



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

TRABAJO FIN DE ESTUDIO

**GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

Autor: Javier Díaz González
Director: Ana María Nieto Morote
Codirector:

Cartagena, 2018



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**



Resumen

El presente trabajo de fin de estudio consiste en un análisis del consumo energético de una nave industrial de alta carga térmica, mediante el software Energy Plus. A raíz de este primer análisis, se localizan los puntos en los que podrían proponerse algunas mejoras para reducir tanto el consumo energético como la eficiencia.

En este caso, se ha centrado en tres campos: sustitución del alumbrado actual por equipos de bajo consumo; diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura con captadores solares planos para producir ACS, reduciendo así el consumo de gas natural; y por último, posibles propuestas para refrigerar la nave principal como, por ejemplo, mediante la ventilación controlada mixta, extractores mecánicos, enfriamiento gratuito, pintura aislante solar-térmica, y por último, poniendo protecciones a las claraboyas (voladizo).

Tras la simulación en el software 'EnergyPlus' de algunas de estas propuestas, se ha obtenido que: mediante la ventilación controlada mixta con 8 ren/h, junto con la pintura aislante solar-térmica aplicada en la cubierta del taller, se consiga una reducción de hasta 10°C de la temperatura interior de la nave; mediante la instalación solar de ACS, se ahorre un 70% de energía térmica debida al gas natural mediante la instalación de partida (caldera de gas); y por último, a través de la renovación de alumbrado se consigue un ahorro del 49% del consumo eléctrico.



Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer a mi tutora de proyecto, Ana María Nieto su ayuda a la hora de realizar el proyecto ya que me dio las pautas necesarias para poder llevarlo a cabo.

También me gustaría agradecer a mis padres y hermanas por sus sabios consejos y su comprensión, esfuerzo y paciencia.

Por último, darle las gracias a mis compañeros, y amigos de clase por habernos apoyado mutuamente a lo largo de estos años.

Muchas gracias



Índice

Capítulo 1: Marco Teórico	13
1.1 Introducción	13
1.1.1. Objetivos en este proyecto.....	14
1.1.2. Alcance	15
1.2 Principios Básicos de Eficiencia Energética	15
1.2.1 Antecedentes.....	15
1.2.1.1 Desarrollo Sostenible y Energías Renovables.....	16
1.2.1.2 Principales Medidas de Mejora de Eficiencia Energética.....	17
1.2.1.2.1 El LED en la iluminación eficiente.....	17
1.2.1.2.2 Importancia de la refrigeración en naves industriales	23
1.2.1.2.3 Energía Solar Térmica para ACS.....	31
1.2.1.2.4 Fuentes de Energía Renovable	36
1.3 Marco Normativo	39
1.3.1 Objetivos de consumo y ahorros de energía final y primaria en 2016 y 2020: resumen del Plan de Acción 2011-2020.....	39
Capítulo 2: Modelado de la Nave y Análisis de la Situación Inicial.....	45
2.1 Situación de partida y emplazamiento de la actividad.....	45
2.1.1 Introducción	45
2.1.2 Generalidades.....	46
2.1.3 Trabajadores en el taller.....	46
2.1.4 Orientación y geometría.....	47
2.1.5 Locales, oficinas y nave.....	49
2.1.6 Construcciones	51
2.2 Modelado del taller en EnergyPlus.....	54
2.2.1 Objetivo	54



2.2.2	Método de ejecución.....	54
2.2.3	Pasos llevados a cabo	55
2.2.4	Resultados obtenidos tras la simulación En EnergyPlus de la situación inicial del taller	65
Capítulo 3: Propuestas de Cambio		70
3.1	Introducción:	70
3.2	Propuesta para la renovación de la iluminación	70
3.2.1	Introducción	70
3.2.2	Objetivo	72
3.2.3	Requisitos	72
3.2.4	Metodología	74
3.2.4.1	Generalidades.....	74
3.2.4.2	Cálculos lumínicos	75
3.2.4.2.1	Introducción	75
3.2.4.2.2	Inventario del alumbrado de la Nave	76
3.2.4.2.3	Cálculo del consumo de la instalación de alumbrado de partida.....	77
3.2.4.2.4	Luminarias propuestas de la marca LEC.....	81
3.2.4.2.5	Consumo de la instalación nueva (LEC).....	83
3.2.4.2.6	Resumen resultados obtenidos	84
3.3	Sistemas pasivos para refrigerar la nave	85
3.3.1	Introducción	85
3.3.2	Propuestas pasivas para refrigerar.....	85
3.3.2.1	Ventilación controlada	85
3.3.2.1.1	Resultados de la simulación	88
3.3.2.1.2	Cálculos ventilación natural / mecánica.....	91
3.3.2.2	Pintura aislante solar- térmica en cubierta	95



3.3.2.3	Protección de la claraboya con un voladizo	99
3.4	Abastecimiento de ACS a través de placas solares térmicas.....	104
3.4.1	Introducción	104
3.4.2	Método de ejecución.....	104
3.4.3	Prediseño: Método de Área de Captación	105
3.4.4	Diseño final: Herramienta ACSOL 2.5.	117
3.4.4.1	Introducción al programa	117
3.4.4.2	Objeto del programa	117
3.4.4.3	Procedimiento seguido en la herramienta ACSOL	118
3.4.4.4	Suposiciones y resultados obtenidos	125
3.4.5	Informe extraído herramienta ACSOL 2.5	133
Capítulo 4	: Análisis Económico de las Propuestas.....	140
4.1	Renovación de alumbrado.....	140
4.2	Instalación Solar	142
4.3	Instalación de ventilación controlada	145
Capítulo 5	: Conclusiones y futuras líneas de investigación	147
5.1	Conclusiones.....	147
5.2	Líneas futuras de investigación	148
Capítulo 6	: Bibliografía	149
Trabajos citados	149



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Consumición de energía en cada tipo de industria (EIA, 2017).....	13
Ilustración 2: Principales LEDs (Serrano Yuste, 2015)	17
Ilustración 3: Composición LED (Serrano Yuste, 2015).....	18
Ilustración 4: LED Común (Serrano Yuste, 2015).....	20
Ilustración 5: LED SMD (Serrano Yuste, 2015).....	20
Ilustración 6: LED SMD (Serrano Yuste, 2015).....	21
Ilustración 7: LED COB (Serrano Yuste, 2015)	21
Ilustración 8: LED White OLED (Serrano Yuste, 2015).....	22
Ilustración 9: Láminas LED White OLED (Serrano Yuste, 2015).....	22
Ilustración 10. Esquema de funcionamiento de la ventilación ((MIT), 2001).....	24
Ilustración 11. Ventilación directa (Fornos, 2018)	26
Ilustración 12. Ventilación cruzada (Andrea, 2013).....	26
Ilustración 13. Invernadero (izquierda) y Muro trombe (derecha) funcionando como estrategias de ventilación. (Andrea, 2013)	27
Ilustración 14. Esquema de funcionamiento de una chimenea solar (Andrea, 2013)	27
Ilustración 15.- Esquema de una chimenea o torre de viento ((MIT), 2001)	28
Ilustración 16.- Funcionamiento de un climatizador evaporativo adiabático.....	31
Ilustración 17 : Esquema ACS en una vivienda (Valverde, 2016)	31
Ilustración 18: Esquema básico de una instalación (Valverde, 2016)	32
Ilustración 19 Plano de un Captador (Valverde, 2016).....	33
Ilustración 20 Tubo de vacío de un captador (Valverde, 2016).....	34
Ilustración 21 Estructura de un captador (Valverde, 2016)	34
Ilustración 22 Tubo de vacío de un Captador forzado (Valverde, 2016).....	35
Ilustración 23: Tubo de Calor (Valverde, 2016).....	35
Ilustración 24 : Estructura de un Captador Forzado (Valverde, 2016)	36
Ilustración 25: Instalación de paneles solares fotovoltaicos (network, 2015)	37
Ilustración 26: Instalación geotérmica y aplicación en suelo radiante (network, 2015).....	38
Ilustración 27: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011).....	39
Ilustración 28 : Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011).....	40



Ilustración 29: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011).....	40
Ilustración 30: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011).....	41
Ilustración 31: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011).....	41
Ilustración 32: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011).....	41
Ilustración 33: IDEA (BOE, 2011)	42
Ilustración 34: IDAE (BOE, 2011)	43
Ilustración 35: IDAE (BOE, 2011)	44
Ilustración 36. Definición geométrica de la nave (Fuente: Elaboración propia).	47
Ilustración 37. Distribución de las zonas de trabajo del taller (Vista: Planta) (Fuente: Elaboración propia).	47
Ilustración 38. Fotografías del taller (Fuente: Elaboración propia).....	48
Ilustración 39. Esquema manual la nave proyectada (Fuente: Elaboración propia).....	49
Ilustración 40: Fotografía del extremo de la nave: (Fuente: Elaboración propia).....	51
Ilustración 41. Método de ejecución para el modelado del taller (Vista desde alzado).	55
Ilustración 42. Zona térmica del Diente de sierra central (izquierda: visto desde el lado norte; derecha: desde el lado sur) (Fuente: SketchUp).	56
Ilustración 43. Falso techo del taller (Fuente: Elaboración propia).	57
Ilustración 44. Zona térmica “Cubierta central”, vista desde el lado Norte (izq.) y Sur (drcha.) (Fuente: Elaboración propia).....	58
Ilustración 45. Geometría final de los tres dientes de sierra unidos (Fuente: SketchUp)...	63
Ilustración 46: . Condición de contorno de la fachada Oeste del Diente Central (Fuente: SketchUp)	64
Ilustración 47. Perfil diario de temperatura interior en el Diente Central (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).....	66
Ilustración 48. Acotaciones del Diente Sierra Central a estudiar (Fuente: SketchUp).	67
Ilustración 49. Definición de cada zona térmica (Fuente: SketchUp)	67
Ilustración 50. Definición de las fachadas según la orientación (Fuente: SketchUp).....	67
Ilustración 51. Detalles de los tres Dientes de Sierra (Fuente: SketchUp).	67



Ilustración 52. Geometría final y unida (cara sur y oeste) (Fuente: SketchUp).....	68
Ilustración 53. Geometría final y unida (cara norte y este) (Fuente: SketchUp).....	68
Ilustración 54. Variación mensual de temperatura en el taller (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).....	69
Ilustración 55. Variaciones de las cargas térmicas internas del taller (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).....	69
Ilustración 56. Ejemplo de mala iluminación (network, 2015).....	72
Ilustración 57. Recortes de las tablas luminancia exigida para el área de transportes- Instalaciones ferroviaria (aernor, 2012).....	74
Ilustración 58. Downlight Gadir HP PLUS (Lecology, 2016).....	81
Ilustración 59. Dicroico LECspot GU 10PLUS 110° (Lecology, 2016).....	81
Ilustración 60. Comparativa de consumos debidos a la iluminación (Fuente: Elaboración propia).....	84
Ilustración 61. Ventilación mixta para nave industrial (social, 2016).....	86
Ilustración 62. Ventilación óptima de una nave industrial (Google, 2017).....	86
Ilustración 63. Ejemplo de ventanas de lama fija (izqda.) y regulable (drcha.) (Google, 2017)	87
Ilustración 64. Objeto "ZoneVentilation" asignado al Diente Sierra Central (Fuente: EnergyPlus).....	87
Ilustración 65. Extractores de naves industriales (perfil, 1985).....	87
Ilustración 66. Porcentaje de horas en las que la temperatura interior está entre 20-25 °C según las renovaciones (Fuente: Elaboración propia).....	89
Ilustración 67.Efecto final de la propuesta "Ventilación controlada con 8 ren/h" (Fuente: Dview Mejora 1).....	90
Ilustración 68.Comparación diaria del taller con (verde) y sin (naranja) la ventilación controlada (Fuente: Dview Mejora 1).....	90
Ilustración 69 : Serie AR de rejillas de retorno de la marca TROX (techiknik, 2017).....	92
Ilustración 70: Serie AMT de rejillas de deflexión simple de marca MADEL (MADEL, 2018)	93
Ilustración 71 : Selección área efectiva de salida de aire (techiknik, 2017).....	93
Ilustración 72: Factor de corrección para el caudal de aire en la serie AR (techiknik, 2017)	94



Ilustración 73. Pintura Aislante ‘Revetón’ (cromology, 2018).....	95
Ilustración 74. Efecto de la pintura aislante (systems, 2017).....	96
Ilustración 75. Efecto de la pintura aislante con respecto a la situación inicial (Fuente: Dview Mejora 2).	96
Ilustración 76. Efecto de la pintura aislante junto con la ventilación controlada, con respecto a la situación inicial (Fuente: Dview Mejora 3).	98
Ilustración 77. Efecto de la pintura aislante junto con la ventilación controlada, con respecto a la situación inicial (Fuente: Dview Mejora 3).	98
Ilustración 78. Trayectoria solar del 20 julio (Fuente: SketchUp).	99
Ilustración 79. Trayectoria solar del 10 de enero (Fuente: SketchUp).	100
Ilustración 80. Día típico de verano a las 15.17 horas (izq) y a las 19.17 horas (dcha) (Fuente: SketchUp).	100
Ilustración 81. Día típico de invierno a las 15.17 horas (izq) y a las 18.17 horas (dcha) (Fuente: SketchUp).	101
Ilustración 82. Efecto de poner lamas verticales en un día típico de verano (izq) y de invierno (drch) (Fuente: SketchUp).	101
Ilustración 83. Funcionamiento dispositivo de control de sombra en una semana de invierno (Rojo: ON en dispositivo; Azul: Radiación solar incidente sobre la Claraboya central) (Fuente: Dview).	102
Ilustración 84. Funcionamiento dispositivo de control de sombra en una semana de verano (Rojo: ON en dispositivo; Azul: Radiación solar incidente sobre la Claraboya central) (Fuente: Dview).	103
Ilustración 85. Esquema de funcionamiento de instalación solar térmica.....	105
Ilustración 86: Zona Climática de la Nave (Fomento, 2017).....	107
Ilustración 87 : Zona Climática de la Nave (Fomento, 2017).....	107
Ilustración 88.- : Mapa de zonas climáticas de España y zoom en la zona de la nave (Fomento, 2017).....	107
Ilustración 89. Recorte Tabla Demanda de referencia a 60°C (CTE-HE4:2017, Tabla 4.1.).	111
Ilustración 90. Recorte Tabla 2.1. Contribución mínima solar anual para ACS % (Fuente: CTE-HE4:2017).	113
Ilustración 91. Página inicial de ACSOL 2.5 (Fuente: ACSOL 2.5).	118



Ilustración 92. Datos introducidos en 'Localidad' (Fuente: Programa ACSOL).....	119
Ilustración 93. Datos introducidos 'Campo captadores' (Fuente: Programa ACSOL).	121
Ilustración 94. Datos introducidos 'Sistema de apoyo' (Fuente: Programa ACSOL).	123
Ilustración 95. Perfil demanda diaria ACS (Fuente: elaboración propia).	123
Ilustración 96. Perfil demanda mensual ACS (Fuente: elaboración propia).....	124
Ilustración 97. Configuración ACSOL.1 elegida para esta instalación (Fuente: ACSOL 2.5).	125
Ilustración 98. Ahorro de energía entre la situación actual y la propuesta (Fuente: Elaboración propia).	132



Índice de Tablas

Tabla 1: Ventajas y Desventajas de la iluminación LED (Elaboración propia)	19
Tabla 2. Número de trabajadores en el taller (Fuente: Elaboración propia).	47
Tabla 3. Arquitectura de la nave (Elaboración propia).	52
Tabla 4. Primeros datos introducidos para la simulación (Fuente: Elaboración propia). ...	59
Tabla 5. Materiales y sus propiedades térmicas (Fuente: Proyecto construcción de la nave).	59
Tabla 6. Cargas térmicas del tramo del taller (Fuente: Elaboración propia).	62
Tabla 7. Variación del consumo de electricidad dedicado a iluminación según el sector. (Madrid, 2017).	71
Tabla 8. Estimaciones realizadas para el cálculo eléctrico (Fuente: Elaboración propia). ..	78
Tabla 9. Barrido de renovaciones/hora con respecto al rango de temperatura de confort (Fuente: elaboración propia).	88
Tabla 10: Radiación Solar global (Fomento, 2017)	108
Tabla 11. Radiaciones totales en la provincia de Málaga (Fuente: Elaboración propia)...	110
Tabla 12. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C) (Apéndice B.CTE- HE4 Tabla B.1).	113
Tabla 13. Recopilación de parámetros utilizados en el pre-diseño (Fuente: Elaboración propia).	115
Tabla 14. Valores introducidos en Pestaña 'Localidad' (Fuente: Elaboración propia).	126
Tabla 15. Valores introducidos en Pestaña 'Campo de captadores' y 'Sombras' (Fuente: Elaboración propia).	127
Tabla 16. Valores introducidos en Pestaña 'Acumulador Solar' (Fuente: Elaboración propia).	128
Tabla 17: Resultados obtenidos (ACSOL 2.5)	130
Tabla 18 : Balance global del sistema (ACSOL 2.5)	131
Tabla 19. Presupuesto de la renovación de alumbrado total de la nave (Fuente: Empresa LEC).	141
Tabla 20. Presupuesto de la instalación solar BT (Fuente: Elaboración propia).	143
Tabla 21. Presupuesto de la instalación solar BT en la nave (Fuente: Elaboración propia).	146

Capítulo 1: Marco Teórico

1.1 Introducción

El sector industrial, es uno de los sectores en los que mayor consumo energético se produce, superando el 31% del total de energía final. Esto se debe a que los procesos productivos, de fabricación y de mantenimiento, además de necesitar materias primas y mano de obra, necesitan energía para obtener el producto final. (EIA, 2017)

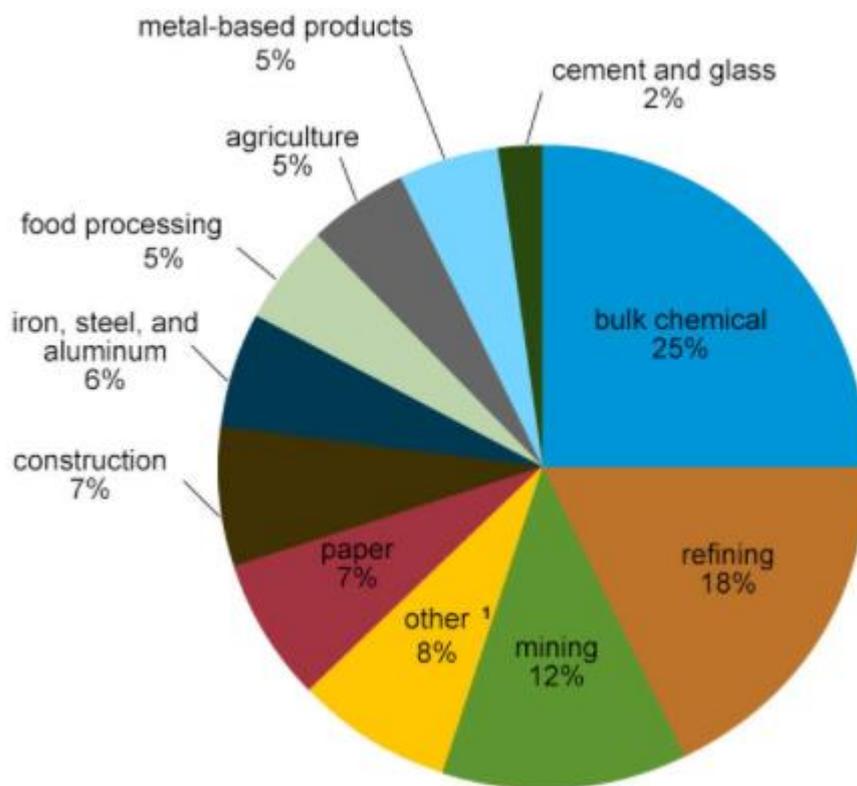


Ilustración 1: Consumo de energía en cada tipo de industria (EIA, 2017)

Básicamente hay dos tipos de energía convencional que se utiliza en el sector industrial, por un lado energía eléctrica y por otro, energía térmica (ésta última en forma de agua caliente, aire caliente o vapor de agua).



El uso de la energía térmica para el calentamiento de grandes espacios que albergan procesos productivos de fabricación y/o mantenimiento, tradicionalmente no ha tenido mucho interés, ya que la normativa que nos permite diseñar y proyectar sistemas de calefacción en naves de uso industrial, únicamente se refiere a las condiciones de salud y Bienestar de los trabajadores.

En todo caso, y dado, que la energía cada vez más es un coste importante en la fabricación del producto final, también es necesario fijarse en el coste energético para el acondicionamiento de las naves.

Conscientes de los importantes ahorros energéticos, y por tanto económicos que se pueden derivar del correcto diseño y ejecución de las instalaciones de acondicionamiento térmico en las naves, se han desarrollado numerosos manuales.

Estos se incluyen dentro del marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4+), sobre ahorro y eficiencia energética en climatización de naves industriales, y pretenden servir como herramienta de consulta para todas aquellas personas que por su dedicación profesional o empresarial participan en el diseño, ejecución y utilización de las instalaciones de climatización de las naves en el sector industrial

1.1.1. [Objetivos en este proyecto](#)

El objetivo principal de este proyecto es completar un estudio para la identificación de oportunidades de ahorro energético en una Nave Industrial de alta carga térmica y la cuantificación de las mejoras que cabría esperar de la eventual implantación de estas mejoras.

Además, este proyecto abarca: el diseño, cálculo y presupuesto de una instalación de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria (ACS), para satisfacer la demanda del propio taller; renovación del sistema de alumbrado, tanto interior como exterior de la nave; y un estudio de mejoras pasivas para el mismo, con el objetivo de mejorar el confort térmico durante las épocas de altas temperaturas.



1.1.2. Alcance

El presente proyecto contempla tres de las instalaciones más importantes del taller, para la ejecución de un estudio en primer lugar, junto con una serie de propuestas acorde a cada una de ellas, para optimizar el consumo energético y para que se consigan instalaciones más eficientes. Las instalaciones que se describirán son:

- Sistema de alumbrado interior y exterior de la nave principal.
- Incorporación de placas solares de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria (comedor, aseos y vestuarios).
- Mejoras pasivas:
 - Favorecer una ventilación natural del taller más eficiente.
 - Geometría óptima de la nave.
 - Otros.

Para analizar la situación actual energética de toda la nave, se ha realizado un estudio tanto la situación inicial en la que se encuentra, como las distintas mejoras que se van a proponer, para analizar su efecto en el consumo energético y el confort en la misma; se utilizará el software energético 'Energy Plus', y para incorporar la geometría de las distintas zonas, se utilizará el programa 'SketchUp' (complemento). Además, a la hora de analizar los resultados obtenidos en cada una de las simulaciones, se utilizará el programa 'Dview'.

1.2 Principios Básicos de Eficiencia Energética

1.2.1 Antecedentes

El agotamiento de las fuentes de energía no convencionales, el ahorro económico, y el cuidado del medio ambiente, son las principales razones por las que la sociedad actual ha tenido que familiarizarse con la "Eficiencia Energética".

Este término consiste básicamente en la adecuada administración de la energía en todos sus aspectos, y en consecuencia, su ahorro.



Los principales problemas que se plantean hoy en día son: El cambio climático, los objetivos marcados por el Protocolo de Kioto, la subida del precio de la energía, la necesidad de reducir las emisiones de CO₂, y la escasez de recursos naturales.

Existen dos soluciones prioritarias para reducir la dependencia económica del petróleo y de los combustibles fósiles: Potenciar el uso de fuentes alternativas y renovables, y aún más importante, aprender a utilizar de forma eficiente la energía.

1.2.1.1 Desarrollo Sostenible y Energías Renovables

El concepto de desarrollo sostenible forma parte de números discursos políticos y está abierto a diversas interpretaciones, aunque transmite 2 ideas básicas: la necesidad de utilizar los recursos naturales que dispone el planeta de manera racional, teniendo en cuenta que algunos de ellos son recursos limitados, y por otra, el impacto que tiene el ser humano en el medioambiente.

Estas consideraciones tienen un papel importante en el plano energético, ya que aproximadamente el 80% de la energía demandada a nivel mundial proviene de combustibles fósiles, tales como el petróleo, gas natural, carbón..., siendo fuentes de disponibilidad limitada y altamente contaminantes en su mayoría.

Como consecuencia de esta situación, cabe destacar los acuerdos alcanzados en el protocolo de Kioto, vigente desde Febrero de 2005, en el que los países firmantes (todos los industrializados a excepción de EE.UU, Austria, Mónaco y Liechtenstein) se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2% de media respecto a los niveles de 1990, en el periodo entre 2008 y 2012.

Los compromisos adoptados en Kioto, junto con un intento de reducir la dependencia energética del exterior, han propiciado el auge de las denominadas energías renovables, fuentes de energía capaces de auto regenerarse y virtualmente inagotables, de entre las que cabe destacar la biomasa, solar, eólica, hidráulica, mareomotriz y geotérmica.

1.2.1.2 Principales Medidas de Mejora de Eficiencia Energética

El constante aumento del precio de la electricidad, así como, por un lado, la necesidad de reducir el consumo de recursos naturales y las emisiones perjudiciales, por el otro, obligan a tomar medidas tanto en el diseño de los espacios que ocupamos, como las actividades que desarrollamos en ellos. Estas medidas tienen que ver con la energía que dichas actividades necesitan para su funcionamiento.

El objetivo principal consiste en reducir la demanda energética. Algunos ejemplos para ello sería : optimizar la factura eléctrica, optar por iluminación eficiente (la demanda de iluminación puede variar entre un 50-75 % del valor total de la demanda del local) , calefacción y producción ACS y sistemas de gestión, entre otras. A continuación se explicaran cada una de ellas de forma más detallada.

1.2.1.2.1 El LED en la iluminación eficiente

Los LEDs utilizados en iluminación de interiores, han sido creados como alternativa a las lámparas o bombillas actuales, y ofrecen numerosas ventajas, pudiendo llegar a consumir entre un 90-30 % menos de energía que éstas.

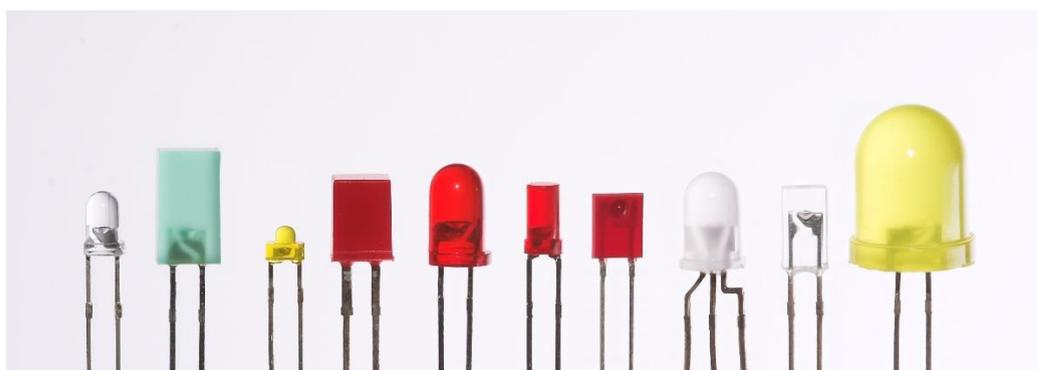


Ilustración 2: Principales LEDs (Serrano Yuste, 2015)

Los LEDs son diodos (componente electrónico de dos terminales, que permite la circulación de corriente eléctrica a su través), que transforman la corriente eléctrica en luz. Son dispositivos

electrónicos de alta eficiencia energética, por lo que la sustitución de las actuales bombillas por esta tecnología, implica un gran potencial de ahorro energético.

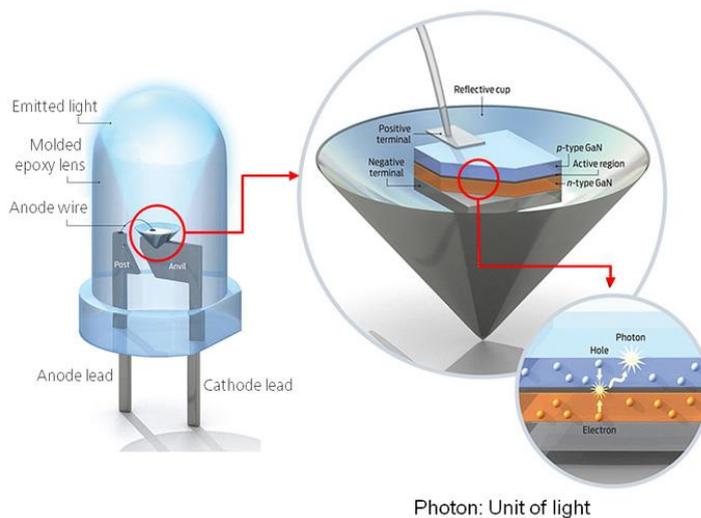


Ilustración 3: Composición LED (Serrano Yuste, 2015)

La eficiencia energética de los diodos emisores de luz, es decir, de los LEDs se debe a que los valores de rendimiento de este tipo de iluminación que se pueden alcanzar, van desde los 55 lm/W hasta 90-110 lm/W. Una lámpara de mercurio halogenuro puede alcanzar un rendimiento de 80 lm/W, y una lámpara de sodio de alta presión de entre 100-120 lm/W; las lámparas de bajo consumo tienen un rendimiento menor: 55 lm/W; y las incandescentes y halógenas, no superan los 20 lm/W. Todos ellos tienen una menor vida útil en comparación con la iluminación LED.

Por otro lado, la eficiencia en iluminación también depende del control de la misma, es decir, del uso de la regulación de la potencia, de sensores y detectores de presencia, o de un buen diseño que aproveche al máximo la luz natural.



Tabla 1: Ventajas y Desventajas de la iluminación LED (Elaboración propia)

Principales Ventajas de la iluminación LED	Principales Desventajas de la iluminación LED
Bajo consumo de energía.	Precio elevado frente al resto de lámparas que existe en el mercado.
Vida útil superior a otro tipo de lámparas.	Requieren de disipadores de calor eficientes.
Ocupan menos espacio al ser de tamaño inferior.	Requieren una corriente eléctrica más precisa.
Emiten menos calor.	
Son compatibles con instalaciones fotovoltaicas.	
El número de encendidos no afecta a su vida útil.	
Se encienden en menos de 1 milisegundo.	
Respetuosa con el medioambiente, al reducir el consumo de energía primaria, y por tanto de emisiones de CO ₂ a la atmósfera.	
Luz más clara y fresca y mayor productividad.	

Tipos de LED

LED Común

Se usa en electrodomésticos, señalización vial, semáforos,... como emisores o receptores de infrarrojos, o como pilotos luminosos.



Ilustración 4: LED Común (Serrano Yuste, 2015)

LED SMD

Consiste en introducir el LED en una cápsula de resina semirrígida. En las bombillas se instalan en serie sobre un circuito impreso, y se ensamblan de manera superficial (SMD), por lo que permite obtener una gran superficie semiconductor, proporcionando una gran cantidad de luz y mejorando la calidad del LED. Si falla algún LED, el resto sigue funcionando.



Ilustración 5: LED SMD (Serrano Yuste, 2015)

Según el material semiconductor que se utilice, se obtienen diferentes colores, y el CRI (índice de reproducción del color) es alto: 80%. Su tiempo estimado de vida útil ronda las 50.000 horas.



Ilustración 6: LED SMD (Serrano Yuste, 2015)

LED COB (Chip On Board)

COB son las siglas de *Chip On Board* traducido, chip en la placa, es decir, consiste en insertar multitud e LEDs en un mismo encapsulado de resina semirrígida. Es la última tendencia, ya que proporciona un rendimiento lumínico mayor al LED SMD con la misma potencia y tamaño.



Ilustración 7: LED COB (Serrano Yuste, 2015)

White OLED (Organic Light-Emitting Diode)

Se trata de un tipo de LED cuyo diodo es de material orgánico, de ahí su nombre OLED, y emiten luz blanca más brillante, uniforme y eficiente en comparación con las lámparas fluorescentes, y sus cualidades de color verdadero son similares a las de la incandescentes.



Ilustración 8: LED White OLED (Serrano Yuste, 2015)

Es una iluminación más eficiente, duradera y sostenible, y su aplicación también se extiende a la iluminación de interiores. Es un tipo de iluminación que se puede integrar en muebles, paredes, paneles,... debido a que trabaja a una temperatura baja de alrededor de 30°C.

Se fabrica en láminas, y consiste en una capa electro-luminiscente (espesor de 2 mm) que contiene una película de compuestos orgánicos, que genera y emite luz al paso de corriente eléctrica a su través. Existen casas comerciales que ofrecen soluciones muy interesantes para la iluminación interior en ambientes diversos: comercial, oficinas, vivienda, etc.



Ilustración 9: Láminas LED White OLED (Serrano Yuste, 2015)

La iluminación LED en general, cuando se requiere el uso de luz artificial, tiene grandes ventajas, en primer lugar por sus beneficios medioambientales (menos emisiones y materiales



no contaminantes utilizados en la construcción), y por otro por el ahorro económico que cada mes supone al usuario. Además, proporciona ambientes más saludables y repercute en la productividad en espacios de trabajo. (Serrano Yuste, 2015)

1.2.1.2.2 Importancia de la refrigeración en naves industriales

I.- Introducción

Los sistemas pasivos corresponden a un método de diseño cuya principal finalidad es poder acondicionar un edificio o nave usando sus propios recursos a su favor. Un ejemplo de estos son los materiales de construcción, orientación de la nave, el sol y el viento que actúan en ella. Su objetivo por lo tanto es minimizar el uso de fuentes de energía como el aire acondicionado ó la iluminación. Las medidas pasivas más utilizadas a día de hoy en naves industriales se describen a continuación:

Aprovechamiento de la energía solar: a través de la orientación y de las ventanas disponibles tanto para climas fríos (reducir el uso de la calefacción) como para climas cálidos (elevado uso de aire acondicionado)

Mejorar el aislamiento térmico: La gran parte del calor o del frío se transfiere por el techo, fachadas y muros por lo que uno de los principales objetivos de los sistemas pasivos es utilizar aislantes térmicos de baja conductividad térmica para dificultar esa transferencia de calor o frío.

Utilización de vegetación en techos, muros y fachadas en forma de jardineras o mallas especiales ya que actúan como aislantes térmicos, humificadores de aire, brindan sombra y enfrían por evaporación.

Aleros móviles o voladizos regulables: Existen sistemas con las que reducir las ganancias de calor con la implementación de aleros móviles ya que permiten una captación directa del sol y su regulación conforme varía la luz solar.

Mejora de la ventilación de la nave industrial (detallado a continuación).

Climatización evaporativa.

No hay un sistema mejor que otro pero hay que elegir tomando en cuenta el contexto de cada obra en particular y se tenga una combinación correcta de ellos.

II.- Ventilación en naves industriales

La ventilación en las naves industriales es útil para mejorar el confort térmico durante los meses calurosos, o para refrigerar la nave de forma gratuita (free cooling) cuando la temperatura del aire exterior es inferior a la del interior. Este tipo de refrigeración requiere un movimiento de aire muy superior al que se realiza en invierno. La ventilación nocturna se puede usar asimismo para enfriar la masa del edificio, de manera que pueda absorber el exceso de calor durante el día.

II.a.- Tipos de ventilación

El principio de la ventilación es simple. El aire fresco del exterior entra en el alojamiento, se mezcla con el existente en el interior, toma calor, humedad y elementos en suspensión y sale del local gracias a las diversas fuerzas que provocan que el aire se mueva y que se explicará posteriormente.



Ilustración 10. Esquema de funcionamiento de la ventilación ((MIT), 2001).

Precisamente son, los elementos que producen estas fuerzas, los que sirven para diferenciar los dos sistemas principales de ventilación: la ventilación dinámica o forzada y la ventilación estática o natural.



VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural es aquella en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida. Estos gradientes dependen de las condiciones atmosféricas, el diseño y orientación del edificio, existencia de obstáculos en las proximidades del mismo, etc.

De lo expuesto podemos deducir que la ventilación natural tiene numerosos condicionantes y limitaciones, y sus resultados dependerán, entre otros factores, de:

- La colocación y diseño de las aberturas del edificio por donde entra y sale el aire
- La diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.
- La pendiente de la cubierta.
- La orientación del edificio con respecto a los vientos dominantes y la velocidad de éstos.
- La altura del edificio
- La velocidad del aire en el interior del local y la exposición a estas corrientes de aire.

La ventilación natural puede utilizarse como estrategia bioclimática para la eliminación del sobrecalentamiento y la reducción de la sensación de calor en los periodos de sobrecalentamiento.

Evidentemente este tipo de ventilación, supone un bajo coste de operación frente a otras soluciones, aunque también es cierto que no es aplicable en situaciones que requieran movimientos o vías de aire complejas, ya que las presiones de este sistema son bajas.

Para el diseño de la edificación que quiera utilizar la ventilación natural como estrategia es importante tener en cuenta que el aire caliente tiene un menor peso específico que el aire frío, y las masas de aire caliente se concentran en las partes altas de las estancias, siendo suficiente en algunas ocasiones con mantener una ventilación de las partes altas de las habitaciones mediante montantes practicables, o alejando estas masas de aire con unos techos a mayor altura de lo normal.

Las técnicas de ventilación natural se clasifican en:

1. Ventilación natural pura: se produce cuando existen diferencias de presión entre el interior y el exterior del local.

Directa: consiste en la renovación del aire a través de las ventanas abiertas durante un periodo de tiempo al día.

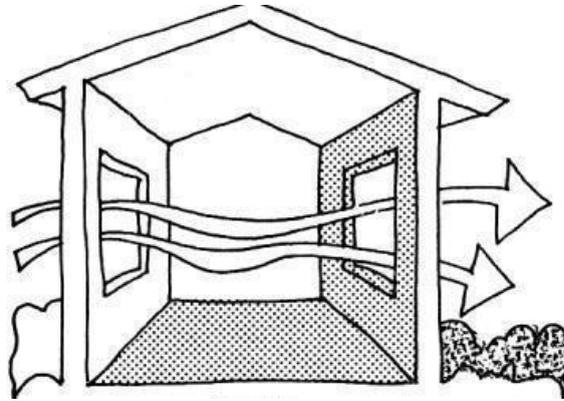


Ilustración 11. Ventilación directa (Fornos, 2018)

Cruzada: Se produce mediante la apertura de huecos practicables en fachadas opuestas que dan a espacios exteriores. Es conveniente que éstas se orienten en el sentido del viento dominante, según las características de éste. El efecto también se consigue si las fachadas reciben radiación solar de forma no simultánea, de manera que haya una diferencia térmica en su superficie y en aire próximo a ellas.

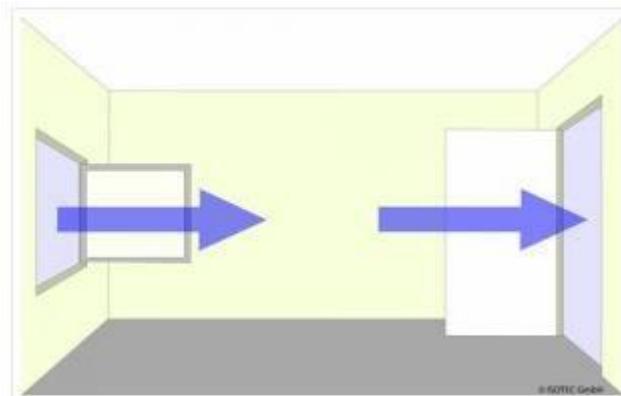


Ilustración 12. Ventilación cruzada (Andrea, 2013)

2. Ventilación forzada natural: refuerzo de la ventilación natural para que sea eficaz mediante sistemas mecánicos (ventiladores, extractores o impulsores) junto con los sistemas naturales de ventilación.

Recalentamiento en fachada: los dispositivos de calentamiento para el invierno, tales como muros trombe e invernaderos, pueden servir como recalentadores de aire en verano, incrementando su velocidad forzando de manera natural la ventilación. Para ello, los invernaderos, galerías acristaladas y muros trombe deberán modificar su funcionamiento.

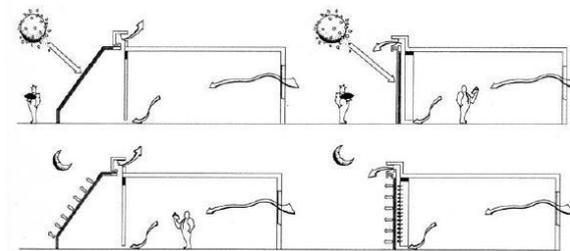


Ilustración 13. Invernadero (izquierda) y Muro trombe (derecha) funcionando como estrategias de ventilación. (Andrea, 2013)

Recalentamiento en cubierta: deberán ser más eficaces que los de fachada ya que reciben más radiación y durante más horas.

Chimenea solar: la corriente de aire se genera a partir de los gradientes térmicos originados por la radiación solar al calentar el aire contenido en un recinto (denominado chimenea solar) en lo que se conoce como efecto chimenea. Este efecto consiste en que el aire caliente, de menor densidad, tiende a ascender y salir al exterior, forzando la creación de una corriente de aire fresco del exterior que penetra en el edificio para reemplazarlo, con lo que se va sustituyendo el aire interior por aire exterior a menor temperatura.



Ilustración 14. Esquema de funcionamiento de una chimenea solar (Andrea, 2013)

3. Ventilación inducida: para forzar la entrada de aire en un local mediante una boca suficientemente grande, correctamente orientada y a suficiente altura.

Chimenea o torre de viento (de una boca o de múltiples bocas): se utiliza también para ayudar a salir al aire, pero en este caso aprovecha el efecto del viento. Consisten en unos salientes por encima de las cubiertas orientados en el sentido opuesto a la dirección del viento para captar y conducir el aire fresco hacia el interior del edificio (Figura 14). Utilizadas sobre todo en zonas cálidas con abundancia de vientos frescos en una dirección predominante.

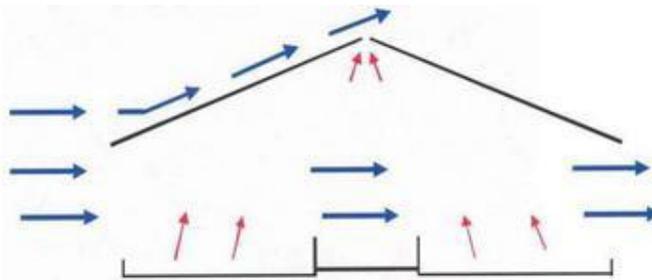


Ilustración 15.- Esquema de una chimenea o torre de viento ((MIT), 2001)

VENTILACIÓN DINÁMICA

En este sistema, el aire es introducido o extraído de la nave por ventiladores con un caudal determinado y, la mayor parte de las veces, con un funcionamiento dirigido por sistemas de control más o menos sofisticados.

Existen tres tipos de ventilación dinámica (también denominada forzada o mecánica) que difieren en la presión relativa del aire dentro del alojamiento en relación con la presión atmosférica externa:

1. Ventilación por extracción: los ventiladores extraen aire del alojamiento creando una ligera depresión respecto al exterior lo que conlleva que el aire fresco penetre por las entradas dispuestas al efecto.



2. Ventilación por inyección: los ventiladores inyectan aire fresco en el alojamiento provocando una cierta sobrepresión respecto al exterior, sobrepresión que expulsa el aire interior a través de las salidas existentes.

3. Ventilación equilibrada: unos ventiladores inyectan aire fresco y otros extraen el del interior del alojamiento en cuantía similar, con lo que la presión interior es igual a la atmosférica.

La inyección de aire exige conductos perforados que garanticen una adecuada distribución del mismo en el espacio ocupado. La ventilación por extracción es la más habitual.

III.- Climatización evaporativa de la nave

Los medios adoptados para solventar el exceso de calor en las industrias hasta la fecha han sido varios: la extracción del calor generado mediante salidas en la cumbre de la cubierta; incorporación de extractores mecánicos de aire, y la pintura reflectante del calor sobre las cubiertas. Ninguno de estos métodos es suficiente en días donde la temperatura exterior es superior a los 30°C. La instalación de sistemas tradicionales de aire acondicionado en las naves no es viable por varios motivos fácilmente entendibles:

- La potencia que debemos instalar es relevante y costosa.
- El espacio es difícil de mantener cerrado y el aire que se contamina en el interior se recircularía generando mala calidad del aire inhalado.

Descartando esta opción, sólo nos queda el enfriamiento del aire con un sistema alternativo que sea realmente eficaz: los innovadores sistemas evaporativos de enfriamiento adiabáticos.

Con las nuevas técnicas de “climatización adiabática”, las naves industriales consiguen enfriar el aire de forma ecológica y económica. Generando auténtica calidad de aire y garantizando un confort térmico; ya que existe ventilación constante en los espacios: puesto que el aire no se recircula, si no que se renueva continuamente. Mediante este sistema podemos obtener aire hasta 12°C más fresco con el mismo coste eléctrico de un ventilador y una bomba de



agua. Debido a su principio de funcionamiento NATURAL, recientemente se les denomina 'Bioclimatizadores'.

De este modo, se consigue enfriar el aire que se introduce a la zona a climatizar con el sencillo proceso de conducir el aire exterior a través de unos paneles previamente humectados, que al evaporar el agua, enfrían todo el caudal de aire con muy poco coste energético.

La evaporación se produce cuando la humedad está por debajo del 100% y el aire empieza a absorber agua. Cualquier volumen de aire dado puede contener cierta cantidad de vapor de agua y el grado de absorción dependerá de la cantidad ya existente.

Se necesita energía para cambiar el agua de un estado líquido a vapor. La energía se obtiene a través de un proceso adiabático del propio aire. El aire que entra en un climatizador adiabático cede energía calorífica para evaporar agua. Durante este proceso, se reduce la temperatura de bulbo seco del aire que pasa a través del climatizador.

En un climatizador adiabático, una bomba transporta agua desde el depósito a la parte superior de los filtros de intercambio termodinámico. Los filtros se saturan de agua cuando el agua vuelve descendiendo por gravedad al depósito.

Unos potentes ventiladores centrífugos se encargan de absorber el aire caliente del exterior y pasarlo por los filtros humectados. Cuando el aire pasa a través de los filtros, se enfría por medio de la evaporación y, luego, se distribuye por todo el edificio.

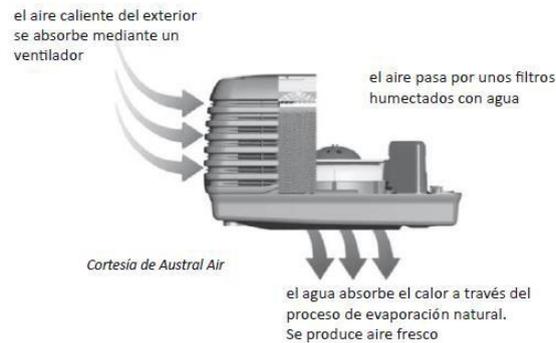


Ilustración 16.- Funcionamiento de un climatizador evaporativo adiabático

1.2.1.2.3 Energía Solar Térmica para ACS

El agua caliente de uso sanitaria (ACS) corresponde el 25% del consumo energético en el sector de la industria. Es por ello que es importante hablar de esto y su ahorro. (Valverde, 2016)

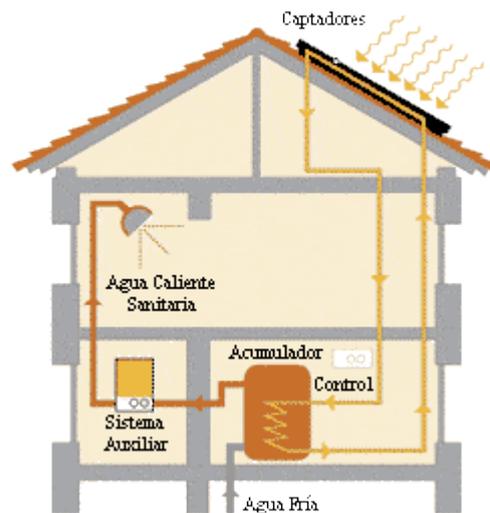


Ilustración 17 : Esquema ACS en una vivienda (Valverde, 2016)

La temperatura ideal de confort de la salida del agua caliente oscila entre 38°C y 42°C para uso doméstico. Es por ello que la utilización de la energía solar térmica resulta muy práctico para poder calentar el agua con la ayuda de otros sistemas energéticos : gas, fuel, electricidad.

Desde el punto de vista del ahorro energético, la utilización de la energía sola térmica concierne más del 50% de las necesidades de ACS. Es por ello que hay una gran respaldo por todo este tipo de instalaciones. Desde 2006 es obligatorio su instalación. (CTE- HE4)

¿Cómo funcionan?

Los equipos solares térmicos reciben los rayos del sol para su funcionamiento y la almacenan en depósitos para poder utilizarla más tarde.

Dado un circuito primario instalado previamente, se produce una cesión de la energía solar al agua del depósito ya que el fluido del circuito se calienta al pasar el agua a través de éste.

Si la temperatura del agua es inferior a 45°C , el sistema auxiliar se ocupa de subir la temperatura para que se encuentre a un óptimo punto de confort.

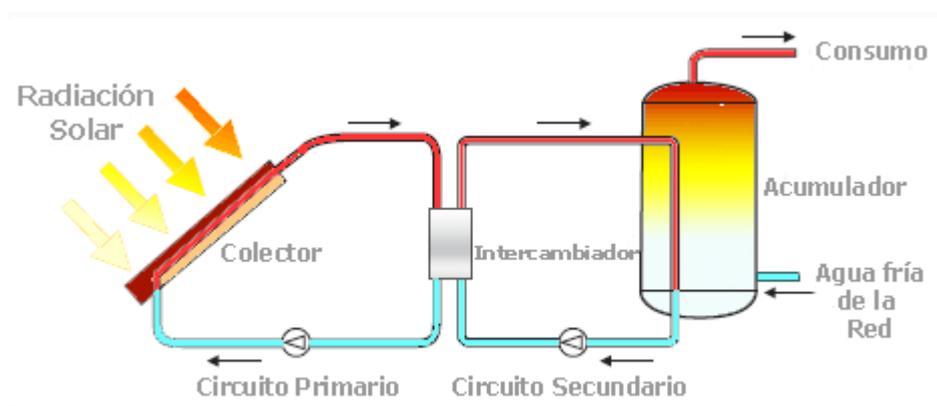


Ilustración 18: Esquema básico de una instalación (Valverde, 2016)

Tendremos que tener en cuenta de la situación geográfica en la que nos encontramos para saber cómo orientar los captadores que será los responsables de recibir la energía calorífica de los rayos del sol y así tener un funcionamiento óptimo de la instalación: Si se encuentra en el Hemisferio Norte deberán estar orientados hacia al Sur y si por el contrario nos encontramos en el Hemisferio Sur deberán estar hacia el Norte. Estos deberán estar fijados correctamente a un soporte metálico y protegidos del efecto oxidante que sufrirán con el paso del tiempo.

Otro papel fundamental será el ángulo de inclinación de los colectores que dependerá del equipo de solar haciendo la aproximación:

- El ángulo de inclinación será igual a la latitud geográfica (Uso a lo largo del año).
- El ángulo de inclinación será igual la latitud geográfica + 10°C (Uso durante el invierno cómo por ejemplo para la calefacción).



- El ángulo de inclinación será igual a la latitud geográfica – 10°C (Uso durante el verano como por ejemplo su uso en piscinas descubiertas).

Tipos de captadores para baja temperatura

Termosifónicos

Son los que cuentan con depósito acumulador incorporado.

La circulación del fluido se lleva a cabo por circulación natural, basada en la diferencia de densidades que produce el calor en los líquidos.

Planos



Ilustración 19 Plano de un Captador (Valverde, 2016)

Aprovechan el efecto invernadero en la superficie cerrada de captación. Sus dimensiones están habitualmente entre los 80 y 120 cm. de ancho, alto de 150 y 200 cm., y los 5 y 10 cm. de grosor.

La superficie encarada al Sol está cubierta por un vidrio y bajo diversas capas opacas se sitúa una placa metálica unida a una serie de conductos por donde fluye un caloportador, generalmente agua y/o glicol.

Tubos de vacío



Ilustración 20 Tubo de vacío de un captador (Valverde, 2016)

La absorción de calor se produce en el interior de cilindros al vacío.

Su configuración, con un contenedor cilíndrico de vidrio donde se inscribe otro tubo cilíndrico, permite un gran aprovechamiento de la radiación solar, propiciando un gran aislamiento reductor de pérdidas de calor y alcanzar mayores temperaturas que los planos.



Ilustración 21 Estructura de un captador (Valverde, 2016)

Forzados

Requieren de una bomba para la circulación del fluido solar.



Incorpora captadores solares, acumulador y conjunto hidráulico compuesto por bomba de circulación, sondas de temperatura, válvula de seguridad y centralita solar programable de control electrónico.

Tubos de vacío



Ilustración 22 Tubo de vacío de un Captador forzado (Valverde, 2016)

Su funcionamiento se basa en el principio del efecto invernadero, captando la radiación solar en su interior y evitando su salida al exterior, la transforma en energía térmica.

Ello se consigue por la capacidad de los materiales del cristal para reflejar las radiaciones infrarrojas producidas por el calentamiento del interior del captador, y por las propiedades aislantes de las capas inferiores de este tipo de colectores.

Tubo de Calor



Ilustración 23: Tubo de Calor (Valverde, 2016)

En los captadores de vacío la radiación solar penetra a través del tubo exterior de vidrio, incidiendo en el tubo de absorción y transformándose en calor. Este calor se transfiere al líquido o gas que fluye dentro del tubo a través de sus paredes y lo concentra en la parte superior del colector, que es por donde circula el líquido del circuito primario. Estos captadores permiten calentar agua hasta temperaturas de 110 °C, lo cual posibilita la utilización de sistemas de distribución de calor convencionales en aplicaciones de calefacción con agua.

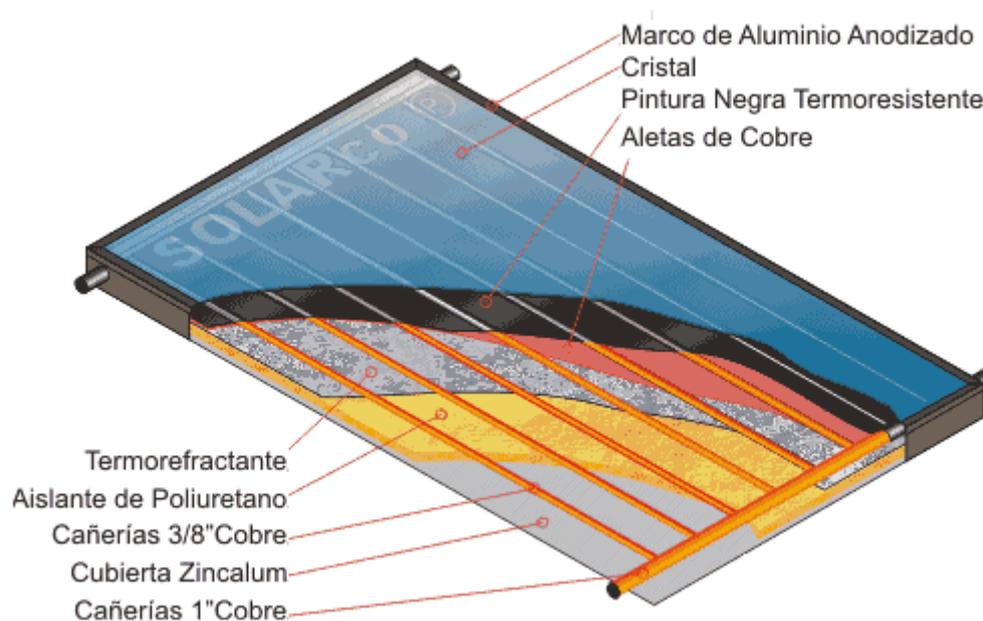


Ilustración 24 : Estructura de un Captador Forzado (Valverde, 2016)

1.2.1.2.4 Fuentes de Energía Renovable

I.- Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. (network, 2015)

El material base para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del sol (fotones) incide en una de las caras de la célula genera una corriente eléctrica que suele utilizar como fuente de energía.



Ilustración 25: Instalación de paneles solares fotovoltaicos (network, 2015)

Existen principalmente dos tipos de instalaciones: las de conexión a red, donde la energía que se produce se utiliza íntegramente para la venta a la red eléctrica de distribución, y las aisladas de red, que se utilizan para autoconsumo, ya sea una vivienda aislada, una estación repetidora de telecomunicación, bombeo de agua para riego, etc.

Se estima que para producir el equivalente al consumo doméstico de energía de una familia se requiere entre 1 kWp y 4kWp, en función de los distintos hábitos de consumo. Los costes orientativos para instalaciones conectadas a red son 1 €/Wp para instalaciones de 100 kW y 1,35 €/Wp para instalaciones de 5 kW.

II.- Energía geotérmica

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.

La energía geotérmica es, en su más amplio sentido, la energía calorífica que la Tierra transmite desde sus capas internas hacia la parte más externa de la corteza terrestre. Tiene un gran potencial de utilización, tanto para usos térmicos a escala doméstica como a escala industrial para generación de energía eléctrica.



Ilustración 26: Instalación geotérmica y aplicación en suelo radiante (network, 2015)

El uso de sistemas geotérmicos de baja entalpía para el sector residencial y de servicios permite prescindir del gasóleo, gas natural o gases licuados derivados del petróleo (propano y butano), todas ellas energías caras y no renovables.

La demanda térmica de la energía consumida en el sector residencial y de servicios es relativamente baja, lo que permite utilizar agua geotérmica de baja entalpía y devolverla a baja temperatura, incrementando así el potencial geotérmico del recurso e induciendo a un ahorro de energía, que podrá aprovecharse para otras aplicaciones. El sistema de climatización geotérmico funciona correctamente con cualquier instalación de calefacción actual, bien sea por radiadores, suelo radiante o aire.

Las bombas de calor geotérmicas suelen aplicarse a instalaciones domésticas y comerciales de pequeña y mediana potencia. La instalación doméstica típica de bomba de calor geotérmica tendrá una potencia de 12 kWt y funcionará entre 1.000 y 1.500 horas anuales equivalentes, mientras que para una instalación comercial o institucional la potencia típica es de 150 kWt. (network, 2015)



1.3 Marco Normativo

1.3.1 Objetivos de consumo y ahorros de energía final y primaria en 2016 y 2020: resumen del Plan de Acción 2011-2020.

El Plan de Acción 2011-2020 presenta un conjunto de medidas y actuaciones coherente con los escenarios de consumo de energía final y primaria incorporados en otros instrumentos de planificación en materia de energías renovables (de acuerdo con las obligaciones que se derivan de la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables) y de planificación de los sectores de electricidad y gas. De esta forma, la planificación en materia energética constituye un conjunto coherente, conducente al objetivo de mejora de la intensidad final del 2% interanual en el período 2010-2020.

El escenario considerado como objetivo de este Plan y escenario, por tanto, de eficiencia, presenta un consumo-objetivo de energía primaria de 142.213 ktep en 2020, lo que supone un incremento interanual del 0,8% desde el año 2010 y una mejora de la intensidad primaria del 1,5% anual entre ambos años.

Fuentes	2004	2007	2008	2009	2010	2016	2020	2010-2020 (Tasa variación interanual)
Carbón	20.921	20.354	13.983	10.509	8.271	10.468	10.058	1,98%
Petróleo	71.054	70.848	68.182	63.684	62.358	55.746	51.980	-1,80%
Gas Natural	24.671	31.601	34.782	31.096	31.003	37.147	38.839	2,28%
Nuclear	16.576	14.360	15.368	13.750	16.102	14.490	14.490	-1,05%
Energías Renovables	8.854	9.976	10.942	12.165	14.910	21.802	27.878	6,46%
Saldo Eléc. (Imp.- Exp.)	-260	-494	-949	-697	-717	-1.020	-1.032	3,71%
TOTAL	141.817	146.645	142.308	130.507	131.927	138.633	142.213	0,75%

Ilustración 27: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011)

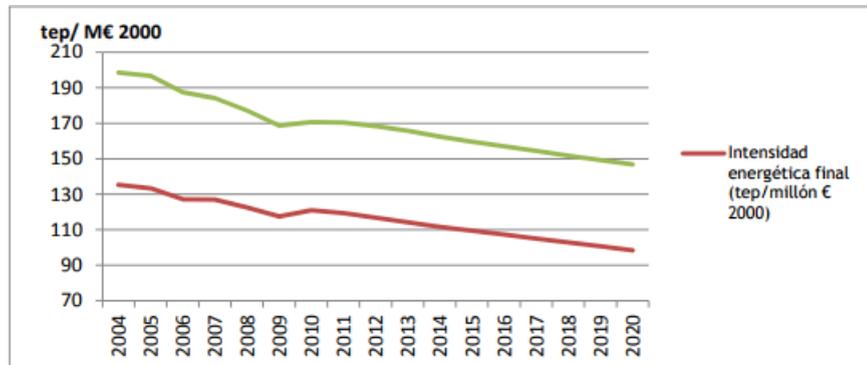


Ilustración 28 : Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011)

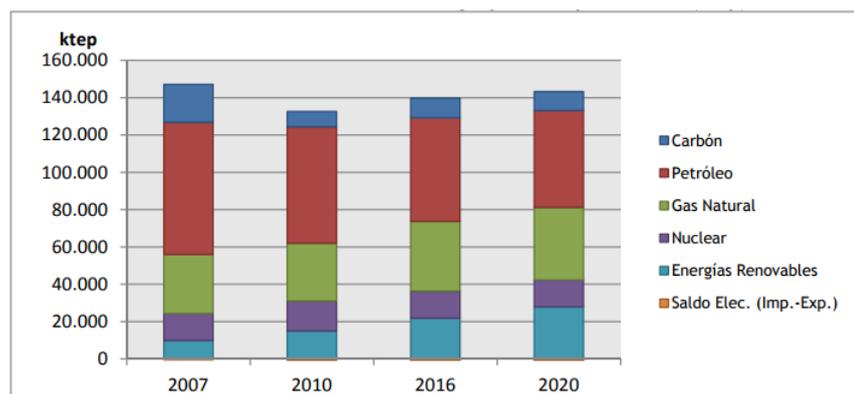


Ilustración 29: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011)

En términos de energía final, el escenario-objetivo de este Plan es el que se resume en la siguiente tabla, con un objetivo de consumo en el año 2020 de 102.220 ktep, de los que, descontados los consumos de energía final con fines no energéticos, se obtiene un total de consumo de 95.355 ktep. Este escenario garantiza el cumplimiento del objetivo de mejora de la intensidad final del 2% interanual establecido en las planificaciones aprobadas con carácter previo a este Plan de Acción 2011-2020, y para hacer posible la mejora de la eficiencia propuesta se han identificado las medidas de ahorro y eficiencia energética contenidas en el mismo.

Sectores	2004	2007	2008	2009	2010	2016	2020	2010-2020 (Tasa variación interanual)
Industria	29.855	29.878	30.241	26.468	28.209	26.034	25.777	-0,90%
Transporte	37.736	40.804	39.313	37.464	36.744	38.670	38.752	0,53%
Residencial, servicios y otros	29.030	30.448	28.886	26.975	28.470	30.016	30.827	0,80%
TOTAL	96.621	101.130	98.440	90.906	93.423	94.720	95.355	0,20%

Ilustración 30: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011)

Fuentes	2004	2007	2008	2009	2010	2016	2020	2010-2020 (Tasa variación interanual)
Carbón	2.405	2.317	2.080	1.427	1.693	2.168	2.146	2,40%
Prod. Petrolíferos	54.244	55.277	52.867	49.032	48.371	43.026	39.253	-2,07%
Gas natural	16.283	17.277	16.866	14.639	16.573	18.211	18.800	1,27%
Electricidad	19.914	22.159	22.253	20.980	21.410	24.343	27.085	2,38%
Energías Renovables	3.774	4.101	4.374	4.828	5.375	6.971	8.070	4,15%
TOTAL	96.621	101.130	98.440	90.906	93.423	94.720	95.355	0,20%

Ilustración 31: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011)

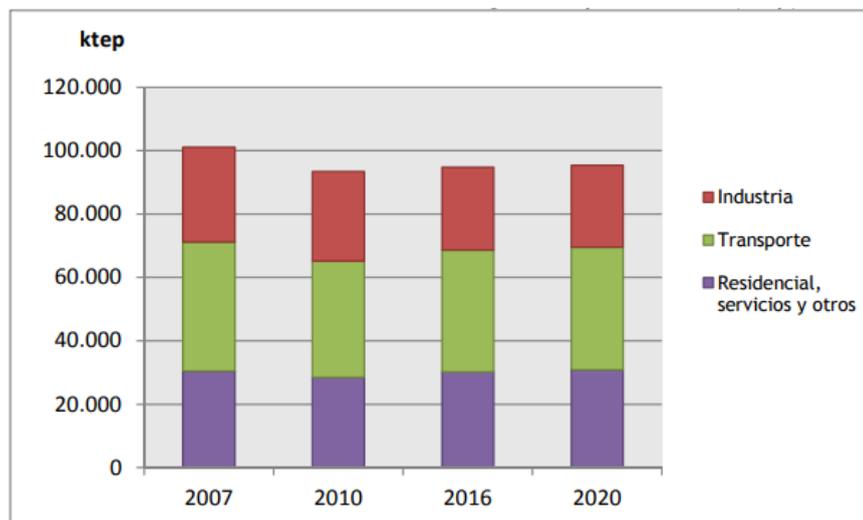


Ilustración 32: Escenarios de la planificación energética indicativa prevista en el artículo 79 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible (BOE, 2011)

Las medidas incluidas en este Plan de Acción 2011-2020 reportarán un ahorro de energía final en el año 2020 de 17.842 ktep y de energía primaria de 35.585 ktep, calculados con referencia al año 2007 y de acuerdo con la metodología propuesta por la Comisión Europea. El ahorro, en términos de energía primaria, incluye los ahorros derivados de las medidas propuestas para el Sector Transformación de la Energía en este Plan y los derivados del cambio en el mix de generación eléctrica estimulado por otras planificaciones en materia de política energética ajenas al mismo y que responden a las obligaciones que se derivan de la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

El ahorro anterior, en términos de energía primaria, equivale a un 20% del consumo de energía primaria que habría tenido lugar en 2020 en ausencia de las políticas de diversificación y promoción de las energías renovables aprobadas por el Gobierno español y del presente Plan de Acción 2011-2020.

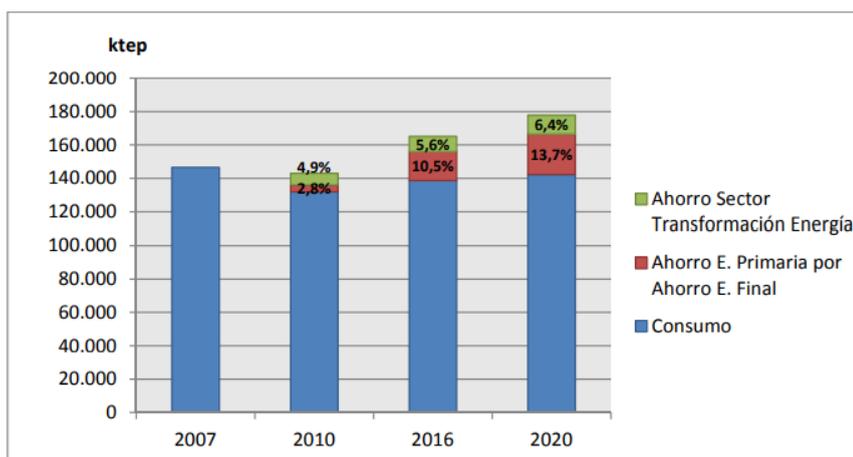


Ilustración 33: IDEA (BOE, 2011)

En términos de energía final, el ahorro en 2016 asciende a 13.176 ktep, lo que equivale a un 12,2% del consumo de energía final de ese ejercicio en ausencia del Plan.

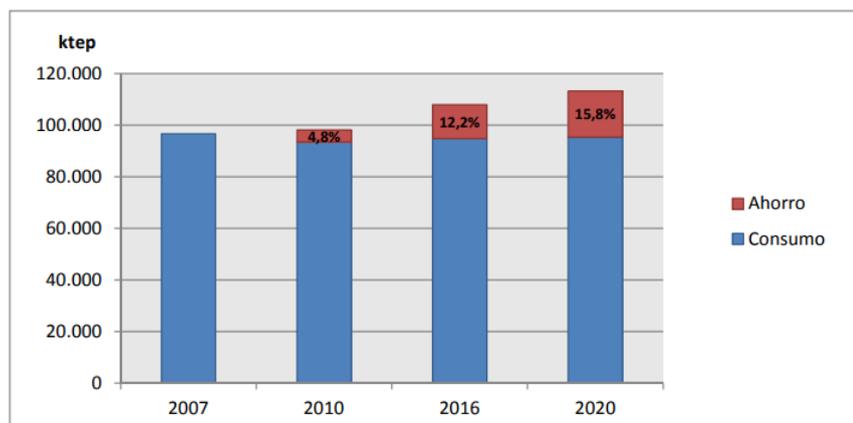


Ilustración 34: IDAE (BOE, 2011)

El ahorro en términos de energía final, una vez descontados los sectores no incluidos en el ámbito de aplicación de la Directiva 2006/32/CE (básicamente, los sectores ETS —Emission Trading System—, incluidos en el ámbito de la Directiva 2003/87/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003), se reduce a 11.532 ktep/año en 2017. Este ahorro, calculado sobre el consumo promedio correspondiente a esos mismos sectores de los cinco últimos años previos a la entrada en vigor de la Directiva, esto es, el consumo promedio del período 2003- 2007, supone el 15,9% del total.

El Plan de Acción 2011-2020 cumple, por tanto, con los objetivos de ahorro exigidos por la Directiva 2006/32/CE y es coherente con los objetivos globales acordados por el Consejo Europeo el 17 de junio de 2010, en relación con la mejora de la eficiencia energética primaria en un 20% en 2020.

La consecución de dichos objetivos en los sectores cubiertos por el presente Plan (todos los sectores consumidores finales más el Sector Transformación de la Energía) será posible con una aplicación de apoyos gestionados por el sector público de 4.995 M€ durante el período 2011-2020, con los que se pretende movilizar un volumen de inversión de 45.985 M€. Los ahorros acumulados de energía final y primaria durante el período 2011-2020 ascienden a 120.967 ktep y 247.791 ktep, respectivamente.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

	AÑO 2020
Ahorro Energía Final (acumulado 2011-2020) (ktep)	120.967
Ahorro Energía Final (anual 2020) (ktep)	17.842
Ahorro Energía Primaria (acumulado 2011-2020) (ktep)	247.791
Ahorro Energía Primaria (anual 2020) (ktep)	35.585
Inversión Asociada (acumulada 2011-2020) (M€)	45.985
Apoyo gestionado por el Sector Público (acumulado 2011-2020) (M€)	4.995

Ilustración 35: IDAE (BOE, 2011)



Capítulo 2: Modelado de la Nave y Análisis de la Situación Inicial

2.1 Situación de partida y emplazamiento de la actividad

2.1.1 Introducción

La nave fue construida en 2008, destinada a la reparación o mantenimiento de maquinaria móvil de gran volumen. Se encuentra en una zona contigua a una carretera bastante transitada por coches. Incluso a sus alrededores hay una zona protegida y pantanosa con vegetación.

Esta base consiste en una nave principal en la que cabe un máximo de seis máquinas en su interior; un módulo contiguo a dicha nave, en la que se encuentran las oficinas, almacenes de piezas y herramientas (pequeños), aseos, comedor y vestuarios, el cual consta de dos plantas; otra zona situada entre este módulo y la nave principal, que consta de almacén principal semi- mecanizado y el foso de baja-bogíes; el torno (aunque algo más apartado de la zona central del taller); y otros departamentos más pequeños en el que se encuentran: sala de compresores, tratamiento de aguas residuales, etc.

Sin embargo, en el presente proyecto, se tendrán en cuenta únicamente los módulos principales, es decir: nave principal, módulo de oficinas, aseos, vestuarios,... y, el foso baja-bogíes y almacén.



2.1.2 Generalidades

A partir de un estudio inicial de las condiciones de trabajo e instalaciones del taller, se ha observado dónde se tiene un consumo energético mayor y así, ver cómo podría reducirse.

Además, se ha tenido en cuenta a los trabajadores que se encuentran a diario en el taller, y al resto de empleados en la zona de oficinas, para saber si la zona de trabajo en la que se encuentran está en condiciones aptas para realizar cada una de las distintas actividades y tareas.

Así, se ha conocido que en invierno, los trabajadores del taller pasan un poco de frío, tanto en las primeras horas de la mañana como por la noche.

Por otro lado, lo que sí hay son quejas de pasar bastante calor en el interior del propio taller, en la época de verano, ya que al ser tan largo el taller y tan alto, y disponer únicamente de cuatro puertas exteriores grandes en los extremos de la nave (normalmente están abiertas) y ventanas no practicables, no se consigue una ventilación natural favorable. Incluso, el aire interior está viciado, y además, suele alcanzar los 40-45 °C, cuando el exterior hay, quizás, 30°C. Esto también se debe a que la carga térmica que liberan las máquinas.

De esta manera, la mejora pasiva del taller será una de las posibles propuestas de ahorro y eficiencia energética que se estudiarán en este proyecto.

2.1.3 Trabajadores en el taller

Es importante señalar que en la nave, hay trabajadores para reparaciones en general, y para mantenimiento, por lo que se trabaja en diferentes zonas y turnos según las necesidades.

Hay un total de 150 trabajadores, divididos en tres turnos al día, tal y como se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 2. Número de trabajadores en el taller (Fuente: Elaboración propia).

Turno	Horario	Nº total trabajadores	En oficina (1º planta)	En oficina (Planta baja)
De	7.00 – 15.00	60 – 80	15 – 20	10 – 12
De tarde	15.00 –	30-40	6-10	4-5
De noche	23.00 – 7.00	40 - 60	0	2 – 3
Total	--	150		

2.1.4 Orientación y geometría

La nave tiene forma rectangular, con un módulo de oficinas de dos plantas unido por la zona norte.

En las dos siguientes ilustraciones se muestra la geometría de la misma.

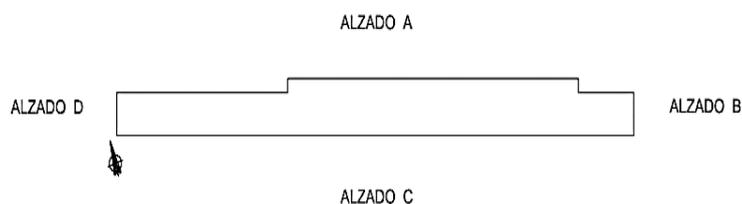


Ilustración 36. Definición geométrica de la nave (Fuente: Elaboración propia).

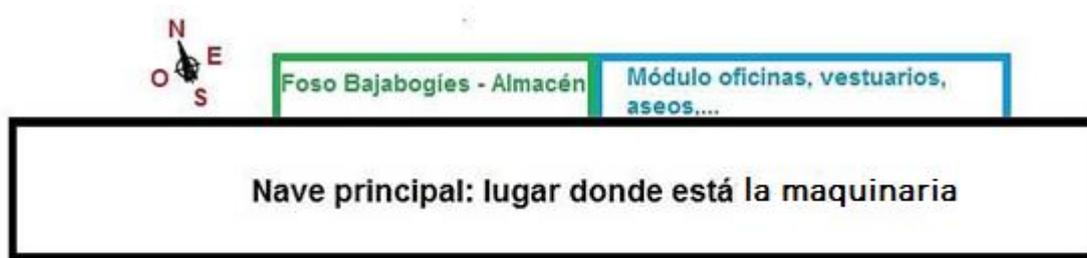


Ilustración 37. Distribución de las zonas de trabajo del taller (Vista: Planta) (Fuente: Elaboración propia).

A continuación, se muestran tres fotografías tomadas de la fachada lateral de la nave, vista desde el alzado A.

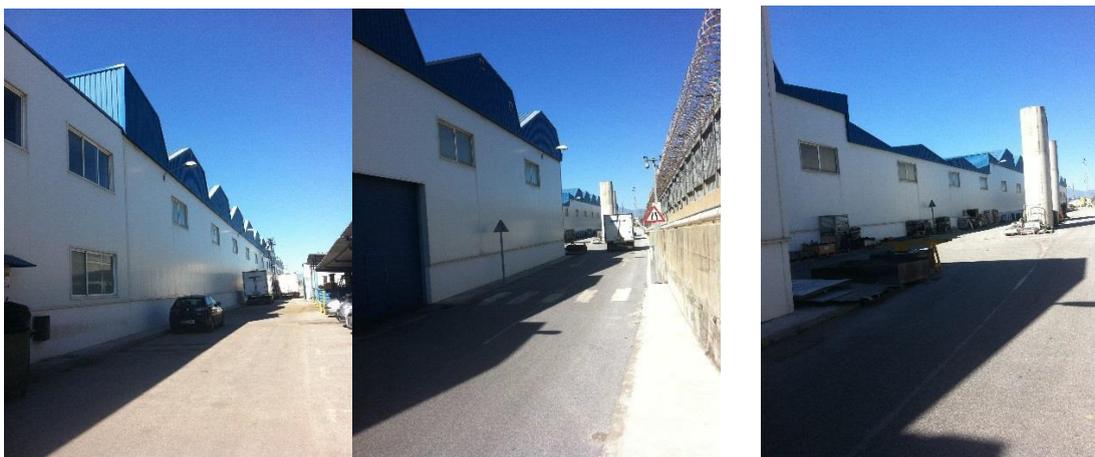


Ilustración 38. Fotografías del taller (Fuente: Elaboración propia).

En cuanto al módulo de oficinas y el del foso-almacén, la cubierta es totalmente horizontal. Sin embargo, la cubierta del taller es de ‘dientes de sierra’, como se puede apreciar en la figura 37. Además, aproximadamente en la zona media del taller, existe un desnivel de altura, en el que la cubierta se presenta horizontal. Esto se debe a que, en el momento de construir la nave, se pretendía hacer pasar un tramo de autovía por encima del taller. Sin embargo, finalmente no se llevó a cabo.

En las fotografías de la ilustración 37 no se aprecia, pero la cubierta del taller (parte dentada), tiene una parte translúcida, que permite que entre parte de luz natural a la nave como se indica en la figura 39

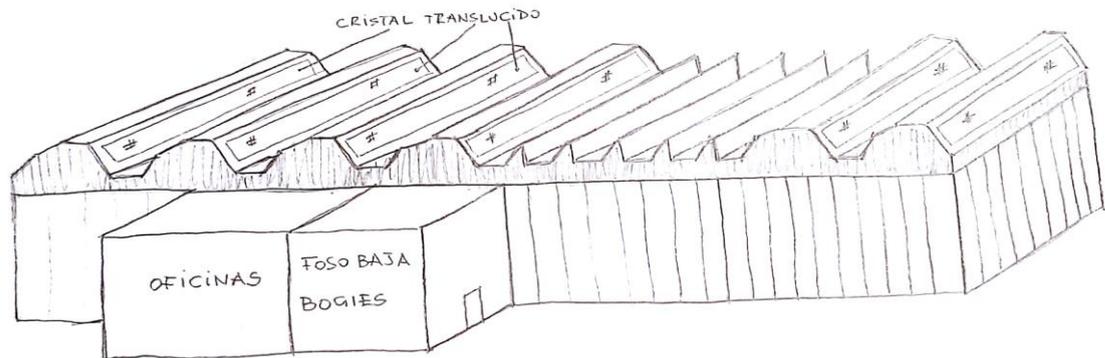


Ilustración 39. Esquema manual la nave proyectada (Fuente: Elaboración propia).

2.1.5 Locales, oficinas y nave

En cuanto a las distintas zonas de trabajo que tiene esta nave, se podrían dividir en:

- Módulo de oficinas

Este módulo es un bloque rectangular de dos plantas, con una superficie de: 8.48m x 100.75m, con una altura de 8.90m, de los cuales, 1.2m están bajo el nivel del suelo.

En este edificio se pueden encontrar diferentes zonas de trabajo y departamentos. De esta manera, en la planta baja, se dispone de:

- 1 primera oficina en la que también se encuentra la fotocopiadora, con un pequeño vestuario y aseo incorporados, cuyas dimensiones son: 8.48m x 9.52m.
- Contiguo a la anterior, 1 cuarto en el que se encuentra el centro de control de todo el taller, al cual llaman “cuarto frío”, cuyas dimensiones son: 8.48m x 5.57m.
- 11 pequeños almacenes de herramientas o piezas concretas, separados, de 8.48m x 4.88m (excepto uno del extremo cuyo largo es 4.86 m, en lugar de 4.88m).
- 1 oficina de 8.48m x 4.80m.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

- 1 oficina como la primera con otro aseo y otro vestuario pequeños incorporados: 8.48m x 9.96m.
- Y por último, dos servicios al final, uno masculino y otro femenino (algo mayor), enfrentados, con unas dimensiones (entre los dos): 8.48m x 5.85m.

Y en cuanto a la primera planta:

- 10 oficinas de distintas dimensiones.
- 1 habitación en la que se encuentra el centro de control de los aparatos de aire acondicionado, con las dimensiones: 1.24m x 6.33m.
- 2 servicios, uno masculino y otro femenino de 2.97m x 4.18m cada uno.
- 2 vestuarios grandes, uno femenino de 6.62m x 10.6m, y el masculino, de 6.62m x 30.84m.
- 1 sala donde está la caldera de gas y una bomba: 4.10m x 1.84m.
- Un comedor, con dos máquinas expendedoras de comida, y otras dos de café, microondas, plancha para cocinar, dos fuegos eléctricos, dos grifos y un horno grill: 8.48m x 9.95m + 6.7m x 4.86m.
- Zonas comunes.
- 2 escaleras: una de 1.73m x 6.45m en la zona éste, y la otra: 1.63m x 5.11m, en el ala oeste.

- Nave principal

Las dimensiones de la nave principal son: 429.24m de largo, es decir, del lado oeste al este; y de ancho, 22 m.

La nave principal cuenta con tres vías. Además cada vía cuenta con dos cestos-grúa (uno a cada lado del tren), para poder acceder a las partes altas del vehículo



Ilustración 40: Fotografía del extremo de la nave: (Fuente: Elaboración propia)

- Foso bajabogíes y almacén

Esta zona está pegada al módulo de oficinas, es más, tiene la misma altura y anchura, aunque ya no consta de dos plantas, sino de una.

En este módulo se encuentra el almacén central del taller, que es semi- mecanizado, y además, la zona donde se coloca la máquina automóvil a tratar, para reparar la parte de los bajabogíes. De esta manera, encontramos un foso, para poder acceder a la parte inferior de la misma. El largo de esta parte de la nave es de, aproximadamente, 135m.

2.1.6 Construcciones

La mayor parte de la información constructiva de forjados, cerramientos, tabiquerías, cubiertas, etc., ha sido proporcionada por la propia empresa, a partir del proyecto de construcción del 2008, de la propia nave. De esta manera, sólo se han tenido que hacer algunas estimaciones en cuanto a propiedades de materiales.



A continuación, se presenta una tabla (Tabla 2) resumen en la que se recogen los distintos tipos de construcciones que conforman el taller.

Y además, como se va a realizar la simulación del taller (de las otras dos zonas no será necesario, porque esta simulación se hace para conocer la temperatura en el taller; efecto de luz natural para saber si se podría aprovechar y no encender las luminarias todo el día; y por último, para estudiar posibilidades para mejorar la ventilación en la nave), mediante el software 'Energy Plus', en la tabla 4, se recogen los materiales, junto con sus propiedades, más detallados, que introduciremos en dicha herramienta.

Tabla 3. Arquitectura de la nave (Elaboración propia).

Arquitectura	Lugar	Características
FORJADOS	Planta de Oficinas	Los forjados para la planta de oficinas compuestos por plancha metálica nervada galvanizada tipo Haircol 59 o similar de 0,75 mm de espesor: el espesor total del forjado será de 15 cm. El hormigón será de calidad HA-30 N/mm ² . Tamaño máximo de árido 20 mm, vertido con consistencia plástica. Las armaduras de los forjados se indican en los planos.
CERRAMIENTOS	Fachada taller	Los cerramientos de la fachada están formados por paneles sándwich con dos chapas de acero de 0,6 mm galvanizada y prelacada, y un núcleo de espuma de poliuretano de 50 mm de espesor. La densidad del poliuretano es de 40 Kg/ m ³ .
	Zona oficinas y aseos	La fachada de paneles estará trasdosada con una placa de Pladur de 12,5 mm de espesor, formando una cámara de 40 mm, que estará rellena de un aislante de fibra de vidrio.
TABIQUERÍA	Divisiones planta baja	Se empleará una fábrica de ladrillo hueco de medio pie, enfoscado o fábrica de bloque de hormigón aligerado de 20 cm de espesor, enfoscado o enlucido según los lugares.
	Div. Oficinas fijas y aseos vestuarios	Se empleará una fábrica de ladrillo hueco tabicón de 7 cm de espesor, enfoscado y pintado.
	Div. Entre cabinas inodoros o duchas	Se empleará una fábrica de rasillones de 4 cm de espesor. Esta fábrica se revestirá con azulejos.
	Div. Móviles en oficinas	Se empleará tabiques desmontables formados por perfilera de aluminio lacado, acristalamientos a base de luna de 5 mm, y paneles ciegos a base de maderas laminadas en plástico.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Arquitectura	Lugar	Características
CUBIERTAS	Taller	Se formará con paneles sandwich compuestos de dos chapas de acero galvanizado y prelacado de 0,6 mm de espesor y núcleo de espuma de poliuretano de 40 mm de espesor, de densidad 40 Kg/m ³ . En cubierta se instalarán elementos traslúcidos formados por paneles de plancha celular de policarbonato opal traslúcido de 16 mm de espesor.
	Oficinas	Se instalará una cubierta plana visitable, formada por una capa de mortero aligerado con arlita.
CARPINTERÍAS	Oficinas	Ventanas practicables correderas de aluminio lacado con acristalamiento tipo climalit de 4-6-4.
	Taller	Ventanas proyectantes de aluminio lacado con acristalamiento tipo climalit 4-6-4. Estas ventanas tendrán un accionamiento mecánico para poderla abrir desde el suelo.
	Aseos- vestuarios	Ventanas practicables correderas de aluminio lacado con acristalamiento tipo climalit de 4-6-4, con el cristal exterior traslúcido.
	Taller	Puertas exteriores rígida batiente de dos hojas para paso de trenes de 4,24 x 6,00 m. con estructura de hoja cerrada con zona libre y protegida con caucho para paso de catenaria, realizadas las hojas con PVC transparente y policarbonatado de apertura automática mediante cilindros neumáticos y fotocélulas incluida pintura de acabado, cuadro de maniobra, mando y sistema de seguridad totalmente acabada.
	Acceso peatones taller	Puertas exteriores metálicas de diferentes medidas de una hoja para el acceso de peatones. Las puertas llevarán cerradura anti pánico.
	--	Puertas exteriores metálicas seccionales con apertura mecánica para el acceso de vehículos al interior.
	Almacenes	Puertas interiores metálicas de dos hojas para la colocación en almacenes, incluyendo todos los herrajes y cerraduras.
	--	Puertas interiores metálicas tipo RF, para aislar los accesos a sectores de incendio.
	Acceso aseos-vestuarios	Puertas de madera forrada de melamina de varias dimensiones para el acceso a servicio, vestuarios, etc.
	Acceso a oficinas fijas	Puertas de madera de roble barnizadas de diferentes medidas.
PAVIMENTOS	Solera nave	La solera de la nave se terminará con una capa de cuarzo corindón para reforzar la resistencia a la abrasión.
	Oficinas	Suelo elevado con baldosas acabadas estratificadas de 600 por 600 y 32 mm de espesor, formadas por dos chapas de acero, la chapa superior lisa es de acero reforzado y con acabado de pintura acrílica, la cubeta inferior es de acero con ebulliciones de forma de bóvedas que van soldadas a la chapa superior, el núcleo va relleno de cemento aligerado; apoyadas sobre elementos regulables de aluminio. La resistencia es de 33 KN/m ² .



Arquitectura	Lugar	Características
	Aseos y vestuarios	Acabado a base de losetas de gres compacto y pulido.
	Fachadas	En la pared del zócalo se empleará un revestimiento pétreo en pasta de capas gruesas para el rayado
	--	Para las carpinterías metálicas no lacadas, se empleará un esmalte sintético en dos manos y una capa de imprimación antioxidante.
	--	Para las paredes se empleará una pintura plástica lavable.

2.2 Modelado del taller en EnergyPlus

2.2.1 Objetivo

El objetivo de este modelado a través del software 'EnergyPlus', se basa en estudiar las condiciones en las que se encuentra el taller, así como las cargas térmicas internas que suponen los trenes y la maquinaria, y por supuesto, ver la evolución de la temperatura del aire interior a lo largo del día, y también, ver cómo varía a lo largo de un año tipo.

2.2.2 Método de ejecución

Como el taller es muy largo, se ha optado por tomar, para la simulación, únicamente tres dientes de sierra contiguos, y tras ver su comportamiento, extrapolarlo a todo el taller. Esta aproximación se debe a que el taller se comporta prácticamente igual en toda su longitud.

De esta manera, se dibujará en SketchUp un primer trozo del taller (equivalente a lo que ocupa un diente de sierra de la cubierta (10.22m)), considerándose como una única zona térmica; a continuación, se introducirán todos los datos necesarios del mismo, como por ejemplo: materiales de construcción, ventanas y puertas, ganancias térmicas internas, horarios de actividad para cada una de las instalaciones con las que cuenta el taller, claraboyas, período de simulación, etc. en el programa EnergyPlus.

A continuación, se introducirá en SketchUp el resto de la cubierta, es decir, el falso techo que tiene la nave.

Una vez que se simule y no obtenga errores, se procederá a la incorporación en SketchUp de otros dos dientes (zonas térmicas independientes), uno a cada lado del diente inicial, para darle mayor veracidad al modelo del taller, y poder así, aplicarle condiciones de contorno a la zona central. Por lo que, como ya se ha explicado, la zona principal que se va a estudiar será la zona térmica correspondiente al diente de sierra situado en el medio.

Esto queda reflejado en la figura 41:

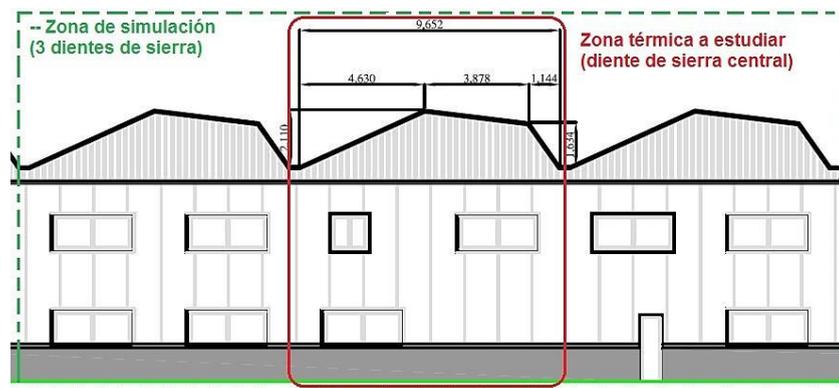


Ilustración 41. Método de ejecución para el modelado del taller (Vista desde alzado).

2.2.3 Pasos llevados a cabo

➤ SKETCHUP

En primer lugar, se introduce en el software SketchUp, la geometría del diente de sierra central, es decir, el que se va a estudiar. En este caso, a la zona térmica se le ha llamado “DIENTE SIERRA CENTRAL”, y además, se han definido y nombrado cada una de sus paredes, techo, suelo y ventanas, con nombre distintivos que permitan, posteriormente, saber de qué parte se está hablando. A continuación se presenta una figura en la que se ve dicha zona desde la parte norte y la parte sur del taller:

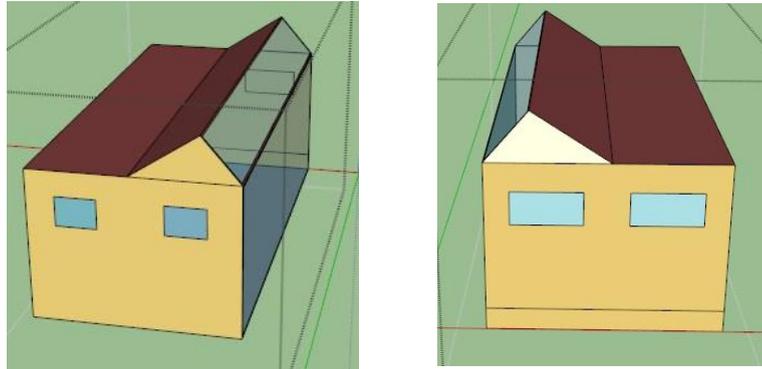


Ilustración 42. Zona térmica del Diente de sierra central (izquierda: visto desde el lado norte; derecha: desde el lado sur) (Fuente: SketchUp).

Como se puede apreciar en la figura anterior, las paredes laterales (orientación este y oeste) se han representado como ventanas prácticamente. Esto se ha hecho así porque, en realidad, se está simulando un tramo del taller, con lo cual, las paredes laterales no existirían. Sin embargo, en SketchUp no se puede dejar una zona sin cerrar, y por tanto, lo que representan dichas ventanas es vidrio ficticio o paredes ficticias.

Además, en la fachada sur, se ha hecho una división en su parte inferior, ya que ésta está compuesta por un bloque de hormigón (1 metro de altura, aproximadamente), mientras que el resto de esta fachada, está hecha de panel de sándwich.

Sin embargo, esta zona no es la única que forma el Diente de Sierra Central, como tal (es decir, de viga a viga), sino que falta añadir otra zona térmica que describa la cubierta real (llamada "Cubierta Central"). En la primera zona, la cubierta que se ve no es la real, ya que hay una parte horizontal, la cual representa el falso techo del taller; además hay una parte inclinada (frente a la ventana de la cubierta, llamada 'Cubierta Central') que tampoco es la cubierta como tal, sino una chapa metálica del falso techo.

Este falso techo se puede ver en las siguientes figuras:

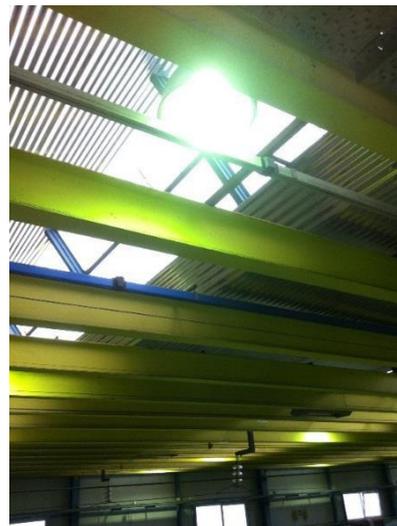


Ilustración 43. Falso techo del taller (Fuente: Elaboración propia).

La segunda zona térmica, 'Cubierta Central', se detallará más adelante, pero en la figura 44 se puede apreciar cómo quedaría.

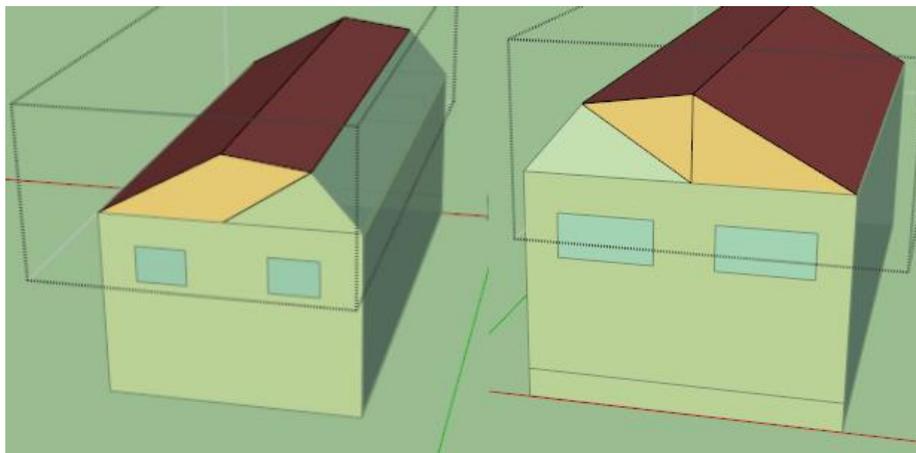


Ilustración 44. Zona térmica "Cubierta central", vista desde el lado Norte (izq.) y Sur (drcha.)

(Fuente: Elaboración propia).

Como se puede apreciar en la figura anterior, esta zona térmica está formada por construcciones de dos tipos: "Exterior Roof" (color granate) y "Exterior Wall" (color beige).

Así, una vez hecha la geometría de ambas zonas térmicas, se guarda en el archivo 'DIENTE SIERRA CENTRAL.idf', y lo abrimos con el complemento E+ Launch, el cual permite adjudicarle a dicho .idf, el fichero climático de Málaga. Y a continuación, se simula y se comprueba no tener errores severos ni avisos (llamados 'warnings').

➤ ENERGY PLUS

A continuación, a partir del archivo .idf, abierto con E+ Launch, clicamos en el botón 'IDF Editor', para poder introducir todos los datos y propiedades del tramo del taller. Así pues, en las siguientes tablas se recogerán los datos introducidos en E+ (EnergyPlus) más importantes:



Tabla 4. Primeros datos introducidos para la simulación (Fuente: Elaboración propia).

SIMULACIÓN PARAMETERS	
SimulationControl	Run simulation for Weather Filer Run periods
LOCATION AND CLIMATE	
RunPeriod	AÑO TIPO, desde el 1/01 hasta el 31/12
Site: GroundTemp: BuildingSurface	Extraído del programa 'Climate Consultant'

Tabla 5. Materiales y sus propiedades térmicas (Fuente: Proyecto construcción de la nave).

SURFACE CONSTRUCTION ELEMENTS					
Material					
Construcción	Composición	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/K-m)	Cp (J/kh- K)
PANEL SANDWICH FACHADA TALLER	Chapa acero galv y prelac	0.6	7850	47-58	460
	Núcleo espuma poliuretano	50	40	0.029	1674
	Chapa acero galv y prelac	0.6	7850	47-58	460
BLOQUE HORMIGÓN FACHADA TALLER	Mortero cemento 1600<d<1800 (3)	10	1525	1	1000



SURFACE CONSTRUCTION ELEMENTS					
Material					
Construcción	Composición	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/K-m)	Cp (J/kh- K)
	BH convencional (3)	300	585	1154	1000
	Mortero cemento 1600<d<1800	10	1525	1	1000
FACHADA NORTE TALLER	Mortero cemento 1600<d<1800 (3)	10	1525	1	1000
	½ pie LP catalán 40<G<60mm	140	1020	0.595	1000
	Mortero cemento 1600<d<1800 (3)	10	1525	1	1000
PANEL SANDWICH CUBIERTA TALLER	Chapa acero galv y prelac	0.6	7850	47-58	460
	Núcleo espuma poliuretano	40	40	0.029	1674
	Chapa acero galv y prelac	0.6	7850	47-58	460
CLARABOYA CUBIERTA TALLER	Panel de plancha celular de policarbonato opal translúcido	16	1200	0.19-0.23	1200
VENTANA PROYECTANTE	Vidrio	4	2700	0.81	833
	Aire	6	1.2	0.026	1000
	Vidrio	4	2700	0.81	833



SURFACE CONSTRUCTION ELEMENTS					
Material					
Construcción	Composición	Espesor (mm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/K-m)	Cp (J/kh- K)
SUELO EXTERIOR TALLER	Hormigón armado (sin aislamiento)	500	2200	1.4	837

Una vez introducidos todos los materiales, los asignamos a las distintas construcciones: 'Exterior Wall', 'Exterior Floor', 'Internal Ceiling', etc., y también hacemos lo mismo con las construcciones de ventanas, ya que tenemos varias de distintos tipos: ventanas exteriores, ventanas interiores, paredes ficticias y claraboyas.

De esta manera, se ha conseguido representar, de manera aproximada, la geometría y sus construcciones. Lo que quedaría ahora, sería introducir las ganancias térmicas y cargas térmicas con las que cuenta el tramo del taller modelado. Este campo se refiere a los objetos: 'People' (personas, en este caso, trabajadores); 'Lights' (Luces, que en el trozo de taller en cuestión, se considerará que hay una fila de 5 lámparas de vapor de mercurio de 400w); y 'ElectricEquipment' (en el cual se introducirá la ganancia térmica generada por las máquinas). En cuanto al equipo de HVAC, no se va a tener en cuenta, en esta simulación, ya que realmente, en el taller no se enciende prácticamente nunca los radiadores, y además, no se cuenta con equipos de refrigeración.

A continuación, se presenta una tabla en la que se recogen los datos correspondientes a dichas cargas:



Tabla 6. Cargas térmicas del tramo del taller (Fuente: Elaboración propia).

Objeto	Nombre	Schedule
Ocupación ('People')	Trabajadores Diente	Trabajadores Taller
Luces ('Lights')	Luces Taller	Luces Taller
Equipo eléctrico ('ElectricEquipment')	Carga máquina	Maquinas taller
Infiltración	Infiltration Taller	Constant On

➤ ALREDEDORES Y CONDICIONES DE CONTORNO

Lo que quedaría para simular el diente de sierra central del taller, sería añadirle los otros dos dientes, uno en cada lado (este y oeste). De esta manera, la geometría final quedaría de la siguiente forma:

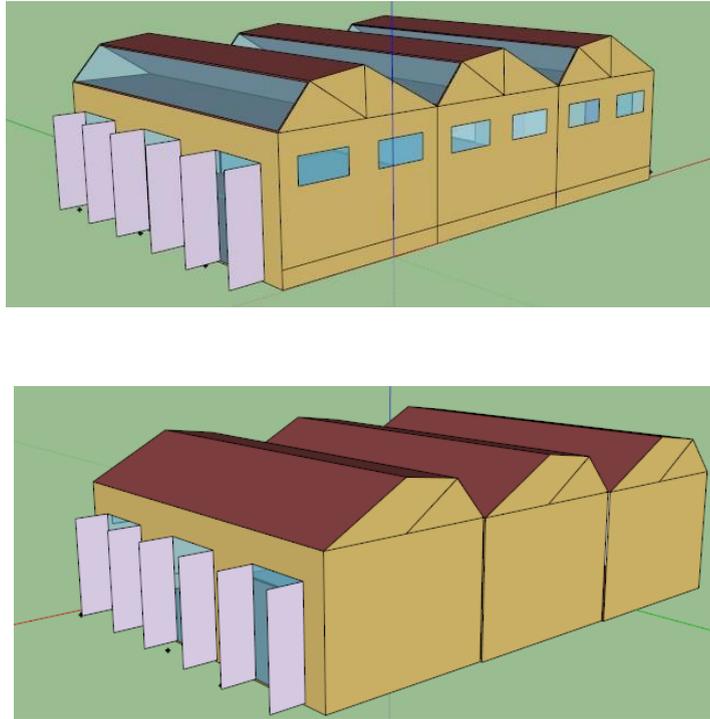


Ilustración 45. Geometría final de los tres dientes de sierra unidos (Fuente: SketchUp).

Como se puede apreciar, en las caras oeste y este del taller, se han colocado tres “ventanas” con dos elementos de sombra (voladizos verticales) cada una, la cual representa un portón de $4 \times 5.90 \text{ m}^2$ por el que entran y salen las máquinas móviles, y se le ha asignado una construcción de ventana ficticia llamada “vidrio traslúcido” porque estos portones están, generalmente, las 24 horas del día abiertos. Los voladizos que tienen a cada uno de los lados, de $2 \times 5.90 \text{ m}^2$, representan las puertas reales abiertas de par en par.

Además, se han eliminado las ventanas interiores de las fachadas norte, ya que, como condición de contorno de estas fachadas se ha puesto “adiabática” debido a que se supone que, aunque esa zona esté en contacto con el módulo de oficinas, no afecta al tramo del taller; por lo que en EnergyPlus no se puede poner ventanas en una superficie adiabática. De esta manera, se han suprimido.



A los vidrios colocados en las fachadas oeste y este del Diente de Sierra Central, llamados “partición ficticia”, se les ha asignado como condición de contorno: en contacto con la zona contigua correspondiente (DIENTE SIERRA DERECHA o DIENTE SIERRA IZQUIERDA), pero no directamente a él, sino que esa condición se le ha puesto al borde de dichas particiones, cuya construcción es “Interior Wall”, de tal manera que la “ventana” colocada en dicha fachada toma la misma condición de contorno.

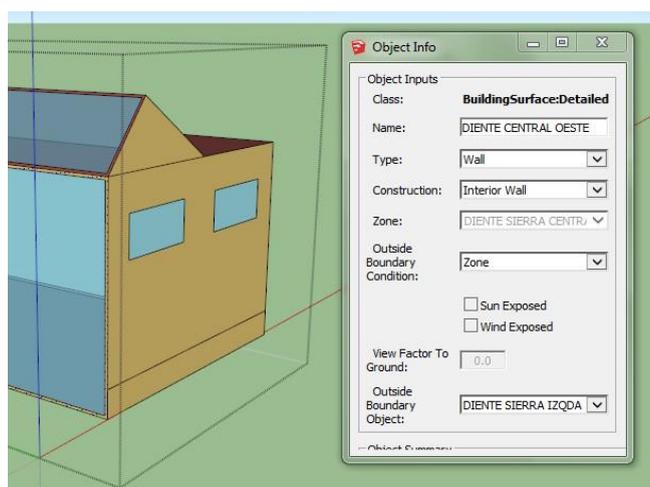


Ilustración 46: . Condición de contorno de la fachada Oeste del Diente Central (Fuente: SketchUp)

2.2.4 Resultados obtenidos tras la simulación En EnergyPlus de la situación inicial del taller

En primer lugar, se han simulado de forma contigua a los tres dientes de sierra, aunque los resultados se han centrado en el diente de sierra central. A continuación, se muestra la variación de la temperatura interior del taller del Diente de Sierra Central, con las condiciones de contorno explicadas anteriormente:

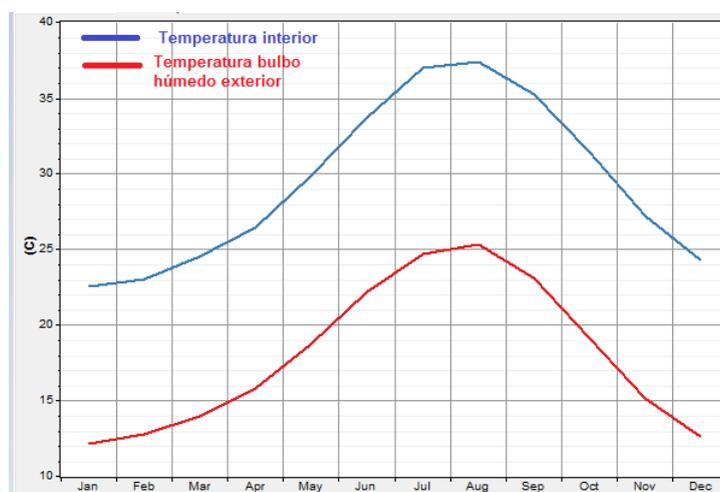


Ilustración 43. Variación mensual de temperatura en el taller (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).

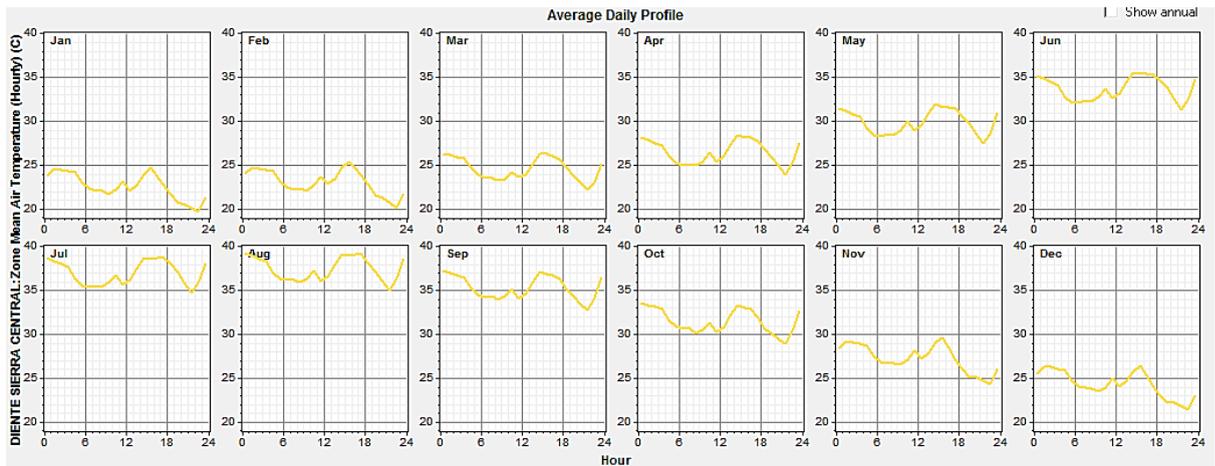
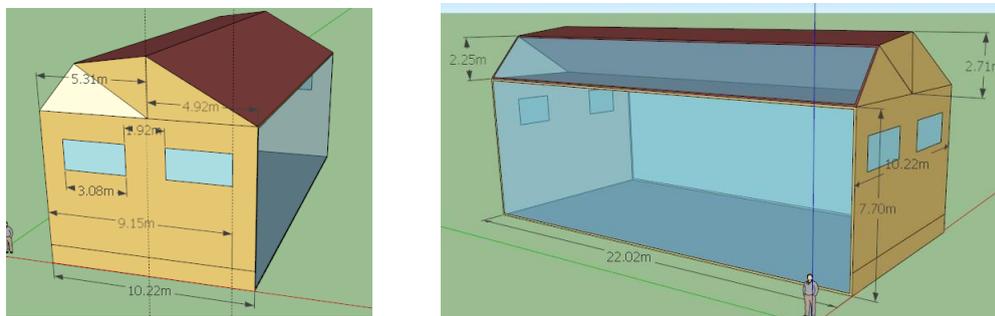


Ilustración 47. Perfil diario de temperatura interior en el Diente Central (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).

Como se puede apreciar en las dos figuras anteriores, existe una gran diferencia de temperatura entre el exterior y la alcanzada en el interior del taller (alrededor de 15°C). Esta diferencia se debe, principalmente, a la carga térmica que supone la disipación térmica de las máquinas en su interior, de las luminarias de alta potencia y de los trabajadores del taller, aunque en menor medida. Además se hace notable el efecto de la radiación solar incidente a través de las claraboyas.

La geometría de la zona que se ha estudiado, 'DIENTE SIERRA CENTRAL' quedaría, de forma más detallada que en la Memoria del presente proyecto:



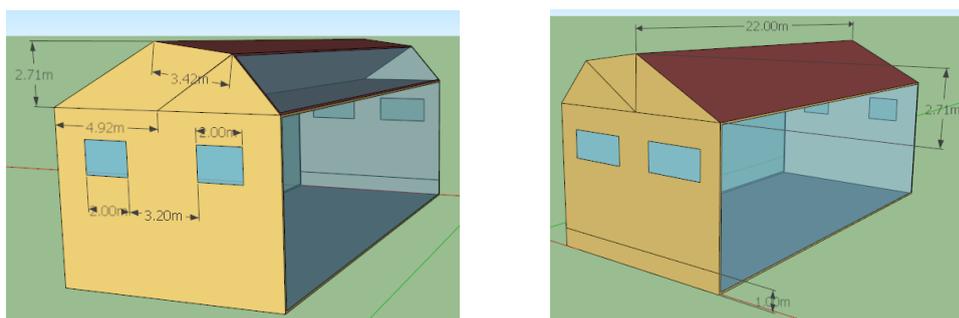


Ilustración 48. Acotaciones del Diente Sierra Central a estudiar (Fuente: SketchUp).

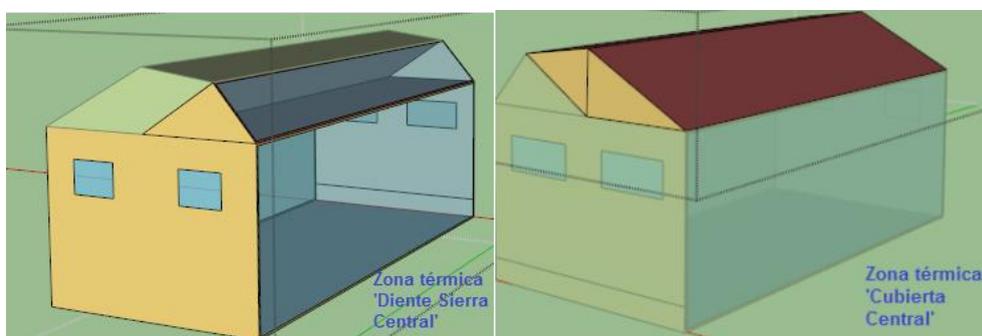


Ilustración 49. Definición de cada zona térmica (Fuente: SketchUp)

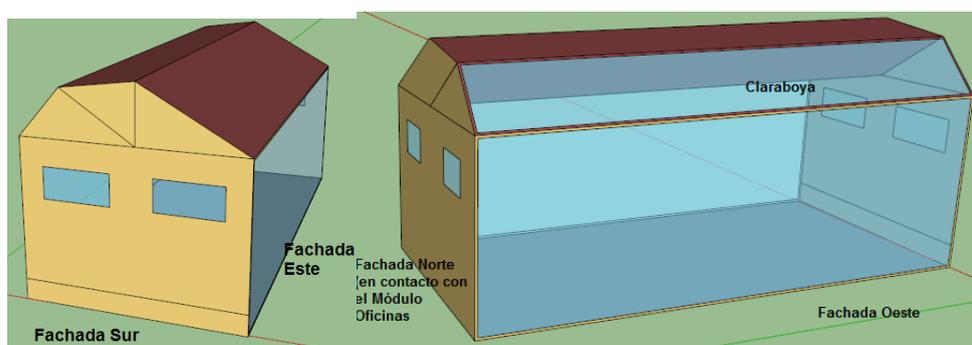


Ilustración 50. Definición de las fachadas según la orientación (Fuente: SketchUp).

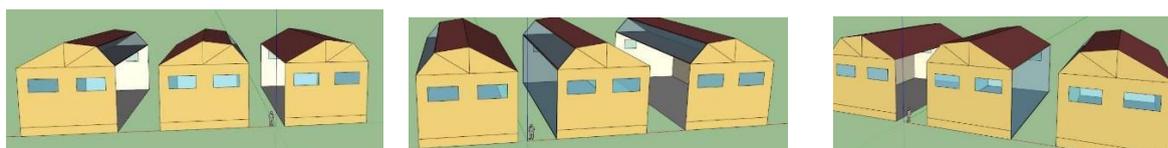


Ilustración 51. Detalles de los tres Dientes de Sierra (Fuente: SketchUp).

De esta manera, la geometría final quedaría de la siguiente forma:

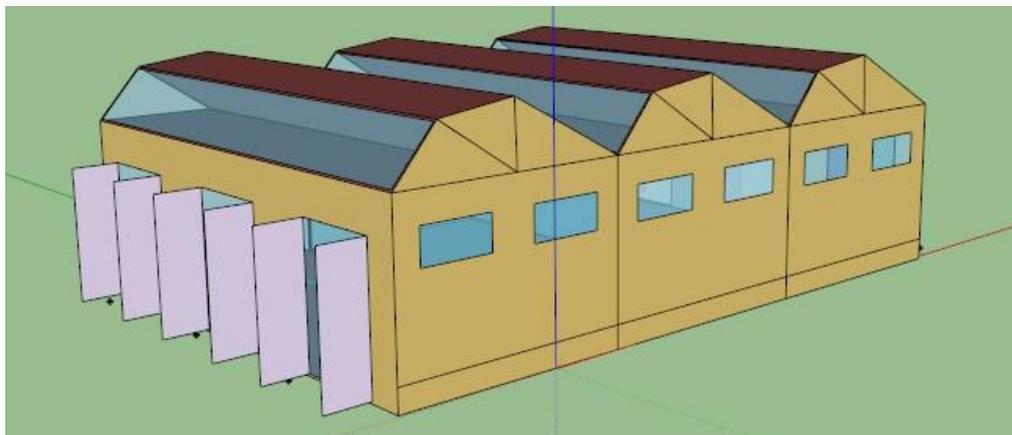


Ilustración 52. Geometría final y unida (cara sur y oeste) (Fuente: SketchUp).

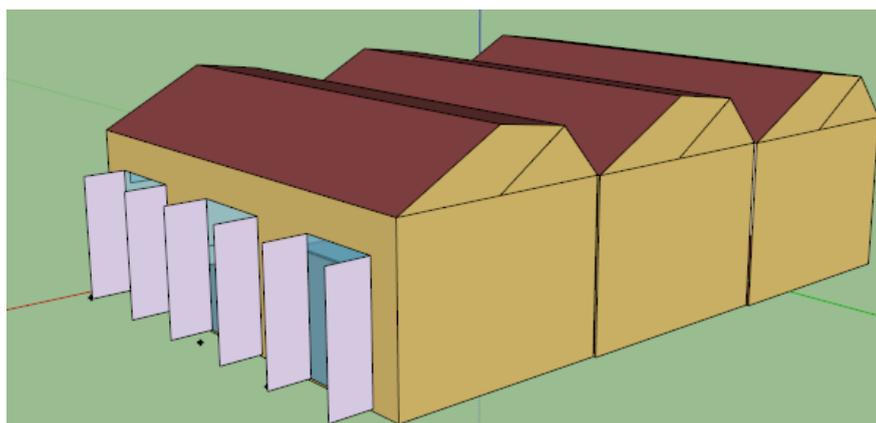


Ilustración 53. Geometría final y unida (cara norte y este) (Fuente: SketchUp).

Los resultados obtenidos tras la simulación de los tres dientes de sierra en el programa 'Dview', centrados, eso sí, en el trozo conocido como "Diente Sierra Central":



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

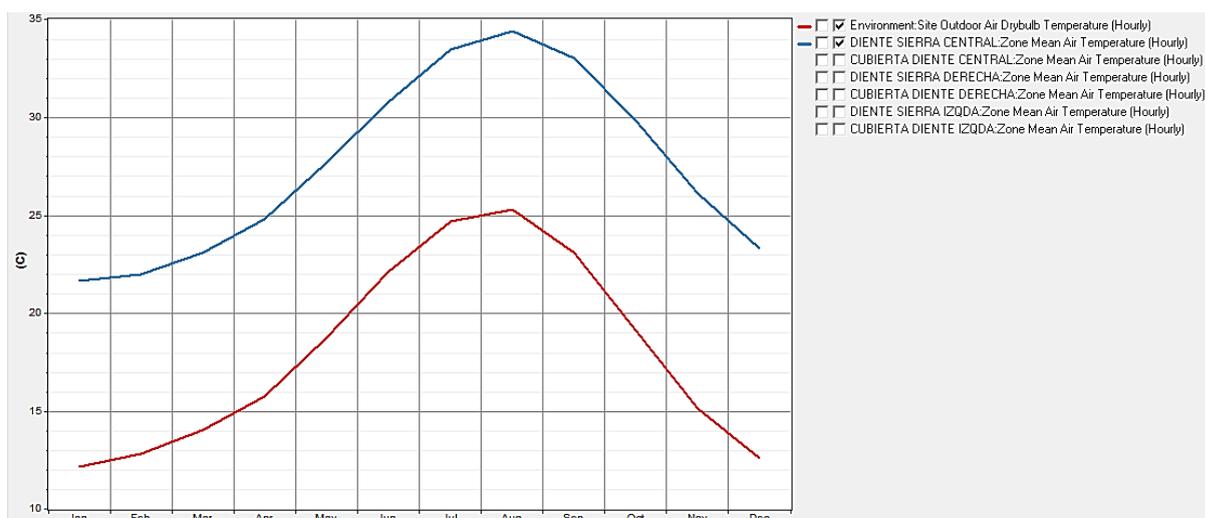


Ilustración 54. Variación mensual de temperatura en el taller (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).

Las cargas internas del taller que afectan a la hora de que la temperatura interior sea bastante mayor a la exterior se muestran a continuación:

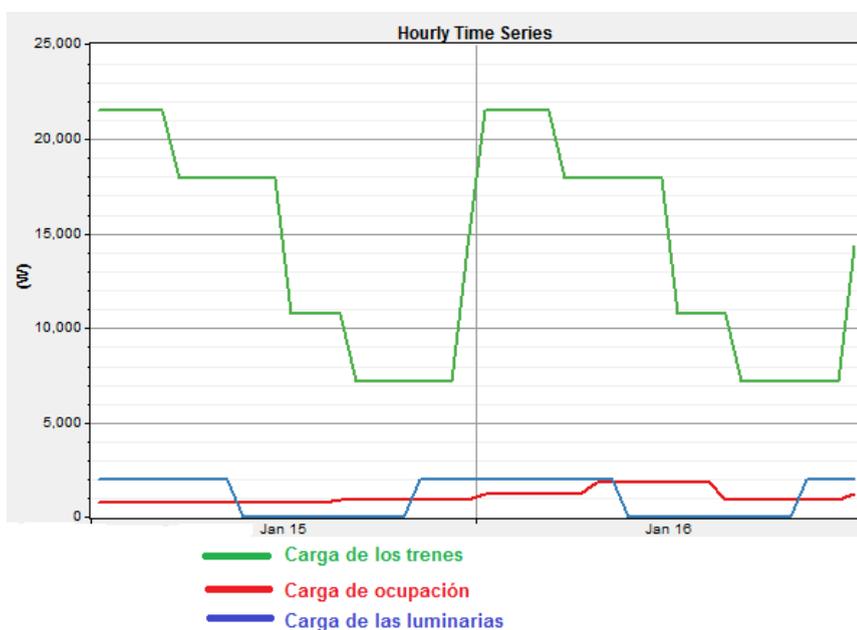


Ilustración 55. Variaciones de las cargas térmicas internas del taller (Fuente: DIENTE SIERRA CENTRAL Y OTROS.csv en Dview).



Capítulo 3: Propuestas de Cambio

3.1 Introducción:

Una vez analizadas las principales medidas de mejora de eficiencia energética descritas en el Capítulo 1, se han seleccionado las que permiten reducir la carga térmica de la nave considerablemente teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Partíamos de una nave que ya estaba construida por tanto no queremos modificar la estructura de la misma
- Buscamos implementar las medidas en la mayor brevedad posible
- Obtener resultados eficaces sin un elevado coste económico

3.2 Propuesta para la renovación de la iluminación

3.2.1 Introducción

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

La iluminación es uno de los sistemas en los que el porcentaje de consumo es bastante elevado en muchos tipos de edificios. Incluso es así, que puede llegar a superar hasta el 50% del consumo total. Obviamente, esto depende del sector al que se dedique. Por ejemplo, en la siguiente tabla se puede ver la cantidad de energía eléctrica (en porcentaje) dedicada al sistema de iluminación, según el sector.



Tabla 7. Variación del consumo de electricidad dedicado a iluminación según el sector. (Madrid, 2017)

SECTOR	%de energía eléctrica dedicada a la iluminación
Oficinas	50%
Hospitales	20 – 30%
Industria	15%
Colegios	10 – 15%
Comercios	15 – 70%
Hoteles	25 – 50%
Residencial	10 – 15%

Así, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, el cual se puede alcanzar mediante el empleo de equipos adecuados, además de sistemas de control y regulación acordes a las necesidades de la zona a iluminar.

Existe una gran variedad de guías en las que se proporcionan los conocimientos y cuestiones a tener en cuenta a la hora de establecer los sistemas de iluminación más eficientes energéticamente, sin olvidar, por supuesto, los criterios de ergonomía y calidad de cada uno de ellos.

Además, cabe señalar que una iluminación inadecuada en el área de trabajo puede ocasionar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes.

Un trabajo con poca luz daña la vista. También cambios bruscos de luz pueden ser peligrosos, pues ciegan temporalmente, mientras el ojo se adapta a la nueva iluminación. El grado de seguridad y confort con el que se ejecuta el trabajo, depende de la capacidad visual y ésta depende, a su vez, de la cantidad y



calidad de iluminación. Un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz, sino aquel que tiene la cantidad de luz adecuada a la actividad que allí se realiza.

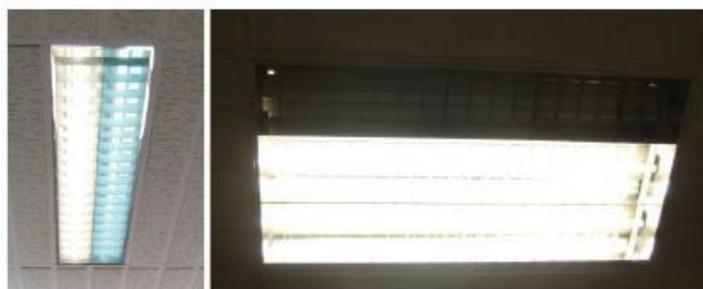


Ilustración 56. Ejemplo de mala iluminación (network, 2015).

3.2.2 Objetivo

El objetivo de este capítulo será realizar, en primer lugar, un estudio del sistema de iluminación que hay actualmente en la nave, para conocer el consumo actual que supone anualmente; y a continuación, se propondrán las luminarias, junto con su equipo auxiliar (si se requiere), que resulten más eficientes energéticamente, se mejore el nivel de iluminación, y obtener una ventaja económica.

3.2.3 Requisitos

Los niveles mínimos de iluminación exigidos se encuentran recopilados en la norma UNE-12464. Ésta es la que se debe tener en cuenta para saber si cumple o no con la normativa existente referente a la instalación de iluminación.

Tabla 5.26 – Oficinas

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_s -	Requisitos específicos
5.26.1	Archivo, copias, etc.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	0,60	80	Trabajo en EPV, véase el apartado 4.9
5.26.3	Dibujo técnico	750	16	0,70	80	
5.26.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	0,60	80	Trabajo en EPV, véase el apartado 4.9
5.26.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,60	80	La iluminación debería ser controlable
5.26.6	Mostrador de recepción	300	22	0,60	80	
5.26.7	Archivos	200	25	0,40	80	

Tabla 5.28 – Lugares de pública concurrencia – Áreas comunes

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_s -	Requisitos específicos
5.28.1	Vestíbulo de entrada	100	22	0,40	80	UGR sólo si es aplicable
5.28.2	Guardarropas	200	25	0,40	80	
5.28.3	Salones	200	22	0,40	80	
5.28.4	Oficinas de taquillas	300	22	0,60	80	

Tabla 5.29 – Lugares de pública concurrencia – Restaurantes y hoteles

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_s -	Requisitos específicos
5.29.1	Recepción/caja, conserjería	300	22	0,60	80	
5.29.2	Cocinas	500	22	0,60	80	Debería haber una zona de transición entre cocina y restaurante
5.29.3	Restaurante, comedor, salas de reuniones	-	-	-	80	El alumbrado debería diseñarse para crear la atmósfera apropiada
5.29.4	Restaurante auto-servicio	200	22	0,40	80	
5.29.5	Buffet	300	22	0,60	80	
5.29.6	Sala de conferencias	500	19	0,60	80	El alumbrado debería ser controlable
5.29.7	Pasillos	100	25	0,40	80	Durante la noche son aceptables niveles inferiores

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_o -	Requisitos específicos
5.53.1	Andenes completamente cubiertos, número pequeño de pasajeros	100	-	0,40	40	1. Prestar especial atención al borde de la plataforma 2. Evitar el deslumbramiento para conductores de vehículos 3. Iluminancia a nivel del suelo
5.53.2	Andenes completamente cubiertos, número grande de pasajeros	200	-	0,50	60	1. Prestar especial atención al borde de la plataforma 2. Evitar el deslumbramiento para conductores de vehículos 3. Iluminancia a nivel del suelo
5.53.3	Pasos subterráneos de pasajeros, número pequeño de pasajeros	50	28	0,50	40	Iluminancia a nivel del suelo
5.53.4	Pasos subterráneos de pasajeros, número grande de pasajeros	100	28	0,50	40	Iluminancia a nivel del suelo
5.53.5	Sala de taquillas y vestíbulo	200	28	0,50	40	
5.53.6	Oficinas de billetes, de equipaje y de contadores	300	19	0,50	80	
5.53.7	Salas de espera	200	22	0,40	80	
5.53.8	Vestibulos de entrada, vestibulos de estación	200	-	0,40	80	
5.53.9	Salas de contadores y máquinas	200	28	0,40	60	Los colores de seguridad deben ser reconocibles
5.53.10	Túneles de acceso	50	-	0,40	20	Iluminancia a nivel del suelo
5.53.11	Naves de mantenimiento y servicio	300	22	0,50	60	

Ilustración 57. Recortes de las tablas luminancia exigida para el área de transportes- Instalaciones ferroviaria (aernor, 2012)

3.2.4 Metodología

3.2.4.1 Generalidades

Lo primero que debe conocerse es dónde se va a aplicar el estudio (en nuestro caso, se aplicará el estudio a todas las luminarias del taller, del módulo de oficinas, vestuarios,... y por último, a la zona de foso baja- bogies y almacenes). Además se debe conocer el edificio, su posición geográfica y su orientación, así como identificar las diferentes actividades que se desarrollan en cada una de las zonas de trabajo.

Además, es importante conocer los horarios, los periodos de ausencia, la edad de los usuarios, etc. Con ello podremos elegir las luminarias más adecuadas.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

A continuación se realizará en primer lugar, un cálculo aproximado del consumo total diario, mensual y anual, eléctrico de la instalación luminosa actual, para ver a qué porcentaje del total equivale el sistema de alumbrado en el taller.

Para terminar hay que realizar un complemento económico, que acompañe al presupuesto aportado, que indique la viabilidad de la instalación y la amortización simple que tendría esta propuesta.

En este proyecto, se dispone de un inventario del sistema de alumbrado interior y exterior de la nave, el cual se detallará más adelante. Dicho inventario será utilizado para ver el tipo de luminarias y equipos existentes, y poder así, analizar el consumo actual durante sus horas de funcionamiento.

3.2.4.2 Cálculos lumínicos

3.2.4.2.1 Introducción

En primer lugar, se ha hecho un estudio de las luminarias existentes, tanto en la nave principal como en el módulo de oficinas, además del almacén. Como los equipos de alumbrado instalados en la nave no son de bajo consumo, lo que se ha tratado de hacer, a continuación, es una renovación tanto de las lámparas como de las luminarias y del equipo auxiliar que requieran en cada caso.

Se ha hecho un cálculo manual aproximado del consumo actual del taller y oficinas, de electricidad, debida a la instalación general de iluminación.

Además se ha detallado la distribución que tendrían las luminarias nuevas en todo el taller.



3.2.4.2.2 Inventario del alumbrado de la Nave

Este inventario ha sido aportado por un trabajador de la empresa.

ALUMBRADO INTERIOR NAVE (I INTERRUPTOR HORARIO DE 20.00 A 9.00 HORAS)

1. Proyector suspendido marca “INDALUX”, serie IS-40, 400 W, 230V, 50 Hz.
 - Lámpara vapor mercurio, 400 w, cerrada.
 - Balasto: reactancia ELT type VMI 40/23-2.
 - Cantidad: 216 unidades.

2. Proyector suspendido marca “INDALUX”, serie IS-40, 400 W, 230V, 50 Hz.
 - Lámpara vapor mercurio, 400 w, abierta.
 - Balasto: reactancia ELT type VMI 40/23-2.
 - Cantidad: 18 unidades.

3. Proyector suspendido marca “INDALUX”, serie IS-40, 150W, 230V, 50 Hz.
 - Lámpara VSAP, 150 w, abierta.
 - Balasto: reactancia + relé tipo VSI.
 - Cantidad: 6 unidades.

4. Pantalla estanca, 2 x 58 W – Balasto electrónico tipo ‘Z A LUX - Ole v e on’.
 - Cantidad: 36 unidades.

5. Downlight 2 x 26 W – Balasto electrónico, tipo el modelo 3030-02 blanco ‘CONA LUX’.
 - Cantidad: 16 unidades.

6. Pantalla estanca, 1 x 58 W – Balasto convencional (reactancia + cebador), tipo el modelo ‘C ON LES- V3 158’.
 - Cantidad: 15 unidades.



7. Pantalla 2 x 36 W marca TROLL 733 TC/36/CP – Balasto electrónico.

- Lámpara MASTER PL-L- 4P/36 W (2900 lum). Difusor marca TROLL.
- Cantidad: 171 unidades.

8. Pantalla estanca, 1 x 36 W/230V – Balasto convencional (reactancia + cebador), tipo el modelo 'CON- LES- V3136'.

- Cantidad: 186 unidades.
- Encendido parcial temporizado: regulación 30min. con pulsador en andén (6 ud.).

ALUMBRADO EXTERIOR (FOTOCÉLULAS CONTROL ENCENDIDO)

1. Proyector mod. CARIBONI SET-1000 S D, 1000 W.

- Cantidad: 9 torretas (20 m) con 6 unidades/torreta.

2. Luminaria mod. JCH-400 L, 250 W S.A.P. en brazo mural.

- Cantidad: 38 unidades.

3.2.4.2.3 Cálculo del consumo de la instalación de alumbrado de partida

Para obtener el consumo eléctrico debido al equipo de iluminación de toda la nave, lo único que hay que hacer es: saber el tipo de luminarias que tiene la nave, para conocer así la potencia consumida por cada una de ellas; disponer de un inventario donde se recoja el número de luminarias con las que cuenta la nave, diferenciándolas según los tipos que hay; y por último, tener idea exacta o aproximada (éste será nuestro caso) del número de horas diarias de funcionamiento de las mismas.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Cabe señalar que para realizar estos cálculos manualmente, se ha considerado el caso más desfavorable, es decir, que la instalación de alumbrado interior no está seccionada, por lo que cuando no hay suficiente luz natural, se encienden todas las luminarias del taller. Esto se ha reflejado en que, durante los días soleados, las luminarias interiores estarán encendidas desde las 20 h a las 9 h, es decir, 13 horas diarias. Y en cuanto al alumbrado exterior, se ha considerado que está en funcionamiento desde las 19.30 hasta las 7.30, diariamente, y se ha estimado un número de días al año, nublados. Además, se han hecho otras estimaciones, recogidas en la siguiente tabla:

Tabla 8. Estimaciones realizadas para el cálculo eléctrico (Fuente: Elaboración propia).

	Valor
Días soleados al año	300 d
Días nublados al año	65 d
Período luz nat- Alum. interior	9 h / día
Período Oscuridad Alum. interior	15 h /día
Período luz nat. Alum. exterior	10.5h/día
Período Oscuridad Alum. exterior	13.5h/día

De esta manera, lo que queda por indicar son los cálculos realizados:

- Alumbrado interior

1. Proyector suspendido marca "INDALUX", serie IS-40, 400 W, 230 V, 50 Hz.

$$Pot\ Cons\ 1 = 400 \left(\frac{W}{ud} \right) \times 216\ ud \times 13\ h = 1123.2\ kWh$$



2. Proyector suspendido marca "INDALUX", serie IS-40, 400 W, 230 V, 50 Hz.

$$Pot\ Cons\ 2 = 400 \left(\frac{W}{ud} \right) x 18\ ud\ x\ 13\ h = 93.6\ kWh$$

3. Proyector suspendido marca "INDALUX", serie IS-40, 400 W, 230 V, 50 Hz.

$$Pot\ Cons\ 3 = 150 \left(\frac{W}{ud} \right) x 6\ ud\ x\ 13\ h = 11.7\ kWh$$

4. Pantalla estanca, 2 x 58 W- Balasto electrónico tipo "ZA LUX- Oleveon".

$$Pot\ Cons\ 4 = 2x\ 58 \left(\frac{W}{ud} \right) x 36\ ud\ x\ 13\ h = 54.288\ kWh$$

5. Downlight 2 x 26 W – Balasto electrónico, tipo el modelo 3030-02 blanco "CONALUX".

$$Pot\ Cons\ 5 = 2x\ 26 \left(\frac{W}{ud} \right) x 16\ ud\ x\ 13\ h = 10.816\ kWh$$

6. Pantalla estanca, 1 x 58 W- Balasto convencional (reactancia + cebador), tipo el modelo "CON-LES- V3 158".

$$Pot\ Cons\ 6 = 1x\ 58 \left(\frac{W}{ud} \right) x 15\ ud\ x\ 13\ h = 11.31\ kWh$$

7. Pantalla 2 x 36 W marca TROLL 733 TC/36/CP- Balasto electrónico.

$$Pot\ Cons\ 7 = 2x\ 36 \left(\frac{W}{ud} \right) x 186\ ud\ x\ 7.5\ h = 54.288\ kWh$$

8. Pantalla estanca, 1 x 36 W/230 V – Balasto convencional (reactancia + cebador), tipo el modelo "CON- LES- V3 136".

$$Pot\ Cons\ 8 = 1x\ 36 \left(\frac{W}{ud} \right) x 186\ ud\ x\ 7.5\ h = 50.220\ kWh$$

Estos cálculos son diarios, por lo que, el consumo total y anual eléctrico (durante 300 días soleados) es:

$$Pot\ Cons\ Total\ soleado = 454963.78\ kWh/año$$

Se ha obtenido la potencia consumida por la pantalla estanca que se regula con un reloj cada 30min con pulsadores en el andén (con cada pulsador se encienden 6 unidades), suponiendo que en el día, estarán funcionando un total 7.5 horas.



Queda añadirle a esta cantidad, el consumo eléctrico de los días nublados (65 días al año), en los cuales, las luminarias están en funcionamiento las 24 horas del día:

$$\begin{aligned} &Pot\ Cons\ Total_{Nublado} \\ &= \frac{(86400 + 7200 + 900 + 4176 + 832 + 870 + 12312 + 3348) * \frac{24h}{d} * 65\ d/año}{1000 \left(\frac{W}{kW}\right)} \\ &= 67526.16\ kWh/año \end{aligned}$$

Esto hace un consumo anual de:

$$Pot\ Cons\ Total\ Anual_{Interior} = 522.49\ MWh/año$$

- Alumbrado exterior

1. Proyector modelo CARIBONI SET-1000 S D, 1000 W.

$$Pot\ Cons\ 1_{nublado} = 1000 \frac{W}{ud} * 9 * 6ud * 24h = 1296\ kWh/día$$

$$Pot\ Cons\ 1_{soleado} = 1000 \frac{W}{ud} * 9 * 6ud * 12h = 648\ kWh/día$$

2. Luminaria modelo JCH- 400 L, 250 W S.A.P. en brazo mural.

$$Pot\ Cons\ 2_{nublado} = 250 \frac{W}{ud} * 38ud * 24h = 228\ kWh/día$$

$$Pot\ Cons\ 2_{soleado} = 250 \frac{W}{ud} * 38ud * 12h = 114\ kWh/día$$

Así la potencia total consumida anual será:

$$Pot\ Cons\ Total_{nublado} = \left(1296 \frac{W}{ud} + 228 \frac{kWh}{día}\right) * 65\ d/año = 99060\ kWh/año$$

$$Pot\ Cons\ Total_{soleado} = \left(648 \frac{W}{ud} + 114 \frac{kWh}{día}\right) * 300\ d/año = 228600\ kWh/año$$

$$Pot\ Cons\ Total\ Anual_{Exterior} = 327.66\ MWh/año$$



3.2.4.2.4 Luminarias propuestas de la marca LEC

En este apartado, se va a indicar cada una de las luminarias seleccionadas por la marca LEC, para la renovación del alumbrado, tanto interior como exterior de la nave principal. Además, se mostrarán imágenes de las luminarias en cuestión, además de la cantidad de cada una de ellas.

- Como sustitución de las luminarias ‘Downlight 2x36W con balasto electrónico’, se ha elegido el modelo “Downlight Gadir HP Plus”, cuya potencia es de 30W en total.



Ilustración 58. Downlight Gadir HP PLUS (Lecology, 2016).

Estas luminarias se instalarán en el mismo sitio donde estaban las Downlight iniciales, es decir, 3 por aseo o servicio.

Se contarán con 13 luminarias de este tipo.

- Como sustituto de los halógenos dicróicos de 50W, se ha elegido el modelo “Dicróico LECspot GU 10PLUS 110º” con una potencia total de 7W, con una distribución lumínica de patrón circular.



Ilustración 59. Dicróico LECspot GU 10PLUS 110º (Lecology, 2016)

Estas luminarias se instalarán únicamente en los aseos o servicios, al igual la distribución inicial. De esta manera, se tiene una de éstas por cada cabina en los aseos, con lo cual, se cuentan que al uso habrá 12 luminarias.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

- El modelo “Proyector Lince 4M Neutro” con una potencia total de 244W, se utilizará en los dos extremos de la nave principal, este y oeste, uno a cada lado. Se cuentan 2 luminarias de este tipo.

- El modelo “Campana Valentina FT 4M PLUS NEUTRO”, con una potencia de 155 W, sustituirá al ‘Proyector suspendido marca “INDALUX”, serie IS-40, 400 W, 230V, 50 Hz cerrado’. De esta manera, se contará con 216 luminarias nuevas que irán situadas a lo largo de la nave principal, es decir, la zona en la que están las vías para 6 trenes.

- El modelo “Campana Valentina FT 4M ECO NEUTRO”, cuya potencia es de 112 W, sustituirá al ‘Proyector suspendido marca “INDALUX”, serie IS- 40, 400 W, 230V, 50 Hz abierto’. Las nuevas irán colocadas en el techo del módulo de foso bajabogíes, y se contará con 18 unidades. Además, este tipo 4M ECO NEUTRO, también sustituirá a la “Luminaria mod. JCH- 400 L, 250 W S.A.P. en brazo mural” con una cantidad de 38 luminarias nuevas. Resumidamente se cuenta con 58 luminarias de este tipo.

- El modelo “Campana Valentina FT 2M plus NEUTRO”, cuya potencia es de 13 W, sustituirá al “Proyector suspendido marca “INDALUX”, serie IS- 40, 150W”, con un total de 6 unidades. Irán colocadas en el almacén principal semi-mecanizado de la nave.

- El modelo “Onuba 60 PLUS NEUTRO” de 13 W sustituirá a la “Pantalla estanca, 1 x 58 W” con un total de 17 unidades. Las nuevas irán colocadas en las dos salas de la planta baja del módulo de oficinas, dedicado a fotocopias y trabajo en ordenadores.

- El modelo “Onuba 120 PLUS NEUTRO” de 13 W sustituirá al modelo actual de “Pantalla 2 x 36 W marca TROLL 733 TC/36/CP” situado en las oficinas, comedor y vestuarios del módulo de oficinas, con un total de 180 unidades. Además, sustituirá también al modelo de “Pantalla estanca, 1 x 36 W/230V” para poder ver su zona inferior. Se contará con un total de 400 unidades.

- El modelo “Onuba 150 ECO NEUTRO” de 24 W sustituirá al modelo actual “Pantalla estanca, 2 x 58 W “, con un total de 50 unidades, situadas en los pequeños almacenes situados en la planta baja del módulo de oficinas.



Con este nuevo alumbrado, tanto interior como exterior, se ha conseguido ahorrar un 49% del consumo anual debido a las luminarias con respecto a las de partida.

3.2.4.2.5 Consumo de la instalación nueva (LEC)

Se ha considerado el mismo número de horas de funcionamiento, de días nublados y soleados, que en el caso de partida se procede a calcular los consumos.

- ALUMBRADO INTERIOR (13h funcionamiento en días soleados (300 d/año) y 24h funcionamiento en días nublados (65d/año)).

$$\begin{aligned} &Pot\ Cons\ Total_{nublado} \\ &= \frac{(112 \times 18 + 30 \times 13 + 155 \times 216 + 13 \times 6 + 13 \times 17 + 13 \times 180 + 6.5 \times 180 + 24 \times 50)(W) \times 24 \left(\frac{h}{d}\right) \times 65 \left(\frac{d}{a}\right)}{\frac{1000W}{kW}} \\ &= 63796.2 \frac{kWh}{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &Pot\ Cons\ Total_{soleado} = \\ &= \frac{(112 \times 18 + 30 \times 13 + 155 \times 216 + 13 \times 6 + 13 \times 17 + 13 \times 180 + 6.5 \times 180 + 24 \times 50)(W) \times 13 \left(\frac{h}{d}\right) \times 300 \left(\frac{d}{a}\right)}{1000W/kW} \\ &= 194046.76 kWh/año \end{aligned}$$

Así, el consumo total anual, referido a alumbrado interior es:

$$Pot\ Cons\ Total\ Anual_{Interior} = 257.84 MWh/año$$

- ALUMBRADO EXTERIOR (12h funcionamiento en días soleados (300 d/año) y 24h funcionamiento en días nublados (65d/año)).

$$Pot\ Cons\ Total_{nublado} = \frac{(244 \times 2 + 112 \times 38) \times 24 \left(\frac{h}{d}\right) \times 65 \left(\frac{d}{año}\right)}{1000W/kW} = 4326.53 kWh/año$$



$$\begin{aligned}Pot\ Cons\ Total_{soleado} &= \frac{(244 \times 2 + 112 \times 38) \times 12 \left(\frac{h}{d}\right) \times 300 \left(\frac{d}{año}\right)}{1000W/kW} \\ &= 171878.4\ kWh/año\end{aligned}$$

Así, el consumo total anual, referido a alumbrado exterior es:

$$Pot\ Cons\ Total\ Anual_{Exterior} = 176.20\ MWh/año$$

3.2.4.2.6 Resumen resultados obtenidos

Esta renovación de alumbrado ha supuesto un ahorro del consumo del 50 %, tanto en el exterior como en el interior. Esta comparativa se muestra en el siguiente gráfico:

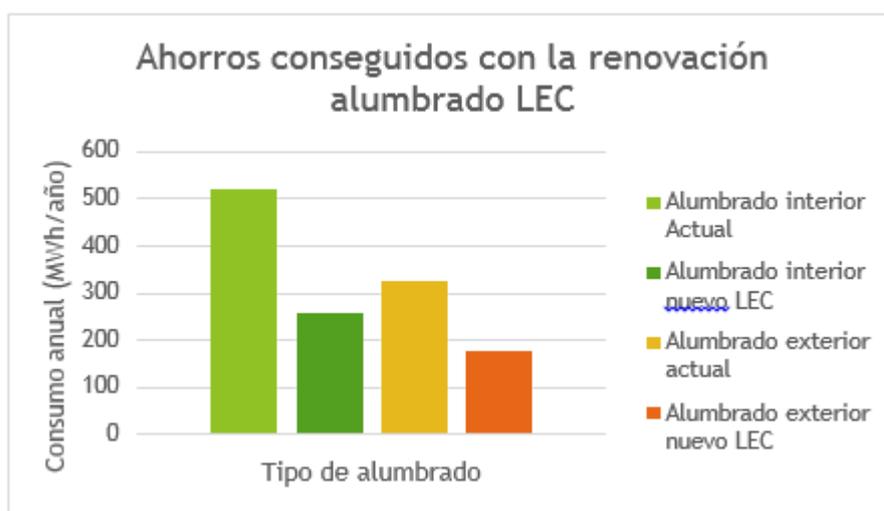


Ilustración 60. Comparativa de consumos debidos a la iluminación (Fuente: Elaboración propia).

En valores totales, se tiene un consumo anual actual de 850 MWh, mientras que con la renovación LEC, se tiene 434.34 MWh, es decir, 416.11MWh menos (49% de ahorro).



3.3 Sistemas pasivos para refrigerar la nave

3.3.1 Introducción

El calor en las industrias no sólo afecta al mayor o menor confort de los trabajadores; afectan directamente a la productividad y la eficiencia. Es evidente que no es posible obtener el mismo rendimiento de una persona desarrollando su actividad a 20°C, que realizar la misma acción de forma continuada a 34°C. La mayoría de personas desconocen que existen sistemas de coste asumible y de mínimo mantenimiento que permiten evitar el calor dentro de las naves.

Como ya se indicó anteriormente, existen quejas por parte de los empleados que trabajan en el taller, debido al calor que pasan en él. Esto se refiere a la época de verano, ya que en Málaga se alcanzan temperaturas, durante el día, de 35°C. Además, a esto habría que sumarle las ganancias internas térmicas que suponen, principalmente, las máquinas (aproximadamente 150 kW/máquina). Y por este motivo, se ha decidido proponer algunas medidas para refrigerar el interior de la nave.

3.3.2 Propuestas pasivas para refrigerar

3.3.2.1 Ventilación controlada

La idea sería colocar rejillas o ‘ventana de lamas fijas / regulables’ en el muro de hormigón de la fachada sur de la nave, mantener los tres portones abiertos de cada extremo del taller, y además, instalar aireadores (ventilación lineal, en el caso de que haya tiro térmico suficiente como para que el aire caliente ascienda y se vaya hacia el exterior) o extractores de aire en la zona de la cubierta (extractor mecánico, en el caso de que el aire no pueda salir por la cubierta sin ser impulsado), para así obtener una ventilación favorable en el interior del taller.

En el caso de este taller, como está en funcionamiento durante las 24 horas del día, da igual si la ventilación es diurna o nocturna. Lo importante es controlarlo, de manera que sólo haya ventilación cuando la temperatura interior de la nave es superior a la exterior, y además, se querría ventilar en el caso de que



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

la temperatura interior sea superior a 24°C. Ya que cuando las temperaturas son inferiores, se considera que el taller está fresco, lo que permite un mayor confort térmico.

De esta manera, se ha decidido poner extractores mecánicos a lo largo de la cubierta, y ventanas de lama fija en el muro de hormigón, ya que en la situación en la que se encuentra esta nave, no es seguro que haya suficiente tiro térmico, para colocar aireadores en la cubierta. Esto es lo que se conoce como “ventilación mixta”, es decir, entrada de aire natural y salida, mecánica.

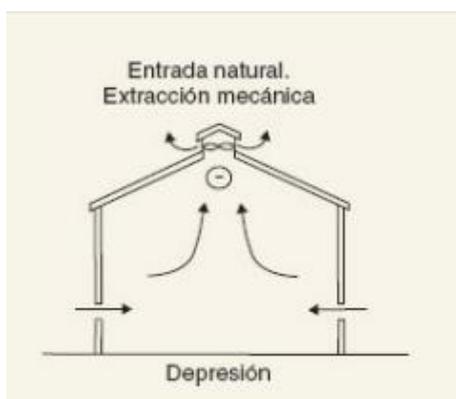


Ilustración 61. Ventilación mixta para nave industrial (social, 2016)

La ventilación natural depende fundamentalmente de fuerzas naturales (velocidad del viento, temperatura exterior, fenómenos de convección, diferencias en masas de aire), por lo que no es tan controlable como la ventilación mecánica. Así la forma más óptima de refrigerarla será:

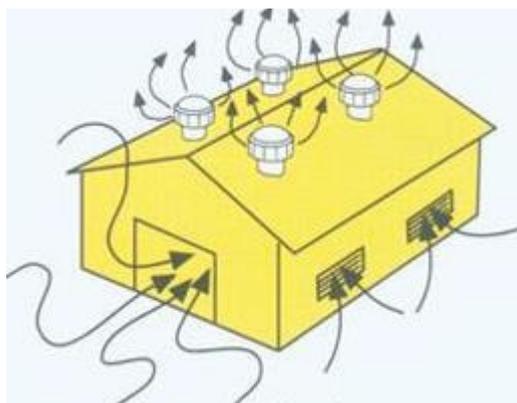


Ilustración 62. Ventilación óptima de una nave industrial (Google, 2017)

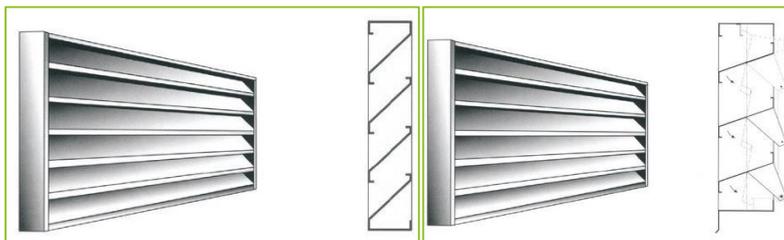


Ilustración 63. Ejemplo de ventanas de lama fija (izqda.) y regulable (drcha.) (Google, 2017)

Para analizar el efecto que supone esta refrigeración, a través de extractores mecánicos controlados y las rejillas, se ha añadido el objeto: “ZoneVentilation: DesignFlowRate”, el cual se ha considerado como ventilación natural (realmente no lo es, sino que es dinámica), pero de forma controlada. Este objeto se le ha asignado a los tres dientes de sierra, con los mismos datos en ellos, pero a continuación se enseña una captura para el caso del diente central:

Field	Units	Obj1
Name		ventilacion controlada_Central
Zone or ZoneList Name		DIENTE SIERRA CENTRAL
Schedule Name		Constant On
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour
Design Flow Rate	m3/s	
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2	
Flow Rate per Person	m3/s-person	
Air Changes per Hour	1/hr	3
Ventilation Type		Natural
Fan Pressure Rise	Pa	
Fan Total Efficiency		1
Constant Term Coefficient		1
Temperature Term Coefficient		
Velocity Term Coefficient		
Velocity Squared Term Coefficient		
Minimum Indoor Temperature	C	24
Minimum Indoor Temperature Schedule Name		
Maximum Indoor Temperature	C	100
Maximum Indoor Temperature Schedule Name		
Delta Temperature	deltaC	2
Delta Temperature Schedule Name		
Minimum Outdoor Temperature	C	5
Minimum Outdoor Temperature Schedule Name		
Maximum Outdoor Temperature	C	100
Maximum Outdoor Temperature Schedule Name		
Maximum Wind Speed	m/s	40

Ilustración 64. Objeto “ZoneVentilation” asignado al Diente Sierra Central (Fuente: EnergyPlus).

Un ejemplo de extractor mecánico que podría instalarse en la nave principal sería el siguiente:



Ilustración 65. Extractores de naves industriales (perfil, 1985)



3.3.2.1.1 Resultados de la simulación

Para analizar la mejora de “Ventilación controlada” de forma más específica, se acude a la tabla “Tablebins” obtenida a través de la simulación de EnergyPlus, donde aparecen reflejados los resultados, para los cuales se cumple el requisito fijado: temperatura interior esté entre los 20 y 25°C (T° confort), obteniéndose valores para cada mes, día y hora.

En primer lugar se ha estudiado el caso inicial (es decir, el existente en la nave industrial actualmente) con 3 ren/h.

Con el objetivo de determinar qué caudal de aire sería adecuado para la nave, se ha hecho un barrido en el software de EES (‘Engineering Equation Solver’), desde 3ren/h hasta 18ren/h. En la siguiente tabla se puede ver cuándo dejan de mejorar las condiciones interiores del taller.

Tabla 9. Barrido de renovaciones/hora con respecto al rango de temperatura de confort (Fuente: elaboración propia).

	3 ren/h	4 ren/h	5 ren/h	6 ren/h	8 ren/h	10 ren/h	12 ren/h	14 ren/h	18 ren/h
20-25 °C	57.56	61.13	63.9	66.34	69.03	70.92	72.37	73.35	75.02
25-30 °C	26.95	25.27	23.68	21.92	19.72	20.68	19.40	18.37	16.80

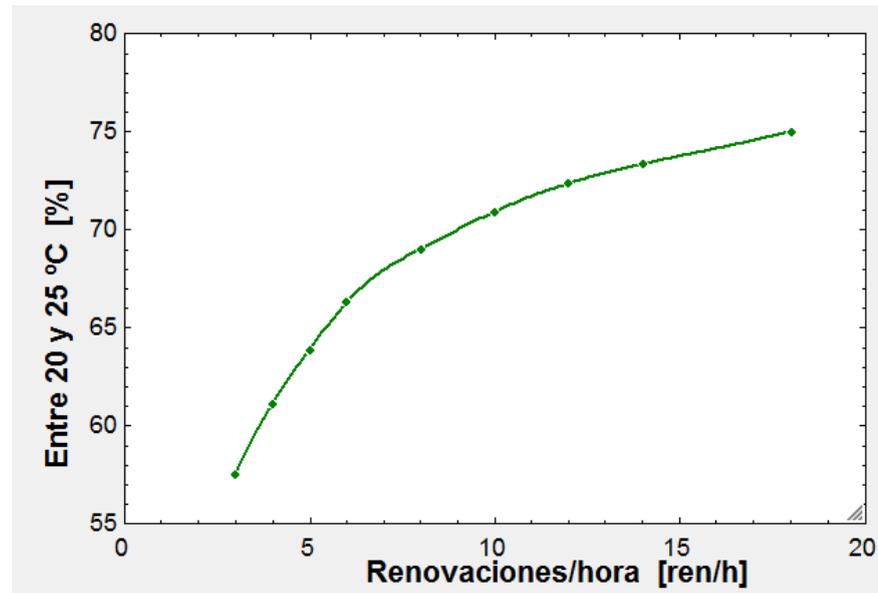


Ilustración 66. Porcentaje de horas en las que la temperatura interior está entre 20-25 °C según las renovaciones (Fuente: Elaboración propia)

De esta manera, con una cantidad de 8 renovaciones/horas, se consigue un descenso considerado de la temperatura interior del taller. Con lo cual, esta es la mejora propuesta: **Ventilación controlada con 8ren/h**, cuyo efecto se traduce en una reducción de hasta 6 grados Celsius.

La figura siguiente muestra un gráfico donde se comparan las temperaturas interiores alcanzadas en el Diente de Sierra Central, de la situación actual (es decir, sin ventilar) y de la propuesta descrita de ventilación controlada con 8 ren/h):

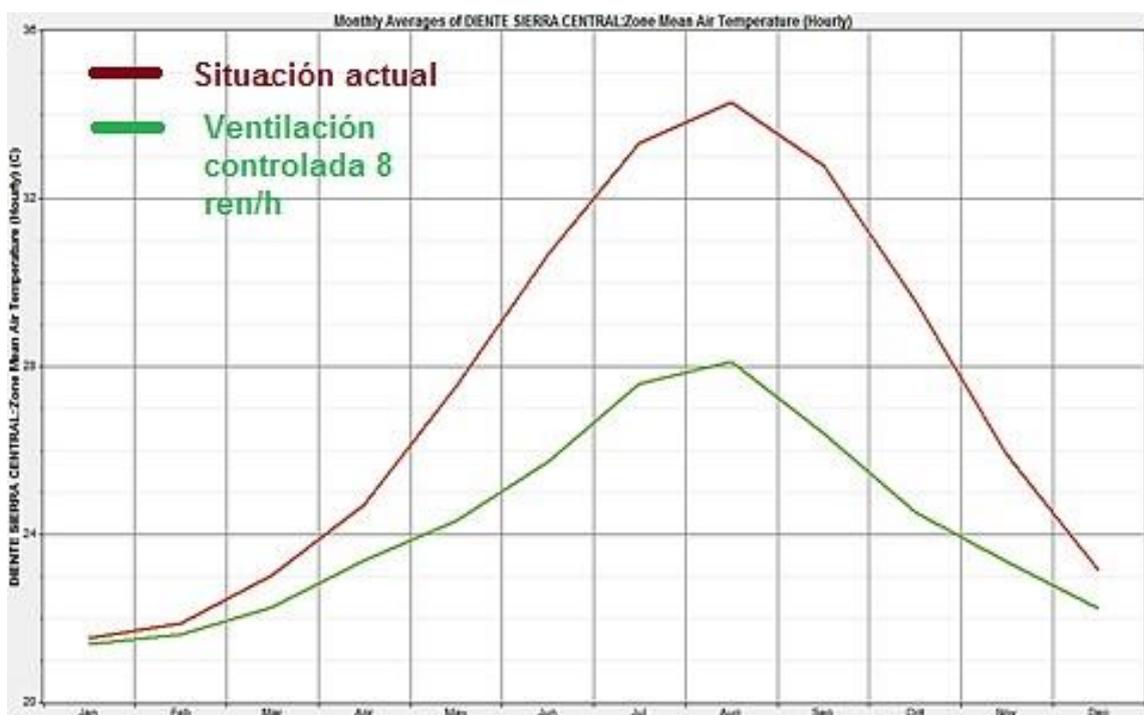


Ilustración 67. Efecto final de la propuesta "Ventilación controlada con 8 ren/h" (Fuente: Dview Mejora 1).

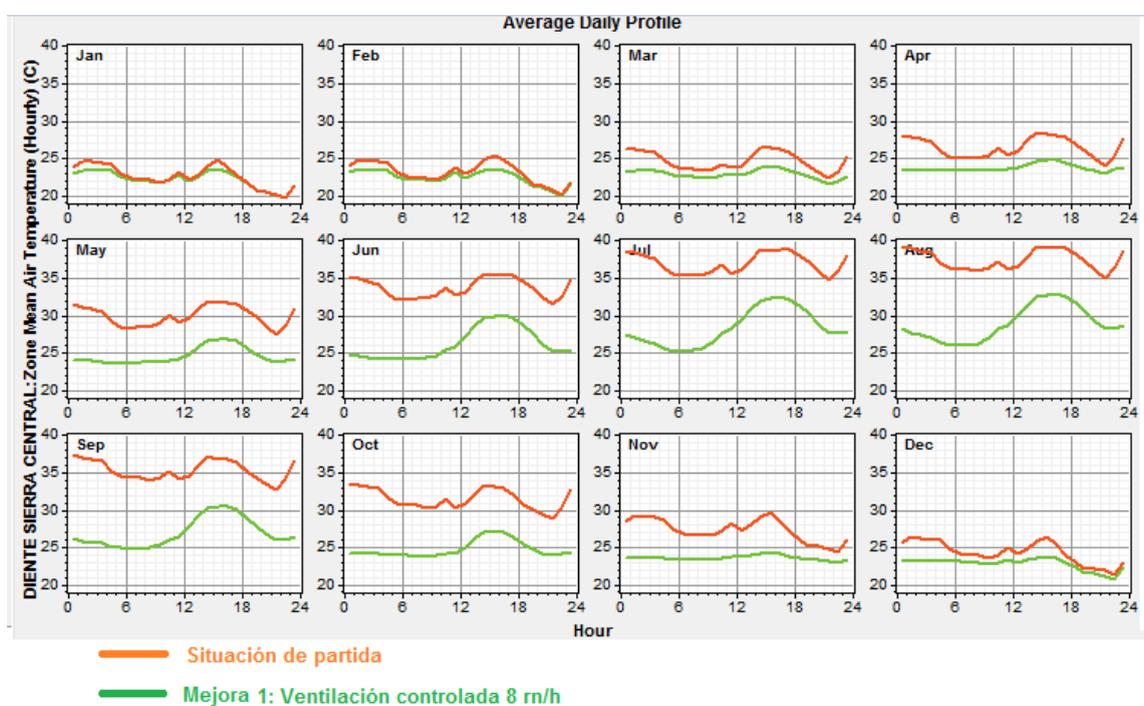


Ilustración 68. Comparación diaria del taller con (verde) y sin (naranja) la ventilación controlada (Fuente: Dview Mejora 1).



3.3.2.1.2 Cálculos ventilación natural / mecánica

Una vez conocido el caudal de aire óptimo para la nave industrial, se ha procedido a calcular el número de extractores mecánicos y lamas necesarias para conseguir esas 8 ren/h.

I.- Número de extractores mecánicos necesarios para ventilar el taller

En esta sección se detallan los cálculos realizados para conocer el número de extractores mecánicos que se deberían instalar en el taller. El procedimiento seguido se describe a continuación:

1º) Se obtiene el volumen total de la nave:

$$\begin{aligned} \text{Volumen Total} &= \text{Ancho} \times \text{Alto} \times \text{Largo} \\ &= 22m \times 7.70 m \times (10.22 \frac{m}{\text{diente}} \times 42 \text{ dientes}) = 72713.26 m^2 \end{aligned}$$

2º) Se ha elegido un número de renovaciones por hora: en este caso, 8ren/h por diente de sierra ya que esa cantidad de renovaciones permiten que la temperatura de la nave se reduzca 6-8 ºC.

$$\text{Volumen total} \times 8 \frac{\text{ren}}{h} = 72713.26 m^3 \times 8 \frac{\text{ren}}{h} = 581706.048 \frac{m^3}{h}$$

3º) Convertimos la extracción requerida en m3/minuto:

$$\text{Extracción requerida} = 581706.048 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{60min} = 9695.1008 \frac{m^3}{min}$$

4º) Se ha elegido un fabricante de extractor mecánico estándar , cuyo caudal máximo admitido por extractor es 15577 m3/h.



Con lo cual, se requieren:

$$N^{\circ} \text{ extractores} = \frac{581706.048}{15577} = 37.34 = 38$$

II.- Número de ventanas de lama fija necesarias

Para obtener el número de rejillas a instalar en el muro de hormigón de la fachada exterior sur de la propia nave principal, se ha hecho una estimación, relativamente lógica.

Pues bien, para conocer el caudal de aire que puede absorber una rejilla de simple deflexión, se ha utilizado valores propios de las rejillas de retorno de aire acondicionado de la marca TROX. El tipo de rejillas elegidas de este fabricante, ha sido de la serie AR (Rejillas para retorno formadas por el marco frontal con lamas horizontales colocadas de forma inclinada, con fijación invisible o por tornillos).

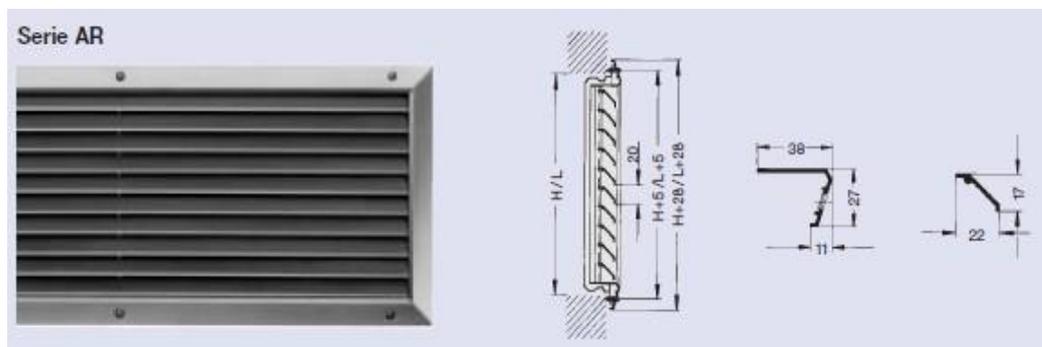


Ilustración 69 : Serie AR de rejillas de retorno de la marca TROX (techniknik, 2017)

Las dimensiones de la rejilla (modelo AMT-N) que se quiere instalar, de la marca MADEL, es de 1000x400 mm²:

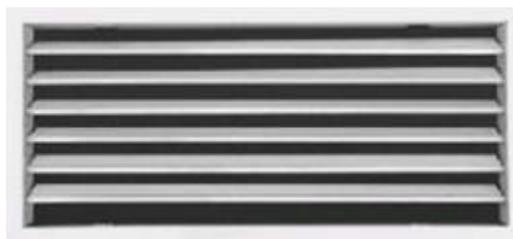


Ilustración 70: Serie AMT de rejillas de deflexión simple de marca MADEL (MADEL, 2018)

Sección efectiva de salida del aire		
L x H en mm	A _{out} en m ²	
	AR	AE
225 x 125	0,006	0,017
325	0,009	0,026
425	0,012	0,035
525	0,015	0,043
625	0,018	0,052
825	0,024	0,070
1025	0,030	0,087
1225	0,036	0,104
325 x 225	0,020	0,053
425	0,027	0,070
525	0,033	0,088
625	0,040	0,106
825	0,053	0,141
1025	0,067	0,177
1225	0,080	0,212
425 x 325	0,042	0,106
525	0,052	0,133
625	0,063	0,160
825	0,083	0,213
1025	0,105	0,266
1225	0,125	0,320
625 x 425	0,086	0,213
825	0,113	0,285
1025	0,140	0,356
1225	0,170	0,428
1025 x 525	0,180	0,446
1225	0,210	0,535

Ilustración 71 : Selección área efectiva de salida de aire (techinik, 2017)

Siguiendo con los cálculos, y teniendo en cuenta que la velocidad efectiva de salida del aire (para el caso de las rejillas de retorno TROX) es de 6.7 m/s, podemos obtener el caudal de aire por rejilla que se busca. Es importante señalar que, para este cálculo, se ha tenido en cuenta un factor de corrección, equivalente a 3.2 para el modelo AR (según indica su catálogo).



Factor de corrección -f-

Serie	f
AR	3,2
AE	1,6

Ilustración 72: Factor de corrección para el caudal de aire en la serie AR (techiknik, 2017)

$$V \left(\frac{m^3}{h} \right) = Vel \left(\frac{m}{s} \right) \times A_{eff} (m^2) \times f \times 3600 \frac{s}{h} = 6.7 \frac{m}{s} \times 0.170 m^2 \times 3.2 \times 3600 = 13121.28$$

Así, lo único que queda por obtener es el número de rejillas necesarias. Para ello, se divide el caudal total de aire $\frac{m^3}{h}$ a extraer y que equivale a $581706.048 \frac{m^3}{h}$, por el caudal aire que entraría por una rejilla:

$$N^{\circ} \text{ rejillas fijas} = \frac{581706.048 \frac{m^3}{h}}{\frac{13121.28 m^3}{h}} = 44.33 = 45$$



3.3.2.2 Pintura aislante solar- térmica en cubierta

Se trata de una pintura exterior de elevado rendimiento, que sirve como aislante para cubiertas o tejados metálicos o de fibrocemento, que reduce de forma considerable la temperatura en el interior de la nave (entorno a unos 8 - 14 °C), dependiendo de las condiciones de la misma.

Su específica formulación permite reflejar hacia el exterior la energía solar que recibe, manteniendo la superficie fría y, por lo tanto, impidiendo que se caliente y transmita el calor al interior del local. Esta pintura, que requiere como base el agua, tiene un peso muy ligero, sin olor y un secado rápido (tacto: 30 minutos, seco total: 24 h), lavable, resistencia al frotamiento: siete días. Además, se retoca con facilidad sin marcas de empalmes, y puede aplicarse sobre fibrocemento, metal, acero galvanizado.



Ilustración 73. Pintura Aislante 'Revetón' (cromology, 2018)

En la figura anterior se representa una muestra de dicha pintura de la empresa Revetón pinturas.

Estas características le otorgan las ventajas de evitar el recalentamiento de la superficie y sus efectos de dilatación-contracción, así como las consecuencias de dichos efectos (resquebrajamiento o roturas), por lo que la vida de las cubiertas se incrementa, reduciéndose los gastos de mantenimiento y los de refrigeración en el interior del local.



Ilustración 74. Efecto de la pintura aislante (systems, 2017)

Sin embargo, se debe señalar que esta propuesta no debe aplicarse individualmente, sino que debe acompañarse con la propuesta de ventilación nocturna. Esto es así, porque hay momentos en los que por la noche, la nave está caliente después de todo el día funcionando, por lo que el aislante no refrigera casi, y además impide que el aire caliente salga. Por ello, en estos períodos, empeora la situación con respecto a la inicial.

De esta manera, se propone implementar esta pintura aislante junto con la ventilación controlada.

Efectos obtenidos con esta pintura en la cubierta de la nave :

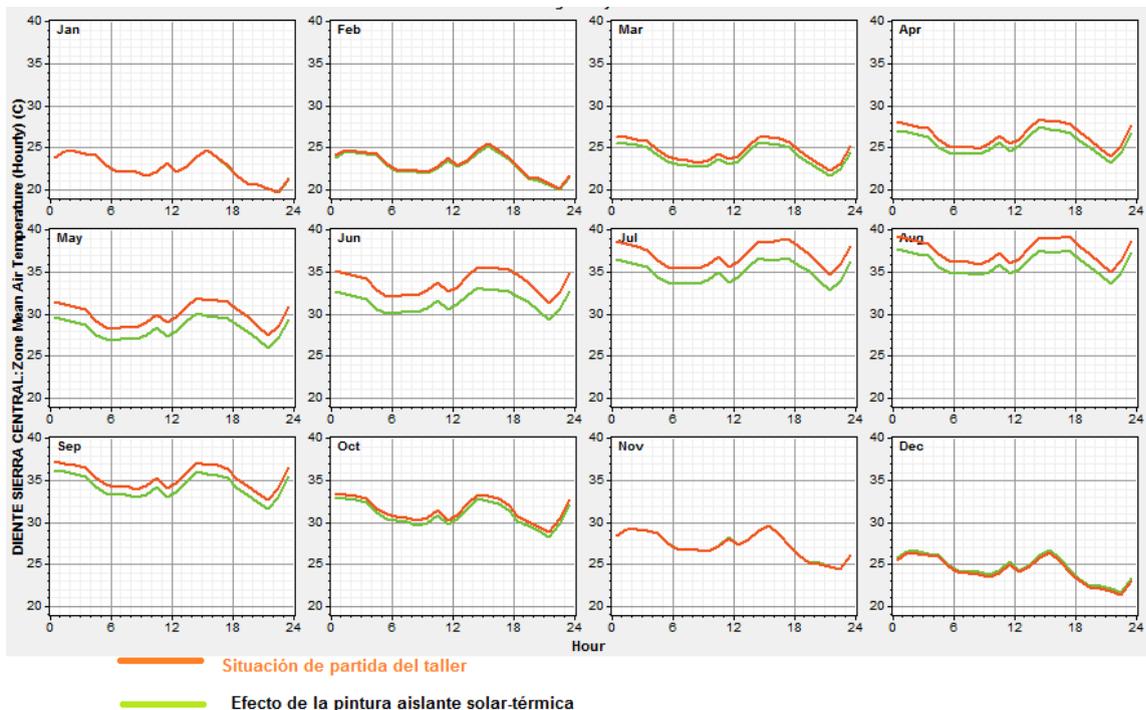


Ilustración 75. Efecto de la pintura aislante con respecto a la situación inicial (Fuente: Dview Mejora 2).



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Si aplicamos esta pintura de forma individual a la cubierta del Diente Central, casi no se aprecia mejoría, o incluso permite reducir hasta 1°C la temperatura interior del mismo, como se aprecia en la figura 74.

Por ello, se ha decidido unir las dos propuestas anteriores (esta mejora se denominará como “Mejora3”. Si acoplamos las mejoras 1 y 2, es decir, ventilación controlada mixta con 8 ren/h y pintura aislante solar-térmica, se consigue reducir la temperatura media interior del Diente Central hasta 10°C. Esto se muestra a continuación:

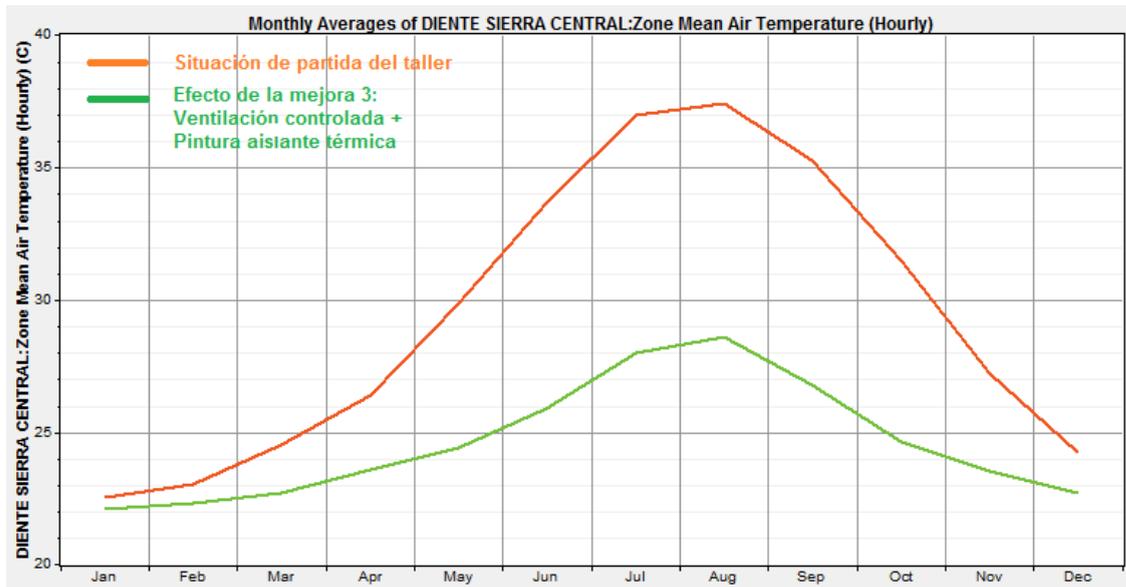


Ilustración 76. Efecto de la pintura aislante junto con la ventilación controlada, con respecto a la situación inicial (Fuente: Dview Mejora 3).

Si se quiere ver el efecto de dicha reducción, mediante perfiles medios diarios, se tiene la siguiente figura:

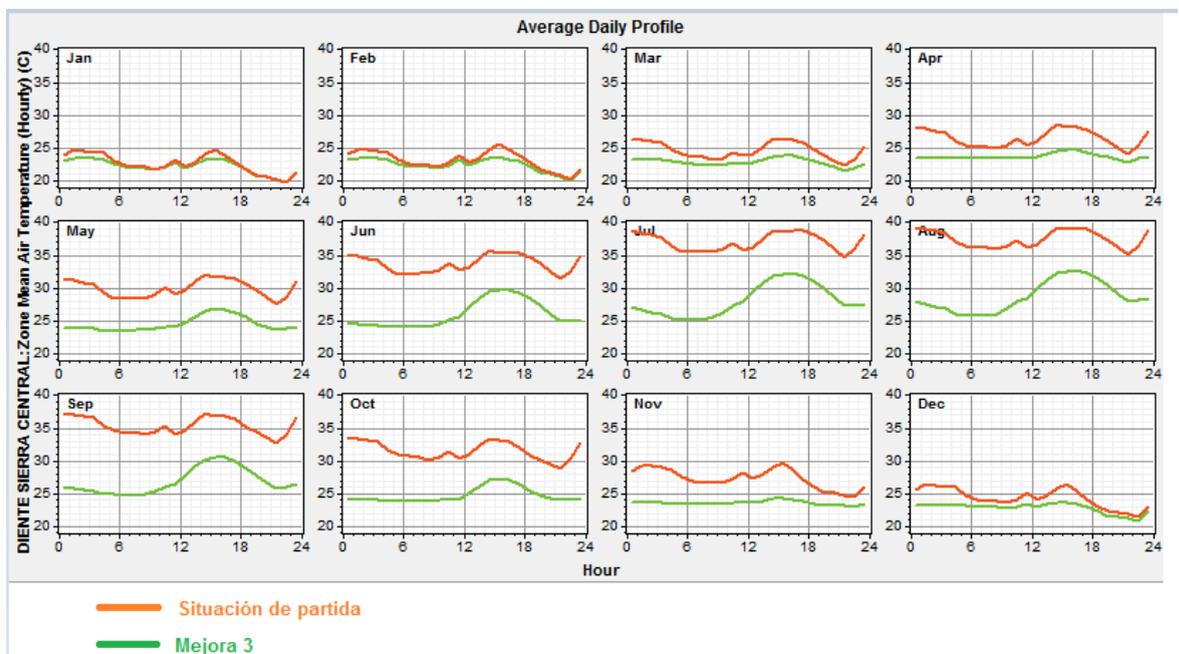


Ilustración 77. Efecto de la pintura aislante junto con la ventilación controlada, con respecto a la situación inicial (Fuente: Dview Mejora 3).



3.3.2.3 Protección de la claraboya con un voladizo

Otra propuesta que se sugiere en este estudio energético sería incorporar un voladizo en la parte superior de las claraboyas de la nave principal, con el objetivo de dejar pasar los rayos solares en invierno, pero disminuir los que entran en verano.

Al estar las claraboyas orientadas al oeste, los rayos del sol entran al taller a lo largo de la tarde, y se alcanzan temperaturas muy altas en verano. A continuación se muestra la posición solar del 20 de julio y del 10 de enero, para ver dos días típicos de verano e invierno, respectivamente, y apreciar su trayectoria:

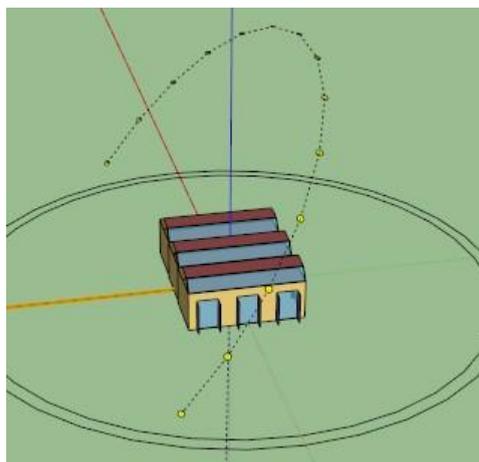


Ilustración 78. Trayectoria solar del 20 julio (Fuente: SketchUp).



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

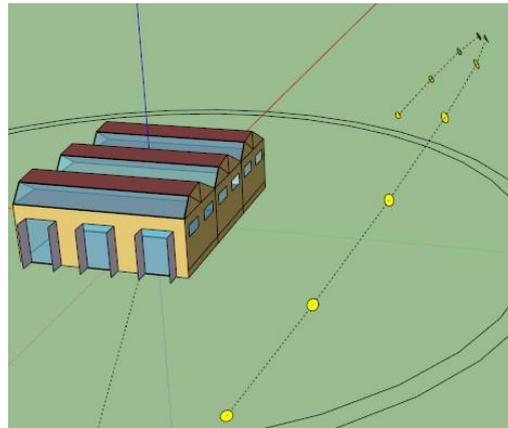


Ilustración 79. Trayectoria solar del 10 de enero (Fuente: SketchUp).

Además, esta orientación hace que los días de verano, entre las 13.00 y 15.00 horas, el Sol se encuentre casi perpendicular a la superficie de la claraboya, lo que implica que entre directamente. Por esto mismo, se ha intentado colocar un voladizo, no horizontal al suelo, ya que al incidir casi perpendicularmente a la claraboya, tendría que ser muy ancho, lo que evitaría que entrara luz natural.

Primero se muestra los efectos de sombra que tienen los dientes de sierra en un día típico de verano, como el 4 de julio, y otro de invierno, el 1 de enero:

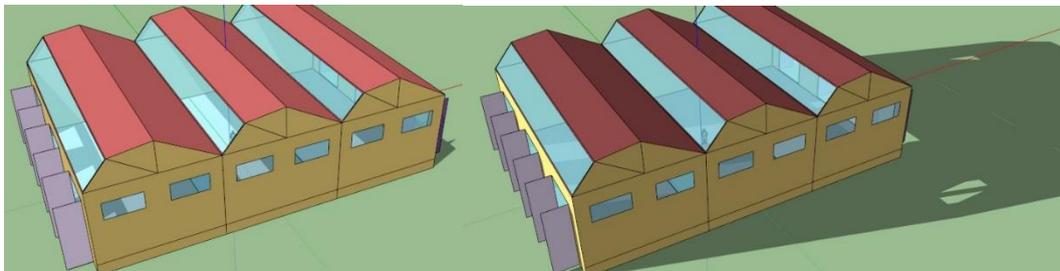


Ilustración 80. Día típico de verano a las 15.17 horas (izq) y a las 19.17 horas (dcha) (Fuente: SketchUp).

Se aprecia en el día de verano cómo incide fuertemente el sol entre las 15.00 y 17.00 y cómo, a partir de las 19.00, se sombra prácticamente entero, gracias a la sombra que le proporciona el diente contiguo, situado en el lado oeste.

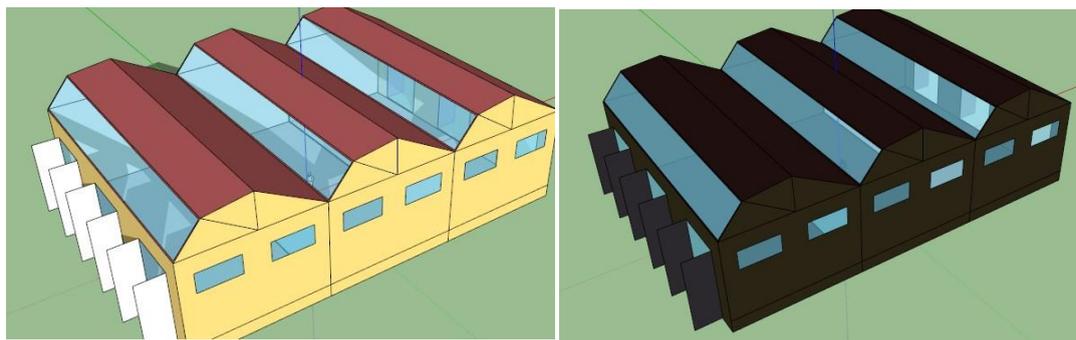


Ilustración 81. Día típico de invierno a las 15.17 horas (izq) y a las 18.17 horas (dcha) (Fuente: SketchUp).

En invierno, en cambio, la incidencia solar es mucho más suave, y a partir de las 17.30-18.00 horas, hay sombra en el taller.

De esta manera, se ha comprobado que, poniendo lamas verticales a lo largo de una superficie horizontal sobre la claraboya (con el objetivo de controlar la luz directa pero dejase pasar la difusa), intentando hacer sombra en la época de verano, se estropea en invierno, con lo que se ha optado por modelar ‘Sombreado móvil’, el cual no se dibuja en SketchUp, sino que se introduce en el propio archivo.idf

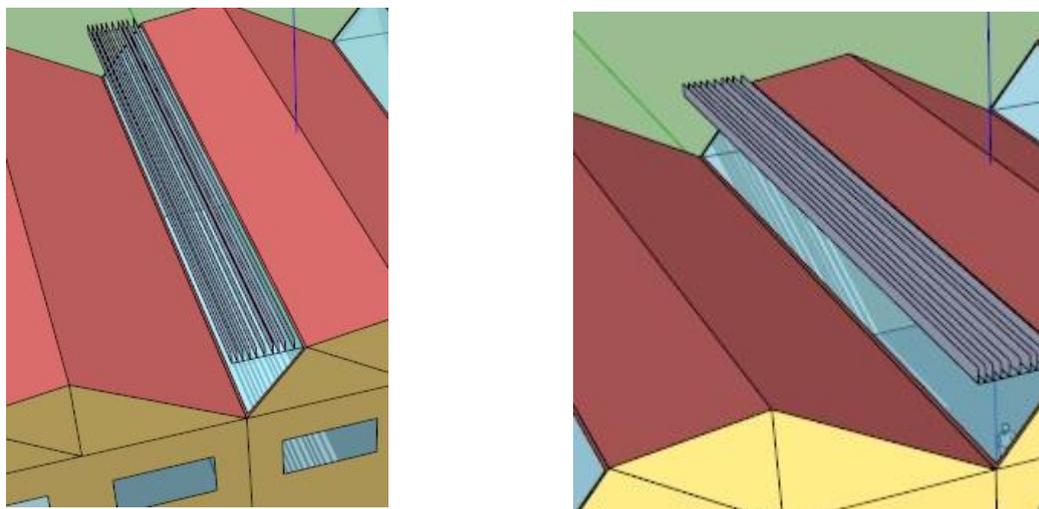


Ilustración 82. Efecto de poner lamas verticales en un día típico de verano (izq) y de invierno (dcha) (Fuente: SketchUp).

Con la sombra móvil, introducida en EnergyPlus a través del objeto “ShadingControl”, se permite controlar la radiación solar sobre la claraboya central. Dicho control se ha hecho mediante sombra externa y regulada por la radiación solar incidente sobre la claraboya en cuestión.

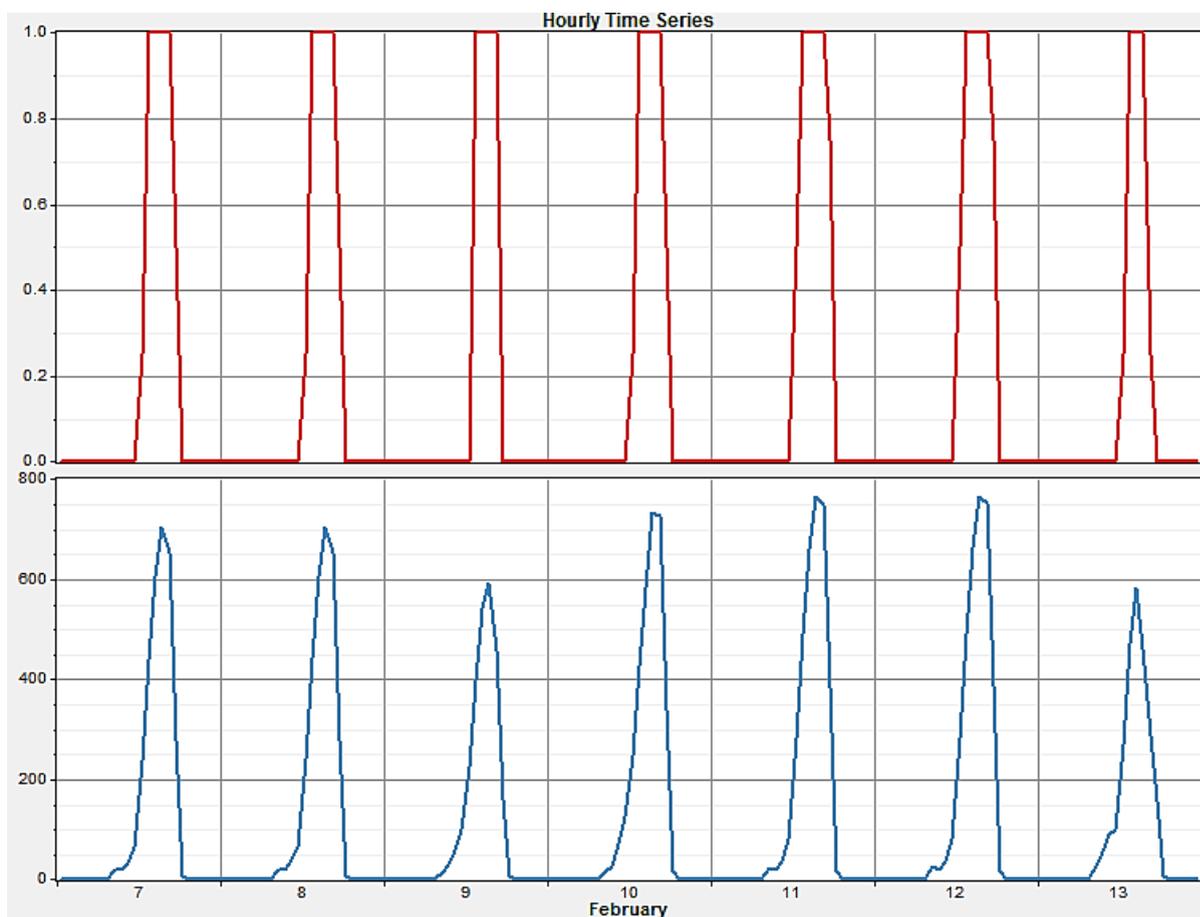


Ilustración 83. Funcionamiento dispositivo de control de sombra en una semana de invierno (Rojo: ON en dispositivo; Azul: Radiación solar incidente sobre la Claraboya central) (Fuente: Dview).

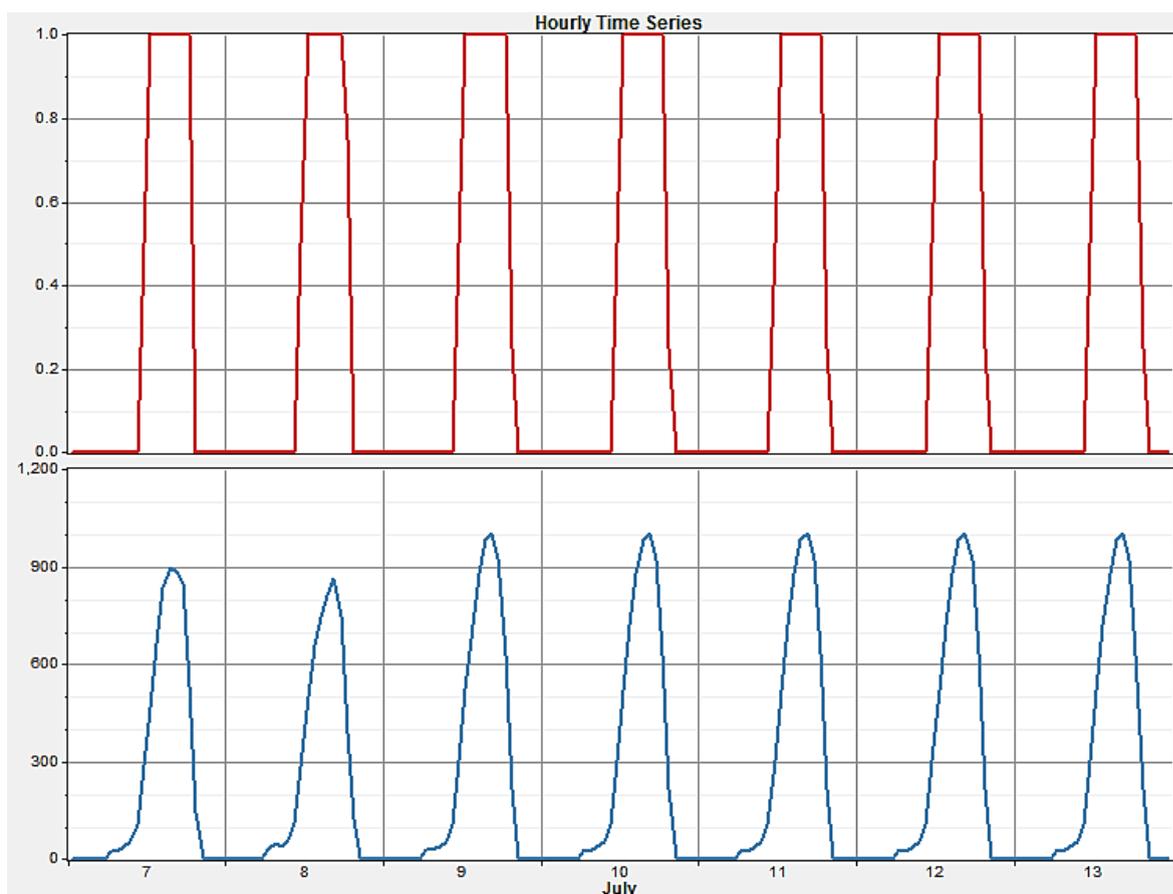


Ilustración 84. Funcionamiento dispositivo de control de sombra en una semana de verano (Rojo: ON en dispositivo; Azul: Radiación solar incidente sobre la Claraboya central) (Fuente: Dview).

Estos gráficos permiten comprobar cuándo se encienden los dispositivos de sombra. Así, se puede observar que cuando la radiación solar incidente sobre la claraboya es superior a 300 W/m², la sombra se activa.



3.4 Abastecimiento de ACS a través de placas solares térmicas

3.4.1 Introducción

El último “campo” que se ha querido estudiar en este análisis energético ha sido el de instalar un sistema solar térmico para cubrir la demanda de ACS de la nave, de tal manera que se reduzca en gran medida el consumo de gas actual.

Actualmente, el taller cuenta con una caldera de gas natural, que tiene un consumo, prácticamente debido, en su totalidad, al ACS de los vestuarios del módulo de oficinas, de 31-37 m³/persona anuales (150 personas en total).

De esta manera, se ha querido incorporar una instalación solar térmica de captadores solares planos, situados en la cubierta del módulo de oficinas, para aprovechar la energía solar, con lo que se reduciría en gran medida el consumo de gas natural. Sin embargo, la instalación constaría con un sistema de apoyo, con una caldera auxiliar, para los días nublados.

3.4.2 Método de ejecución

Se ha llevado a cabo un primer diseño o prediseño, a través del “Método de área de captación”, con el objetivo de obtener unos valores iniciales para el diseño final. Mediante este método se ha obtenido un valor aproximado de la demanda energética anual, teniendo en cuenta el número total de trabajadores, consumo unitario exigido por el C.T.E., temperatura de red, temperatura de referencia y propiedades del fluido calor portador (agua en un primer diseño); a continuación, se ha hallado el valor de área de captación total (a partir de un área útil del captador elegido); y a partir de este número, se han obtenido valores de otros parámetros orientativos para la instalación.

A partir de este prediseño, se ha realizado el diseño final mediante el software “ACSOL 2.5.”, introduciendo valores ya reales, y propios de los elementos constitutivos de la instalación, como por ejemplo, área útil de captación por colector, inclinación del mismo, fluidos calor portadores de los circuitos primario y secundario, volumen de acumulación, dimensiones del acumulador, etc. Al

simular esta herramienta, se genera un informe en el que se recogen todos los resultados importantes para la instalación

3.4.3 Prediseño: Método de Área de Captación

Como ya se ha dicho, este método es meramente orientativo, con lo que, el objetivo de este apartado es determinar unos valores iniciales para ciertos parámetros, como son:

- Área de captación
- Volumen de acumulación
- Caudal másico por el primario
- Diámetro de tuberías del primario
- Espesores de aislamiento
- Potencia del intercambiador primario del primario

Pues bien, las prestaciones de una instalación de este tipo pueden cuantificarse mediante dos variables adimensionales: contribución solar (F_s) y el rendimiento o factor de utilización (η). Ambos parámetros se obtendrán para un año tipo. Ambas medidas son complementarias y describen el funcionamiento de la instalación a ambos lados de la línea divisoria sistema solar / sistema auxiliar.

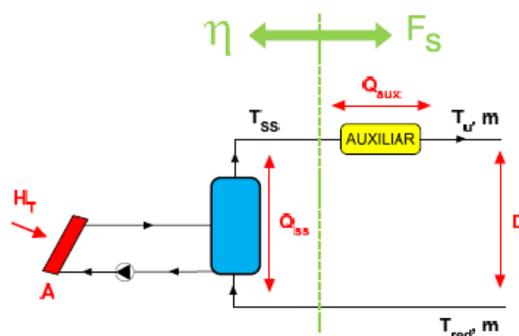


Ilustración 85. Esquema de funcionamiento de instalación solar térmica



La fracción solar, FS, indica cuánta demanda se satisface, pero no cómo. Por su parte, el rendimiento indica cómo de bien (o de mal) la instalación utiliza la energía solar que recibe. A mayor rendimiento, menor área se necesita para alcanzar la misma fracción solar.

➤ ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE CAPTACIÓN

Una vez explicados los parámetros anteriores, se puede proceder ya a calcular, de manera aproximada, el valor del área de captación que tendría la instalación. Para ello, se utilizará la siguiente ecuación:

$$H_T \times A \times \eta = F_S \times D$$

Donde:

D: Demanda solar (kWh/ m²·año).

HT: Radiación total anual incidente sobre los colectores (kWh/m²·año).

A: Área de captación solar (m²) → Valor que queremos hallar.

Como se trata de un diseño sencillo, se han considerado ciertas suposiciones, de tal manera que se consiga un diseño rápido y orientativo al real. El resto de los parámetros los estimaremos, obteniéndolos de bases de datos o de tablas recogidas en el Código Técnico HE-4, en la norma UNE 94002:2005.

A. Zonas climáticas

Existen distintos criterios para determinar la zona climática en la que nos encontramos, dependiendo del factor que se quiere obtener. De esta manera, se determinará la zona climática a partir de los valores tabulados en la tabla D.1 del Apéndice D del CTE HE, en función de la diferencia de altura que exista entre la localidad en cuestión y la altura de referencia de la capital de su provincia.

Huesca	D2	432	F1	F1	F1	F1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Lagoña	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	530	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1

Ilustración 86: Zona Climática de la Nave (Fomento, 2017)



Ilustración 87 : Zona Climática de la Nave (Fomento, 2017)

Por tanto, en el caso estudiado, para la capital de Málaga se obtiene la zona A3, puesto que la diferencia de altitud es inferior a 200 m, se considerará que la zona climática es la misma que la de Málaga. A continuación, se muestra un mapa con las zonas climáticas de España, en la que se ve claramente que Málaga se encuentra en la zona IV.



Ilustración 88.- : Mapa de zonas climáticas de España y zoom en la zona de la nave (Fomento, 2017)



B. Datos geográficos y climatológicos

La nave industrial de alta carga térmica se encuentra en Málaga (latitud 36º). Se puede conocer el rango en el que se encuentra el parámetro ‘radiación global’, a partir de la zona climática a la que corresponde el área que se está estudiando, la cual está tabulada:

Tabla 10: Radiación Solar global (Fomento, 2017)

Zona climática	MJ/m²	kWh/m²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

La radiación total anual sobre superficie inclinada (HT) puede obtenerse a partir de modelos de radiación, a partir de las tablas de radiación total horizontal y de los factores de corrección disponibles en diversas fuentes como el Pliego de Condiciones del IDEA o a partir del software solar ACSOL.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

En nuestro caso, se obtendrán dichos valores a partir del fichero climático de Málaga. En la siguiente tabla se recogen las radiaciones utilizadas:



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Tabla 11. Radiaciones totales en la provincia de Málaga (Fuente: Elaboración propia).

Radiación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total horizontal (kWh/m ² -d)	2.78	3.6	4.85	6.15	7	7.87	7.97	7.05	5.76	4.07	2.92	2.36
Total (MJ/m ² *mes) horizontal	310.2	362.9	541.3	664.2	781.2	850.0	889.5	786.8	622.1	454.2	315.4	263.3
Total horizontal (MJ/m ² -año)	6841											
Total horizontal (MJ/m ² -d)	18.47											
K(45°)	1.35	1.25	1.11	0.98	0.88	0.85	0.88	0.99	1.15	1.34	1.46	1.45
Total inclinada (MJ/m ² *mes)	418.8	453.6	600.8	650.9	687.5	722.5	782.5	778.9	715.4	608.6	460.4	381.9
Total inclinada (MJ/m ² *año)	7262											
Total inclinada (MJ/m ² *día)	19.89											



Donde k es el factor de corrección tabulado para la latitud de 36° N, y para una inclinación del captador solar de 45° (valor típico de los fabricante). En Málaga, realmente, tendríamos que tomar: latitud, α , $+ 10^\circ \rightarrow 46^\circ$. Sin embargo, tomaremos 45° ya que es más fácil de construir.

C. Demanda Total de A.C.S.

Este valor se ha obtenido según el dato del número total de trabajadores que se encuentran diariamente en la nave y el valor tabulado de la demanda de ACS diaria media a una temperatura de referencia de 60°C :

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

(1) Los valores de demanda ofrecidos en esta tabla tienen la función de determinar la fracción solar mínima a abastecer mediante la aplicación de la tabla 2.1. Las demandas de ACS a 60°C se han obtenido de la norma UNE 94002. Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2.) con los valores de $T_i = 12^\circ\text{C}$ (constante) y $T = 45^\circ\text{C}$.

Ilustración 89. Recorte Tabla Demanda de referencia a 60°C (CTE-HE4:2017, Tabla 4.1.).



Los cálculos pertinentes son, pues:

$$N^{\circ} \text{ usuarios} = 150p$$

$$\text{Consumo} \frac{\text{ACS}}{\text{usuario}} = 21 \text{ l/dp}$$

$$\text{Temperatura referencia} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Consumo total} \frac{\text{ACS}}{d} = 3150 \text{ l/d}$$

$$\text{Consumo total} \frac{\text{ACS}}{\text{año}} = 1.149.750 \text{ l/año}$$

Para calcular la demanda total de ACS anual (MJ/año) para una temperatura distinta a la de referencia, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$D \left(\frac{\text{MJ}}{\text{año}} \right) = \text{Cons. total} \left(\frac{\text{l}}{\text{año}} \right) * C_p \text{ agua} * \rho \text{ agua} * \frac{(T_{ref} - T_{red})}{10^9}$$

Donde:

$$C_p \text{ agua} = 4180 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} - \text{C}} \right)$$

$$\rho \text{ agua} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

T_{red} : Temperatura de red o de agua fría ($^{\circ}\text{C}$). Ver su valor en el apartado F.

D. Fracción Solar Mínima, FS

Una vez conocida la zona climática en la que se encuentra el taller, procedemos a conocer la contribución solar mínima, a partir de la demanda total de ACS del taller (l/d).



Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Ilustración 90. Recorte Tabla 2.1. Contribución mínima solar anual para ACS % (Fuente: CTE-HE4:2017).

E. Rendimiento o Factor de Utilización

Los valores típicos del factor de utilización de instalación solar térmica bien diseñada, van desde el 30 al 50%. Sin embargo, el valor más usual es de 35%; y el mínimo que puede alcanzar es del 20%. En este pre-diseño lo que vamos a hacer es suponer el valor de este rendimiento, ya que es un método de aproximaciones. Pues bien, para este primer diseño vamos a suponer que el rendimiento, η , tendrá un valor típico de 35%.

F. Temperatura del Agua de Red

Se presenta un recorte de la tabla situada en el Apéndice B del Código Técnico de la Edificación en la sección HE4, versión 2017, donde se recogen los valores típicos que toma la temperatura del agua de red, según la zona. De aquí, tomaremos un valor para este predimensionado.

Tabla 12. Temperatura diaria media mensual de agua fría (°C) (Apéndice B.CTE- HE4 Tabla B.1).

Capital de provincia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Málaga	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Mérida	12	13	13	14	16	18	20	20	19	17	14	13
Murcia	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Ourense	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9

Así, a partir de estos valores, se tomará un valor medio mensual como temperatura media anual de red de la instalación a diseñar, Tred. En este caso será:



$$T_{red} = \frac{12 + 12 + 13 + 14 + 16 + 18 + 20 + 20 + 19 + 16 + 14 + 12}{12} = 15.5^{\circ}C$$
$$= 15^{\circ}C$$

G. Suposiciones hechas y valores seleccionados para este caso

A continuación se muestra una tabla con los valores que se han estimado para este pre-diseño, los calculados a partir de datos reales del taller en cuestión, y los valores tomados de las tablas (anteriormente consideradas).



Tabla 13. Recopilación de parámetros utilizados en el pre-diseño (Fuente: Elaboración propia).

Parámetro	Símbolo	Valor	Fuente
Zona climática	-	IV	Tabulado: CTE-HE4
Consumo total ACS	Cons tot	1,149,750 l/año	Calculado
Contribución solar	FS	50 %	Tabulado: CTE-HE4
Rendimiento	η	0.35 [-]	Valor típico
Inclinación captador	α	45 °	Valor típico
Temperatura media anual de la red	Tred	15 °C	Calculado (aproximación)
Orientación sur	β	0°	Definición
Albedo	ρ	0.2 [-]	Valor típico
Radiación total sobre el captador	HT	7262.06 MJ/m2.año	Fichero climático

H. Resultados Obtenidos

La demanda total de ACS ha resultado ser igual a:

$$\begin{aligned}
 D \left(\frac{MJ}{año} \right) &= Cons. total \left(\frac{l}{año} \right) * C_p agua * \rho agua * \frac{(T_{ref} - T_{red})}{10^9} \\
 &= 1149750 \left(\frac{l}{año} \right) * 4180 \left(\frac{J}{kg^{\circ}C} \right) * \frac{1Kg}{l} * \frac{Mj}{10^6J} * (60 - 15)^{\circ}C \\
 &= 216267.975 MJ/año
 \end{aligned}$$

Así, como ya se tienen todos los parámetros restantes de la ecuación, podemos obtener el valor del área de captación total.

$$A = \frac{F_S x D}{H_T x \eta} = \frac{0.5 x 216267.975 \frac{MJ}{año}}{7262.06 \frac{MJ}{m^2 año} x 0.35} = 42.54 m^2$$



Esto ha supuesto que, teniendo en cuenta que el captador solar plano 5000 S tiene un área de apertura de 2.1 m^2 , dispongamos de un total de 20.26 captadores. Obviamente, se tiene que hacer una aproximación superior.

De esta manera, se tendrían 21 captadores del modelo 5000-S, que realmente sumarían un total de 44.1 m^2 , como área real de captación.

$$A_{real} = 21 \times 2.1 \text{ m}^2 = 44.1 \text{ m}^2$$

El resto de parámetros mencionados en la introducción del método de pre- diseño de la instalación, se deducen ya de forma fácil, una vez se conoce el área de captación.



3.4.4 Diseño final: Herramienta ACSOL 2.5.

3.4.4.1 Introducción al programa

ACSOL es una colección de programa para calcular prestaciones de sistemas solares térmicos de baja temperatura. Se trata de una herramienta brindada por la Agencia Andaluza de la Energía.

Este programa responde a la creciente demanda de instalaciones solares térmicas, obligatorias tras la aprobación del CTE-HE4. Su función básica es calcular las prestaciones sobre las que el HE4 establece exigencias:

- Contribución solar (o también conocida como fracción solar)
- Horas de sobrecalentamiento
- Rendimiento del campo de captadores
- Pérdidas de radiación.



No obstante, ACSOL ofrece más posibilidades: puede utilizarse para afinar diseños, estudiar el efecto de cualquier parámetro sobre las prestaciones o comparar diferentes tipologías entre sí.

3.4.4.2 Objeto del programa

El motor de cálculo de ACSOL es el conocido software de simulación TRNSYS de la Universidad de Wisconsin-Madison.

ACSOL contiene el modelo matemático detallado para cada esquema de principio y una base de datos de condiciones meteorológicas, acumuladores, perfiles de consumo, etc. A través de menús de entrada el usuario aporta información adicional sobre el sistema que desea estudiar: área de captación, tipo de captador, volúmenes, consumos, perfiles de uso, método de control, etc. Una vez definido el caso a simular, el ordenador resuelve el modelo matemático y genera un informe de resultados.

3.4.4.3 Procedimiento seguido en la herramienta ACSOL

Simulación con ACSOL 2.5

A continuación se explicará cada uno de los pasos seguidos para simular la instalación solar térmica que queremos diseñar para la BMAVMA. Como ya se ha indicado anteriormente, se introducirán los datos la ficha técnica del captador solar plano 5000 S (ver Anexo II), acompañados de valores iniciales, obtenidos tras el pre-diseño (ver apartado A1.2.2.H de este Anexo).

Pues bien, en primer lugar, la ventana que aparece al abrir ACSOL 2.5 es la siguiente:

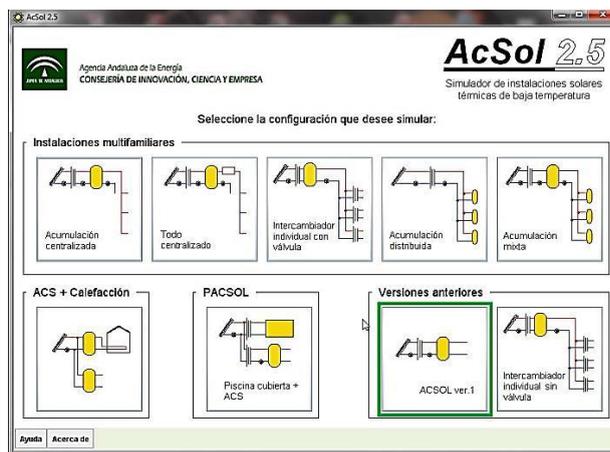


Ilustración 91. Página inicial de ACSOL 2.5 (Fuente: ACSOL 2.5).

Para el caso de nuestra instalación, seleccionamos la configuración de instalación ACSOL-1 (ACSOL-1: Instalación solar básica compuesta de un campo de captadores, un acumulador central, un sistema auxiliar y un consumidor) (marcada en verde en la figura 91).

Una vez seleccionada la configuración del sistema, tenemos nueve pestañas, las cuales hacen referencia a los siguientes campos:

- Main (Página principal)
- Localidad
- Campo de Captadores



- Sombras
- Acumulador solar
- Apoyo/ Distribución/ Recirculación
- Demanda de A.C.S.
- Control
- Resultados

Pues bien, ahora se irá rellenando la información característica de la instalación que se desea. De esta manera, se irán describiendo los datos introducidos, en cada una de las distintas pestañas:

➤ Localidad

Elegimos el fichero climático de Málaga: AMT – Málaga; con una albedo típico de 0.2.

Seleccionamos una temperatura media de interiores tanto para la temporada de invierno, como para verano. En nuestro caso: 15°C y 25°C, respectivamente.

Y por último, en cuanto a los parámetros de simulación, se introduce de qué mes a qué otro, se quiere hacer; y con qué paso de tiempo en dicha simulación. Se hará la simulación de un año tipo, con una hora como paso de tiempo.

De esta manera, quedaría así:

Condiciones ambientales	
Fichero meteorológico a utilizar en la simulación	AMT-Málaga
Albedo	0.20
Temperatura de interiores durante el invierno	15.00 °C
Temperatura de interiores durante el verano	25.00 °C

Parámetros de simulación	
Mes en que comienza la simulación	Enero
Mes en que termina la simulación	Diciembre
Paso de tiempo de simulación	1 hora

Ilustración 92. Datos introducidos en 'Localidad' (Fuente: Programa ACSOL).

➤ Campo de colectores



En este caso, tenemos que introducir valores característicos del tipo de captadores que se quieren instalar, el área total de captación, tipo de conexionado entre los colectores, tipo de fluidos calor portadores, etc. Así pues, los datos elegidos son (ver figura 56):

- Geometría del campo:

Conexionado de captadores → En nuestro caso se elige en paralelo, ya que van a utilizar colectores idénticos, de la misma potencia; y así se mantiene la tensión en los mismos, mientras que la intensidad va aumentando. Esto quiere decir que se obtiene un aumento de la producción de la actual disponible, mientras por el otro lado, se tiene el mantenimiento de la tensión nominal.

Área de captación (m²) → Aquí pondremos el área de captación real que nos había salido en el pre-diseño.

Inclinación de captadores → Se considerará 45° de inclinación ya que es el valor típico para Málaga (aunque realmente debería hacerse: Latitud + 10°: si nos centramos en la época de invierno), y además es más fácil de fabricar.

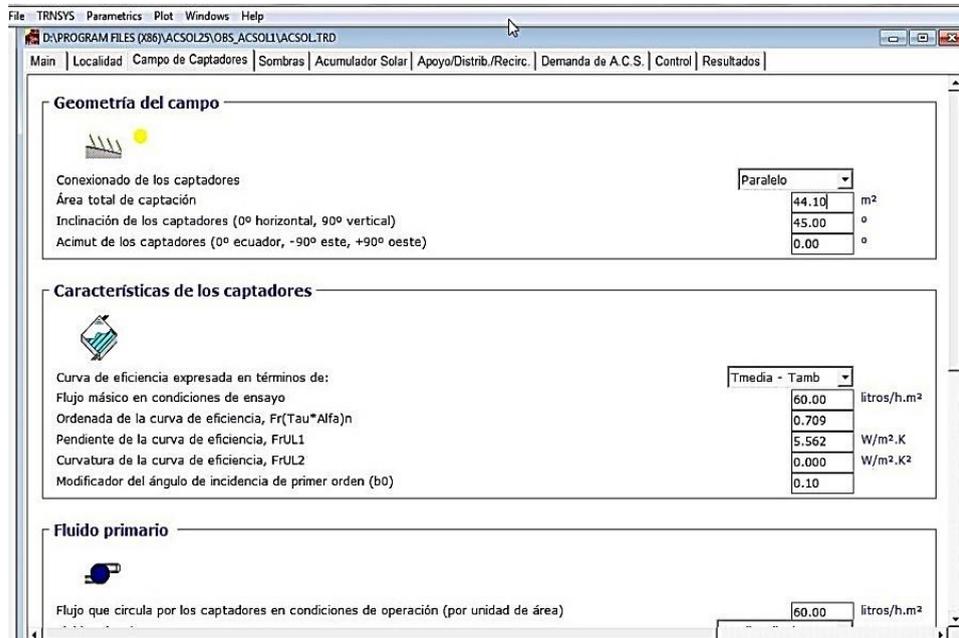
Acimut de captadores → Al querer colocarse con orientación sur, eso corresponde a un valor de 0°.

- Características de los captadores: (ver ficha técnica modelo 5000-S)
- Fluido primario:

Flujo en condiciones de operación (L /h-m²) → Tomaremos el valor recomendado que aparece en dicha ficha técnica , considerando que el fluido será una mezcla de agua y propilenglicol (30%), debido a que al tratarse de una zona húmeda, pantanosa, puede haber riesgo de heladas.

Temperatura de sobrecalentamiento ☐ Consideramos 110°C, ya que es un valor razonable (viene por defecto en el programa).

- Intercambiador: elegiremos la opción de ‘conocida la efectividad: 70%.
- Tuberías de campo: en una primera simulación, no se considerarán.



Geometría del campo

Conexión de los captadores: Paralelo

Área total de captación: 44.10 m²

Inclinación de los captadores (0° horizontal, 90° vertical): 45.00 °

Acimut de los captadores (0° ecuador, -90° este, +90° oeste): 0.00 °

Características de los captadores

Curva de eficiencia expresada en términos de: T_{media} - T_{amb}

Flujo másico en condiciones de ensayo: 60.00 litros/h.m²

Ordenada de la curva de eficiencia, Fr(Tau*Alfa)n: 0.709

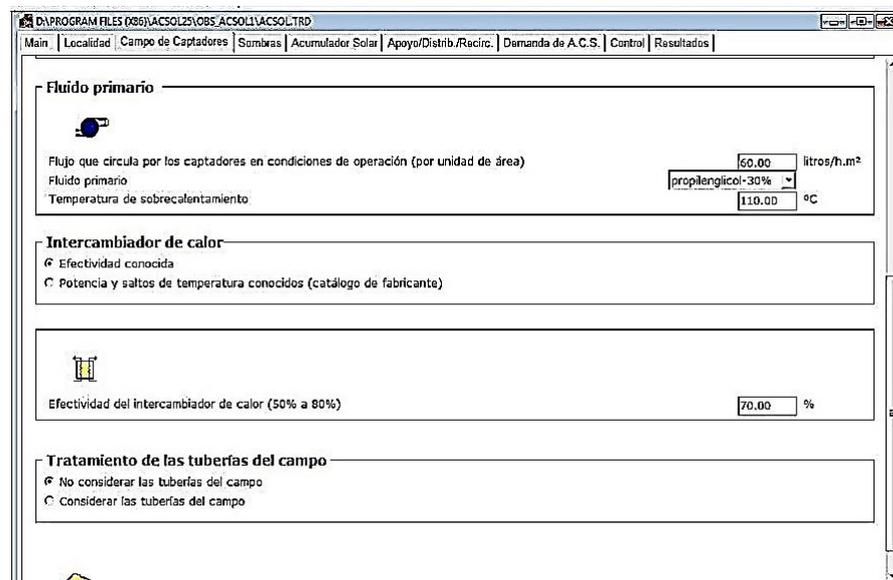
Pendiente de la curva de eficiencia, FrUL1: 5.562 W/m².K

Curvatura de la curva de eficiencia, FrUL2: 0.000 W/m².K²

Modificador del ángulo de incidencia de primer orden (b0): 0.10

Fluido primario

Flujo que circula por los captadores en condiciones de operación (por unidad de área): 60.00 litros/h.m²



Fluido primario

Flujo que circula por los captadores en condiciones de operación (por unidad de área): 60.00 litros/h.m²

Fluido primario: propilenglicol-30%

Temperatura de sobrecalentamiento: 110.00 °C

Intercambiador de calor

Efectividad conocida

Potencia y saltos de temperatura conocidos (catálogo de fabricante)

Efectividad del intercambiador de calor (50% a 80%): 70.00 %

Tratamiento de las tuberías del campo

No considerar las tuberías del campo

Considerar las tuberías del campo

Ilustración 93. Datos introducidos ‘Campo captadores’ (Fuente: Programa ACSOL).



➤ Sombras

Se va a considerar que no hay tratamiento de sombras, ya que se supondrá que los captadores se colocarán de tal manera, que no se den sombra unos a otros. Además, por parte de la cubierta de la nave, tampoco se produciría sombras.

➤ Acumulador Solar

En primer lugar tenemos que indicar el fluido secundario será idéntico al primario, además con el mismo caudal.

Y en cuanto al modelo de acumulador solar, en una primera simulación, pondremos un caudal \ área correspondiente a 75 l/m², que es el valor típico que marca el CTE HE-4. El resto de parámetros, los dejamos como vienen (por defecto).

Cabe señalar, que tras esta simulación inicial, se harán dos simulaciones más, con los valores reales del depósito de acumulación elegido.

➤ Sistema Apoyo/ Distribución/ Recirculación

Prácticamente se dejan los valores por defecto. Comprobamos que el rendimiento del sistema sea del 80%, y en cuando a la distribución y recirculación, se considerará una descripción simplificada de las pérdidas.

Main	Localidad	Campo de Captadores	Sombras	Acumulador Solar	Apoyo/Distrib./Recirc.	Demanda de A.C.S.	Control	Resultados
Sistema de apoyo								
Temperatura de consigna (>50°C para el control de la legionelosis, RD 865/2003)							55.00	°C
Rendimiento medio del sistema							80.00	%
Distribución y recirculación								
<input type="radio"/> No considerar las pérdidas por distribución y recirculación (DEBEN incluirse para verificar el CTE) <input checked="" type="radio"/> Descripción simplificada <input type="radio"/> Considerar las pérdidas por distribución <input type="radio"/> Considerar las pérdidas por distribución y recirculación								
Modelo simple								
Pérdidas de calor en la red de distribución expresadas como porcentaje de la demanda de A.C.S.							5.00	%
Pérdidas de calor en la red de recirculación expresadas como porcentaje de la demanda de A.C.S.							10.00	%
 Abrir el libro de ayuda								

Ilustración 94. Datos introducidos 'Sistema de apoyo' (Fuente: Programa ACSOL).

➤ Demanda ACS

En este caso, como ninguno de los perfiles que te ofrece el programa está acorde con la situación de este taller, se ha optado por definir un perfil de demanda de ACS diario y mensual. Estos perfiles quedarían de la siguiente manera:



Ilustración 95. Perfil demanda diaria ACS (Fuente: elaboración propia).

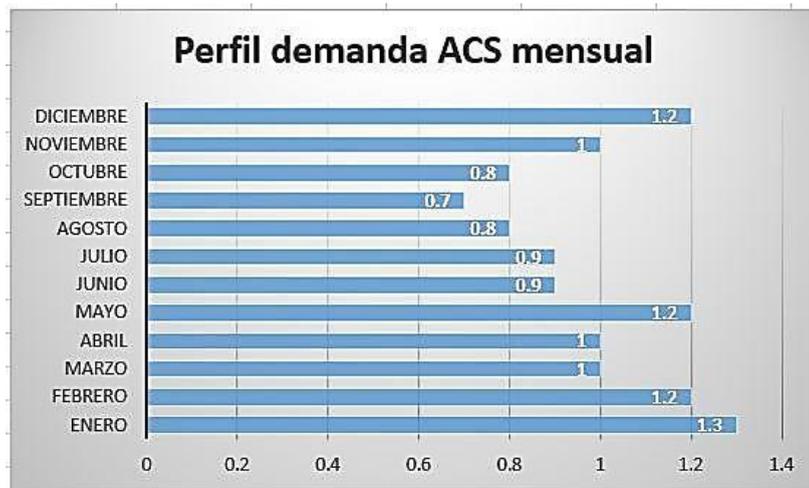


Ilustración 96. Perfil demanda mensual ACS (Fuente: elaboración propia).

Se han creado de esta manera, ya que se considera que los momentos en los que habrá más gente que se duche en el taller, son al final de cada turno (mañana: 7.00-15.00; tarde (15.00-23.00; noche: 23.00-7.00). Sin embargo, los períodos de alta demanda son entre las 13.00-15.00 y 21.00-23.00, ya que es cuando mayor calor hace. Se ha tenido en cuenta además, el número de trabajadores que hay en cada uno de los turnos. En cuanto al perfil mensual, es obvio que en la época de invierno y primavera, la demanda de ACS será mayor que en el resto de estaciones.

➤ Control

El método de control seleccionado será por temperatura, en el que el rango de temperatura para su puesta en marcha será de 7°C, y para su parada: 2°C, ya que parecen valores bastante razonables

3.4.4.4 Suposiciones y resultados obtenidos

Pues bien, en este proceso, se ha realizado una simulación, con los valores obtenidos con el pre-diseño y algún dato característico de algunos de los elementos constituyentes de la instalación. Sin embargo, es importante señalar, que éste no es un diseño conciso y terminado, ya que sólo se han considerado ciertas partes: modelo y dimensiones de los captadores solares planos, modelo del depósito de acumulación solar, se ha supuesto un rendimiento típico para el intercambiador de calor, no se han considerado pérdidas en las tuberías, etc.

Se ha simulado una instalación cuya configuración es 'ACSOL1', es decir, 'Instalación solar básica compuesta de un campo de captadores, un acumulador central, un sistema auxiliar y un consumidor'. Se muestra un esquema de dicha configuración:

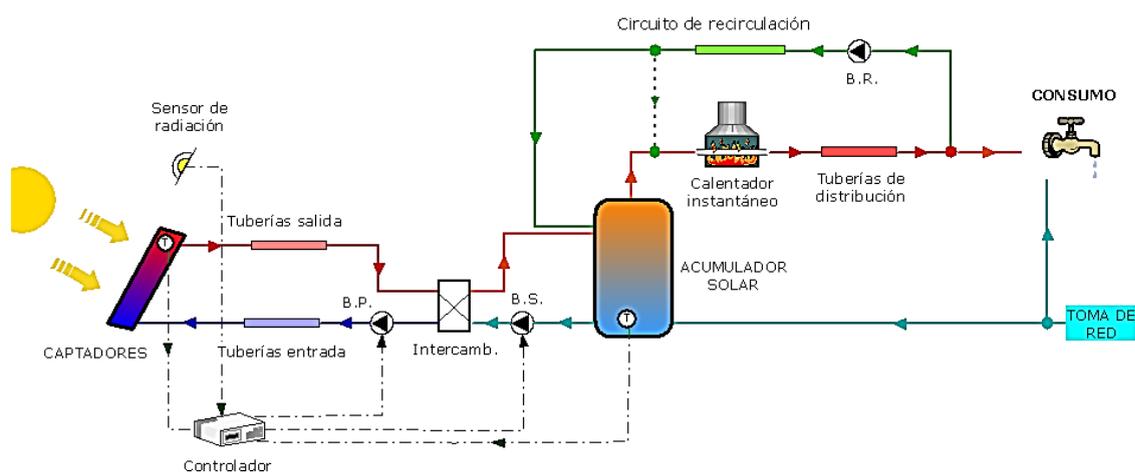


Ilustración 97. Configuración ACSOL.1 elegida para esta instalación (Fuente: ACSOL 2.5).



➤ Simulación inicial

Tabla 14. Valores introducidos en Pestaña 'Localidad' (Fuente: Elaboración propia).

Localidad		
Parámetro	Valor	Justificación / Fuente
Fichero meteorológico de:	AMT-Málaga	Fichero climático .epw
Albedo	0.2	Valor típico
Temperatura interior en invierno	20 °C	Valor típico Málaga
Temperatura interior en verano	25 °C	Valor típico Málaga
Período simulación	Mes 1 al mes 12	Estudiar año tipo
Paso de tiempo simulación	1 hora	Por defecto



Tabla 15. Valores introducidos en Pestaña 'Campo de captadores' y 'Sombras' (Fuente: Elaboración propia).

Campo de captadores y Sombras		
Parámetro	Valor	Justificación / Fuente
Conexionado captadores	Paralelo	Preferible
Área total captación	44.1 m ²	Calculado en Prediseño
Inclinación captadores	45°	Valor típico en Málaga
Acimut de captadores	0° (Ecuador)	Valor propio de su posición
Curva de eficiencia expresada en:	T _{media} – T _{amb}	Dada por ficha técnica
Flujo másico ensayo	60 l/h-m ²	Valor típico
Ordenada curva efic.	0.709	Ficha técnica Captador
Pendiente curva efic.	5.562 W/m ² -K	Ficha técnica Captador
Curvatura curva efic.	0.00 W/m ² -K ²	Ficha técnica Captador
Modificador ángulo incidencia (b0)	0.10	Valor por defecto
Fluido que circula por los captadores (operación)	2	Recomendado ficha técnica
Fluido primario	Propilenglicol -30%	Riesgo de heladas
Temperatura sobrecalentamiento	110 °C	Valor por defecto



Campo de captadores y Sombras		
Parámetro	Valor	Justificación / Fuente
Efectividad conocido del intercambiador	0,7	Valor típico
Tuberías del campo	No considerar	Suponemos no pérdidas
Sombras	No considerar	Suponemos buena colocación y no se hacen sombra los captadores

Tabla 16. Valores introducidos en Pestaña 'Acumulador Solar' (Fuente: Elaboración propia).

Acumulador solar		
Parámetro	Valor	Justificación / Fuente
Flujo secundario (Bomba del secundario)	100 % (=Flujo primario)	Típico
Modelo acumulador solar	Vertical (estratificado)	Conveniente
Volumen acumulac. /Área captación	75 l/m ²	Valor dado por CTE:HE4
Altura	2.5 m	Por defecto
Conductividad térmica	0.04 W/m-K	Por defecto (cobre)
Espesor aislamiento	80 mm	Valor típico



En cuanto al sistema de apoyo, se han dejado los valores que ofrece el programa por defecto, aunque debemos comprobar que el rendimiento medio del sistema sea 80%. Con respecto a la distribución y recirculación, se tendrán cuenta las pérdidas, pero de forma simplificada.

Para la demanda, se ha considerado una temperatura de referencia de 60°C, según lo marca el CTE: HE4, y además, el consumo por persona y diario será 21 l/p-día, contando un total de 150 trabajadores. También se ha creado un perfil de demanda, acorde con los horarios y turnos de la nave, y con el número de trabajadores en cada uno de ellos.

Queda señalar que se ha considerado un sistema de control por temperatura, para el acumulador solar, teniendo en cuenta que la temperatura máxima en el mismo, es de 70°C.

➤ Resultados:

Los únicos valores que se han cambiado con respecto al prediseño, ha sido el volumen de acumulación por m² de área de captación (en lugar de poner 75 L/m², se ha puesto 79 L/m², ya que el volumen del depósito solar elegido es de 3500 L), y en esa misma pestaña, la altura del mismo, en lugar de 2.5m, se ha puesto 2.580m.

Veamos la siguiente tabla, donde se recogen los datos principales de la simulación:



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Tabla 17: Resultados obtenidos (ACSOL 2.5)

		AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fracción solar (%)		73.60	82.68	75.25	69.93	69.84	74.55	62.98	69.82	74.14	87.76	77.66	74.46	77.86
Factor de utilización (%)		41.55	30.49	36.18	42.17	41.21	39.67	47.75	48.12	49.02	41.96	43.15	40.16	31.16
Horas de funcionamiento		3042.00	203.00	206.00	254.00	252.00	274.00	299.00	306.00	308.00	268.00	254.00	227.00	191.00
Horas en sobrecalentamiento		2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Pérdidas radiac. (%)	TOTAL	1,63	-4.88	-2.53	0.17	3.20	6.10	7.49	7.26	4.67	1.34	-1.98	-4.38	-5.17
	ORIENTACIÓN	1.63	-4.88	-2.54	0.17	3.20	6.10	7.49	7.26	4.67	1.34	-1.98	-4.38	-5.17
	OBSTÁCULOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Por último, en la siguiente tabla se muestra el balance global del sistema y cómo se distribuyen las ganancias (aportes solar y auxiliar) entre la demanda y las diferentes pérdidas:

Tabla 18 : Balance global del sistema (ACSOL 2.5)

FLUJO		Energía [MJ]	Reparto [%]
GANANCIAS	(3) Energía cedida por los captadores	136976.00	74.53
	(8) Energía térmica cedida por el sistema auxiliar	46808.99	25.47
DEMANDA	(11) Demanda térmica de A.C.S.	154076.42	83.84
PÉRDIDAS	(4) Pérdidas en las tuberías del primario	0.00	0.00
	(6) Pérdidas del acumulador solar	3650.79	3.59
	(9) Pérdidas en la distribución	7703.82	4.19
	(10) Pérdidas en la recirculación	15407.64	8.38

Es importante señalar que en esta simulación se ha intentado cuadrar la demanda de ACS para que el rendimiento del sistema de apoyo fuera realmente de un 70%, ya que, considerar más sería demasiado optimista ya que hay pérdidas. Así se consigue que: la instalación solar de captadores cubre un 74.53% de la energía demandada (equivale a 136976.00 MJ), mientras que el sistema auxiliar cubre el 25.47% restante (equivalente a 46808.99 MJ). Con lo cual, el ahorro obtenido es considerable, con respecto a la situación inicial en el taller (es decir, con la caldera de gas cubriendo el 100% de la energía (213609.058 MJ)).

Además la fracción solar anual mejorada es de 73.60 %.

Todo esto se traduce en que se ahorra un 72.6 % de energía térmica debida al gas natural con la propuesta de esta simulación final, con respecto a la situación existente en el taller.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

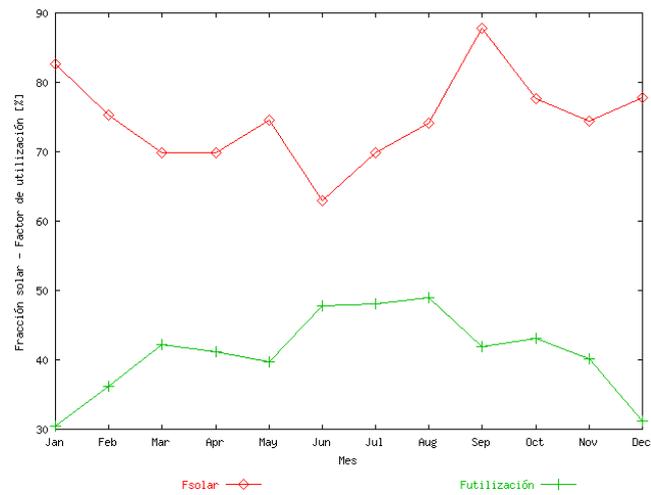


Ilustración 98. Ahorro de energía entre la situación actual y la propuesta (Fuente: Elaboración propia).



3.4.5 Informe extraído herramienta ACSOL 2.5



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

ACSOL v1.0

Informe de resultados: SIMULACIÓN (Final)

(Fuente: ACSOL V1.0)

Parámetros básicos de la instalación

- CONDICIONES CLIMÁTICAS

Localidad: AMT-Málaga

Latitud: 36.67 [°]

Fichero meteorológico utilizado en la simulación: ..\weather\AMT-Malaga.met

- DEMANDA

Temperatura de referencia: 60.00 [°C]

Consumo diario medio de ACS: 2314.05 [litros/día]

Demanda térmica mensual (incluyendo distribución y recirculación, caso de haberlas definido como porcentajes de la demanda) [MJ/mes]:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8271.8	10459.9	16198.1	15342.0	15165.2	21011.9	20678.4	20677.5	13674.4	15163.8	12273.0	8271.3

- INSTALACIÓN SOLAR



Área total de captación:

44.10 [m²] Número de captadores

en serie: 1.

Inclinación con respecto a la horizontal: 45.00 [°]

Orientación con respecto al sur: 0.00 [°]

Rendimiento óptico del captador: 0.71 [%/100]

Término lineal de pérdidas: 5.56 [W/m²·K]

Término cuadrático de pérdidas: 0.00 [W/m²·K²]

Fluido primario: propilenglicol-30% (Cp = 3.959

[kJ/kg·K]) Flujo másico bomba del primario: 2646.00 [litros/h]

Valor promedio del coeficiente global de pérdidas de las tuberías del primario:

0.00 [W/m²·K]

Temperatura de sobrecalentamiento:

110.00 [°C] Efectividad del intercambiador de calor:

70.00 [%] Fluido secundario: agua (Cp=4.19 kJ/kg·K)

Flujo másico bomba del secundario: 2646.00

[litros/hora] Volumen de acumulación solar: 3488.31

[litros]

Temperatura máxima permitida en el acumulador solar:

70.00 [°C] Coeficiente global de pérdidas del acumulador: 0.53



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

[W/m²·K] Temperatura de impulsión sistema convencional: 55.00

[°C] Rendimiento medio sistema convencional: 80.00 [%]

Coeficiente global de pérdidas de la tubería de distribución: 0.00

[W/m²·K] Coeficiente global de pérdidas de la tubería de recirculación: 0.00

[W/m²·K] Recirculación sobre: Sistema de apoyo

Flujo de la bomba de recirculación: 0.00 [litros/h]

Método de control: por temperatura

Diferenciales de temperatura: 7.00 [°C] y 2.00

[°C] Diferenciales de radiación: 0.00 [W/m²] y 0.00

[W/m²]



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

	AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Fracción solar (%)	73.60	82.68	75.25	69.93	69.84	74.55	62.98	69.82	74.14	87.76	77.66	74.46	77.86	
Factor de utilización (%)	41.55	30.49	36.18	42.17	41.21	39.67	47.75	48.12	49.02	41.96	43.15	40.16	31.16	
Horas de funcionamiento	3042.00	203.00	206.00	254.00	252.00	274.00	299.00	306.00	308.00	268.00	254.00	227.00	191.00	
Horas en sobrecalentamiento	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
Pérdidas radiac. (%)	TOTAL	1,63	-4.88	-2.53	0.17	3.20	6.10	7.49	7.26	4.67	1.34	-1.98	-4.38	-5.17
	ORIENTACIÓN	1.63	-4.88	-2.54	0.17	3.20	6.10	7.49	7.26	4.67	1.34	-1.98	-4.38	-5.17
	OBSTÁCULOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

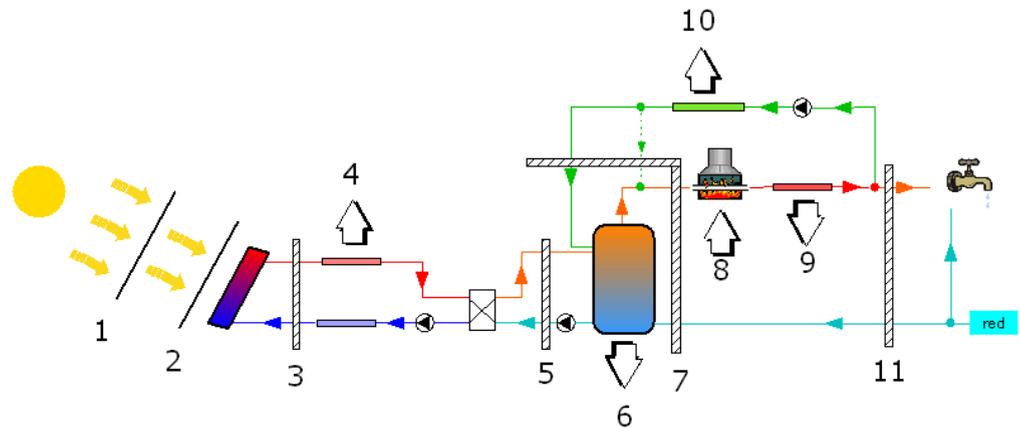


NOTA 1: La fracción solar se ha definido como el cociente entre la energía de origen solar extraída del acumulador y demanda térmica (incluyendo las pérdidas por distribución y recirculación)

NOTA 2: El factor de utilización se ha definido como el cociente entre la energía de origen solar extraída del acumulador y la energía solar incidente sobre el plano de captación (incluyendo las pérdidas de radiación)

NOTA 3: Las pérdidas por sombras totales incluyen el sombreado entre filas contiguas si la correspondiente opción fue seleccionada.

Intercambios de energía



La siguiente tabla muestra el balance global del sistema y cómo se distribuyen las ganancias (aportes solar y auxiliar) entre la demanda y las diferentes pérdidas:

FLUJO		Energía [MJ]	Reparto [%]
GANANCIAS	(3) Energía cedida por los captadores	136976.00	74.53
	(8) Energía térmica cedida por el sistema auxiliar	46808.99	25.47
DEMANDA	(11) Demanda térmica de A.C.S.	154076.42	83.84
PÉRDIDAS	(4) Pérdidas en las tuberías del primario	0.00	0.00
	(6) Pérdidas del acumulador solar	3650.79	3.59
	(9) Pérdidas en la distribución	7703.82	4.19
	(10) Pérdidas en la recirculación	15407.64	8.38



La siguiente tabla recoge todos los flujos de energía que ocurren en la instalación y el clarifica cómo se distribuye la energía en el primario:

FLUJO	Energía [MJ]	Reparto primario [%]
(1) Radiación incidente sobre orientación óptima	319038.82	
(2) Radiación sobre captadores (incluyendo sombras)	313848.83	100.00
(3) Energía cedida por los captadores al fluido primario	136976.00	43.64
(4) Pérdidas en las tuberías del primario	0.00	0.00
(5) Energía transferida en el intercambiador de calor	135320.31	43.12
(6) Pérdidas del acumulador solar	3650.79	1.16
(7) Energía extraída del acumulador solar	130413.31	
(8) Energía térmica cedida al fluido por el sistema auxiliar	46808.99	
(8bis) Energía consumida por el sistema auxiliar (gas,.	58517.46	
(9) Pérdidas en la distribución	7703.82	
(10) Pérdidas en la recirculación	15407.64	
(11) Demanda térmica de A.C.S.	154076.42	

NOTA: Si trata de comprobar el balance de energía (ganancias-pérdidas=0) en estas tablas, comprobará que no se cumple estrictamente. Esto es debido a la naturaleza y precisión finita del método numérico que utiliza este programa. Un defecto de cierre de hasta el 5% puede considerarse aceptable



Capítulo 4 : Análisis Económico de las Propuestas

4.1 Renovación de alumbrado

Lo que se ha hecho es diseñar una tabla en la que podemos ver la cantidad, el precio unitario de los elementos lumínicos y el precio de montaje y con todo ello se ha calculado el importe total de la renovación del alumbrado.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Tabla 19. Presupuesto de la renovación de alumbrado total de la nave (Fuente: Elaboración propia).

CÓD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO (h)	COSTO ESTÁNDAR M.O. (€/h)	PRECIO UNITARIO MONTAJE (€)	IMPORTE TOTAL (€)
1	ONB120PLUSN ONUBA 120 PLUS	Ud	596	47,83 €	0,51	23,00 €	11,64	35.444,12 €
2	ONB150ECON ONUBA 150 ECO	Ud	86	54,11 €	0,51	23,00 €	11,64	5.654,50 €
3	ONB60PLUSN ONUBA 60 PLUS	Ud	17	35,02 €	0,51	23,00 €	11,64	793,22 €
4	GADIRPLN DOWNLIGHT HP BLANCO	Ud	17	99,67 €	0,25	23,00 €	5,82	1.793,33 €
5	MR16N11 DICROICO MR16 NEUTRO	Ud	14	18,03 €	0,25	23,00 €	5,82	333,90 €
6	CAMPANA VALENTINA FT 2M PLUS	Ud	6	304,75 €	1,39	23,00 €	32,06	2.020,86 €
7	CAMPANA VALENTINA FT 4M ECO	Ud	58	432,56 €	1,39	23,00 €	32,06	26.947,96 €
8	PROYECTOR LINCE 4M NEUTRO	Ud	2	694,79 €	2,39	23,00 €	54,96	1.499,50 €
9	CAMPANA VALENTINA FT 4M PLUS	Ud	216	437,83 €	1,39	23,00 €	32,06	101.496,24 €
10	PORTES MATERIAL	Ud	1	600,00 €	-	-	-	600,00 €
IMPORTE PRESUPUESTO NETO (€)								176.583,63 €
BASE IMPONIBLE (€)								176.583,63 €
I.V.A. (21%)								37.082,56 €
IMPORTE TOTAL (IVA INCLUIDO)								213.666,19 €



En cuanto al período de amortización simple que tendría esta propuesta:

$$T.R.C. = \frac{\text{Coste inicial}}{\text{Beneficio anual}} = \frac{176583.63 \text{ €}}{34944 \text{ €/año}} = 5 \text{ años}$$

Para lo cual se ha considerado que el precio por MWh de electricidad en España, es de 84 €/MWh (Ministerio de Energía, 2018)

4.2 Instalación Solar

En el caso de la instalación térmica solar de Baja Temperatura con captadores solares, acumulador solar, sistema de apoyo, etc. como ya se ha indicado, es un diseño orientativo, con lo cual, el presupuesto que se muestra a continuación no es muy detallado.

Lo que sí se ha seleccionado para esta instalación solar, ha sido el modelo de captadores solares planos y el acumulador solar.

Con respecto a los otros elementos constituyentes de la instalación, como son: tuberías de cobre, de distintos diámetros; aislante térmico para las tuberías; valvulería hidráulica; intercambiador de calor; bombas; caldera de apoyo y contadores, se ha estimado un porcentaje del coste de una instalación completa que represente aproximadamente todos estos elementos que, en el presente proyecto, no se han tenido en cuenta. Y tampoco se ha añadido el coste de instalación y transporte.

Para una instalación de este tipo, se ha estimado que el resto de constituyentes supone un coste del 30% del total. De esta manera, el presupuesto quedaría de la siguiente forma:



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Tabla 20. Presupuesto de la instalación solar BT (Fuente: Elaboración propia).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO (h)	COSTO ESTÁNDAR M.O. (€/h)	PRECIO UNITARIO MONTAJE (€)	IMPORTE TOTAL (€)
1	CAPTADOR SOLAR PLANO GAMESA, MODELO MADE 5000S DE 2.1 M ² DE SUPERFICIE ÚTIL	Ud	21	454,55 €	2	23,00 €	46,00 €	10.511,55 €
2	DEPÓSITO DE ACERO VITRIFICADO DE 3500 LITROS PARA ACUMULACIÓN DE A.C.S., FABRICANTE LAPESA	Ud	1	5.416,00 €	5	23,00 €	115,00 €	5.531,00 €
3	RESTO DE ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR: 30% DEL TOTAL	-	-	-	-	-	-	4.812,77 €
IMPORTE PRESUPUESTO NETO (€)								20.855,32 €
BASE IMPONIBLE (€)							20.855,32 €	
I.V.A. (21 %)							4.379,62 €	
IMPORTE TOTAL (IVA INCLUIDO)							25.234,93 €	



Esta propuesta, tendría el siguiente Tasa de Retorno Simple o Tasa de Retorno Contable:

$$T.R.C. = \frac{\textit{Coste inicial}}{\textit{Beneficio anual}} = \frac{20855.32\text{€}}{2411.03 \text{ €/año}} = 8.65 \text{ años}$$

Se ha considerado que 1 m³ de gas equivale a 11.78 kWh y además, su precio es de 0.527 €/m³ gas. (Ministerio, 2017)



4.3 Instalación de ventilación controlada

En cuanto al presupuesto económico de esta propuesta de ventilación mixta controlada, se ha centrado, únicamente, en el coste de los extractores mecánicos, situados en la cubierta de la nave principal y en las rejillas o ventanas de lama fija, colocadas transversalmente a la dirección del viento, en el muro de hormigón que tiene la nave, en la fachada exterior sur.

Sin embargo, si se opta por la mejora Ventilación controlada + Pintura aislante', únicamente habría que sumarle a este presupuesto, el de la pintura.



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

Tabla 21. Presupuesto de la instalación solar BT en la nave (Fuente: Elaboración propia).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	TIEMPO (h)	COSTO ESTÁNDAR M.O. (€/h)	PRECIO UNITARIO MONTAJE (€)	IMPORTE TOTAL (€)
1	EXTRACTOR DE TEJADO DINÁMICO/ESTÁTICO DE LA EMPRESA SALVADOR ESCODA S.A. CON BASE REGULABLE DE CAUDAL 15,577 M ₃ /H	Ud	38	1.495,00 €	4,5	23,00 €	103,50 €	60.743,00 €
2	REJILLAS CON ALETAS PARALELAS A LA DIMENSIÓN MAYOR (LONG) DE LA MARCA MADEL, MODELO AMT-N DE ACERO GALVANIZADO DE 1000X400 MM ₂	Ud	45	51,31 €	4	23,00 €	92,00 €	6.448,95 €
3	TRABAJOS DE OBRA CIVIL (Requerida para la colocación de las rejillas en el muro de hormigón)	P.A.	1	4.500,00 €	-	-	-	4.500,00 €
IMPORTE PRESUPUESTO NETO (€)								71.691,95 €
BASE IMPONIBLE (€)								71.691,95 €
I.V.A. (21 %)								15.055,31 €
IMPORTE TOTAL (IVA INCLUIDO)								86.747,26 €



Capítulo 5: Conclusiones y futuras líneas de investigación

5.1 Conclusiones

En cuanto a las conclusiones a las que se ha llegado, una vez realizado este estudio energético de la nave es importante indicar que la propuesta descrita en el capítulo 4 del presente proyecto, sobre el diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura mediante 22 captadores solares planos inclinados 45º, y orientados al sur, con un depósito de acumulación solar de 3500 litros, ha permitido reducir el costo del gas natural anual en un 70%, aproximadamente, con respecto a la instalación de partida del taller (caldera de gas). Esto indica que esta propuesta sería conveniente llevarla a cabo. Se contaría por tanto con una fracción solar anual del 73%, lo que resulta un poco optimista, debido a que en Málaga, éste estaría entre un 55 y un 6%. Esta diferencia se ha debido, básicamente, en que a la hora de utilizar el software ACSOL, existen pérdidas en el sistema de apoyo, y además el rendimiento del mismo no puede ser del 90%, sino que del 70%, se ha optado por disminuir la demanda de ACS durante el día. Al reducir dicho parámetro, sube el valor del parámetro FS anual.

Por otro lado, al incorporar la mejora propuesta de ventilación controlada mixta en la nave principal, mediante rejillas no regulables, situadas a lo largo del muro de hormigón de la fachada exterior sur del taller, y con extractores mecánicos, colocados en la cubierta, se consigue refrigerar la nave unos 6-8ºC. Si además, añadimos la pintura aislante térmica-solar de color blanco en la cubierta, conjuntamente se consigue una reducción de la temperatura interior del taller de hasta 10ºC. Esto se considera una gran reducción, con lo que, sería conveniente aplicarla, debido a las condiciones térmicas actuales de los trabajadores

Y por último señalar que, al proponer una renovación del sistema de alumbrado, tanto exterior como interior del taller, mediante luminarias de la marca LEC de bajo consumo, se ha conseguido ahorrar un 49% de la energía consumida por los mismos. Con lo cual, sería conveniente sustituir los equipos actuales por las propuestas, debido a sus buenos resultados.



5.2 Líneas futuras de investigación

Como líneas futuras de investigación, que han quedado fuera del alcance del presente trabajo, sería importante señalar el hacer un estudio detallado con la herramienta de iluminación 'DIALux', para analizar qué tipo y modelo de luminaria sería más eficaz en cada una de las zonas de trabajo de la nave.

En cuanto al estudio de mejoras pasivas para refrigerar el taller, sería interesante simular cómo afectaría el enfriamiento evaporativo adiabático en realidad, ya que lo que se ha hecho aquí es, meramente, describir cómo funcionaría.

Y por último, debería hacerse un diseño exhaustivo de la instalación solar térmica con captadores planos, de tal manera que se dimensionara ésta completamente.



Capítulo 6: Bibliografía

Trabajos citados

(s.f.).

(MIT), I. T. (Abril de 2001). *OpenCourseWare Universidad Politecnica de Madrid*. Obtenido de OpenCourseWare Universidad Politecnica de Madrid: <http://ocw.upm.es/>

aernor. (2012). *UNE-12464*.

Andrea. (abril de 2013). *Casas Restauradas.com*. Obtenido de Casas Restauradas.com: <http://www.casasrestauradas.com/>

BOE, n. 5. (2011). *Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible*.

cromology, g. (2018). *reveton*. Obtenido de reveton: www.reveton.com

EIA, I. S. (2017). *Energy use in industry*. U.S. Energy Information Administration.

Fomento, M. d. (2017). *Código Técnico Ahorro de Energía*. España.

Fornos, J. V. (Enero de 2018). *eficee Certificación Energética Edificios y Rehabilitación*. Obtenido de eficee Certificación Energética Edificios y Rehabilitación: <http://eficee.blogspot.com.es/>

Google. (2017). *Google images*. Obtenido de Google images: www.google.es/imghp?hl

<https://www.mundohvacr.com.mx/2015/11/sistemas-activos-y-pasivos-la-combinacion-mas-eficiente-en-la-proyeccion-de-espacios/>. (2016). Sistemas activos y pasivos, la combinación más eficiente en la proyección de espacios. *Mundo Hvacr*, 55-60. Obtenido de Mundo Hvacr.

Lecology, L. (2016). *Ficha técnica LF*.

MADDEL, C. (2018). *ISE.es*. Obtenido de ISE.es: www.ise.es/madel/catalogo-tarifa

Madrid, F. d. (Marzo de 2017). *fenecom*. Obtenido de fenecom: www.fenecom.com

Ministerio de Energía, T. y. (Febrero de 2018). *Minetad*. Obtenido de Minetad: www.minetad.go.es

Ministerio, d. E. (Marzo de 2017). *Boletín Oficial del Estado*. BOE.

network, E. a. (2015). *Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética*. España: Enforce.

omie. (2018). *OMIE*. Obtenido de OMIE: www.omie.es

perfil, i. y. (1985). *incoperfil*. Obtenido de incoperfil: www.incoperfil.com

Serrano Yuste, P. (25 de Marzo de 2015). *Certificados Energéticos*. Obtenido de Certificados Energéticos: <http://www.certificadosenergeticos.com/led-iluminacion-eficiente>

social, M. d. (2016). *insht*. Obtenido de insht: www.insht.es

systems, q. (2017). *quimfor system*. Obtenido de quimfor system: www.quimforsystem.com



Análisis Energético de Nave Industrial de Alta Carga Térmica

techinik, T. (2017). *trox.es*. Obtenido de trox.es: www.trox.es

Valverde, F. (18 de Mayo de 2016). *Suelo Solar*. Obtenido de Suelo Solar:
<http://suelosolar.com/guiasolares/acs.asp#funcionamiento>