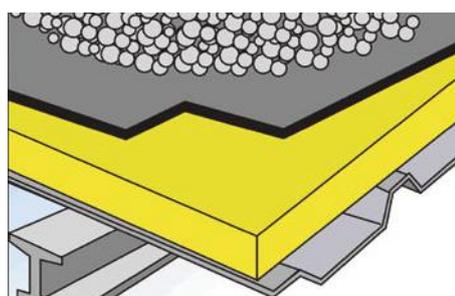
Catálogos comerciales:

1. Aislante en cubierta.
2. Aislante en fachada.
3. Captadores Solares.

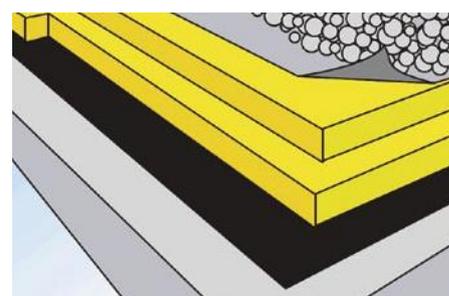
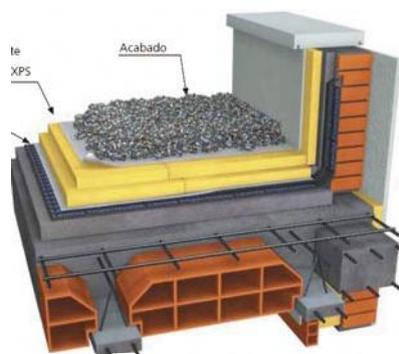
DIMENSIONES					
Dimensiones (mm)	Espesor (mm)	Unidades/paquete	m ² /palet	m ² /paquete	Acabado
1250 x 600 (0,75 m ²)	30	14 paneles / paquete	126	10,50	
	40	10 paneles / paquete	90	7,50	
	50	8 paneles / paquete	72	6,00	
	60	7 paneles / paquete	63	5,25	
	80	5 paneles / paquete	45	3,75	
	100	4 paneles / paquete	36	3,00	

PROPIEDADES TÉRMICAS						
Espesor (mm)	30	40	50	60	80	100
Resistencia térmica (m ² .K/W)	0,90	1,20	1,50	1,80	2,20	2,80

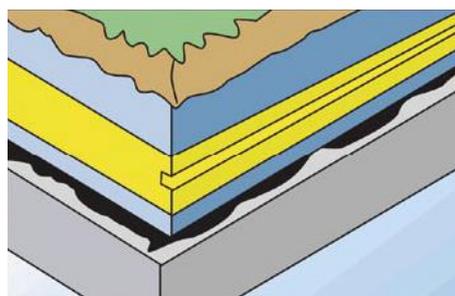
CUADRO TÉCNICO					
Conductividad térmica (W/m.°K) a 10°C	Resistencia a la compresión min. 10% (KPa)	Reacción al fuego	Absorción de agua (%)	Tolerancias espesor (mm)	Superficie
0,034 (30-60 mm)	300	E	≤ 0,7	+2/-2 (< 50mm)	Lisa
0,036 (> 60 mm)				+3/2 (≥ 50mm)	



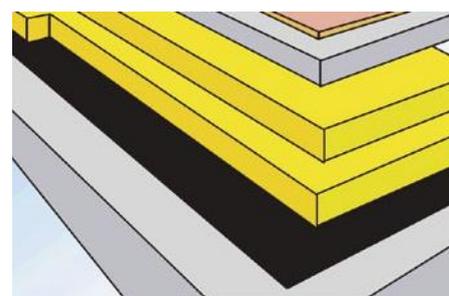
Cubierta deck



Cubierta invertida no transitable



Cubierta invertida ajardinada



Cubierta invertida transitable

El CTE

CÁLCULO DE UNA "UM" (MURO DE FACHADA)

1. Objetivo

$U_m < U_{Mlim}$
 o bien
 $R_{tm} > R_{tlim}$

Cumple

$R_{tlim} = R_e + R_1 + \dots + R_n + R_i$
 $R_{tlim} = 1/U_{Mlim}$

2. Datos de partida

2.1. Resistencias Térmicas Superficiales (m² K/W)

$R_{se} = 0,04$ Resistencia térmica superficial exterior
 $R_{si} = 0,13$ Resistencia térmica superficial interior

$R_{t^*} = 0,02 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

* R_t = Resistencia térmica

2.4. COTETERM M y COTETERM ACABADO o COTETERM ACRYLIC

2.2. EPS (Valores obtenidos en DITE)

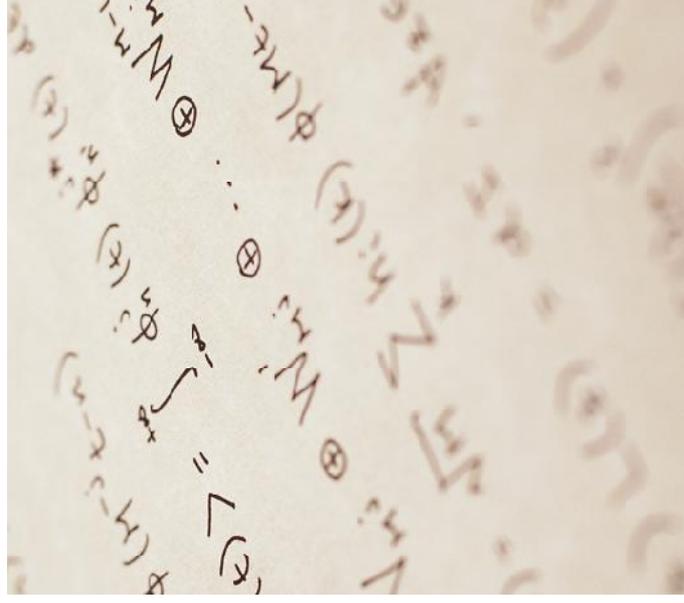
Espesores en mm

	30	40	50	60	70	80	90	100
R_t	0,80	1,10	1,35	1,65	1,90	2,20	2,50	2,78
U_{eps}	1,25	0,91	0,74	0,61	0,53	0,45	0,40	0,36

2.3.

Cerramientos Tipo	Lamda W/m K	Mts e	M ² K/W Rt	Mts e	M ² K/W Rt
Ladrillo hueco 22x11	0,490	0,11	0,22	0,22	0,45
Ladrillo hueco 15x30	0,490	0,15	0,31	0,3	0,61
Ladrillo macizo 22x11	0,870	0,11	0,13	0,22	0,25
Ladrillo macizo 15x30	0,870	0,15	0,17	0,3	0,34
Ladrillo perforado 22x11	0,760	0,11	0,14	0,22	0,29
Ladrillo perforado 15x30	0,760	0,15	0,20	0,3	0,39
Bloque arcilla aligerada 29 y 24	0,27	0,29	1,07	0,24	0,89
Bloque arcilla aligerada 19	0,31	0,19	0,61	-	-
Bloque arcilla aligerada 14	0,29	0,14	0,48	-	-
Hormigón 2400 KG/M ³	1,630	0,1	0,06	0,2	0,12
Enyesado	0,300	0,01	0,03	0,015	0,05
Bloque hormigón hueco	0,490	0,2	0,41	0,25	0,51

e = espesor Mts = metros



Puesta en obra

Detalles Constructivos:

El Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior Coteterm tiene aplicaciones tanto en Obra nueva como en Rehabilitación.

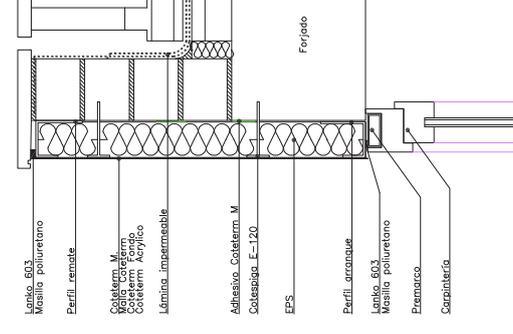
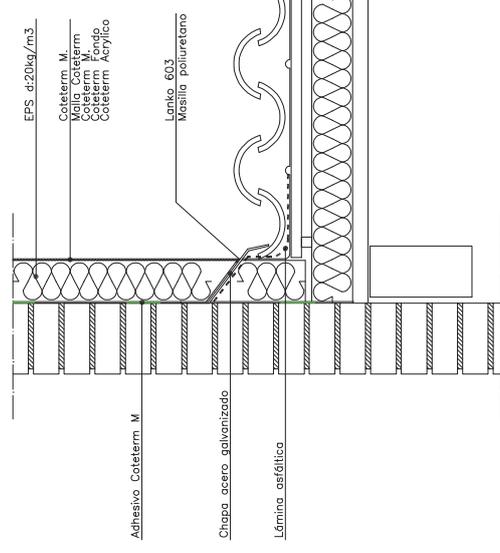
Los puntos singulares mas representativos en **Obra Nueva** son:

Detalles estándar

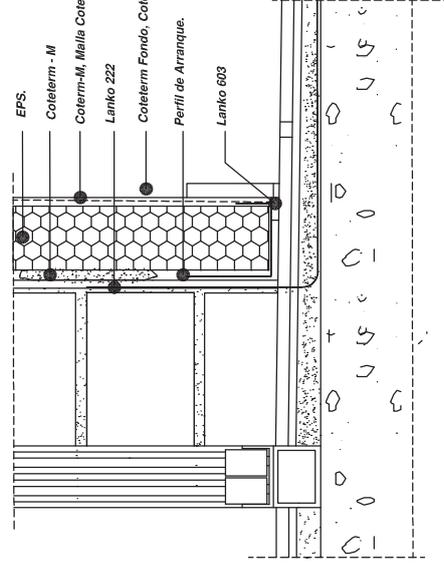
- Encuentro con balcón*
- Encuentro con zona ajardinada tipo 1
- Encuentro con zona ajardinada tipo 2
- Encuentro con solera exterior
- Encuentro caja de persiana
- Soluciones ladrillo visto y COTETERM
- Canalón oculto
- Encuentro con cubierta inclinada*
- Encuentro con solera en patio interior
- Encuentro cubierta plana*

Detalles especiales

- Junta de dilatación
- Colocación de fijaciones
- Colocación de placas
- Solución goterones
- Solución despieces decorativos



Encuentro con cubierta plana*



Encuentro con cubierta inclinada*

Encuentro con balcón*

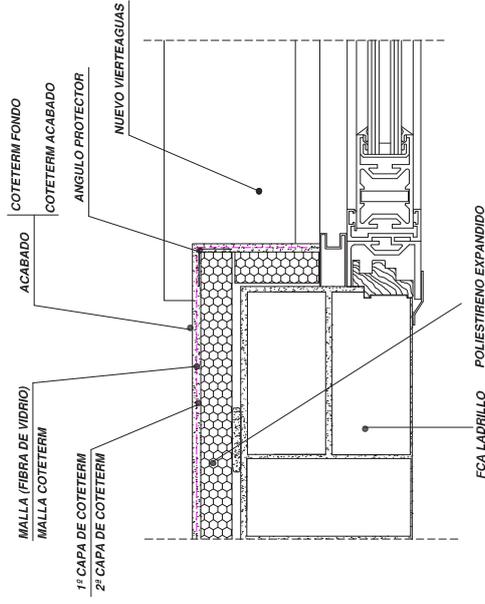
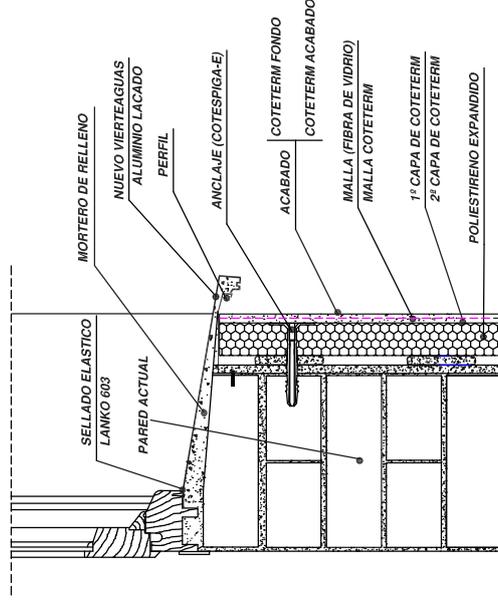
Los puntos singulares más representativos en **Rehabilitación** son:

Detalles estándar

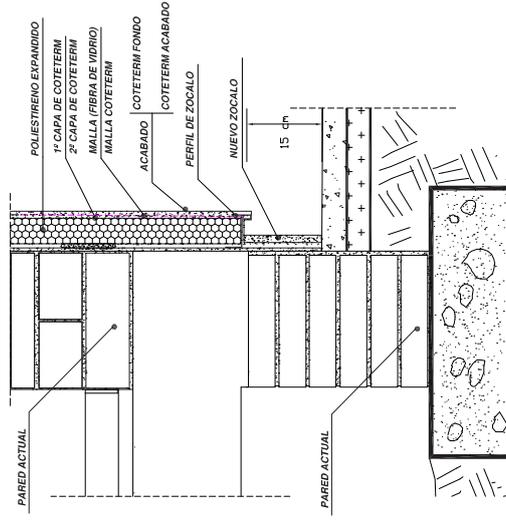
- Remate antepecho de cubierta*
- Bajo tribuna
- Caja de persiana
- Vierendeaguas ventana*
- Zócalo*

Detalles especiales

- Junta de dilatación
- Colocación de fijaciones
- Colocación de placas
- Bajantes vistos / ocultos.....

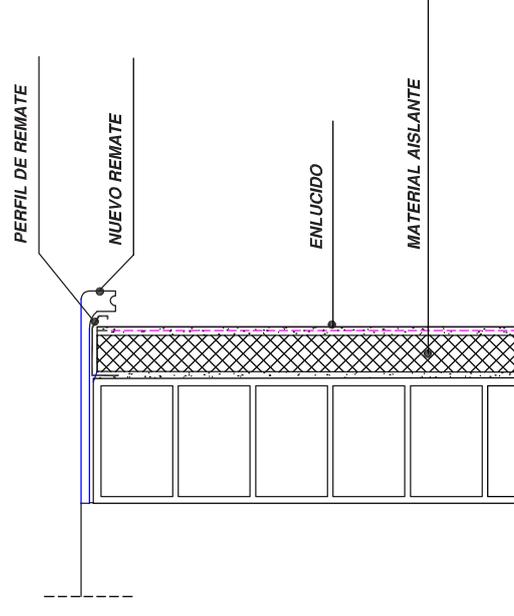


Vierendeaguas ventana*



Zócalo*

Vierendeaguas ventana*



Antepecho cubierta*

*Representación gráfica de algunos tipos de detalles constructivos. Para más información contactar con el Departamento Técnico

Máximo rendimiento en las condiciones más difíciles

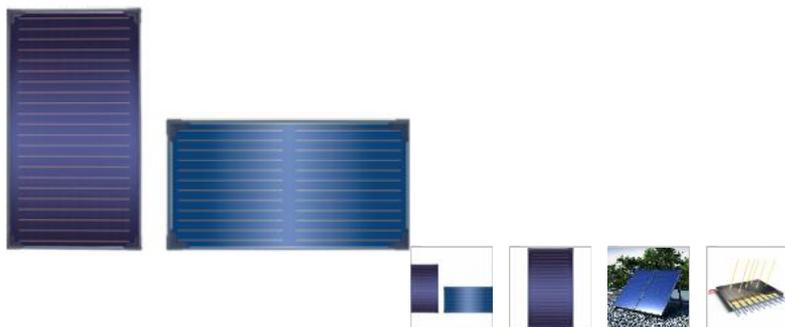
[Volver](#)

El captador solar FKT de Junkers supone una revolución en los captadores solares de alto rendimiento, debido a su capacidad de lograr el máximo rendimiento, aún en las condiciones más difíciles y a su innovador circuito hidráulico en doble serpentin.

Modelos:

FKT – 2 S: Captador solar FKT vertical

FKT – 2 W: Captador solar FKT horizontal



Caraterísticas

Datos técnicos

Datos técnicos



	Captadores Excellence	
MODELO	FKT-1 S	FKT-1 W
Montaje	Vertical	Horizontal
Dimensiones (mm)	1145x2070x90	2070x1145x90
Área total (m ²)	2,37	2,37
Área de apertura (m ²)	2,25	2,25
Área del absorbedor (m ²)	2,23	2,23
Volumen del absorbedor (l)	1,43	1,76
Peso en vacío (kg)	44	45
Presión trabajo máx. (bar)	10	10
Caudal nominal (l/h)	50	50
Material de la caja	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor	Lana mineral, de 55 mm. de espesor
Absorbedor	Selectivo	Selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD	PVD
Circuito hidráulico	Doble serpentin	Doble serpentin

	Captadores Excellence	
Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)		
Factor de eficiencia η_0	0,811	0,811
Coef. pérdidas línea (W/m^2K)	3,653	3,653
Coef. pérdidas secundaria (W/m^2K^2)	0,0146	0,0146