



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **PRÓLOGO**

Cuando se me presentó la oportunidad de realizar el presente trabajo de fin de grado me sentí atraído con la idea de embarcarme en una materia desconocida para mí hasta ese momento.

Para llevarlo a cabo era necesario cursar la asignatura de Construcción y Arquitectura Industrial. Dicha asignatura me sumergió en un mundo mucho más interesante de lo que había imaginado y lo que al principio me parecía un reto difícil de afrontar se convirtió en un proyecto muy interesante del que podía sacar mucho partido. Las bases de la arquitectura industrial, los sistemas de iluminación y el uso de sistemas CAD como DIALux me han permitido desarrollar ciertos conocimientos alejados de lo que estaba acostumbrado.

Otro aspecto que ha despertado interés en mí ha sido la obtención de presupuestos y el análisis de rentabilidad. Además, si añadimos que el sistema de iluminación se ha realizado para un caso real, concretamente en la empresa en la que actualmente trabajo lo considero un valor añadido y una oportunidad en la que me he podido sentir realizado.

Por último, mostrar mi agradecimiento a todas las personas que me han acompañado durante estos años por todo su apoyo en los buenos y malos momentos. En primer lugar, a M.<sup>a</sup> Cristina Santamarina por haber despertado en mí el interés por esta materia. Y para finalizar dar las gracias a mis amigos, pareja y familia por todo lo que habéis hecho, hacéis y haréis por mí.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **RESUMEN**

El objetivo que define el presente Trabajo Final de Grado es el diseño de un sistema de iluminación natural de una planta dedicada al procesado de proteínas y grasas de origen animal, situada en Valencia, concretamente en la localidad de Beniparrell.

Para llevar a cabo el diseño, en primer lugar, se hará una introducción de las grasas y proteínas, además de breve descripción del tipo de planta, proceso productivo y productos ofertados.

Por consiguiente, se describirán los diferentes tipos de iluminación, los requerimientos de la planta y los respectivos métodos de cálculo.

Seguidamente se generarán diferentes propuestas de iluminación natural, las cuales serán modeladas y simuladas mediante el Software DIALux, obteniendo ciertos resultados que serán analizados a posterior.

Por último, la propuesta que mejor se adapte a los requerimientos pertinentes será seleccionada y se realizará un análisis económico para determinar la rentabilidad y viabilidad que generará dicho sistema de iluminación escogido.

**Palabras Clave:** eficiencia energética, sistema de iluminación artificial, natural y mixto.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **RESUM**

L'objectiu que definix el present Treball Final de Grau és el disseny d'un sistema d'il·luminació natural d'una planta dedicada al processat de proteïnes i greixos d'origen animal, situada a València, concretament en la localitat de Beniparrell.

Per a dur a terme el disseny, en primer lloc, es farà una introducció dels greixos i proteïnes, a més de breu descripció del tipus de planta, procés productiu i productes oferits.

Per consegüent, es descriuran els diferents tipus d'il·luminació, els requeriments de la planta i els respectius mètodes de càlcul.

A continuació es generaran diferents propostes d'il·luminació natural, les quals seran modelades i simulades per mitjà del Programari DIALux, obtenint certs resultats que seran analitzats a posterior.

Finalment, la proposta que millor s'adapte als requeriments pertinents serà seleccionada i es realitzarà una anàlisi econòmica per a determinar la rendibilitat i viabilitat que generarà"

**Paraules Clau:** eficiència energètica, sistema d'il·luminació artificial, natural i mixt.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **ABSTRACT**

The objectives that defines this Final Grade Work is de design of a natural lighting system of a plant dedicated to the precessing of proteins and fats of animal original. The plant is located in Beniparrell, province of Valencia.

To carry out the design I will first introduce fats and proteins. Later the type of plant, production process and products offered. Then the different types of lighting, the requirements of the plant and the respective methods of calculation will be described.

Futher tejer different proposals of natural lighting will be generated, which will be modeled and simulated in the DIALux Software, obtaining positive results that are analyzed.

Finally, the proposal that best adapts to the requirements is selected and an economic analysis is carried out to determine the profitability and viability generated by the chosen lighting system.

**Key words:** energy efficiency, natural, artificial and mixed lighting system.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

# MEMORIA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**MEMORIA**

**ÍNDICE**

1. OBJETIVOS .....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
2.1. Proteínas y Grasas .....	2
2.2. Uso de proteínas y grasas en la industria del “Petfood”. Contexto económico .....	5
3. VALGRA S.A.....	6
3.1. Productos ofertados por VALGRA S.A. ....	6
3.2. Organigrama.....	11
3.3. Diagrama de flujo y descripción del proceso productivo.....	12
3.4. Distribución en planta .....	18
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	19
5. ILUMINACIÓN .....	20
5.1. Tipos de iluminación.....	20
5.1.1. Iluminación artificial .....	21
5.1.2. Iluminación natural .....	22
5.2. Requerimientos de planta.....	24
5.3. Métodos de cálculo .....	24
5.3.1. Método analítico .....	25
5.3.2. Situación de aberturas .....	28
5.3.3. Eficiencia energética.....	28
6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL.....	31
6.1. Establecimiento de los requerimientos de la planta.....	31
6.2. Estimación de superficies teórica de aberturas .....	33
6.3. Propuestas de sistemas de iluminación natural.....	34
6.3.1. Parámetros generales para introducir en Dialux .....	35

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

6.3.2. Propuesta 1 .....	37
6.3.3. Propuesta 2 .....	38
6.3.4. Propuesta 3 .....	39
6.3.5. Propuesta 4 .....	40
6.4. Resultados de las simulaciones .....	41
6.4.1. Resultados de la propuesta 1 .....	42
6.4.2. Resultados de la propuesta 2 .....	45
6.4.3. Resultados de la propuesta 3 .....	48
6.4.4. Resultados de la propuesta 4 .....	51
6.5. Selección de la propuesta más adecuada .....	54
6.5.1. Desarrollo de la propuesta seleccionada .....	60
6.6. Iluminación artificial .....	61
6.7. Eficiencia energética con iluminación natural .....	62
7. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	63
7.1. Presupuesto .....	63
7.2. Balance económico .....	63
7.2.1. Iluminación 100% artificial (situación actual) .....	63
7.2.2. 30% iluminación artificial y 70% iluminación natural .....	68
7.2.3. 10% iluminación artificial y 90% iluminación natural .....	70
7.3. Rentabilidad del proyecto .....	71
8. CONCLUSIONES .....	74
9. BIBLIOGRAFÍA .....	75

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: número puntos mínimos en función del parámetro k .....	29
Tabla 2: nivel medio de iluminación por zonas .....	32
Tabla 3: valores de parámetros para obtención de Sv .....	33

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Tabla 4: superficie de aberturas mínimas .....	34
Tabla 5: resultados DIALux para la propuesta 1.....	43
Tabla 6: resultados DIALux por zonas para la propuesta 1 .....	44
Tabla 7: resultados DIALux para la propuesta 2.....	46
Tabla 8: resultados DIALux por zonas para propuesta 2.....	47
Tabla 9: resultados DIALux para la propuesta 3.....	49
Tabla 10: resultados DIALux por zonas para la propuesta 3 .....	50
Tabla 11: resultados DIALux para la propuesta 4.....	53
Tabla 12: resultados DIALux por zonas para la propuesta 4 .....	53
Tabla 13: valores óptimos de los requisitos de iluminación .....	54
Tabla 14: resumen resultados por zonas para las 4 propuestas .....	55
Tabla 15: resumen valores óptimos propuesta 1.....	56
Tabla 16: resumen valores óptimos propuesta 2.....	57
Tabla 17: resumen valores óptimos propuesta 3.....	58
Tabla 18: resumen valores óptimos propuesta 4.....	59
Tabla 19: eficiencia energética de las luminarias.....	62
Tabla 20: eficiencia energética para el caso 1.....	62
Tabla 21: eficiencia energética para el caso 2.....	62
Tabla 22: eficiencia energética para el caso 3.....	63
Tabla 23: valores de potencia para el 100% de iluminación artificial .....	64
Tabla 24: horas de actividad de la nave según período .....	65
Tabla 25: gasto eléctrico anual para iluminación 100% artificial.....	68
Tabla 26: facturación anual para iluminación 100% artificial .....	68
Tabla 27: valores de potencia para iluminación 30% artificial.....	69
Tabla 28: gasto eléctrico anual para iluminación 30% artificial.....	69
Tabla 29: facturación anual para iluminación 30% artificial .....	70
Tabla 30: gasto eléctrico anual para iluminación 10% artificial.....	70

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Tabla 31: facturación anual para iluminación 10% artificial .....	71
Tabla 32: cifras de ahorro respecto a sistema 100% artificial .....	71
Tabla 33: resultados del VAN y el TIR.....	72
Tabla 34: cuadro de precios descompuestos para las instalación de los lucernarios.....	79
Tabla 35: cuadro mediciones para la instalación de los lucernarios.....	80
Tabla 36: cuadro presupuesto ejecución de material.....	81
Tabla 37: cuadro presupuesto base de licitación para la instalación de los lucernarios .....	81
Tabla 38: cuadro precios descompuestos para el mantenimiento de los lucernarios .....	82
Tabla 39: cuadro mediciones para el mantenimiento de los lucernarios.....	82
Tabla 40: presupuesto de ejecución de material para mantenimiento de lucernarios.....	83
Tabla 41: presupuesto base de licitación para mantenimiento de lucernarios.....	83
Tabla 42: presupuesto total para mantenimiento de lucernarios .....	83
Tabla 43: cuadro precios descompuestos para la instalación del 100% de luminarias .....	84
Tabla 44: presupuesto de instalación del 100% de luminarias .....	85
Tabla 45: presupuesto total para instalación del 100% de luminarias .....	85
Tabla 46: cuadro precios descompuestos para la instalación del 30% de luminarias .....	86
Tabla 47: presupuesto instalación del 30% de luminarias .....	86
Tabla 48: presupuesto total instalación del 30% de luminarias .....	86
Tabla 49: cuadro precio descompuesto para la instalación de las luminarias.....	87
Tabla 50: presupuesto para instalación del 10% de luminarias.....	87
Tabla 51: presupuesto total instalación del 10% de luminarias .....	87

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: estructura proteica.....	2
Ilustración 2: estructura triglicérido.....	4
Ilustración 3: grasa animal .....	7
Ilustración 4: manteca de cerdo.....	8

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Ilustración 5: harina de carne (50) .....	9
Ilustración 6: harina de carne (60) .....	10
Ilustración 7: organigrana valgra s.a. ....	11
Ilustración 8: diagrama de flujo .....	12
Ilustración 9: machacador.....	13
Ilustración 10: triturador.....	13
Ilustración 11: digestores.....	14
Ilustración 12. molinos (proceso de molienda).....	16
Ilustración 13: cribas (proceso de cribado) .....	16
Ilustración 14: silo harina de carne .....	17
Ilustración 15: centrifuga .....	17
Ilustración 16: decantadores.....	18
Ilustración 17: tipos de iluminación en función de la distribución de luminarias .....	21
Ilustración 18: tipos de iluminación natural.....	23
Ilustración 19: factor de ventana .....	26
Ilustración 20: factor de reducción ventana/muro.....	26
Ilustración 21: reflexiones en un local .....	27
Ilustración 22: niveles medios de iluminación, UNE 12464.1 .....	31
Ilustración 23: modelado 3D nave a iluminar .....	36
Ilustración 24: modelado propuesta 1 .....	37
Ilustración 25: modelado propuesta 2 .....	38
Ilustración 26: modelado propuesta 3 .....	39
Ilustración 27: modelado propuesta 4 .....	40
Ilustración 28: resultados propuesta 1 gama grises para el 21 de diciembre a las 9:00 .....	42
Ilustración 29: resultados propuesta 1 gama grises el 21 de diciembre a las 12:00 .....	42
Ilustración 30: resultados propuesta 1 gama grises para el 23 de junio a las 12:00 .....	43
Ilustración 31: isocintas para los niveles de iluminación mínima .....	44

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Ilustración 32: resultados propuesta 2 gama grises para el 21 de diciembre a las 9:00 .....	45
Ilustración 33: resultados propuesta 2 gama grises para el 21 de diciembre a las 12:00 .....	46
Ilustración 34: resultados propuesta 3 gama grises para el 23 de junio a las 12:00 .....	46
Ilustración 35: resultados propuesta 3 gama grises para el 21 de diciembre a las 9:00 .....	48
Ilustración 36: resultados propuesta 3 gama grises para el 21 de diciembre a las 12:00 .....	48
Ilustración 37: resultados propuesta 3 gama grises para el 23 de junio a las 12:00 .....	49
Ilustración 38: resultados propuesta 4 gama grises para el 21 de diciembre a las 9:00 .....	51
Ilustración 39: resultados propuesta 4 gama grises para el 21 de diciembre a las 12:00 .....	52
Ilustración 40: resultados propuesta 4 gama grises para el 23 de junio a las 12:00 .....	52
Ilustración 41: resultados DIALux isolíneas el 21 de diciembre a las 10.00.....	60
Ilustración 42: precios para la tarifa eléctrica 3.1.....	64
Ilustración 43: discriminación horaria según periodo.....	64

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **1. OBJETIVOS**

Los principales objetivos que definen el presente Trabajo Final de Grado son los siguientes:

- Diseñar un sistema de iluminación natural de una planta dedicada al procesado de proteínas y grasas de origen animal.
- Analizar las diferentes propuestas de iluminación natural y seleccionar la que mejor se adecue a los requerimientos de la planta.
- Hacer uso del software específico DIALux para realizar el modelado de la nave industrial y su posterior simulación de los sistemas de iluminación.
- Analizar la eficiencia energética respecto a los sistemas de iluminación para diferentes porcentajes de iluminación natural e iluminación artificial.
- Hacer uso de la normativa vigente respecto a la eficiencia energética en instalaciones.
- Realizar un presupuesto económico aplicado al sistema de iluminación escogido para la planta industrial.
- Analizar la viabilidad económica a partir de los costes obtenidos del consumo eléctrico de la planta industrial.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Proteínas y Grasas

#### **Proteínas:**

Las proteínas son moléculas biológicas (biomoléculas) compuestas por cadenas lineales de aminoácidos. Atendiendo a sus propiedades físico-químicas, se pueden diferenciar y clasificar en dos tipos de proteínas:

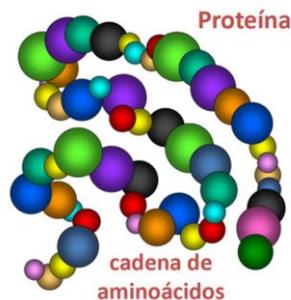
- Proteínas Simples: también conocidas como holoproteidos, estas están formadas únicamente por aminoácidos
- Proteínas conjugadas: también conocidas como heteroproteidos, además de estar formadas por aminoácidos, están acompañados de proteínas derivadas y sustancias diversas, formadas por el desdoblamiento y desnaturalización de las anteriores

Las proteínas son indispensables para la vida, en especial por tres de sus funciones más importantes:

- Función Plástica: componen el 80% del protoplasma de toda célula
- Función Biorreguladora: forman parte de las enzimas
- Función de Defensa: los anticuerpos están constituidos por proteínas

Además de las funciones citadas anteriormente, las proteínas son indispensables para el crecimiento del organismo y desempeñan muchas funciones diferentes, como: Estructural (colágeno), contráctil (miosina y actina), enzimática (sacarasa), homeostática (mantenimiento del pH actuando como tapón químico), inmunológica (anticuerpos), producción de costras, transducción de señales, protectora.

ILUSTRACIÓN 1: ESTRUCTURA PROTEICA



(Fuente: imágenes Google estructuras proteínas)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **Grasas:**

La grasa es una sustancia lipídica, una sustancia orgánica y por lo general sólida a temperatura ambiente localizada en el tejido adiposo y en diferentes partes del cuerpo de un animal.

La grasa se compone por ácidos grasos y glicerina. Acilglicéridos ésteres donde de uno a tres ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina, formando así monoglicéridos, diglicéridos o triglicéridos, aunque el tipo más común son los triglicéridos, diferenciando las grasas (triglicéridos sólidos a temperatura ambiente) y los aceites (triglicéridos líquidos a temperatura ambiente).

### **Tipos de grasas:**

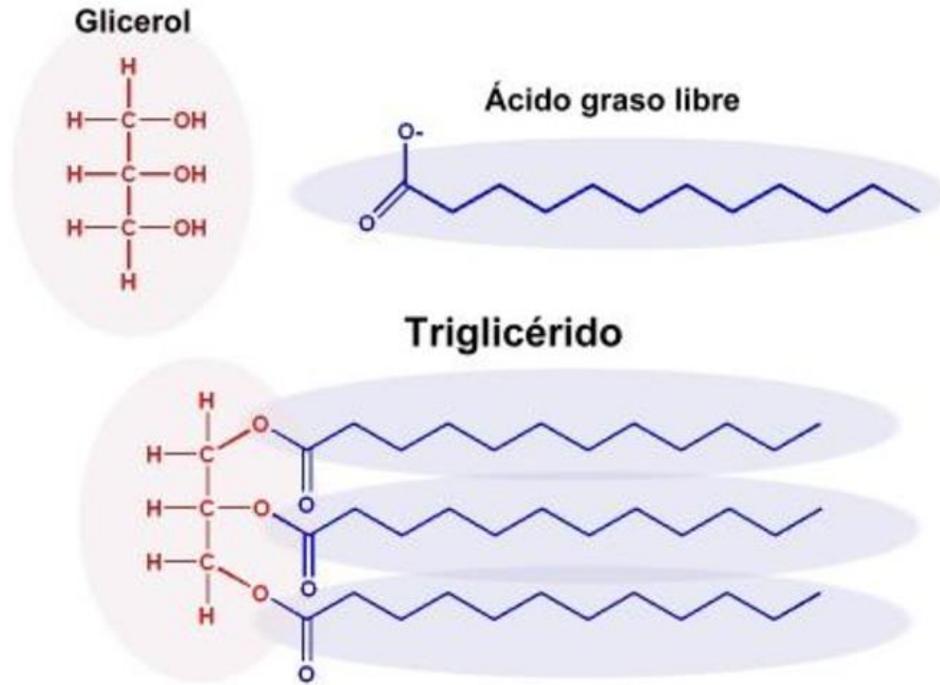
- **Grasas Saturadas:** grasa sólida a temperatura ambiente, por lo general formadas por ácidos grasos saturados. En su mayor parte este tipo de grasas son de origen animal (tocino, sebo) aunque también se encuentran en productos de origen vegetal como aceite de coco, manteca del cacao etc.
- **Grasas Insaturadas:** conocidas como aceites, son un tipo de grasa líquida a temperatura ambiente. Por lo general formadas por ácido oleico, estas tienen una gran cantidad de propiedades beneficiosas para el organismo. Las grasas insaturadas se pueden dividir en grasas monoinsaturadas y polinsaturadas.
- **Grasas Trans:** este tipo de grasas las podemos encontrar en manteca vegetal, margarina... Su proceso de obtención es a partir de la hidrogenación de los aceites vegetales, transformándose de grasas insaturadas a grasas saturadas. Por lo general son perjudiciales para el organismo por diversos factores y propiedades que se les atribuyen.

### **Funciones:**

- Aportan gran cantidad de energía
- Componen el panículo adiposo para la protección contra el frío
- Sirven de protección y de sujeción de órganos como el corazón

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ILUSTRACIÓN 2: ESTRUCTURA TRIGLICÉRIDO



(Fuente: imágenes Google estructura triglicérido)

## **2.2. Uso de proteínas y grasas en la industria del “Petfood”. Contexto económico**

La grasa de origen animal y la proteína de origen animal en forma de carne es uno de los principales ingredientes para la fabricación de piensos para animales domésticos como perros y gatos.

Hasta aproximadamente los años 80 se utilizaba la proteína de origen animal obtenida a partir de rumiantes en la fabricación de piensos para la alimentación de rumiantes, tales como: vacas, ovejas, ganado en general. Sin embargo, a partir de los años 80, tras ser detectadas evidencias concluyentes de que la encefalopatía espongiforme bovina estaba siendo causada por el consumo de estos piensos, se paralizó su consumo en rumiantes. La existencia de priones proteínicos desarrolla enfermedades de tipo nervioso como es el caso de la tembladera en animales de ganadería. Este hecho hizo que las proteínas de origen animal (harinas de carne) se extinguiese de los canales de alimentación de rumiantes y que fuese profundamente vigilada en animales domésticos como perros y gatos.

Se estima que en la actualidad son cuatro las empresas que controlan aproximadamente un 82% del mercado mundial de alimentos para animales de compañía, con una cifra en 2007 de unos 46 mil millones de dólares solo en piensos para perros y gatos. Estas empresas son: Procter & Gamble, Nestle, Mars y Colgate-Palmolive.

Los principales exportadores de pienso para animales de compañía son Francia, Estados Unidos y Países Bajos, cuyas cifras ascienden a 993, 786 y 511 millones de dólares respectivamente. Por contra los principales países importadores del mundo son Japón, Alemania y Reino Unido con cifras que ascienden a 718, 617 y 563 millones de dólares.

Los alimentos para animales de compañía están compuestos de materia vegetal o animal destinado únicamente al consumo de mascotas. De forma habitual se venden en supermercados y en tiendas de mascotas y por lo general es específico en función del tipo de animal, como comida para perros o comida para gatos. Un alto porcentaje de la carne que se utiliza para animales domésticos es el subproducto de la industrial de la alimentación humana y por tanto deja de ser considerado como grado humano.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

### **3. VALGRA S.A.**

Valgrasa S.A. es una Sociedad Anónima fundada en 1986 como extensión de una empresa familiar Miguel Cases Ros.

Una empresa dedicada a la elaboración y posterior comercialización de grasas y proteínas animales (harinas de carne) para la alimentación de animales de cebo y para la producción de piensos para animales de compañía, biodiesel, acuicultura y fertilizantes para el campo.

Hoy en día se sitúa como una de las empresas líder como proveedor de las más reconocidas firmas nacionales, líderes en sus respectivos campos.

Valgrasa S.A. está situada en Beniparrell (Valencia), pero además tienes plantas intermedias en COX (Alicante) y Cartagena (Murcia). Teniendo como área de actividad natural, la provincia de Teruel, Murcia, La Comunidad Valenciana y Castilla La Mancha.

#### **3.1. Productos ofertados por VALGRA S.A.**

Para introducirnos en el tipo de empresa que es VALGRA S.A. a continuación se detallan los tipos de productos que en sus instalaciones se producen y que ofrecen a sus clientes.

##### **GRASA ANIMAL 3-5º**

Grasa mezcla de origen animal con un grado de acidez en torno a 3-5º.

Producto obtenido de la transformación de subproductos tras separar la parte porteica y purificar mediante un proceso físico la grasa obtenida.

La composición del producto puede variar en función de las características de la materia prima procesada. Para este producto se establecen los siguientes valores:

- Acidez: Valores entre 3-5º Oleico
- Valor impurezas inferior al 0,15%
- Contenido de humedad < 0,7%
- Peróxidos < 5 meqO<sub>2</sub>/kg
- Color: miel
- Contenido de Dioxinas y PCBs similares inferior a 2,0 ng EQT

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

- Parámetros microbiológicos: ausencia de Salmonella, ausencia de Clostridium y recuento total de Enterobacterias  $< 10^1$  ufc/g
- El producto se considera estable durante los primeros 90 días tras la fecha de fabricación

La grasa animal se obtiene a partir de una mezcla de especies, por tanto se define como Grasa Animal Mixta, con unos porcentajes de 37% porcino, 60% rumiantes y 3% aves.

Este tipo de grasa es destinada a la fabricación de pienso. No es apta para el consumo humano.

*ILUSTRACIÓN 3: GRASA ANIMAL*



(Fuente: Valgra S.A.)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**MANTECA DE CERDO**

Manteca de cerdo con un grado de acidez en torno a 1º.

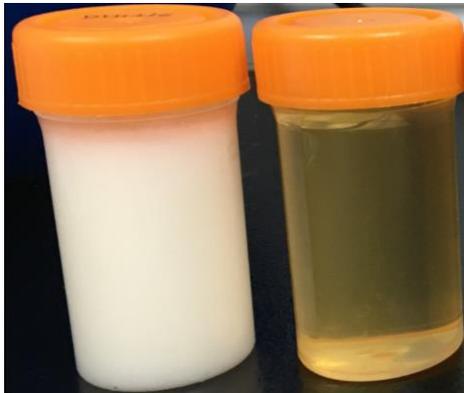
Producto obtenido de la transformación de subproductos tras separar la parte proteica y purificar mediante un proceso físico la grasa obtenida.

La composición del producto puede variar en función de las características de la materia prima procesada. Para este producto se establecen los siguientes valores:

- Acidez: 0-1º Oleico
- Contenido en Humedad < 0.7%
- Peróxidos <5 meqO<sub>2</sub>/kg
- Color: blanco nieve
- Olor: tocino
- Contenido de Dioxinas y PCB's similares inferior a 2,0 ng EQT
- Parámetros microbiológicos: ausencia de Salmonella, ausencia de Clostridium y recuento total de Enterobacterias <10<sup>1</sup>ufc/g
- El producto se considera estable durante los primeros 90 días tras la fecha de fabricación

La manteca de cerdo está compuesta por un 100% porcino. Este tipo de manteca es destinada a la fabricación de pienso. No es apta para el consumo humano.

*ILUSTRACIÓN 4: MANTECA DE CERDO*



(Fuente: Valgra S.A.)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**PROTEINA ANIMAL TRANSFORMADA (PAT) 50**

Proteína animal transformada 50% mezcla.

Producto obtenido de la transformación del subproducto tras eliminar la parte de la fracción grasa, moler el chicharro resultante de la esterilización y pasar por la etapa de cribado. Presenta una homogeneidad en cuanto al color marrón claro.

La composición del producto es variable en función de las características de la materia prima procesada. Se establecen los siguientes valores medios:

- Humedad < 3%
- Proteínas 50-56%
- Grasa 12-16%
- Cenizas 26-31%
- Índice de peróxidos < 8 meqO<sub>2</sub>
- Parámetros microbiológicos: ausencia de Salmonella, ausencia de Clostridium y recuento total de Enterobacterias < 10<sup>1</sup> ufc/g
- El producto se considera estable durante los primeros 90 días tras la fecha de fabricación

La PAT se obtiene a partir de la mezcla de especies, por tanto se define como mezcla. Los porcentajes aproximados de cada especie son 60% porcino, 37% rumiante y 3% ave.

Este tipo de proteína es destinada a la fabricación de petfood. No apta para el consumo humano.

*ILUSTRACIÓN 5: HARINA DE CARNE (50)*



(Fuente: Valgra S.A.)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**PROTEINA ANIMAL TRANSFORMADA (PAT) 60**

Proteína animal transformada 50% mezcla.

Producto obtenido de la transformación del subproducto tras eliminar la parte de la fracción grasa, moler el chicharro resultante de la esterilización y pasar por la etapa de cribado. Presenta una homogeneidad en cuanto al color marrón claro.

La composición del producto es variable en función de las características de la materia prima procesada. Se establecen los siguientes valores medios:

- Humedad < 3%
- Proteínas 57-65%
- Grasa 12-14%
- Cenizas 20-25%
- Índice de peróxidos < 8 meqO<sub>2</sub>
- Parámetros microbiológicos: ausencia de Salmonella, ausencia de Clostridium y recuento total de Enterobacterias < 10<sup>1</sup> ufc/g
- El producto se considera estable durante los primeros 90 días tras la fecha de fabricación

La PAT se obtiene a partir de la mezcla de especies, por tanto se define como mezcla. Los porcentajes aproximados de cada especie son 60% porcino, 37% rumiante y 3% ave.

Este tipo de proteína es destinada a la fabricación de petfood. No apta para el consumo humano.

*ILUSTRACIÓN 6: HARINA DE CARNE (60)*

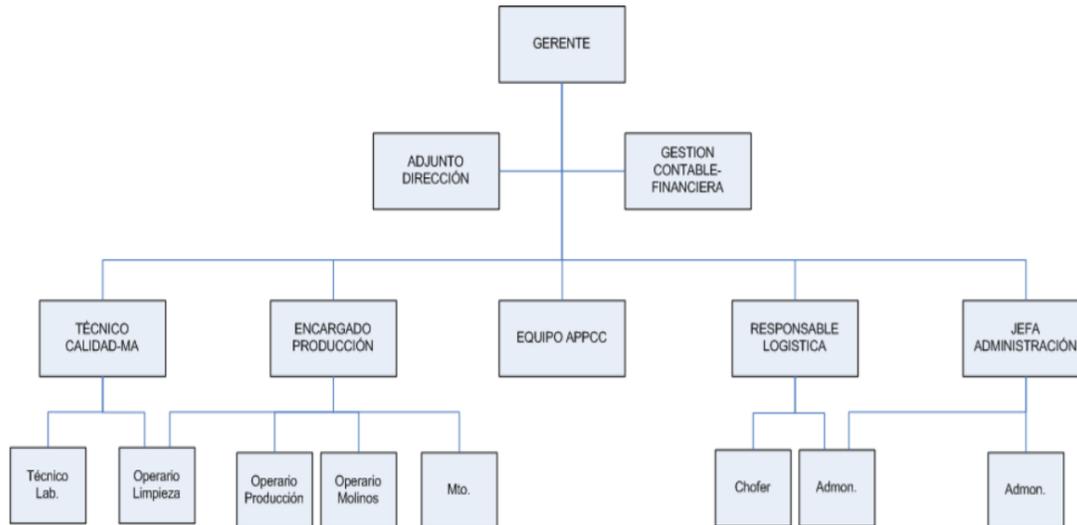


(Fuente: Valgra S.A.)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

### 3.2. Organigrama

*ILUSTRACIÓN 7: ORGANIGRAMA VALGRA S.A.*



(Fuente: Valgra S.A.)

Principales responsabilidades de los diferentes cargos en la empresa:

#### Operario de Producción

- Operar y controlar los distintos equipos de producción de acuerdo a lo establecido en el presente procedimiento

#### Encargado de Producción

- Supervisión del correcto funcionamiento de los distintos equipos de producción
- Coordinación de los operarios de producción

#### Técnico Calidad-MA

- Control analítico de producto acabado y grasa comprada

#### Gerente

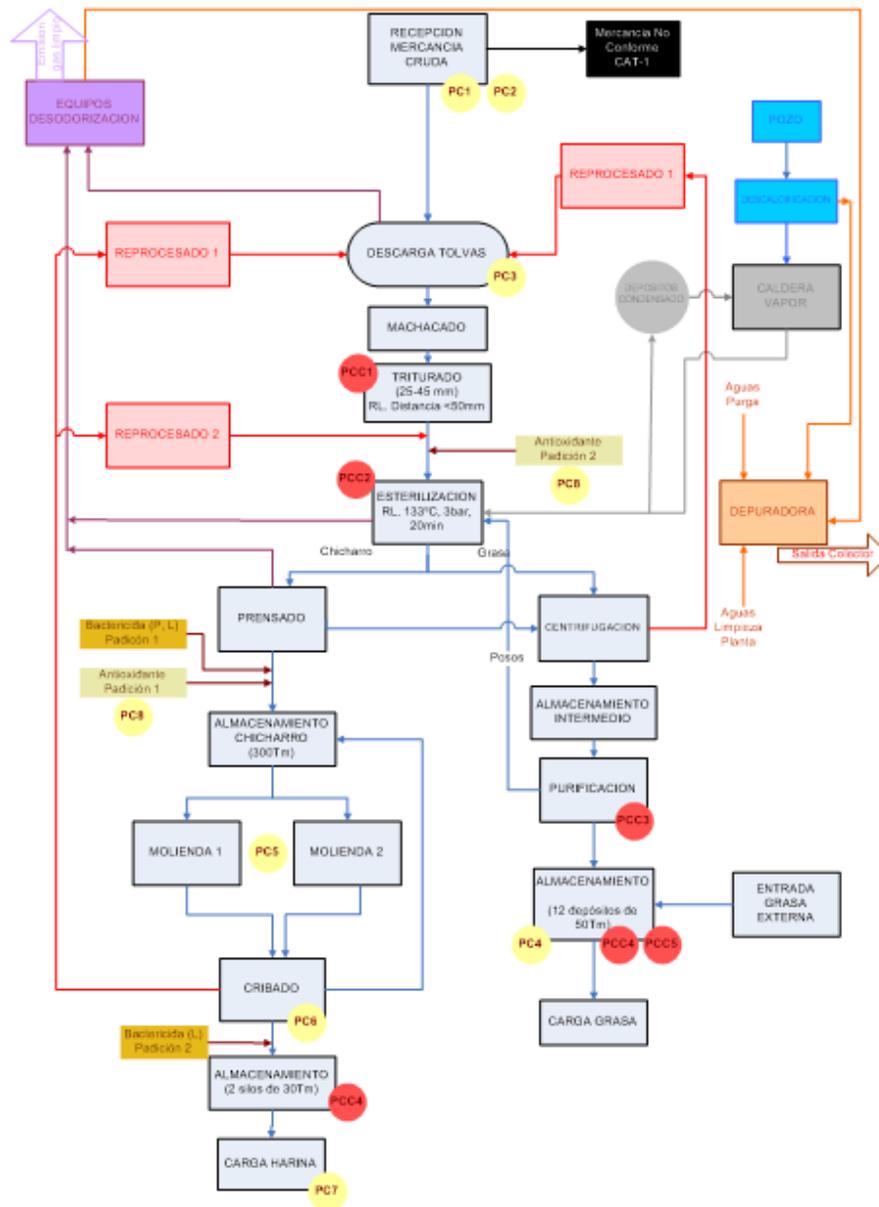
- Facilitar los recursos necesarios para la aplicación de lo establecido en el presente procedimiento.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

### 3.3. Diagrama de flujo y descripción del proceso productivo

A continuación, se observa el diagrama de flujo del proceso productivo que se lleva a cabo en la planta industrial para la obtención de grasa y proteína de origen animal.

ILUSTRACIÓN 8: DIAGRAMA DE FLUJO



(Fuente: Valgra S.A.)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**Descripción de las etapas del proceso productivo:**

**DISMINUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA**

Mediante el accionamiento mecánico de los sinfines de transporte, el material descargado en las tolvas de entrada se lleva hasta el machacador donde se realiza un primer desmenuzado basto.

*ILUSTRACIÓN 9: MACHACADOR*



(Fuente: Valgra S.A.)

Posteriormente pasa al triturador, donde se consigue que el tamaño de partícula sea inferior a 50 mm, como exige la legislación en el método 1.

*ILUSTRACIÓN 10: TRITURADOR*



(Fuente: Valgra S.A.)

Se ha establecido un control diario de la distancia entre dientes del triturador para garantizar el tamaño de partícula (Punto de Control Crítico)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **DIGESTIÓN Y ESTERILIZACIÓN**

Los operarios de transformación realizarán sucesivas cargas/descargas de los tres digestores discontinuos con la mercancía triturada previamente. En este punto se produce adición de antioxidante (Punto de adición nº 2).

*ILUSTRACIÓN 11: DIGESTORES*



(Fuente: Valgra S.A.)

En cada ciclo se controla el cumplimiento de los parámetros establecidos en la legislación para el método 1, en concreto:

- Presión: 3 bares
- Temperatura: 133°C
- Tiempo de procesado: 20 minutos.

En el caso de ocurrir alguna incidencia durante el ciclo que impida alcanzar los valores indicados, la mercancía no será descargada y se volverá a tratar.

Cada ciclo queda registrado automáticamente en papel milimetrado donde se puede supervisar los valores de tiempo, presión y temperatura alcanzados (Punto de Control Crítico).

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Cada uno de los digestores es calentado gracias a la utilización de vapor saturado que circula por el encamisado del mismo, el cual es producido a su vez por una de las dos calderas de gas natural que dispone la empresa.

El tratamiento en los digestores permite alcanzar tres objetivos:

- Deshidratar el material
- Esterilizar el material
- Separación de la fracción grasa y la fracción proteica (chicharro).

Cada fracción es sometida a un tratamiento diferente hasta obtener el producto final.

## **TRATAMIENTO DE FRACCIÓN PROTEICA (CHICHARRO) PARA OBTENCIÓN DE HARINAS**

### **Prensado y almacenamiento del chicharro**

Con el fin de extraer la grasa presente en el chicharro se realiza una fase de prensado. De este modo se obtiene un chicharro con muy bajo contenido en grasas (10-14%). La grasa extraída se envía a la línea de grasas, a la etapa de centrifugado.

A la salida de la prensa se adiciona al chicharro aditivo bactericida (punto de adición nº 1) y aditivo antioxidante (punto de adición nº 1).

El chicharro es almacenado en una tolva de 300 Tm.

### **Molienda, Cribado y Almacenamiento**

De la molienda del chicharro se obtiene la harina de carne. En la imagen mostrada a continuación se pueden observar los dos molinos presentes en la nave.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

*LUSTRACIÓN 12. MOLINOS (PROCESO DE MOLIENDA)*



(Fuente: Valgra S.A.)

La harina se somete a un proceso de cribado que permite obtener productos de distinta calidad en función de la malla de cribado.

*ILUSTRACIÓN 13: CRIBAS (PROCESO DE CRIBADO)*



(Fuente: Valgra S.A.)

El rechazo se reprocesa bien por descarga en las tolvas bien en la etapa de digestión-esterilización.  
A la salida del cribado y previamente a su almacenado en dos silos de 30 Tm, se añade aditivo bactericida (punto de adición nº 2).

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ILUSTRACIÓN 14: SILO HARINA DE CARNE



(Fuente: Valgra S.A.)

### **TRATAMIENTO FRACCIÓN GRASA**

La grasa obtenida tras la digestión-esterilización junto con la que se obtiene del prensado del chicharro se somete inicialmente a un proceso de centrifugado para eliminar impurezas (partículas proteicas denominadas posos).

ILUSTRACIÓN 15: CENTRIFUGA



(Fuente: Valgra S.A.)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

La grasa pasa entonces a un depósito intermedio desde donde se bombea a dos decantadores que realizan una purificación más fina también mediante centrifugación. De este modo se consigue que el nivel de impurezas en el producto final sea inferior al 0,15 %, como exige la legislación aplicable.

*ILUSTRACIÓN 16: DECANTADORES*



(Fuente: Valgra S.A.)

Los posos separados en centrifugación y purificación (decantadores) se reintroducen en las tolvas y en la etapa de esterilización-digestión, respectivamente.

La grasa una vez purificada se almacena en depósitos verticales de capacidad 50.000-60.000 litros.

### **3.4. Distribución en planta**

La distribución en planta se encuentra en los planos del Anexo 3.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

#### **4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto se orienta al desarrollo de un nuevo diseño de iluminación natural para la planta industrial a estudiar. Dicho proyecto trata de realizar un sistema de iluminación energéticamente eficiente para una de las naves de la planta industrial de VALGRA S.A. situada en el polígono industrial de Beniparrell.

Por consiguiente, se describe de forma breve los seis pasos que se van a llevar a cabo a lo largo del proyecto:

- Estudio general de la planta industrial
- Planteamiento de propuestas
- Modelado y simulación
- Análisis de los resultados
- Selección de la propuesta optima
- Presupuesto y análisis económico

En primer lugar, es necesario realizar un estudio minucioso de la planta en la que se realizará el sistema de iluminación natural. Todas las características de la planta, localización, geometría, distribución en planta, actividades que se realizan, productos elaborados, el proceso productivo, la distribución en planta... serán vitales para realizar un correcto diseño y simulación de un sistema de iluminación natural energéticamente eficiente y que se adapte a todas las necesidades requeridas.

Posteriormente, se dará comienzo a la generación de propuestas que satisfagan los niveles de iluminación que la nave requiere. Diferentes propuestas atendiendo a los parámetros y requerimientos pertinentes.

Una vez planteadas dichas propuestas se llevará a cabo el modelado y simulación de cada una de las propuestas planteadas. Por consiguiente, a partir de los resultados de las simulaciones de las diferentes propuestas se realizará un análisis exhaustivo de cada una de ellas.

Seguidamente se dará comienzo a la selección de la propuesta que mejor se adapte a las necesidades requeridas por la nave.

Por último, se obtendrá un presupuesto para la instalación de la propuesta seleccionada con su pertinente análisis económico, buscando la eficiencia energética y el ahorro económico que dicha implementación supondrá para la empresa.

## 5. ILUMINACIÓN

La eficiencia en el diseño de iluminación de una nave industrial o cualquier construcción no solo conlleva un consumo óptimo de energía, sino que permite un correcto rendimiento de los trabajadores en el desarrollo de sus funciones, disminuyendo el cansancio y la fatiga de estos.

Un correcto nivel de iluminación en los puestos de trabajo supone importantes ventajas físicas y económicas, donde se garantiza una disminución de riesgos para la salud del trabajador y la seguridad estableciendo un confort visual.

Los niveles medios de iluminación se establecen teniendo en cuenta el tipo de actividad a desarrollar, dependiendo de la dificultad para la percepción visual, influenciada por el tiempo, la distancia del objeto observado y su tamaño. Además, es necesario tener en cuenta diversos factores como los deslumbramientos y la uniformidad, ya que pueden afectar al correcto desarrollo de las actividades del trabajador y a su seguridad.

La norma UNE 12464.1.1 reúne y detalla los valores de iluminación recomendados según el tipo de actividad industrial y para oficinas. También se especifican y establecen condiciones mínimas de seguridad y salud en la ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo OGSHT, no en vigor actualmente.

### 5.1. Tipos de iluminación

Se diferencian tres tipos principales de iluminación en función del origen o la procedencia de la luz utilizada.

- **Iluminación natural:** es la emitida por la luz diurna proveniente del sol, aprovechada por medios de aberturas con la finalidad de maximizar y garantizar un confort visual. Un tipo de iluminación con ciertas ventajas con respecto a la artificial, siendo la que menor fatiga visual genera, la más económica y además permite distinguir colores sin variaciones.
- **Iluminación artificial:** es la emitida por una fuente artificial, utilizada en horarios nocturnos y en zonas localizadas de baja iluminación natural.
- **Iluminación mixta:** tipo de iluminación generada por la combinación de iluminación natural e iluminación artificial.

# DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

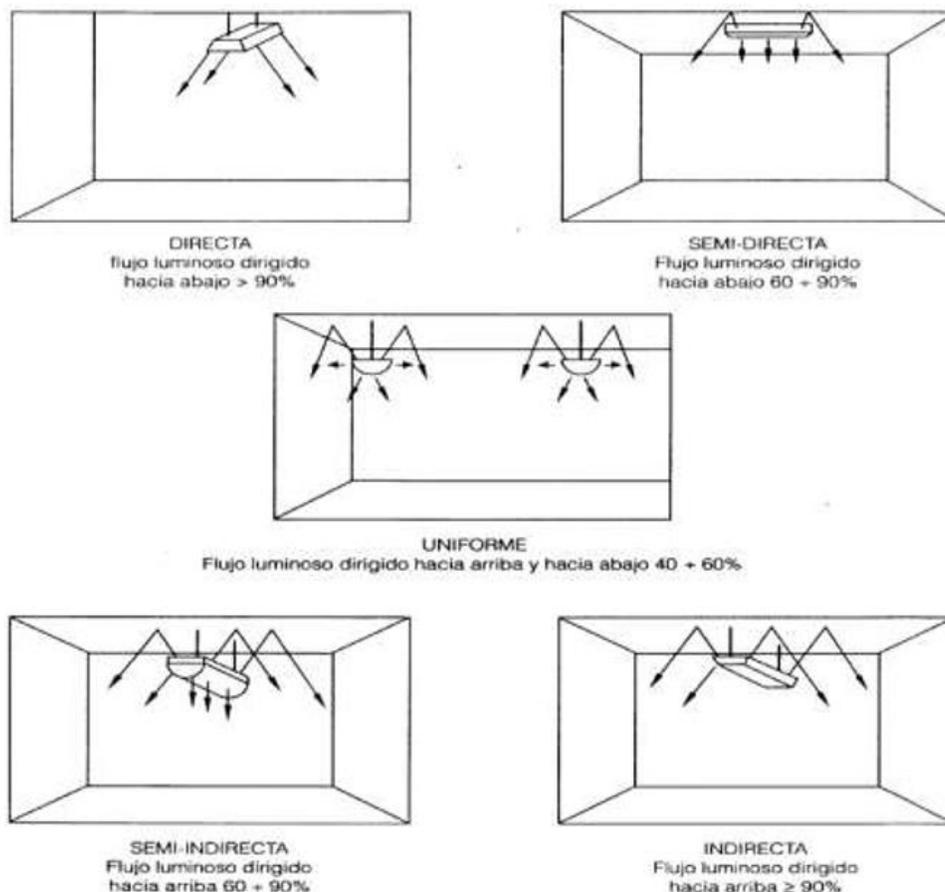
Por otro lado, en función de la zona a iluminar se distinguen dos tipos de iluminación:

- **Iluminación general:** la totalidad de la superficie donde se desarrolla la actividad obtiene la iluminación repartida de forma uniforme.
- **Iluminación localizada:** zonas localizadas iluminadas de forma específica en función de la actividad a desarrollar, debido a no recibir suficiente luz por iluminación general.

## 5.1.1. Iluminación artificial

En iluminación artificial se distinguen diferentes formas de colocación y distribución de las luminarias, afectando así al porcentaje de luz reflejada. Además, en función de la potencia de la luminaria se alcanzará un nivel de iluminación.

ILUSTRACIÓN 17: TIPOS DE ILUMINACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS



(Fuente: Apuntes Poliformat Construcción y Arquitectura Industrial)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

### **5.1.2. Iluminación natural**

Toda actividad, en especial industrial, en la cual un trabajador desarrolle una labor, mientras las condiciones lo permitan se deberá efectuar con la luz procedente del sol. Sin embargo, solo cuando por medio de la iluminación natural no se alcancen las exigencias de iluminación para la actividad a desarrollar, se hará uso del alumbrado por medio de iluminación artificial.

La iluminación natural presenta una gran cantidad de ventajas, tanto económicas como psicológicas y fisiológicas, afectando de forma contundente a la seguridad y salud del trabajador, favoreciendo su rendimiento de forma considerable.

Con la finalidad de conseguir aprovechar al máximo la luz diurna, hay que tener en cuenta diversos factores como el tipo de cubierta y cerramiento, o la forma y volumen de la nave iluminar, ya que serán factores que afectarán a la distribución de las aberturas.

En función de las características del edificio y actividades que se llevan a cabo, se dispondrá de un tipo de ubicación y tipo de abertura:

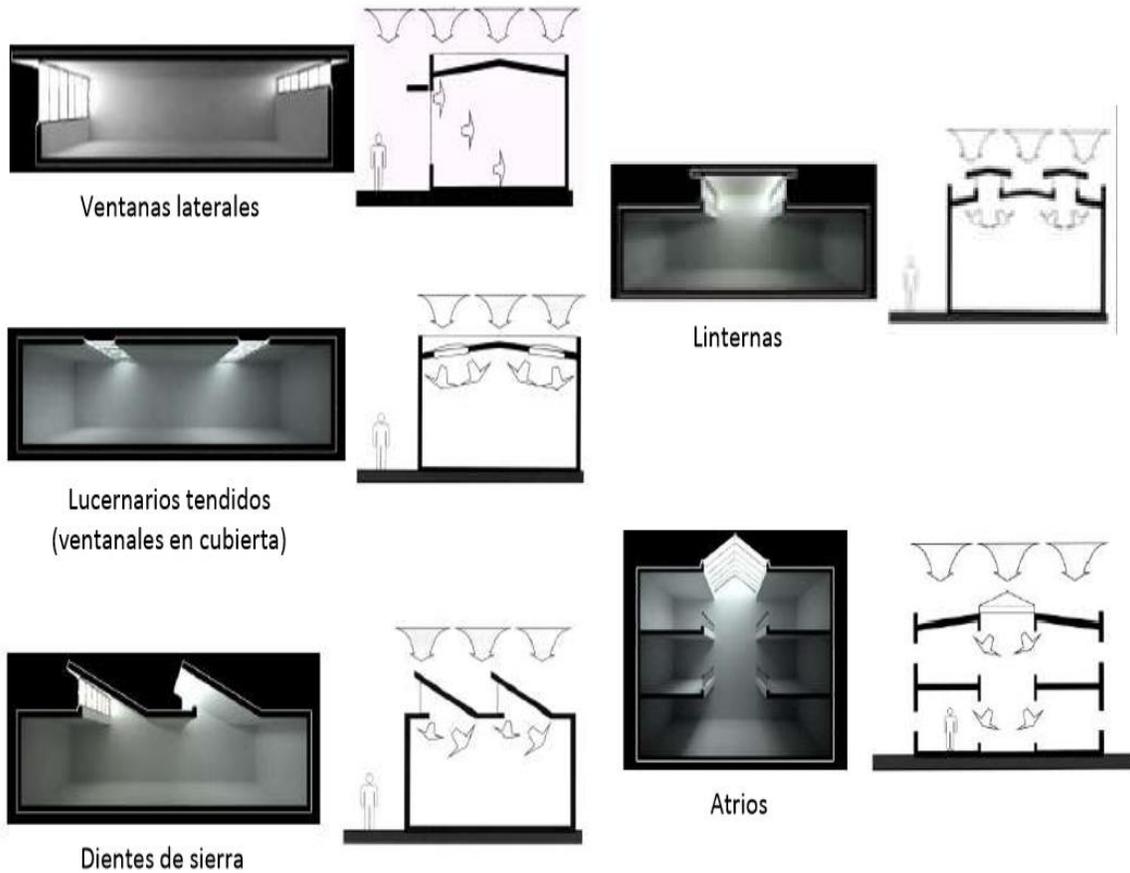
- **Lateral:** las aberturas se verán localizadas en las fachadas o cerramientos laterales, con lo que los puntos con mayor radiación directa recibida serán los más próximos a las ventanas. La proporción de radiación difusa aumentará a medida que nos alejemos de las ventanas, disminuyendo así la proporción de radiación directa.
- **Cenital:** las aberturas estarán localizadas en la cubierta. Con ello se garantiza una distribución más uniforme de la luz con respecto al plano de trabajo, disminuyendo las posibilidades de deslumbramiento.
- **Combinada:** combinación de aberturas laterales y cenitales.

Para evitar deslumbramientos, la iluminación recibida en el lugar de trabajo debe de tener un ángulo superior a 30º con respecto a la horizontal.

La existencia de edificios contiguos, la posición geográfica o cambios en la meteorología, influirán en el tipo de luz, directa cuyo origen es la bóveda celeste o difusa, originada por su reflexión en edificios o cualquier objeto.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ILUSTRACIÓN 18: TIPOS DE ILUMINACIÓN NATURAL



(Fuente: Apuntes Poliformat Construcción y Arquitectura Industrial)

## 5.2. Requerimientos de planta

El primer paso a seguir para llevar a cabo el diseño de iluminación natural consiste en la determinación de los parámetros que se deberán cumplir. Para ellos se hace uso de la legislación y la normativa vigente que reúne los requisitos luminotécnicos que se deben cumplir en las áreas de trabajo. Dichos parámetros se detallan a continuación:

- **Valor medio de iluminación en el plano de trabajo ( $E_m$ ):** luxes (lúmenes/m<sup>2</sup>) hace referencia al nivel de iluminación media que se debe cumplir en las áreas de trabajo en función de la actividad que se vaya a desarrollar. Dichos valores están recogidos en la Norma Europea sobre Iluminación para Interiores (UNE-EN 12464.1).

La iluminación interior en un punto ( $E_i$ ) hace referencia al nivel de iluminación situado a 0,85 m del suelo en el plano horizontal. Con dicho valor se obtendrá el valor de iluminación horizontal media interior ( $E_m$ ).

- **Uniformidad de la iluminación ( $E_{min}/E_{max}$ ):** a partir de este valor se puede garantizar la uniformidad lumínica en el plano de trabajo, siempre y cuando el cociente de la relación entre las iluminaciones horizontales mínimas y las iluminaciones horizontales máximas tiendan a uno. Por el contrario si dicho valor tiende a cero, la uniformidad en el plano de trabajo no queda garantizada, produciéndose contrastes de luz en este.
- **Deslumbramientos:** los deslumbramientos se darán siempre y cuando los haces de luz incidan sobre el plano horizontal con un ángulo inferior a 30º sobre la altura del ojo del trabajador.

## 5.3. Métodos de cálculo

A continuación, se detalla el método de cálculo llevado a cabo para realizar el estudio de iluminación. El método analítico, la situación de aberturas y la eficiencia energética son puntos cruciales para realizar un correcto diseño del sistema de iluminación natural en la nave industrial.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

### 5.3.1. Método analítico

Ya definidos los parámetros requeridos, tales como el nivel medio de iluminación en el interior de la nave y el nivel de iluminación exterior, el siguiente paso es determinar la superficie necesaria de aberturas.

A partir de este método basado rendimiento de Dr. Fruhling y adaptado a las características de las edificaciones industriales, fundamentado en la norma DIN 5034, se calcula una aproximación de la superficie de aberturas necesaria.

A partir de la expresión que se muestra a continuación, se calcula dicha superficie:

$$E_m = E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta \cdot \frac{S_v}{S_s} \quad (1)$$

Donde:

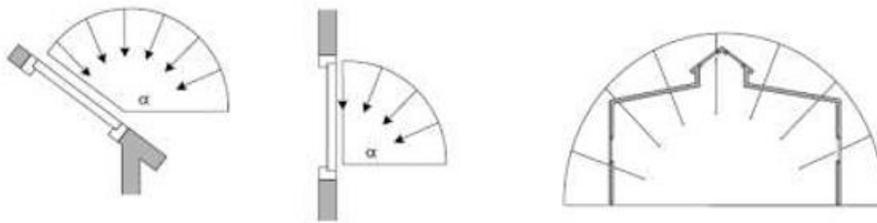
- **E<sub>m</sub>**: nivel de iluminación horizontal media deseada en el interior.
  - **E<sub>a</sub>**: nivel de iluminación horizontal en el exterior.
  - **f**: factor de ventana.
  - **f'**: factor característico de reducción de ventana-muro.
  - **η**: rendimiento del recinto.
  - **S<sub>s</sub>**: superficie de suelo del recinto.
  - **S<sub>v</sub>**: superficie de ventanas
- 
- **Nivel de iluminación horizontal interior (E<sub>m</sub>)**: se obtiene a partir de la ecuación (1).
  - **Nivel de iluminación horizontal exterior (E<sub>a</sub>)**: se asume un valor de 300 luxes (nivel de iluminación difusa sobre la superficie horizontal) para los sistemas de iluminación de edificaciones. Cabe destacar que el día de máxima oscuridad del año (10 de Diciembre a las 9:00) en Valencia, se alcanzan valores en torno a 2998,6 luxes con cielo cubierto, por lo tanto al asumir un valor de 300 luxes se están considerando condiciones conservadoras de iluminación.
  - **Factor de ventanas (f)**: Se obtiene a partir de la ecuación que se muestra a continuación. Dicho parámetro puede tomar valores de 0,5 a 1, 1 para lucernarios horizontales y 0,5

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL**

para ventanas en fachadas verticales. Este factor tiene en cuenta la reducción de bóveda celeste que es captada por una ventana dependiendo de la disposición de la nave.

$$f = \frac{\alpha}{180} \quad (2)$$

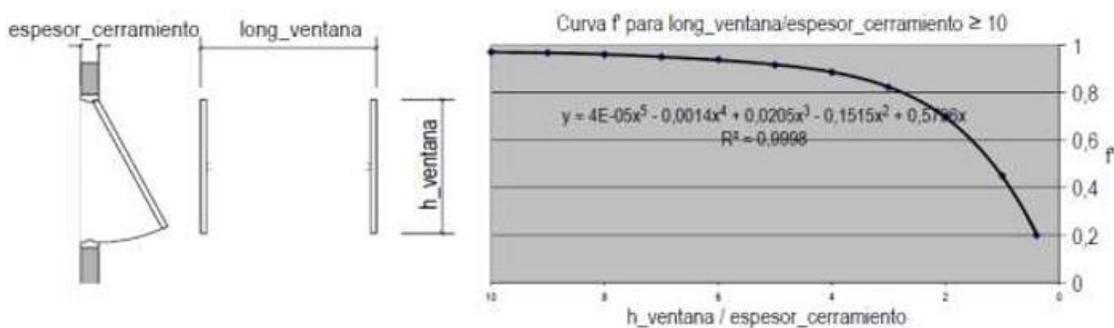
*ILUSTRACIÓN 19: FACTOR DE VENTANA*



(Fuente: Apuntes Poliformat Construcción y Arquitectura Industrial)

- **Factor característico de reducción de ventana-muro (f')**: para este factor se asumen valores en torno a 1 en el caso de edificios industriales. El factor característico tiene en cuenta la posibilidad de reducción de la radiación del sol debido al grosor de cerramiento de la fachada.

*ILUSTRACIÓN 20: FACTOR DE REDUCCIÓN VENTANA/MURO*

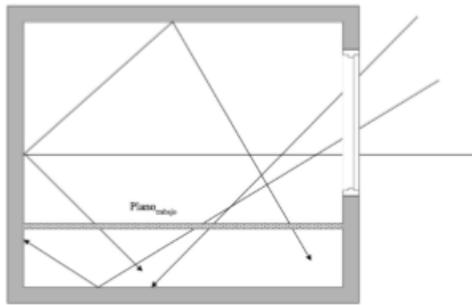


(Fuente: Apuntes Poliformat Construcción y Arquitectura Industrial)

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

- **Rendimiento del recinto ( $\eta$ ):** se asumen valores en torno al 40-50% para recintos con forma rectangular. Dicho rendimiento está relacionado con el factor de la reflexión de la nave y hace referencia a una proporción de flujo luminoso que incide en forma de radiación directa sobre el plano de trabajo, la radiación sobrante incide sobre las diferentes superficies de la nave.

ILUSTRACIÓN 21: REFLEXIONES EN UN LOCAL



(Fuente: Apuntes Poliformat Construcción y Arquitectura Industrial)

- **Superficie de suelo del recinto ( $S_s$ ):** hace referencia a la superficie total que se necesita iluminar.
- **Superficie de ventanas ( $S_v$ ):** se obtiene mediante la ecuación que se muestra a continuación, obtenida al despejar  $S_s$  de la ecuación (1). Este valor hace referencia a la superficie tanto de ventanas como de lucernarios necesarias para aproximarse al nivel de iluminación requerido, sin embargo, con este valor no queda garantizado el nivel de iluminación requerido.

$$S_v = \frac{E_m \cdot S_s}{E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta} \quad (3)$$

### **5.3.2. Situación de aberturas**

La situación de aberturas, es decir la colocación y disposición de lucernarios y ventanas en la nave que se pretende iluminar, es un aspecto muy importante para conseguir un correcto sistema de iluminación, optimizando el diseño y consiguiendo una adecuada uniformidad a lo largo del plano de trabajo.

Para realizar una correcta distribución tanto de ventanas como de lucernarios hay que tener en cuenta una serie de indicaciones que se detallan a continuación:

- Para maximizar la iluminación y conseguir una correcta uniformidad, es aconsejable mantener las ventanas centradas en la pared escogida y evitar colocarlas de forma adyacente a una de las paredes.
- Se recomienda mantener una distancia de 1,5 metros como mínimo desde el borde del cristal a la pared y que los machones entre ventanas no supere  $\frac{1}{4}$  de la anchura de estas, para evitar alterar la uniformidad de iluminación en el plano de trabajo.
- Siempre que sea posible las ventanas se colocaran a una altura considerable ya que con ello se consigue una mayor uniformidad y se reducen las posibilidades de producirse deslumbramientos.
- Por último, se debe seguir una simetría y uniformidad a la hora de colocar las ventanas y lucernarios en la nave a iluminar, ya que existe la posibilidad de que la nave cambie de propietario y/o de actividad.

### **5.3.3. Eficiencia energética**

Una vez han sido determinados los valores del nivel medio de iluminación necesario, calculada la superficie de abertura y se ha realizado la simulación del ambiente lumínico en planta, se procede a realizar el cálculo de eficiencia energética. Para llevar a cabo la verificación se hace uso del Código Técnico de la Edificación (CTE), el cual obliga siempre que sea posible alcanzar los niveles necesarios el aprovechamiento de la luz natural.

En primer lugar, se lleva a cabo el cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) en cada zona, verificando que no se supera el valor límite establecido. Por consiguiente, se realiza una comprobación de la existencia de un sistema de regulación y control que optimice el aprovechamiento de luz natural. Para finalizar, se comprueba la existencia de un plan adecuado de mantenimiento.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (4)$$

Donde:

- **P:** potencia de la lámpara más el equipo auxiliar (W)
- **S:** superficie iluminada (m<sup>2</sup>)
- **E<sub>m</sub>:** iluminación media mantenida (lux)
- **VEEI:** eficiencia de la instalación por cada 100 lux (W/m<sup>2</sup>)

En función del parámetro 'k' se determina el número de puntos que se deben considerar como mínimo en el cálculo de la iluminancia media (E<sub>m</sub>). dicho parámetro se obtiene a partir de la ecuación (5), mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (5)$$

Donde:

- **L:** longitud del local
- **A:** anchura del local
- **H:** distancia del plano de trabajo a las luminarias

Por último, se muestra la relación entre el número de a considerar en función de los valores obtenidos del parámetro 'k':

*TABLA 1: NÚMERO PUNTOS MÍNIMOS EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO K*

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Valores de k	Número de puntos
$K > 1$	4
$2 > k > 1$	9
$3 > k > 2$	16
$K > 3$	25

## **6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL**

En función de la posición del sol a lo largo del año, la luz que proviene de la bóveda celeste sufre variaciones constantes y debido a estas variaciones se conseguirá un grado de aprovechamiento dependiendo de la ubicación de la nave industrial. La localización de la nave industrial afectará a la incidencia de los rayos del sol.

La nave industrial en la cual se va a realizar el estudio de iluminación natural está situada en la localidad de Beniparrell, provincia de Valencia, latitud 39º N y longitud -0,41. En Valencia 4930 horas de las 8760 horas que tiene un año, son de luz y de estas, 3416 tienen un nivel de iluminación difusa igual o superior a 3000 luxes. Con estos datos se concluye que solo durante el 69,23% del total de las horas de luz el sistema de iluminación natural podrá utilizarse.

El presente diseño de iluminación natural se va a realizar en la nave de almacenamiento de grasas y de proteína (harina de carne), donde a su vez se realiza la última etapa de producción de harinas, encontrándose la molienda y el cribado con sus correspondientes detectores de metales.

### **6.1. Establecimiento de los requerimientos de la planta**

$$E_m = \frac{\sum E_{m\_zona} \cdot S_{zona}}{S_s} \quad (6)$$

Donde:

- $E_m$ : nivel de iluminación media horizontal requerida en el interior.
- $E_{m\_zona}$ : nivel de iluminación medio requerido en cada zona de actividad.
- $S_{zona}$ : superficie ocupada por cada zona de actividad.
- $S_s$ : superficie a iluminar.

A partir de la norma UNE 12464.1 se obtienen los valores de iluminación media necesaria para cada zona en función de la actividad que se desarrolle en dicha zona.

*ILUSTRACIÓN 22: NIVELES MEDIOS DE ILUMINACIÓN, UNE 12464.1*

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ -	$U_o$ -	$R_s$ -	Requisitos específicos
5.8.1	Secado	50	28	0,40	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
5.8.2	Preparación de materiales; trabajo en hornos y mezcladores	200	28	0,40	40	
5.8.3	Trabajo en máquinas en general	300	25	0,60	80	
5.8.4	Encofrado	300	25	0,60	80	

En función de los valores obtenidos de la norma UNE 12464.1, la nave se divide en dos secciones diferenciadas. Por una parte, tenemos la zona de almacenamiento de grasas y harina con un nivel e iluminación media de 150 lux y otra zona de maquinaria donde se realiza la molienda y cribado de la harina junto con la recogida de muestras, con un nivel de iluminación media de 300 lux. En la tabla que se muestra a continuación se recogen estos valores con sus respectivas zonas.

TABLA 2: NIVEL MEDIO DE ILUMINACIÓN POR ZONAS

ZONA	Em (lux)
ZONA A: Almacenamiento de grasas y harinas (255 m <sup>2</sup> )	150
ZONA B: Molienda y cribado de harinas (maquinaria general) (270 m <sup>2</sup> )	300

Una vez obtenidos los valores de iluminación media para cada zona, se da paso al cálculo del nivel de iluminación media horizontal requerida en el interior ( $E_m$ ), para ello se hace uso de la ecuación (6) mostrada anteriormente. Obteniéndose un valor de 227,14 lux

## 6.2. Estimación de superficies teórica de aberturas

El siguiente paso es obtener la superficie teórica de aberturas, despejando de la ecuación (1), mostrada anteriormente, el término  $S_s$  (superficie de ventanas):

$$E_m = E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta \cdot \frac{S_v}{S_s} \quad (1)$$

Obteniéndose un valor de superficie de aberturas de 93 m<sup>2</sup>. Sin embargo, si se desea realizar un sistema de iluminación que convenga tanto cenitales como ventanas laterales, es necesario realizar una modificación de la ecuación (1), obteniendo la ecuación que se muestra a continuación:

$$E_m = E_a \cdot f' \cdot \eta \cdot \left( f_{lat} \cdot \frac{S_{vlat}}{S_s} + f_{cen} \cdot \frac{S_{vcen}}{S_s} \right) \quad (7)$$

En función del tipo de nave a iluminar y dado que solo existe una fachada lateral donde poder colocar ventanas, se opta por considerar que la superficie de aberturas en forma de lucernarios en la cubierta será el doble que la de ventanas en la fachada lateral. Con este tipo de disposición se garantiza un mayor aprovechamiento de la luz solar dado que en las horas de máxima actividad en la nave el solo se encuentra en los puntos más altos de la bóveda celeste y se evita además la posibilidad de deslumbramientos.

A continuación, se realiza una breve exposición de las propuestas estudiadas con sus respectivos valores y superficies de aberturas necesarias:

- Propuesta 1: Compuesta únicamente por aberturas cenitales.
- Propuesta 2: Compuesta únicamente por aberturas cenitales.
- Propuesta 3: Compuesta por una combinación de aberturas cenitales y laterales
- Propuesta 4: Compuesta únicamente por aberturas cenitales.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Propuesta	$E_m$ (lux)	$E_a$ (lux)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	$f_{lat}$	$f_{ceni}$	$f'$	$\eta$	$S_{lat}$ (m <sup>2</sup> )	$S_{ceni}$ (m <sup>2</sup> )
1	227,14	3000	525	0	0,95	1	0,45	0	92,98
2	227,14	3000	525	0	0,95	1	0,45	0	92,98
3	227,14	3000	525	0,5	0,95	1	0,45	36,8	73,61
4	227,14	3000	525	0	0,95	1	0,45	0	92,98

TABLA 4: SUPERFICIE DE ABERTURAS MÍNIMAS

Propuesta	$S_v$ (m <sup>2</sup> )
1	92,98
2	92,98
3	110,41
4	92,98

### 6.3. Propuestas de sistemas de iluminación natural

Para llevar a cabo el estudio de iluminación natural en la nave industrial seleccionada se hace uso del programa de simulación en 3D Dialux. En primer lugar, se llevará a cabo el modelado de la planta introduciendo los parámetros y características de la nave, además de mobiliario y maquinaria pertinente con el fin de adecuarlos lo mejor posible a la realidad.

Una vez realizada la modelación de la nave se definen ciertas escenas de luz, con sus respectivas horas y fechas, para realizar la simulación en función del tipo de propuesta con su distribución escogida.

Las escenas de luz estudiadas:

- **Invierno:** 21 de diciembre a las 9:00 h
- **Invierno:** 21 de diciembre a las 12:00 h
- **Verano:** 23 de junio a las 12:00 h

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Con estas escenas de luz se pretende conseguir que el sistema de iluminación natural sea lo más eficiente energéticamente posible, ya que si se alcanzan los niveles mínimos de iluminación el día de menos horas de luz solar (21 de diciembre) no será necesaria la utilización de iluminación artificial el resto del año siempre y cuando las condiciones meteorológicas sean favorables. Por el contrario, si no se alcanza un valor de 2000 lux el día de más horas de luz solar al año (23 de junio) no se llegarán a tener niveles excesivos de iluminación el resto del año.

### **6.3.1. Parámetros generales para introducir en Dialux**

A continuación, se muestran los valores de la geometría de la nave introducidos en Dialux y los factores de reflexión de paredes, cubierta y techo.

- Características geométricas de la nave:
  - **Largo:** 35 m
  - **Alto:** 15 m
  - **Ancho:** 8 m
  
- Factores de reflexión de la nave:
  - **Paredes:** 78%
  - **Cubierta:** 78%
  - **Suelo:** 27%

A demás de las características geométricas y de los factores de reflexión, cabe destacar ciertos parámetros necesarios para llevar a cabo la correcta simulación con Dialux. Entre ellos se encuentran los factores de reflexión de los silos, las estanterías y de la maquinaria, en este caso se ha optado por un 78% para los silos, 50% para las estanterías y 48% para la maquinaria tanto para las cribas como para los molinos.

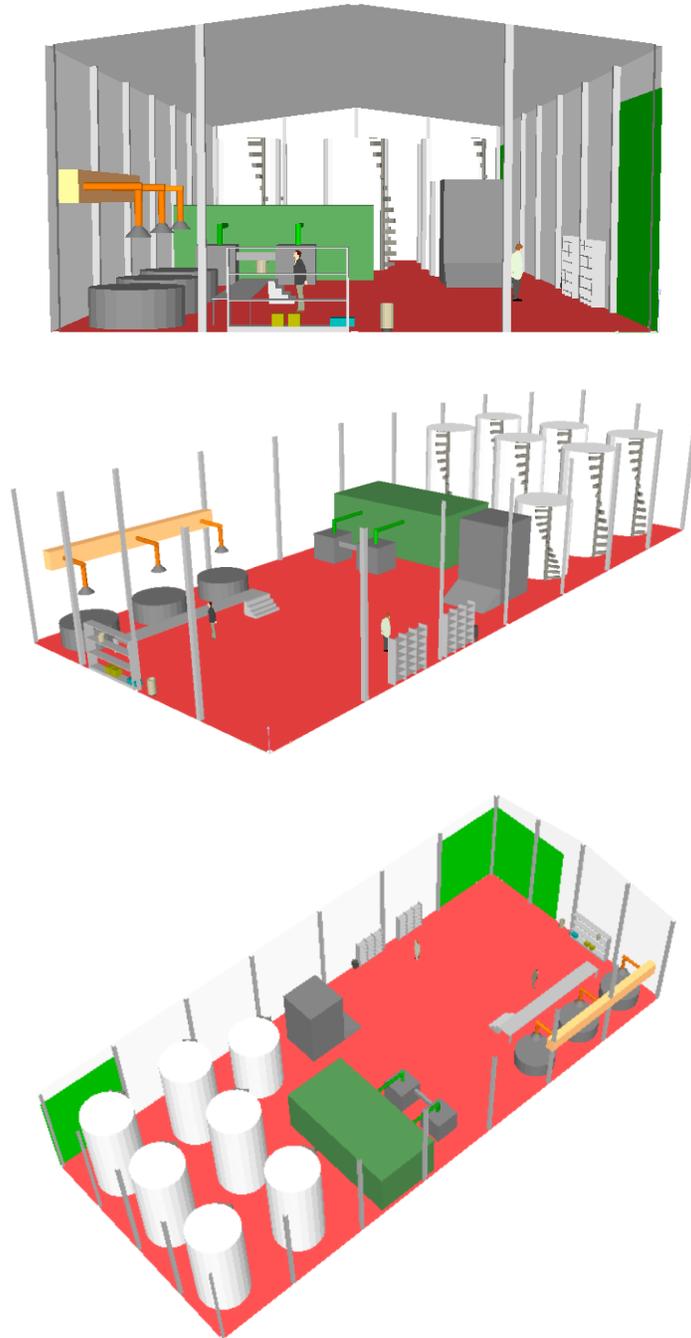
También hay que considerar que al tratarse de un local interior con alta contaminación el factor de degradación del local es de 0,5.

En cuanto a los parámetros definidos según el tipo de aberturas, se fija un grado de transmisión de radiación de 40% y un factor de división de 0.9 al tratarse de ventanas de metal fija.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

A continuación, se muestra el modelado mediante Dialux de la nave en la que se va a realizar el estudio de iluminación natural.

*ILUSTRACIÓN 23: MODELADO 3D NAVE A ILUMINAR*



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

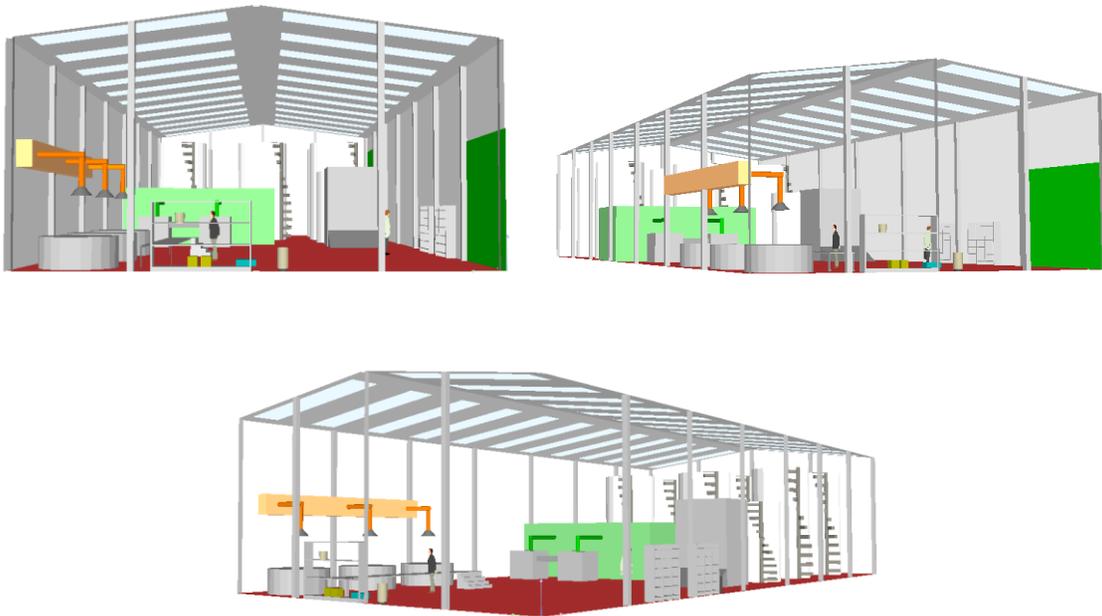
**6.3.2. Propuesta 1**

Para la primera propuesta se ha optado por un sistema de iluminación natural compuesto únicamente por aberturas cenitales. Para alcanzar los niveles de iluminación requeridos ha sido necesario una mayor superficie de aberturas, siendo la superficie teórica de aberturas 92,98 m<sup>2</sup>.

Quedando un sistema de iluminación formado por:

- 24 lucernarios de 1,5 x 4 metros, a lo largo de toda la cubierta. 12 a una parte de la cubierta y 12 a la otra parte, cubriendo una superficie de aberturas de 96 m<sup>2</sup>.

*ILUSTRACIÓN 24: MODELADO PROPUESTA 1*



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

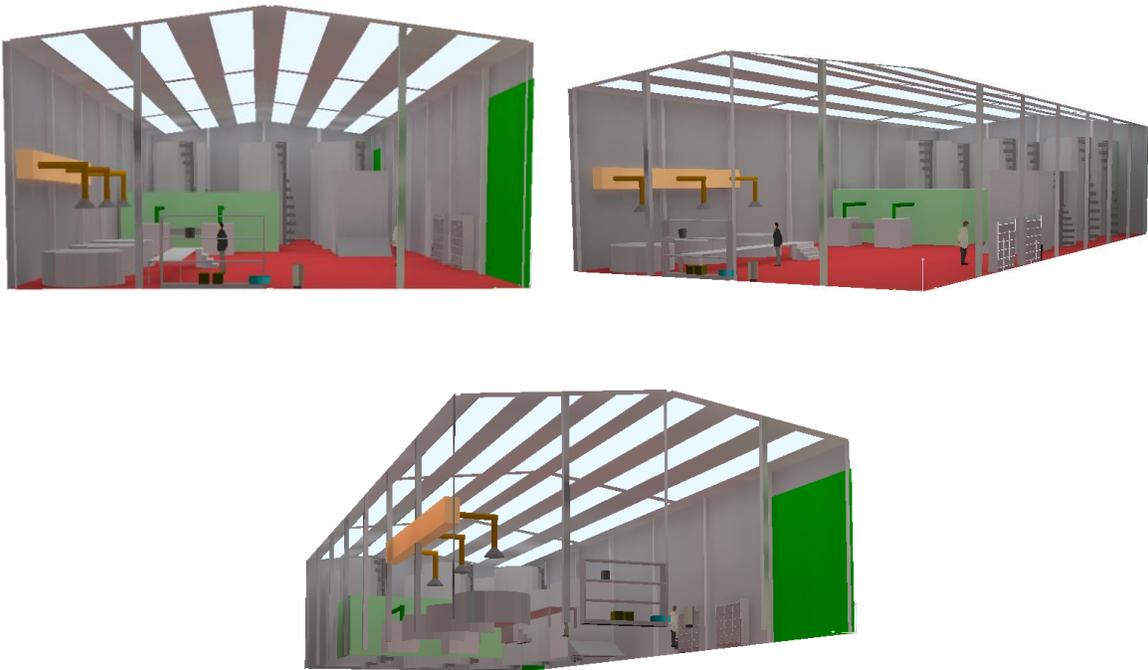
### 6.3.3. Propuesta 2

Para la segunda propuesta se ha optado por un sistema de iluminación compuesto únicamente por lucernarios al igual que la propuesta 1 pero con una disposición diferente. En este caso también ha sido necesario una mayor superficie de aberturas, en forma de lucernarios, para alcanzar los niveles de iluminación requeridos.

Quedando un sistema de iluminación formado por:

- 18 lucernarios de 11 x 1,25 metros, 12 en cada faldón de la cubierta y en perpendicular a los pórticos.

ILUSTRACIÓN 25: MODELADO PROPUESTA 2



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

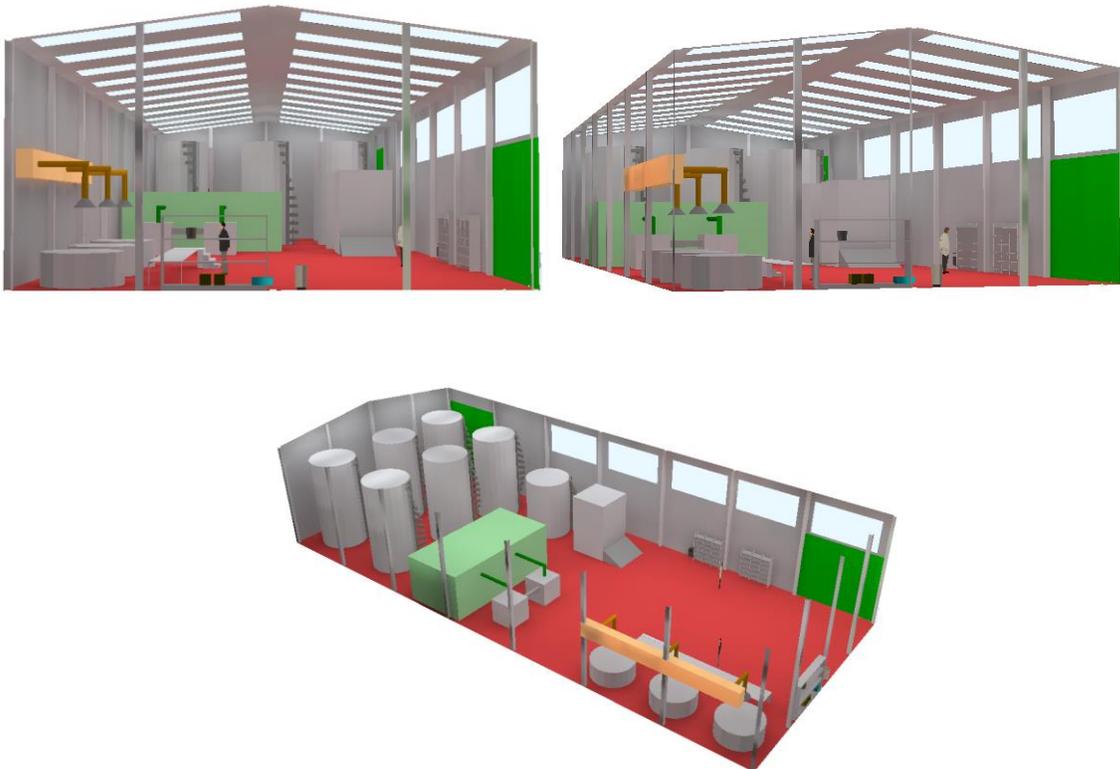
### 6.3.4. Propuesta 3

Para la tercera propuesta se ha optado por una modificación de la propuesta 1, realizando una ampliación mediante la colocación de aberturas laterales en forma de ventanales en la fachada sur. Para alcanzar los niveles de iluminación requeridos se han superado los 110,41 m<sup>2</sup> de superficie de aberturas teórico calculado para un sistema de iluminación natural mixto.

Quedando un sistema de iluminación formado por:

- 24 lucernarios de 1,5 x 4 metros, a lo largo de toda la cubierta. 12 a una parte de la cubierta y 12 a la otra parte, cubriendo una superficie de aberturas de 96 m<sup>2</sup>.
- 5 ventanales de 4 x 2 metros, situados en la fachada sur. Colocados a 4,5 metros de altura y centrados entre pilares.

*ILUSTRACIÓN 26: MODELADO PROPUESTA 3*



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

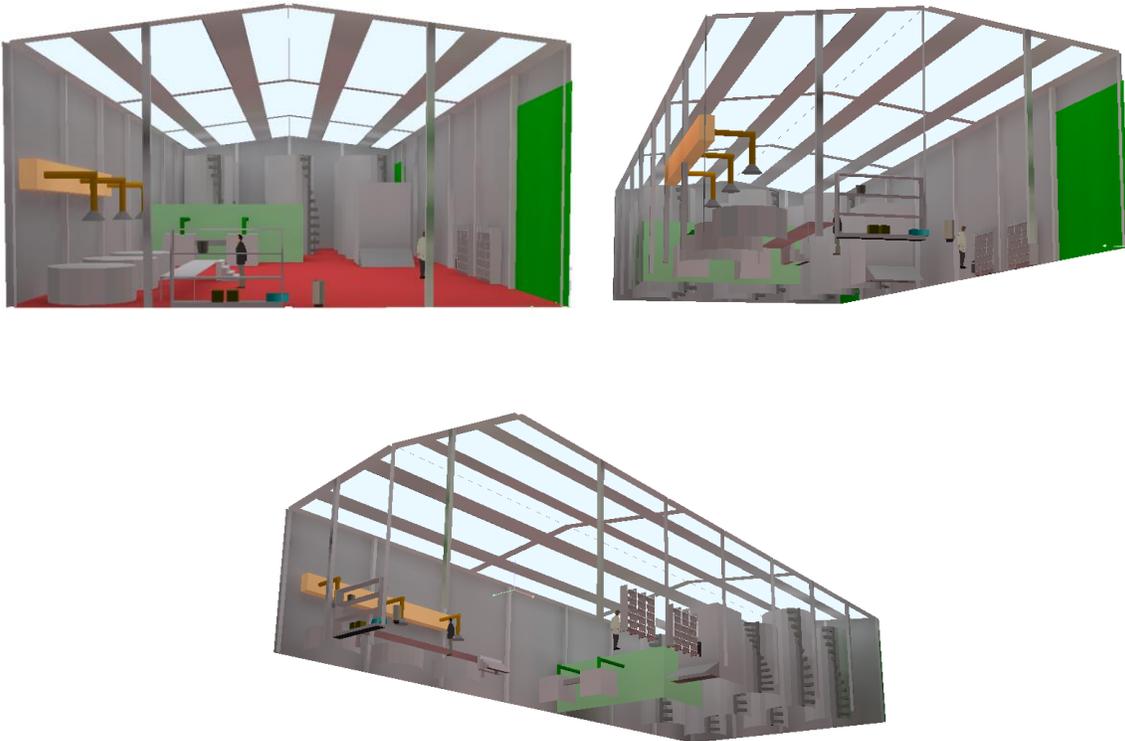
### 6.3.5. Propuesta 4

Para la cuarta y última se ha realizado una modificación de la propuesta 2, aumentando la superficie de aberturas. Formada únicamente por lucernarios, sin modificar la orientación, pero disminuyendo el número de lucernarios y modificando sus dimensiones y su colocación.

Quedando un sistema de orientación formado por:

- 15 lucernarios, 9 de 10,5 x 2,5 metros y 6 de 10,5 x 1,25 metros, perpendiculares a los pórticos y situados 6 en cada faldón y 3 situados en el centro de la cubierta.

*ILUSTRACIÓN 27: MODELADO PROPUESTA 4*



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

#### **6.4. Resultados de las simulaciones**

Una vez planteadas las diferentes propuestas e introducidas todas las características y parámetros de la nave a iluminar, se comienza la simulación con Dialux para las diferentes escenas de luz introducidas.

A partir de los resultados obtenidos mediante dicho software se realiza un análisis exhaustivo para comparar y determinar la propuesta que mejor se adecue a nuestras especificaciones lumínicas, teniendo en cuenta su viabilidad económica y su eficiencia energética.

El software Dialux proporcionará valores de iluminación máxima, mínima y media, además de ciertas relaciones existentes entre estos parámetros.

Para realizar el análisis de cada sistema de iluminación propuestos se realizará una división de la nave por zonas, comentadas anteriormente, atendiendo a las actividades que se desarrollen en ella y por lo tanto con diferentes niveles de iluminación requeridos. En el Plano 3 del Anexo se pueden observar las distintas zonas.

Como se puede observar en dicho plano, en la zona A (maquinaria general, zona de cribado y molienda), se necesita un nivel de iluminación superior a la Zona B (zona de almacenamiento de grasas y harinas en silos), este nivel medio fijado en 300 lux será favorecido por la diafanidad de esa zona debido a la poca altura de las maquinas presentes en esta. Por el contrario, en la Zona B, se observa la poca diafanidad presente debido a la cantidad de silos y la poca distancia entre ellos, además de su altura, sin embargo, favorable por requerir un nivel de iluminación menor, fijado en 150 lux.

Por otra parte, cabe mencionar la necesidad de analizar los posibles deslumbramientos existentes. Este análisis es más complejo ya que el software Dialux no proporciona un valor que indique si se producirán deslumbramientos o no, por eso se realiza un cálculo de la distancia a cada abertura donde el ángulo de incidencia de los rayos de luz sobre la horizontal situado a la altura de los ojos de los trabajadores se encuentre por debajo de 30 grados.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**6.4.1. Resultados de la propuesta 1**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los niveles de iluminación, a partir de la simulación de la propuesta 1 en función de las diferentes escenas de luz:

ILUSTRACIÓN 28: RESULTADOS PROPUESTA 1 GAMA GRISES PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 9:00

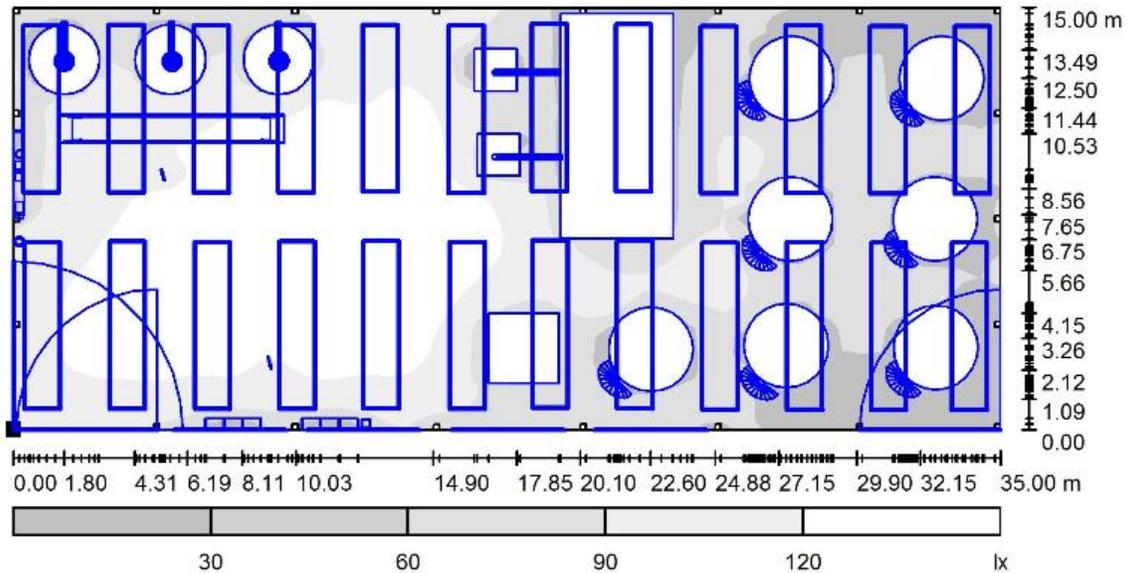
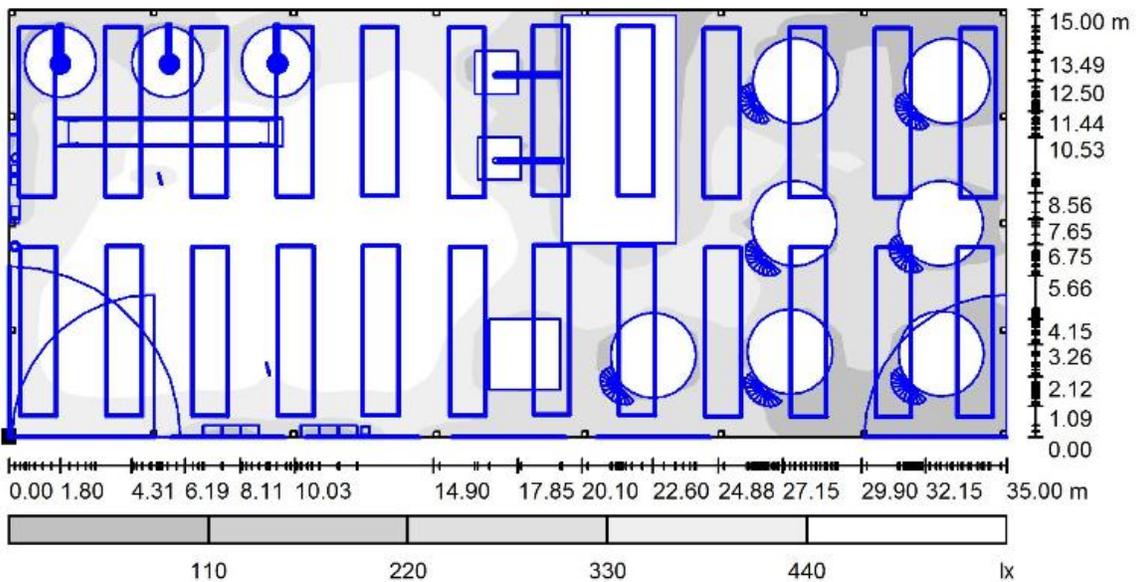
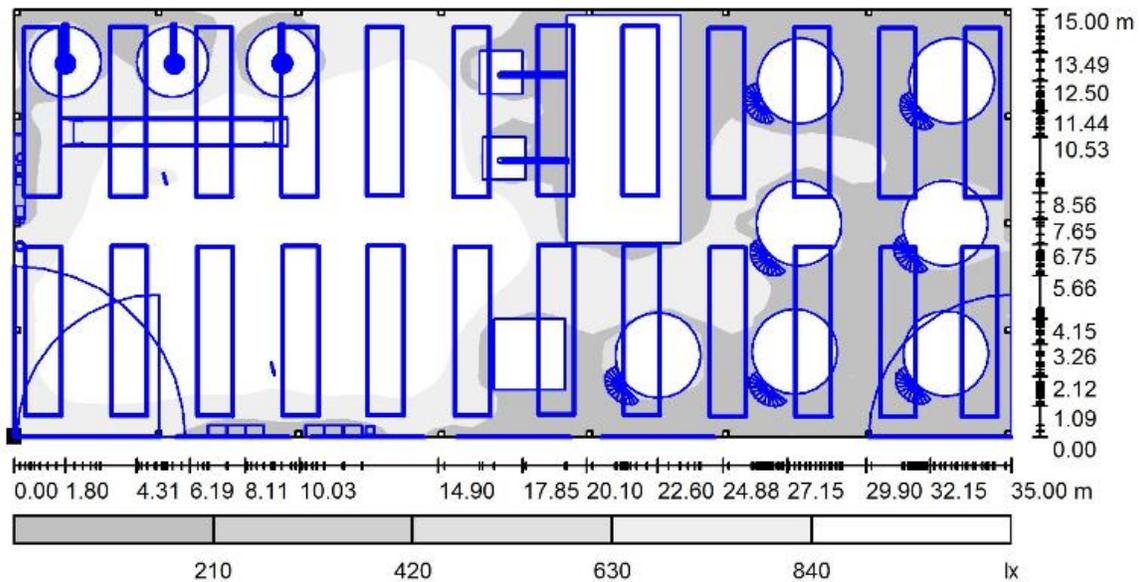


ILUSTRACIÓN 29: RESULTADOS PROPUESTA 1 GAMA GRISES EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 12:00



**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL**

*ILUSTRACIÓN 30: RESULTADOS PROPUESTA 1 GAMA GRIS PARA EL 23 DE JUNIO A LAS 12:00*



*TABLA 5: RESULTADOS DIALUX PARA LA PROPUESTA 1*

ESCENAS DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_m$	$E_{min}/ E_{max}$	Deslumbramientos
<b>21 diciembre - 9:00 h</b>	90	5,47	124	0,061	0,044	Posibles
<b>21 diciembre - 12:00 h</b>	343	21	474	0,061	0,044	Posibles
<b>23 junio - 12:00 h</b>	672	41	930	0,061	0,044	Posibles

En la tabla mostrada se puede observar que la uniformidad de la nave es muy pequeña para las tres escenas de luz, esto se observa analizando el cociente del parámetro “ $E_{min}/ E_{max}$ ”, ya que para valores  $<0,3$  la estancia a iluminar no presenta una buena uniformidad. Esto se debe a que la diferencia entre el nivel mínimo y máximo de iluminación es notablemente grande, como se ha comentado con anterioridad este hecho es debido a la diferencia de diafanidad entre las dos zonas diferenciadas de la nave y la distribución de los objetos en las mismas. Por ello es necesario analizar los niveles de iluminación en función del tipo de zona y la respectiva escena de luz. A continuación, se muestran dichos resultados:

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL**

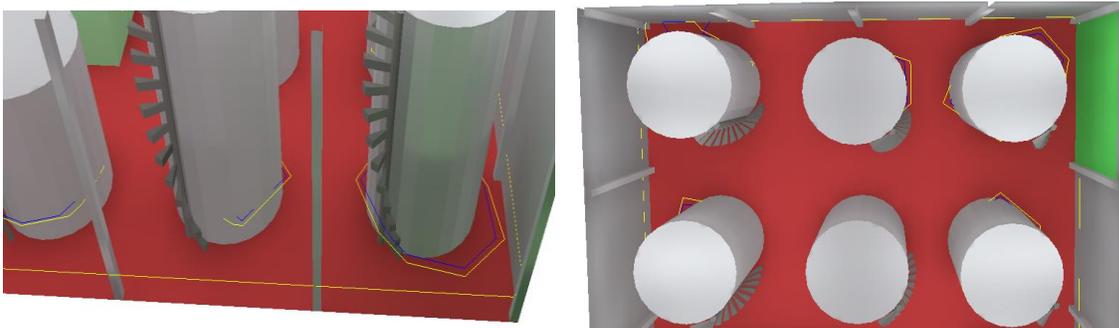
*TABLA 6: RESULTADOS DIALUX POR ZONAS PARA LA PROPUESTA 1*

ZONAS	ESCENA DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_m$	$E_{min}/ E_{max}$
<b>A</b>	21 diciembre - 9:00 h	110	82	123	0,74	0,66
	21 diciembre - 12:00 h	432	317	475	0,73	0,66
	23 junio - 12:00 h	845	621	933	0,73	0,66
<b>B</b>	21 diciembre - 9:00 h	74	35	98	0,47	0,36
	21 diciembre - 12:00 h	283	133	353	0,47	0,38
	23 junio - 12:00 h	549	261	713	0,47	0,37

A partir de los resultados obtenidos del análisis por zonas, se observa una buena uniformidad tanto para la zona A como para la zona B. Mostrando valores por encima de 0,3 para el parámetro “ $E_{min}/ E_{max}$ ”, queda garantizada una correcta uniformidad en ambas zonas.

La elevada diferencia entre los niveles máximos y mínimos de iluminación y por lo tanto niveles de uniformidad baja son debidos zonas con muy baja iluminación, en este caso esas zonas se localizan alrededor de los silos y en las esquinas de la cara este de la nave, como se muestra en la siguiente imagen:

*ILUSTRACIÓN 31: ISOLINEAS PARA LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA*



Las isólinas observables alrededor de los silos muestran las zonas con los niveles más bajos de iluminación de la nave, debido a las sombras producidas por la gran altura de los silos. Con forme nos acercamos a la superficie del silo el nivel de iluminación es inferior como muestra la isólinea de color azul. Cabe destacar que en dicha esquina se encuentra una puerta de 5 metros de

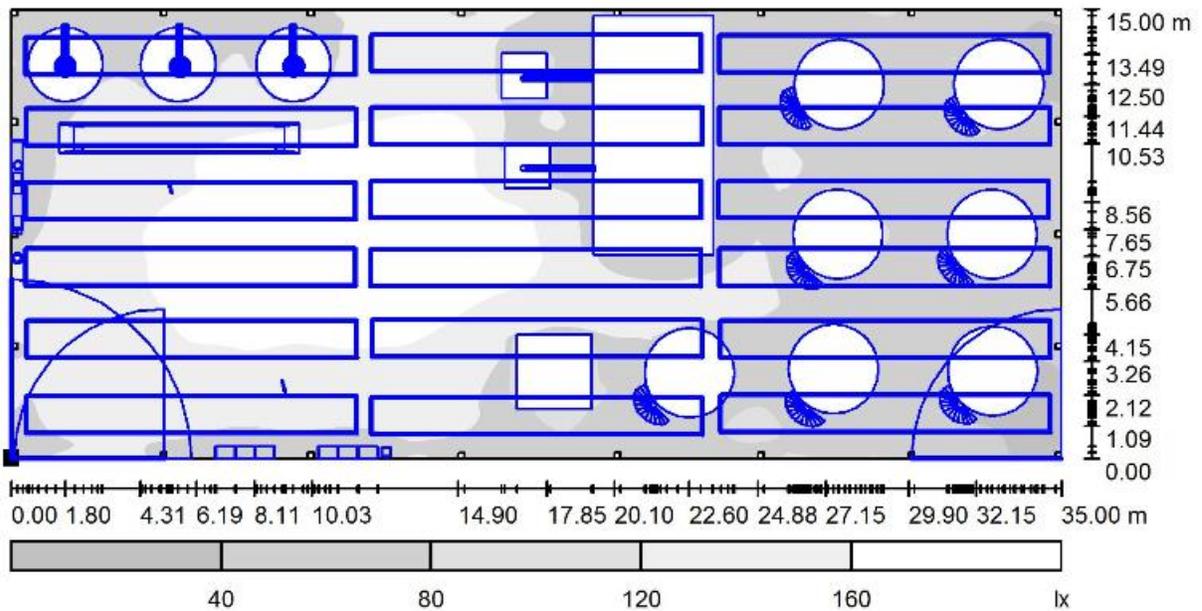
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

anchura por 6 metros de altura la cual da a una nave sin cubierta y además se mantiene abierta durante la actividad diurna de la planta industrial, lo que proporciona un extra de iluminación que da solución a los niveles bajos de iluminación de dicha zona. Por otro lado, para dar solución a los otros niveles de iluminación bajos presentes en los demás silos y en la otra esquina de la nave se colocaría iluminación artificial.

### 6.4.2. Resultados de la propuesta 2

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los niveles de iluminación, a partir de la simulación de la propuesta 2 en función de las diferentes escenas de luz:

*ILUSTRACIÓN 32: RESULTADOS PROPUESTA 2 GAMA GRISES PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 9:00*



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ILUSTRACIÓN 33: RESULTADOS PROPUESTA 2 GAMA GRISES PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 12:00

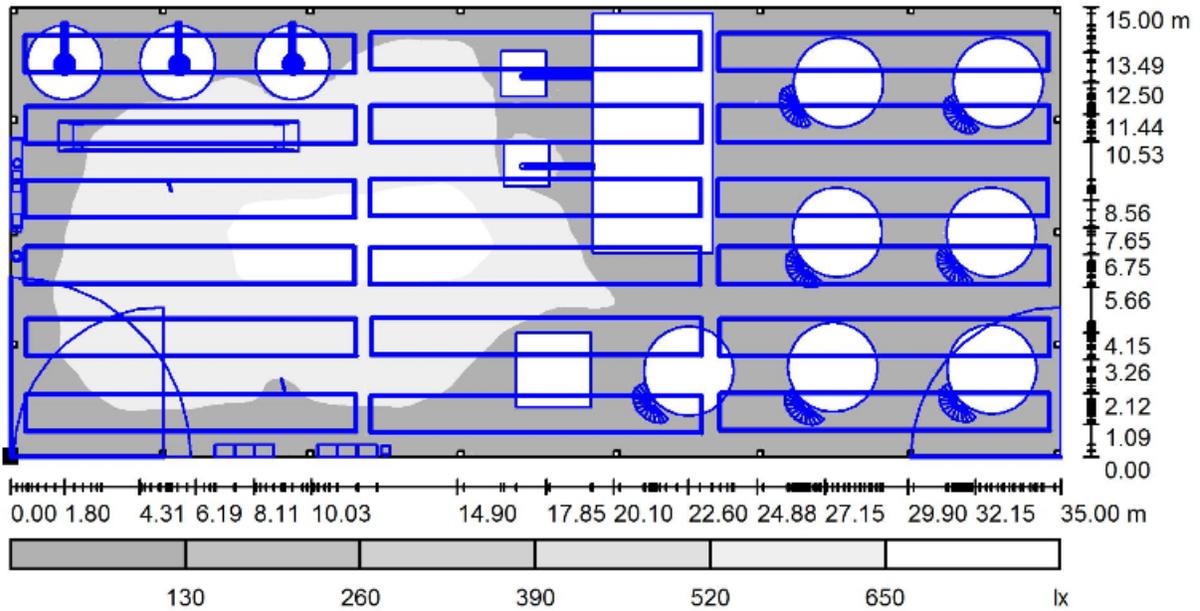


ILUSTRACIÓN 34: RESULTADOS PROPUESTA 3 GAMA GRISES PARA EL 23 DE JUNIO A LAS 12:00

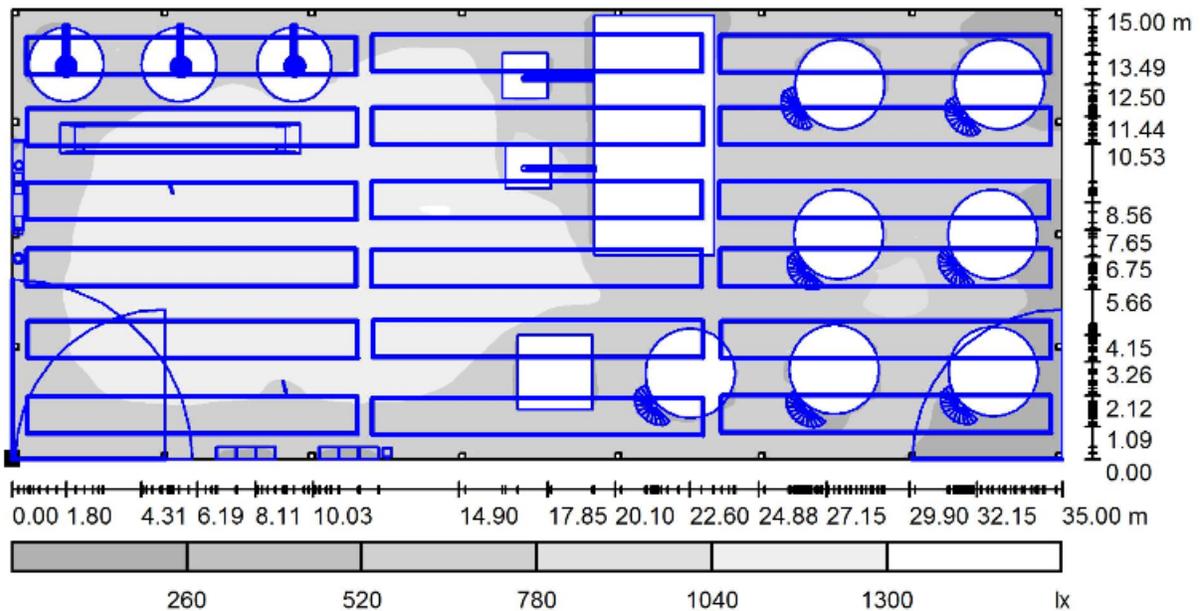


TABLA 7: RESULTADOS DIALUX PARA LA PROPUESTA 2

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ESCENAS DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/E_m$	$E_{min}/E_{max}$	Deslumbramientos
21 diciembre - 9:00 h	122	6,40	174	0,052	0,037	Posibles
21 diciembre - 12:00 h	468	24	666	0,052	0,037	Posibles
23 junio - 12:00 h	918	48	1307	0,052	0,037	Posibles

De nuevo, en la tabla para la propuesta 2 se puede observar que la uniformidad de la nave es muy pequeña para las tres escenas de luz, esto se observa analizando el cociente del parámetro " $E_{min}/E_{max}$ ", ya que para valores  $<0,3$  la estancia a iluminar no presenta una buena uniformidad. Esto se debe a que la diferencia entre el nivel mínimo y máximo de iluminación es notablemente grande, como se ha comentado con anterioridad este hecho es debido a la diferencia de diafanidad entre las dos zonas diferenciadas de la nave y la distribución de los objetos en las mismas. Por ello es necesario analizar los niveles de iluminación en función del tipo de zona y la respectiva escena de luz. A continuación, se muestran dichos resultados:

TABLA 8: RESULTADOS DIALUX POR ZONAS PARA PROPUESTA 2

ZONAS	ESCENA DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/E_m$	$E_{min}/E_{max}$
A	21 diciembre - 9:00 h	159	110	175	0,69	0,63
	21 diciembre - 12:00 h	606	419	668	0,69	0,63
	23 junio - 12:00 h	1167	822	1316	0,7	0,62
B	21 diciembre - 9:00 h	110	79	139	0,72	0,58
	21 diciembre - 12:00 h	372	178	515	0,48	0,35
	23 junio - 12:00 h	774	593	950	0,76	0,62

Como sucede en la propuesta 1, a partir de los resultados obtenidos del análisis por zonas, se observa una buena uniformidad tanto para la zona A como para la zona B. Mostrando valores por encima de 0,3 para el parámetro " $E_{min}/E_{max}$ ", queda garantizada una correcta uniformidad en ambas zonas.

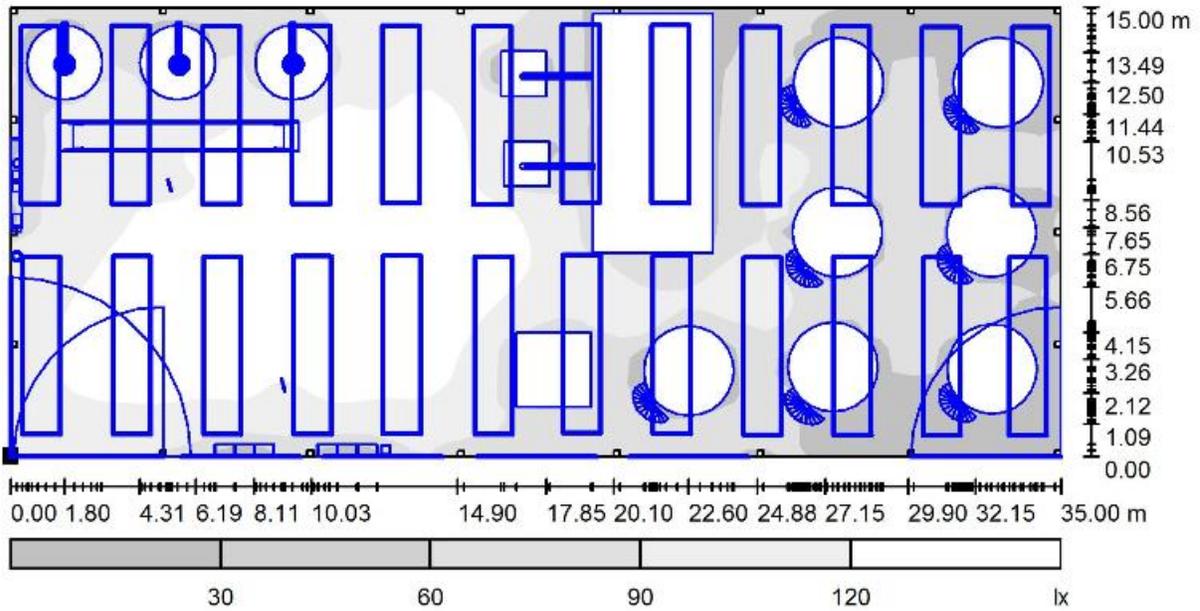
Como se ha comentado anteriormente, la elevada diferencia entre los niveles máximos y mínimos de iluminación y por lo tanto niveles de uniformidad baja son debidos zonas con muy baja iluminación, en este caso esas zonas se localizan alrededor de los silos y en las esquinas de la cara este de la nave

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**6.4.3. Resultados de la propuesta 3**

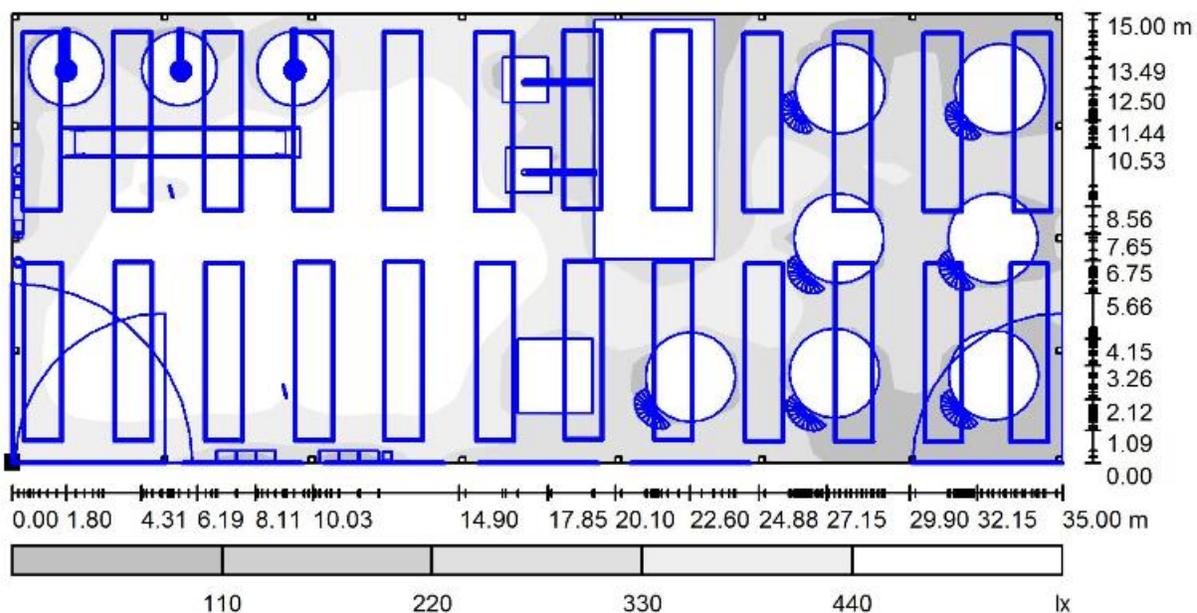
A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los niveles de iluminación, a partir de la simulación de la propuesta 3 en función de las diferentes escenas de luz:

*ILUSTRACIÓN 35: RESULTADOS PROPUESTA 3 GAMA GRISES PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 9:00*

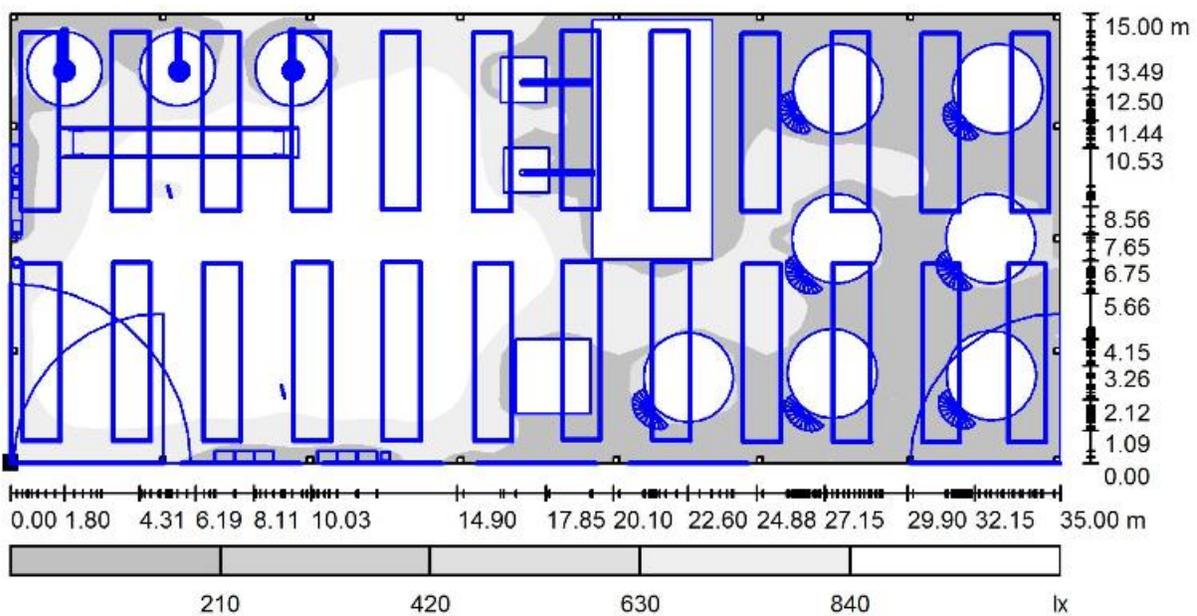


*ILUSTRACIÓN 36: RESULTADOS PROPUESTA 3 GAMA GRISES PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 12:00*

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL



*ILUSTRACIÓN 37: RESULTADOS PROPUESTA 3 GAMA GRIS PARA EL 23 DE JUNIO A LAS 12:00*



*TABLA 9: RESULTADOS DIALUX PARA LA PROPUESTA 3*

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ESCENAS DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_m$	$E_{min}/ E_{max}$	Deslumbramientos
21 diciembre - 9:00 h	96	5,50	140	0,057	0,039	Posibles
21 diciembre - 12:00 h	368	21	536	0,057	0,039	Posibles
23 junio - 12:00 h	722	41	1052	0,057	0,039	Posibles

Para la propuesta 3 también se puede observar que la uniformidad de la nave es muy pequeña para las tres escenas de luz, esto se observa analizando el cociente del parámetro " $E_{min}/ E_{max}$ ", ya que para valores  $<0,3$  la estancia a iluminar no presenta una buena uniformidad. Esto se debe a que la diferencia entre el nivel mínimo y máximo de iluminación es notablemente grande, como se ha comentado con anterioridad este hecho es debido a la diferencia de diafanidad entre las dos zonas diferenciadas de la nave y la distribución de los objetos en las mismas. Por ello es necesario analizar los niveles de iluminación en función del tipo de zona y la respectiva escena de luz. A continuación, se muestran dichos resultados:

TABLA 10: RESULTADOS DIALUX POR ZONAS PARA LA PROPUESTA 3

ZONAS	ESCENA DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_m$	$E_{min}/ E_{max}$
A	21 diciembre - 9:00 h	123	88	141	0,71	0,62
	21 diciembre - 12:00 h	473	337	533	0,71	0,63
	23 junio - 12:00 h	925	662	1058	0,71	0,62
B	21 diciembre - 9:00 h	77	35	99	0,45	0,35
	21 diciembre - 12:00 h	289	134	384	0,46	0,35
	23 junio - 12:00 h	599	418	754	0,69	0,55

Como sucede en las propuestas anteriores, a partir de los resultados obtenidos del análisis por zonas, se observa una buena uniformidad tanto para la zona A como para la zona B. Mostrando valores por encima de 0,3 para el parámetro " $E_{min}/ E_{max}$ ", queda garantizada una correcta uniformidad en ambas zonas.

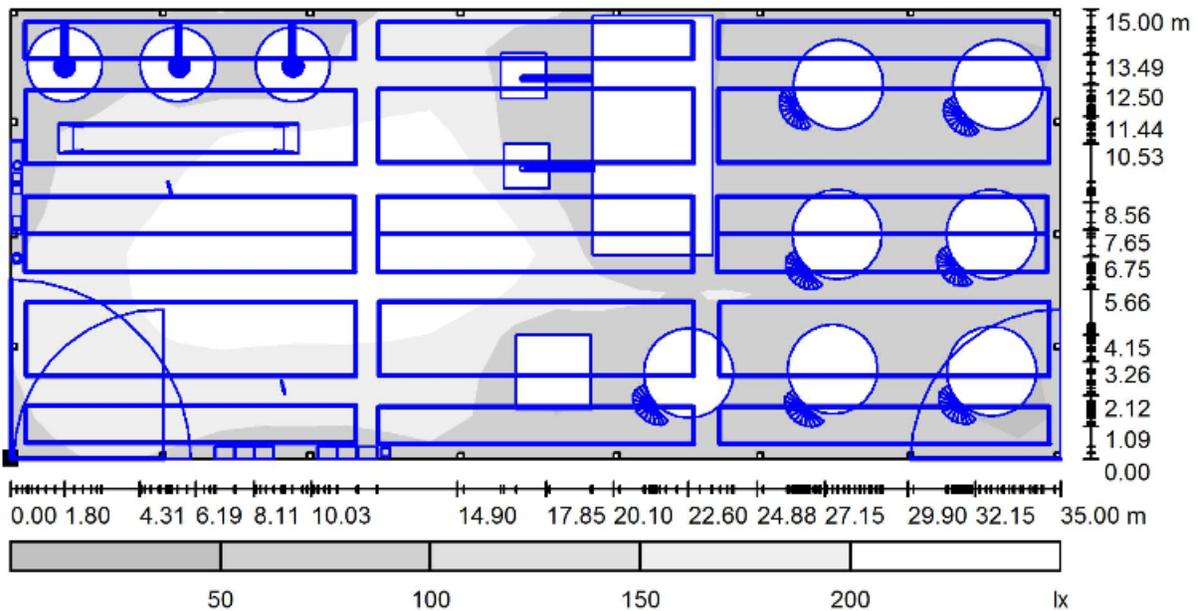
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Como se ha comentado anteriormente, la elevada diferencia entre los niveles máximos y mínimos de iluminación y por lo tanto niveles de uniformidad baja son debidos zonas con muy baja iluminación, en este caso esas zonas se localizan alrededor de los silos y en las esquinas de la cara este de la nave

#### 6.4.4. Resultados de la propuesta 4

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los niveles de iluminación, a partir de la simulación de la propuesta 4 en función de las diferentes escenas de luz:

*ILUSTRACIÓN 38: RESULTADOS PROPUESTA 4 GAMA GRIS PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 9:00*



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

ILUSTRACIÓN 39: RESULTADOS PROPUESTA 4 GAMA GRIS PARA EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 12:00

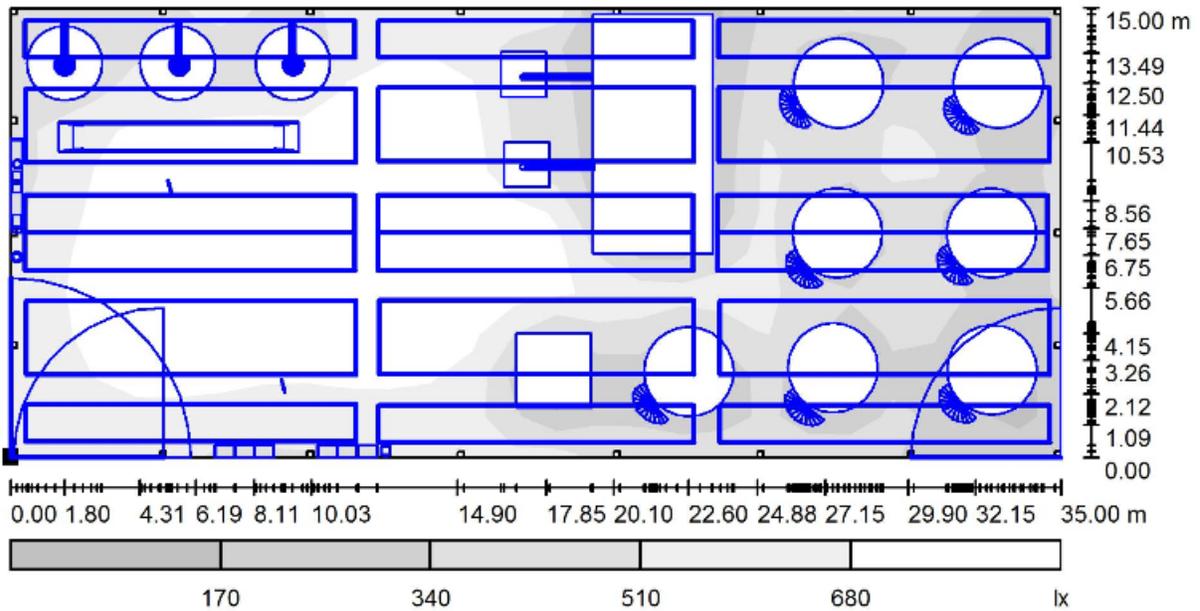
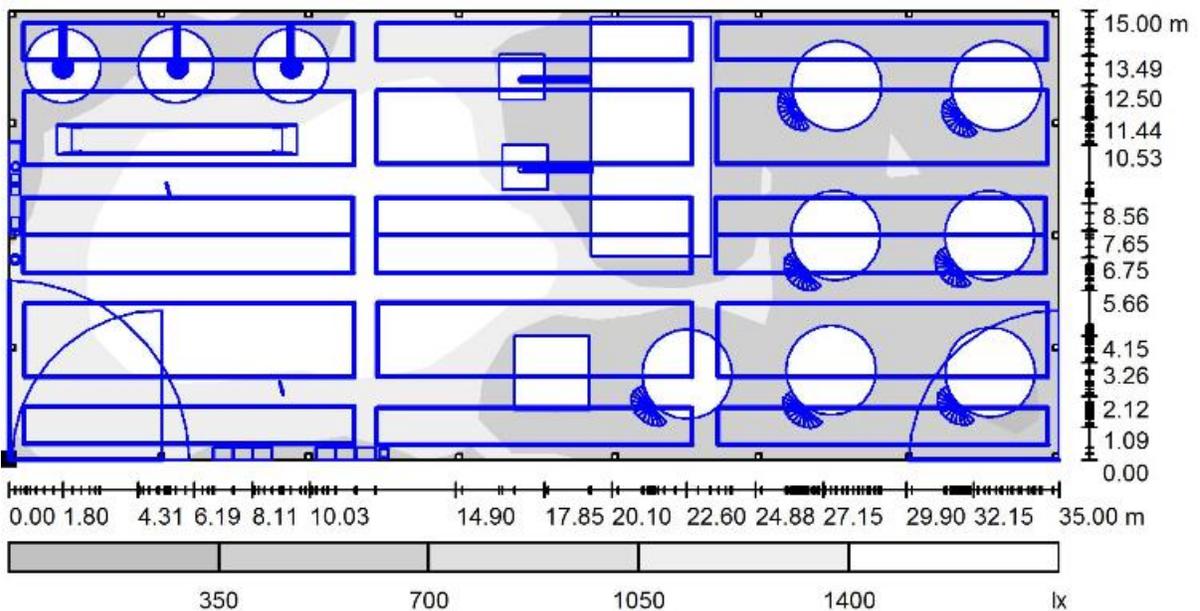


ILUSTRACIÓN 40: RESULTADOS PROPUESTA 4 GAMA GRIS PARA EL 23 DE JUNIO A LAS 12:00



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 11: RESULTADOS DIALUX PARA LA PROPUESTA 4

ESCENAS DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/E_m$	$E_{min}/E_{max}$	Deslumbramientos
21 diciembre - 9:00 h	155	8,42	221	0,054	0,038	Posibles
21 diciembre - 12:00 h	594	32	845	0,054	0,038	Posibles
23 junio - 12:00 h	1165	63	1657	0,054	0,038	Posibles

De nuevo para la propuesta 4 puede observar que la uniformidad de la nave es muy pequeña para las tres escenas de luz, esto se observa analizando el cociente del parámetro " $E_{min}/E_{max}$ ", ya que para valores  $<0,3$  la estancia a iluminar no presenta una buena uniformidad. Esto se debe a que la diferencia entre el nivel mínimo y máximo de iluminación es notablemente grande, como se ha comentado con anterioridad este hecho es debido a la diferencia de diafanidad entre las dos zonas diferenciadas de la nave y la distribución de los objetos en las mismas. Por ello es necesario analizar los niveles de iluminación en función del tipo de zona y la respectiva escena de luz. A continuación, se muestran dichos resultados:

TABLA 12: RESULTADOS DIALUX POR ZONAS PARA LA PROPUESTA 4

ZONAS	ESCENA DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/E_m$	$E_{min}/E_{max}$
A	21 diciembre - 9:00 h	197	139	222	0,7	0,62
	21 diciembre - 12:00 h	749	530	848	0,7	0,46
	23 junio - 12:00 h	1455	1186	1664	0,81	0,71
B	21 diciembre - 9:00 h	148	96	179	0,71	0,53
	21 diciembre - 12:00 h	486	228	659	0,5	0,35
	23 junio - 12:00 h	992	719	1327	0,72	0,54

Como sucede en las propuestas anteriores, a partir de los resultados obtenidos del análisis por zonas, se observa una buena uniformidad tanto para la zona A como para la zona B. Mostrando valores por encima de 0,3 para el parámetro " $E_{min}/E_{max}$ ", queda garantizada una correcta uniformidad en ambas zonas.

De nuevo, la elevada diferencia entre los niveles máximos y mínimos de iluminación y por lo tanto niveles de uniformidad baja son debidos zonas con muy baja iluminación, en este caso esas zonas se localizan alrededor de los silos y en las esquinas de la cara este de la nave.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

### 6.5. Selección de la propuesta más adecuada

Para seleccionar la propuesta que mejor se adecue a las necesidades de la nave, es necesario analizar si dichas propuestas cumplen los valores óptimos requeridos.

A continuación, se muestran los valores óptimos de los diferentes parámetros:

*TABLA 13: VALORES ÓPTIMOS DE LOS REQUISITOS DE ILUMINACIÓN*

ZONA	$E_m$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_{max}$	DESLUMBRAMIENTOS
A	300	<2000	>0,3	NO
B	150	<2000	>0,3	NO

Atendiendo a los valores óptimos de la tabla anterior, en el caso en que a las 9:00 am del 21 de diciembre se alcancen los valores de iluminación requeridos para cada zona se puede garantizar que no habría necesidad de implantar iluminación artificial durante las horas de actividad diurna de la nave, ya que con la iluminación natural se cubrirían las necesidades. Por otra parte, si el 23 de junio a las 12:00 am, día del año con más horas de sol y de máxima iluminación, no se superan los 2000 lux como máxima, quedará garantizada la integridad del ambiente de trabajo y del propio trabajador.

A continuación, se muestran todos los valores obtenidos para cada propuesta en función de la zona y de la escena de luz:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 14: RESUMEN RESULTADOS POR ZONAS PARA LAS 4 PROPUESTAS

PROPUESTA	ZONA	ESCENA DE LUZ	$E_m$ (lux)	$E_{min}$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/E_m$	$E_{min}/E_{max}$
1	A	21diciembre-9:00	110	82	123	0,74	0,66
		21diciembre-12:00	432	317	475	0,73	0,66
		23 junio - 12:00	845	621	933	0,73	0,66
	B	21diciembre-9:00	74	35	98	0,47	0,36
		21diciembre-12:00	283	133	353	0,47	0,38
		23 junio - 12:00	549	261	713	0,47	0,37
2	A	21diciembre-9:00	159	110	175	0,69	0,63
		21diciembre-12:00	606	419	668	0,69	0,63
		23 junio - 12:00	1167	822	1316	0,7	0,62
	B	21diciembre-9:00	110	79	139	0,72	0,58
		21diciembre-12:00	372	178	515	0,48	0,35
		23 junio - 12:00	774	593	950	0,76	0,62
3	A	21diciembre-9:00	123	88	141	0,71	0,62
		21diciembre-12:00	473	337	533	0,71	0,63
		23 junio - 12:00	925	662	1058	0,71	0,62
	B	21diciembre-9:00	77	35	99	0,45	0,35
		21diciembre-12:00	289	134	384	0,46	0,35
		23 junio - 12:00	599	418	754	0,69	0,55
4	A	21diciembre-9:00	197	139	222	0,7	0,62
		21diciembre-12:00	749	530	848	0,7	0,46
		23 junio - 12:00	1455	1186	1664	0,81	0,71
	B	21diciembre-9:00	148	96	179	0,64	0,53
		21diciembre-12:00	486	228	659	0,5	0,35
		23 junio - 12:00	992	719	1327	0,72	0,54

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**PROPUESTA 1**

- En esta propuesta, como podremos observar, no se alcanza de forma global el nivel medio de iluminación fijado en 227 lux, tampoco se cumple el nivel medio de iluminación para la Zona A fijado en 300 lux, ni para la Zona B fijado en 150 lux.
- Por otra parte, se observa que en verano no se superan los 2000 lux admisibles de iluminación en ambas zonas, con un valor máximo de 933 lux.
- En cuanto a los valores de uniformidad los valores están por encima del valor óptimo fijado en 0,3 garantizando la uniformidad en ambas zonas de la nave. En la Zona A los valores de uniformidad dan en torno a 0,6, muy por encima del valor óptimo fijado, en cambio en la Zona B con unos valores en torno a 0,35 se encuentran muy cerca del valor óptimo, pero se sigue garantizando la uniformidad.
- Por último, no se detecta la presencia de posibles deslumbramientos debido a la inexistencia de ventanas laterales y por la elevada altura de los lucernarios.

*TABLA 15: RESUMEN VALORES ÓPTIMOS PROPUESTA 1*

ZONA	$E_m$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_{max}$	DESLUMBRAMIENTOS
A	No cumple	Cumple	Cumple	No
B	No cumple	Cumple	Cumple	No

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**PROPUESTA 2**

- Para la propuesta dos gracias al aumento de la superficie de abertura y la nueva orientación de los lucernarios el valor medio global de iluminación en invierno a las 9:00 am aumenta considerablemente con un valor de 122 lux pero muy por debajo de los 227 lux necesarios. Lo mismo pasa con el valor de iluminación media para cada zona, donde no queda garantizada, necesitando 300 lux en la Zona A y 150 en la Zona B.
- En este caso el valor máximo de iluminación en verano tampoco alcanza los 2000 lux, alcanzándose una máxima de 1316 lux.
- En cuanto a los valores de uniformidad los valores están por encima del valor óptimo fijado en 0,3 garantizando la uniformidad en ambas zonas de la nave. Con valores muy por encima de valor óptimo para cada zona.
- Por último, no se detecta la presencia de posibles deslumbramientos debido a la inexistencia de ventanas laterales y por la elevada altura de los lucernarios.

*TABLA 16: RESUMEN VALORES ÓPTIMOS PROPUESTA 2*

ZONA	$E_m$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_{max}$	DESLUMBRAMIENTOS
A	No cumple	Cumple	Cumple	No
B	No cumple	Cumple	Cumple	No

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**PROPUESTA 3**

- En la tercera propuesta se ha realizado una modificación de la propuesta 1 colocando ventanales en la fachada lateral para intentar mejorar los niveles medios de iluminación, sin embargo, como se puede observar el aumento en el nivel medio de iluminación global es mínimo y prácticamente despreciable teniendo en cuenta el considerable aumento de aberturas.

El medio de iluminación global no queda garantizado, alcanza un nivel de iluminación de 96 lux en invierno a las 9:00 am. Lo mismo pasa con los niveles medios de iluminación para cada zona, con 123 lux en la Zona A y 77 lux en la Zona B.

- En este caso el valor máximo de iluminación en verano tampoco alcanza los 2000 lux, alcanzándose una máxima de 1058 lux.
- En cuanto a los valores de uniformidad los valores están por encima del valor óptimo fijado en 0,3 garantizando la uniformidad en ambas zonas de la nave. Con valores muy por encima de valor óptimo para cada zona.
- En esta propuesta existe riesgo de sufrir deslumbramientos debido a la presencia de las ventanas situadas a menos de 10 metros de altura.

*TABLA 17: RESUMEN VALORES ÓPTIMOS PROPUESTA 3*

ZONA	$E_m$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_{max}$	DESLUMBRAMIENTOS
A	No cumple	Cumple	Cumple	Posibles
B	No cumple	Cumple	Cumple	Posibles

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**PROPUESTA 4**

- La última propuesta es la que mejor resultados de niveles de iluminación media proporciona. En esta propuesta la iluminación media global no queda garantizada, alcanzando un nivel medio de iluminación global de 155 lux en invierno a las 9:00 am. Sin embargo, analizando los resultados por zonas se observa que en invierno a las 9:00 am si se garantiza el nivel requerido de iluminación para la Zona B fijado en 150 lux. En la Zona A no se alcanzan los 300 lux requeridos, resultando un nivel de iluminación de 197 lux.
- En este caso el valor máximo de iluminación en verano tampoco alcanza los 2000 lux, alcanzándose una máxima de 1664 lux.
- En cuanto a los valores de uniformidad los valores están por encima del valor óptimo fijado en 0,3 garantizando la uniformidad en ambas zonas de la nave. Con valores muy por encima del valor óptimo para cada zona.
- En esta propuesta no existe riesgo de sufrir deslumbramientos debido a la inexistencia de ventanas y a la elevada altura de los lucernarios.

*TABLA 18: RESUMEN VALORES ÓPTIMOS PROPUESTA 4*

ZONA	$E_m$ (lux)	$E_{max}$ (lux)	$E_{min}/ E_{max}$	DESLUMBRAMIENTOS
A	No cumple	Cumple	Cumple	No
B	Cumple	Cumple	Cumple	No

### **6.5.1. Desarrollo de la propuesta seleccionada**

Un vez obtenidos y analizados todos los resultados y parámetros requeridos, se lleva a cabo la elección de la propuesta que mejor se adapta a las necesidades de la nave a iluminar.

En primer lugar, la Propuesta 1 a pesar de presentar una buena uniformidad en ambas zonas de la nave, garantizar la inexistencia de posibles deslumbramientos y no alcanzar los niveles máximos de iluminación indeseados, queda descartada por ser el sistema de iluminación natural que peor resultados ha obtenido en cuanto a los niveles de iluminación media, tanto global como por zonas, requeridas por la nave.

La Propuesta 3, al igual que la Propuesta 2 presenta una buena uniformidad en ambas zonas de la nave y la máxima en cuanto a nivel de iluminación se refiere se mantiene muy alejado del valor indeseado, sin embargo, presenta la existencia de posibles deslumbramientos por cuestiones geométricas, debido a la presencia de ventanas en la fachada sur de la nave a menos de 10 metros de altura. A todo esto, es conveniente añadir que la Propuesta 3 es una mejora de la Propuesta 1, manteniendo la misma disposición y número de lucernarios, pero añadiendo 40 m<sup>2</sup> de aberturas en forma de 5 ventanales de 4 x 2 metros, lo cual no se ve reflejado en un aumento significativo de los niveles de iluminación global e iluminación por zonas en el plano de trabajo. Por estos motivos queda descartada la tercera propuesta.

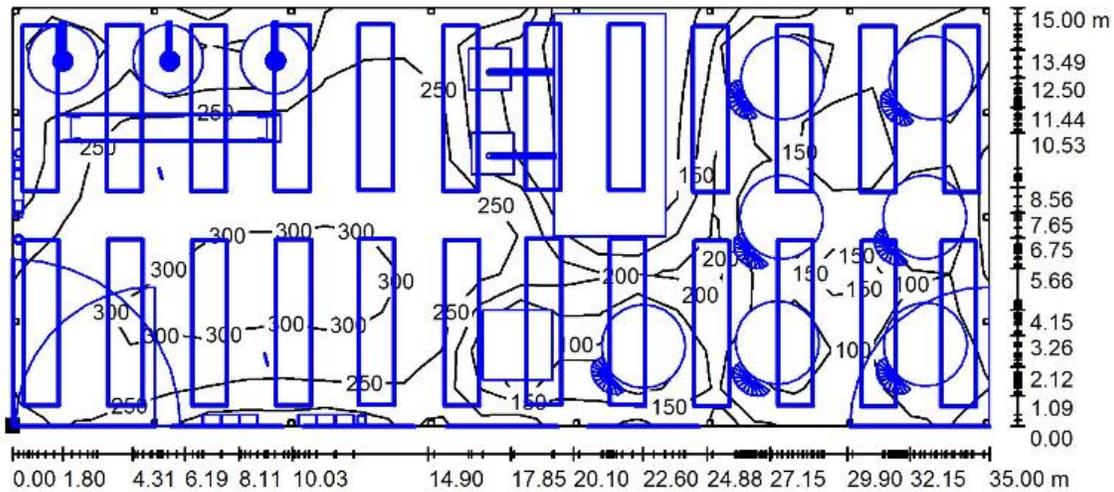
Por otra parte, analizando la Propuesta 2 y la Propuesta 4 podemos observar claramente una mejora en los valores de los niveles de iluminación obtenidos, debido al cambio de orientación de los lucernarios.

La Propuesta 2 también queda descartada, a pesar de cumplir los requerimientos de uniformidad en ambas zonas y no presentar posibles deslumbramientos, la Propuesta 4 alcanza mejores resultados de iluminación, siendo la única propuesta que alcanza el nivel medio de iluminación requerida en la Zona B en la día con menor horas de luz del año y a la hora de trabajo más crítica del día (21 de diciembre a las 9:00 am), pues dicha propuesta es una modificación de la Propuesta 2, reduciendo el número de lucernarios, modificando la distribución y aumentando la superficie de aberturas.

Por último, se ha realizado una simulación de la propuesta seleccionada para una nueva escena de luz el 21 de diciembre a las 10:00h. Obteniendo los siguientes resultados:

*ILUSTRACIÓN 41: RESULTADOS DIALUX ISOLINEAS EL 21 DE DICIEMBRE A LAS 10.00*

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL



- $E_m = 225 \text{ lux}$

A partir de estos resultados podemos garantizar que desde las 10:00 horas de la mañana los niveles de iluminación requeridos en la nave tanto global como por zonas, con lo cual solo sería necesario utilizar la iluminación artificial durante la primer hora de la mañana de 9:00 h a 10:00 h.

## 6.6. Iluminación artificial

El sistema de iluminación artificial, a pesar de buscar un sistema de iluminación natural que satisfaga los niveles de iluminación requeridos, será necesario disponer de dicho sistema para garantizar los niveles de iluminación cuando por medio de la iluminación natural no queden garantizados estos niveles.

En este apartado mediante el Software DIALux Light se realizará una simulación de iluminación artificial. Previamente se introducirán las características de la nave, altura, anchura, longitud... y seleccionaremos el tipo de luminaria utilizada actualmente en la nave.

El tipo de luminaria instalada es de tipo industrial, para techos con gran altura. En este caso es la PHILIPS BY471P Xeco250s/840 MB GC cuya potencia unitaria asciende a 174 W. Es una luminaria tipo LED GentleSpace la cual ofrece una reducción del consumo de energía y una vida útil larga, además sus características la permiten operar a temperaturas por encima de los 60°C.

En esta nave hay 12 puntos de luz (12 luminarias), con los que quedan garantizados los niveles de iluminación, obteniéndose mediante un luxómetro un valor de iluminación media de 450 lux.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

A partir del valor de iluminación media obtenido y por medio de la ecuación (4) se puede calcular el valor de eficiencia energética. Para una iluminación 100% artificial se obtienen uno valor de eficiencia energética de:

*TABLA 19: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS LUMINARIAS*

SUPERFICIE	VEEI
525 m <sup>2</sup>	0,88 (W/m <sup>2</sup> )/100 lux

### 6.7. Eficiencia energética con iluminación natural

En función de las condiciones meteorológicas y de la localización geográfica de la nave se obtiene un cierto grado de aprovechamiento de la luz natural. En este apartado se mostrará la eficiencia energética para los diferentes casos que se muestran a continuación:

- **CASO 1:** 100% de iluminación artificial

*TABLA 20: EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL CASO 1*

SUPERFICIE	VEEI
525 m <sup>2</sup>	0,88 (W/m <sup>2</sup> )/100 lux

- **CASO 2:** 30% de iluminación artificial y 70 % de iluminación natural

*TABLA 21: EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL CASO 2*

SUPERFICIE	VEEI
525 m <sup>2</sup>	0,264 (W/m <sup>2</sup> )/100 lux

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

- **CASO 3:** 10% de iluminación artificial y 90% de iluminación natural

*TABLA 22: EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL CASO 3*

SUPERFICIE	VEEI
525 m <sup>2</sup>	0,088 (W/m <sup>2</sup> )/100 lux

## **7. ANÁLISIS ECONÓMICO**

A continuación, se procede a realizar en análisis económico con su presupuesto correspondiente, a fin de justificar el coste de inversión para llevar a cabo la propuesta seleccionada.

### **7.1. Presupuesto**

El presupuesto para llevar a cabo la incorporación e instalación del sistema de iluminación seleccionado se muestra en el punto 1 del Anexo.

### **7.2. Balance económico**

A fin de valorar la viabilidad del sistema de iluminación natural seleccionado es necesario analizar, antes y después de su instalación, el consumo eléctrico de la nave. Posteriormente se podrá verificar si existe un ahorro energético significativo.

Para realizar este análisis se lleva a cabo una comparativa de los costes generados por el consumo de energía eléctrica para los diferentes casos que se muestran a continuación.

#### **7.2.1. Iluminación 100% artificial (situación actual)**

En este apartado se va a analizar la situación actual en la que el aporte de luz es únicamente por medio de iluminación artificial.

Para ello es necesario realizar una estimación de la potencia demandada por todos los elementos de la nave:

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL**

*TABLA 23: VALORES DE POTENCIA PARA EL 100% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL*

Descripción	Ud.	Potencia Ud (kW)	Potencia Total (kW)
<b>Cribas</b>	3	5,95	17,86
<b>Molinos</b>	2	20,25	40,5
<b>Líneas de servicio</b>	3	6,5	19,5
<b>Detector metales</b>	1	3,6	3,6
<b>Luminarias</b>	12	0,174	2,088
			<b>83,55</b>

Como se puede observar la potencia total demandada por la nave asciende a 83,55 kW.

Una vez obtenida la potencia el siguiente paso es determinar las horas de funcionamiento para cada mes del año y en función de cada período, ya que en función del período en que las maquinas estén en funcionamiento y por lo tanto exista demanda de energía, el precio en cuanto a energía y potencia será distintos. Estos períodos pueden ser punta, llano y valle.

La nave estudiada trabaja los 12 meses del año, de lunes a sábado y de 9:00h a 21:00h. Además, cabe destacar que la tarifa contratada es la 3.1.

A continuación, se muestra la tabla referente a la tarifa 3.1 donde se encuentran los diferentes precios por kW en función del período de consumo y una tabla donde se muestran los meses del año y horas del día en función de los períodos citados:

*ILUSTRACIÓN 42: PRECIOS PARA LA TARIFA ELÉCTRICA 3.1*

Tarifa	Aplicación	Tp Punta (€/kW año)	Tp Llano (€/kW año)	Tp Valle (€/kW año)	Te Punta (€/kWh)	Te Llano (€/kWh)	Te Valle (€/kWh)
3.1A	1 kV<T≤36 kV	59,173468	36,490689	8,367731	0,014335	0,012754	0,007805

(Fuente: imágenes Google tarifa 3.1)

*ILUSTRACIÓN 43: DISCRIMINACIÓN HORARIA SEGÚN PERIODO*

## DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	P3	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2																
Febrero	P3	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2																
Marzo	P3	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2																
El cambio de horario de VERANO se produce el último domingo de Marzo según la directiva Europea 2000/84																									
Abril	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Mayo	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Junio	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Julio	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Agosto	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Septiembre	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
Octubre	P3	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2															
El cambio de horario de INVIERNO se produce el último domingo de Octubre según la directiva Europea 2000/84																									
Noviembre	P3	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2																
Diciembre	P3	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2																
Se considerarán como días festivos los de ámbito nacional excluidos tanto los festivos sustituidos como los que no tienen fecha fija																									
Sábados, Domingos y Festivos	P3	P2																							

P1 Punta

P2 Llano

P3 Valle

(Fuente: imágenes Google tarifa 3.1)

A partir de las tablas mostradas anteriormente se calcula las horas de consumo en función de cada período y el mes del año.

TABLA 24: HORAS DE ACTIVIDAD DE LA NAVE SEGÚN PERÍODO

MES	P1 (Punta)	P2 (Llano)	P3 (Valle)
Enero	60	148	32
Febrero	60	148	32
Marzo	60	148	32
Abril	100	108	32
Mayo	100	108	32
Junio	100	108	32

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

<b>Julio</b>	100	108	32
<b>Agosto</b>	100	108	32
<b>Septiembre</b>	100	108	32
<b>Octubre</b>	100	108	32
<b>Noviembre</b>	60	148	32
<b>Diciembre</b>	60	148	32
	<b>1000</b>	<b>1496</b>	<b>384</b>

### FACTURACIÓN ANUAL

A continuación, se lleva a cabo el cálculo de la factura anual. Para ello será imprescindible obtener el término potencia y el término energía, además de los impuestos aplicados y el alquiler del respectivo equipo de medida.

- **Término Potencia**

A partir de la siguiente expresión se lleva a cabo el cálculo del término potencia:

$$\text{Término de potencia (€)} = \sum_i P_T(kW) \cdot P_i \left( \frac{€}{kW \cdot \text{año}} \right) \quad (8)$$

Donde:

- **P<sub>T</sub>**: Potencia total de demanda
- **P<sub>i</sub>**: Precio anual por período
- **i**: Número de período

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

- **Término de Energía**

Considerando que todas las máquinas expuestas anteriormente están activas durante todo el período en que la planta tiene actividad se da comienzo al cálculo del término energía, a partir de la ecuación siguiente:

$$\text{Término de potenciaenergía eléctrica (€)} = \sum_i P_T(kW) \cdot P_i \left( \frac{\text{€}}{kW \cdot h} \right) \cdot h_i \quad (9)$$

Donde:

- **P<sub>T</sub>**: Potencia total de demanda
  - **P<sub>i</sub>**: Precio por hora de período
  - **h<sub>i</sub>**: horas de actividad por período
  - **i**: Número de período
- **Impuesto sobre electricidad**

El impuesto sobre electricidad se aplica a la suma de la potencia contratada y el consumo. El cobrador de dicho impuesto es la propia empresa que suministra la energía y esta lo remite al gobierno de turno.

Una vez calculado el término potencia y el término energía podemos calcular el impuesto a partir de la ecuación que se muestra a continuación:

$$\text{Impuesto Sobre Electricidad (€)} = (TP + TE) \cdot 1,051127 \cdot 4,864\% \quad (10)$$

- **Alquiler equipo de medida**

Por último, hay que añadir el importe por el alquiler del equipo de medida (PAE), contador, el cual en función de la tarifa contratada tiene un precio. En este caso el precio por el PAE asciende a 29€ al mes.

A continuación, se muestran todos los resultados de los puntos descritos, en la tabla correspondiente al presupuesto de facturación anual:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 25: GASTO ELÉCTRICO ANUAL PARA ILUMINACIÓN 100% ARTIFICIAL

DESCRIPCIÓN	P1 (Punta)	P2 (Llano)	P3 (Valle)	TOTAL (€)
Término Potencia (€)	4.943,94	3.048,79	699,12	8.691,86
Término Energía (€)	1.197,69	1.594,13	250,40	3.042,23
Impuesto sobre electricidad (€)				599,93
Alquiler del PAE (€)				348
IVA (€)				2.663,22
				<b>15.345,25</b>

Una vez se ha obtenido el gasto de electricidad anual hay que sumarle el gasto de renovación de luminarias, el cual se puede observar en el **Anexo 2. Presupuesto Luminarias**. Quedando de la siguiente forma:

TABLA 26: FACTURACIÓN ANUAL PARA ILUMINACIÓN 100% ARTIFICIAL

<b>Gasto de electricidad anual</b>	15.345,25 €
<b>Gasto anual mantenimiento de luminarias</b>	2.843,63 €
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>18.188,88 €</b>

### 7.2.2. 30% iluminación artificial y 70% iluminación natural

En este caso solo el 30% de las 12 luminarias se mantendrán activas, por lo tanto, la potencia demandada será de **82,15 Kw**. Atendiendo al mismo procedimiento anterior para el cálculo de la facturación anual, se va a realizar para este caso en el que el 70% de la luz será proporcionada por iluminación natural.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 27: VALORES DE POTENCIA PARA ILUMINACIÓN 30% ARTIFICIAL

Descripción	Ud.	Potencia Ud (kW)	Potencia Total (kW)
Cribas	3	5,95	17,86
Molinos	2	20,25	40,5
Líneas de servicio	3	6,5	19,5
Detector metales	1	3,6	3,6
Luminarias	4	0,174	0,696
			<b>82,15 kW</b>

TABLA 28: GASTO ELÉCTRICO ANUAL PARA ILUMINACIÓN 30% ARTIFICIAL

DESCRIPCIÓN	P1 (Punta)	P2 (Llano)	P3 (Valle)	TOTAL (€)
Término Potencia (€)	4.861,44	2.997,88	687,46	8.546,84
Término Energía (€)	1.177,71	1.567,53	246,47	2.991,48
Impuesto sobre electricidad (€)				589,92
Alquiler del PAE (€)				348
IVA (€)				2.620,1
				<b>15.096,24</b>

El gasto de electricidad anual asciende a 15.096,24 € y a esto hay que añadirle el presupuesto para la renovación de luminarias al 30% el cual se puede encontrar en el **Anexo2.Presupuesto Luminarias**, además hay que añadirle el gasto de mantenimiento del 70% de lucernarios anual.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Como podemos observar en el **Anexo1.Presupuesto Lucernariosdis** el presupuesto anual para el mantenimiento del 100% de los lucernarios es de 286,78 €, que para este caso al utilizar un 70% se quedaría en un total de 200,75 € anuales.

*TABLA 29: FACTURACIÓN ANUAL PARA ILUMINACIÓN 30% ARTIFICIAL*

<b>Gasto de electricidad anual</b>	15.096,24 €
<b>Gasto anual mantenimiento de luminarias</b>	947,88 €
<b>Gasto anual mantenimiento lucernarios</b>	200,75 €
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>16.244,87 €</b>

### **7.2.3. 10% iluminación artificial y 90% iluminación natural**

En este último caso la potencia se reduce a **81,66 kW**. Atendiendo al mismo procedimiento anterior para el cálculo de la facturación anual, se va a realizar para este caso en el que el 90% de la luz será proporcionada por iluminación natural.

*TABLA 30: GASTO ELÉCTRICO ANUAL PARA ILUMINACIÓN 10% ARTIFICIAL*

DESCRIPCIÓN	P1 (Punta)	P2 (Llano)	P3 (Valle)	TOTAL (€)
<b>Término Potencia (€)</b>	4.832,1	2.979,83	683,3	8.495,24
<b>Término Energía (€)</b>	1.170,59	1.558,07	244,74	2.973,41
<b>Impuesto sobre electricidad (€)</b>				586,35
<b>Alquiler del PAE (€)</b>				348
<b>IVA (€)</b>				2.604,63
				<b>15.007,64</b>

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

El gasto de electricidad anual asciende a 15.007,64 € y a esto hay que añadirle el presupuesto para la renovación de luminarias al 10% el cual se puede encontrar en el **Anexo2.Presupuesto Luminarias**, además hay que añadirle el gasto de mantenimiento del 90% de lucernarios anual.

Como podemos observar en el **Anexo1.Presupuesto Lucernarios** el presupuesto anual para el mantenimiento del 100% de los lucernarios es de 286,78 €, que para este caso al utilizar un 70% se quedaría en un total de 258,1 € anuales.

*TABLA 31: FACTURACIÓN ANUAL PARA ILUMINACIÓN 10% ARTIFICIAL*

<b>Gasto de electricidad anual</b>	15.007,64 €
<b>Gasto anual mantenimiento de luminarias</b>	473,94 €
<b>Gasto anual mantenimiento lucernarios</b>	258,1 €
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>15.739,68 €</b>

### 7.3. Rentabilidad del proyecto

Una vez obtenidos los gastos anuales para cada caso expuesto se va a realizar un análisis de rentabilidad en cuanto al consumo y ahorro que el sistema de iluminación natural genera, con ello se estudiará la viabilidad económica de cada caso.

*TABLA 32: CIFRAS DE AHORRO RESPECTO A SISTEMA 100% ARTIFICIAL*

CASO	GASTO (€)	AHORRO (€)
<b>100% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL</b>	18.188,88	-
<b>30% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL</b>	16.244,87	1.944,01
<b>10% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL</b>	15.739,68	2.449,2
<b>100% ILUMINACIÓN NATURAL</b>	15.258,7	2.930,18

Para poder estudiar la viabilidad del proyecto se van a calcular dos parámetros que serán determinantes a la hora de valorar la rentabilidad de la inversión. Estos parámetros son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

- **VAN:** el VAN representa el valor presente de un número específico de flujos de caja futuro, los cuales han sido originados en este caso por la inversión del sistema de iluminación.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

A partir de la siguiente expresión se obtiene dicho valor:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{r}{(1+i)^t} - I_0 \quad (12)$$

Donde:

- **r**: cantidad recuperada al año
  - **n**: horizonte temporal
  - **t**: período
  - **i**: interés tanto por 1
  - **I<sub>0</sub>**: valor inversión inicial
- **TIR**: el TIR indica la rentabilidad del proyecto, a mayor TIR mayor es la rentabilidad. Es la tasa de interés a partir de la cual el VAN es igual a cero. La expresión para obtener su valor es la misma que la de la ecuación (12) pero igualada a cero:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{r}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (13)$$

Aplicando las expresiones anteriores para una vida útil de 30 años, se han obtenido los siguientes resultados:

TABLA 33: RESULTADOS DEL VAN Y EL TIR

CASO	VAN 3%	VAN 5%	VAN 10%	TIR
70% ILUMINACIÓN NATURAL	216,57	-8002,68	-19560,86	3,18%
90% ILUMINACIÓN NATURAL	10118,5	-236,67	-14798,48	4,95%
100% ILUMINACIÓN NATURAL	19545,9	7157,16	-10264,32	6,76%

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

A la vista de los resultados obtenidos, se concluye que el sistema de iluminación natural será rentable para los diferentes casos:

- **30% iluminación artificial – 70% natural:** será rentable cuando los intereses sean inferiores al 3,18%
- **10% iluminación artificial – 90% natural:** será rentable cuando los intereses sean inferiores al 4,95%
- **100% iluminación natural:** será rentable cuando los intereses sean inferiores al 6,76%

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **8. CONCLUSIONES**

Una vez se han realizado los análisis de iluminación, los análisis de rentabilidad económica y se han analizado todos los resultados pertinentes, se puede concluir que se ha alcanzado el objetivo del presente trabajo. Obteniendo las siguientes conclusiones:

- La superficie de aberturas obtenida a partir del método analítico no ha sido suficiente para alcanzar los niveles de iluminación marcados por la norma UNE 12464.1 en función de la actividad desarrollada. Ello es debido a que el método analítico contempla una transparencia del 100% y no tiene en cuenta la posible suciedad ni la presencia de elementos que puedan generar sombras en el plano de trabajo.
- La propuesta 4 ha sido el sistema de iluminación natural seleccionado por ser el que mejor se adecua a las necesidades y requerimientos de la planta.
- Dicho sistema garantiza los correctos niveles de iluminación y de uniformidad en la planta, exceptuando a la primera hora del día (9:00 h) en la zona A (cribado y molienda) donde es necesaria la utilización de iluminación artificial. Además garantiza la inexistencia de posibles deslumbramientos.
- La disposición de aberturas que mejor resultados ha proporcionado y que ha solventado los problemas de la baja iluminación de las anteriores propuestas ha sido la disposición de lucernarios perpendiculares a los pórticos y orientados al este.
- El uso de ventanales a pesar de ser una opción interesante a primera vista, ha quedado descartada debido a que por la ubicación geométrica de la planta no se han obtenido resultados significativos en cuanto a un aumento del nivel de iluminación en el plano de trabajo.
- En todos los sistemas mixtos estudiados se ha obtenido un ahorro en la factura eléctrica, aumentado a medida que se disminuía el uso de iluminación artificial. Se ha tenido en cuanto el mantenimiento tanto de lucernario como de luminarias.
- El presente proyecto es rentable para los dos casos estudiados: cuando se utiliza el 30% de iluminación artificial siempre que los intereses no superen el 3,18% y en el caso del 10% de iluminación artificial será rentable siempre que los intereses no superen el 4,95%.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [www.valgrasa.com](http://www.valgrasa.com)
- <https://www.um.es/molecula/prot.htm>
- <https://www.wattpad.com/280734998-biología-biomoléculas-orgánicas-lípidos-o-grasas>
- Apuntes de Poliformat de la asignatura de Construcción y Arquitectura Industrial.
- Norma UNE 12464.1 (Norma Europea de iluminación en interiores).
- Guía Técnica IDEA – Aprovechamiento de la luz natural en iluminación edificios.
- Archivos internos de VALGRA, S.A. (documentos, fichas técnicas, transformación y actividad industrial).

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

**ANEXOS**

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **ANEXO 1. PRESUPUESTO LUCERNARIOS**

### **1.1. Presupuesto de instalación de lucernarios.**

El presupuesto que se detalla a continuación para la instalación del sistema de iluminación de la Propuesta 4, se ha realizado en función de los precios fijados por IVE (base de datos del Instituto Valenciano de la Edificación).

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 34: CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS PARA LAS INSTALACIÓN DE LOS LUCERNARIOS

COD	UD	DESCRIPCION	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL	
01.01	m <sup>2</sup>	<b>Apertura del hueco</b>					
	h	Oficial 1ª vidrio	0,3	12,91 €	3,87 €		
	h	Oficial 2ª vidrio	0,3	11,00 €	3,30 €		
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74€		
	%	Costes Directos	0,02	8,91 €	0,18€		
							<b>9,09 €</b>
01.02	m <sup>2</sup>	<b>Colocación perfiles metálicos</b>					
	m	Perfil aluminio	1	8,37 €	8,37 €		
	h	Oficial 1ª aluminio	0,3	16,49 €	4,95 €		
	h	Oficial 2ª aluminio	0,3	12,95 €	3,89 €		
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74 €		
	%	Costes Directos	0,02	18,94 €	0,38 €		
						<b>19,33 €</b>	
01.03	m <sup>2</sup>	<b>Colocación policarbonatos</b>					
	m	Placa policarbonato	1	32,82 €	32,82 €		
	h	Oficial 1ª aluminio	0,3	16,49 €	4,95 €		
	h	Oficial 2ª aluminio	0,3	12,95 €	3,89 €		
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74 €		
	%	Costes Directos	0,02	43,39 €	0,87 €		
						<b>44,27 €</b>	
01.04	m <sup>2</sup>	<b>Colocación perfiles metálicos</b>					
	m	Especialista de metal	0,3	14,10 €	4,23 €		
	h	Oficial 2ª vidrio	0,3	11,00 €	3,30 €		
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74 €		
	%	Costes directos	0,02	9,27 €	0,19 €		
						<b>9,46 €</b>	

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 35: CUADRO MEDICIONES PARA LA INSTALACIÓN DE LOS LUCERNARIOS

COD	UD	DESCRIPCION	N	ANCHO	LARGO	SUBTOTAL	TOTAL	
1.01	m <sup>2</sup>	<b>Apertura del hueco</b>						
	m <sup>2</sup>	Lucernario	9	2,5	10,5	236,25		
	m <sup>2</sup>	Lucernario	6	1,25	10,5	78,75		
							<b>315,00</b>	
1.02	m <sup>2</sup>	<b>Colocación perfiles metálicos</b>						
	m <sup>2</sup>	Lucernario	9	2,5	10,5	236,25		
	m <sup>2</sup>	Lucernario	6	1,25	10,5	78,75		
							<b>315,00</b>	
1.03	m <sup>2</sup>	<b>Colocación policarbonatos</b>						
	m <sup>2</sup>	Lucernario	9	2,5	10,5	236,25		
	m <sup>2</sup>	Lucernario	6	1,25	10,5	78,75		
							<b>315,00</b>	
1.04	m <sup>2</sup>	<b>Colocación perfiles metálicos</b>						
	m <sup>2</sup>	Lucernario	9	2,5	10,5	236,25		
	m <sup>2</sup>	Lucernario	6	1,25	10,5	78,75		
							<b>315,00</b>	

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

*TABLA 36: CUADRO PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL*

COD	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL	TOTAL
<b>1.01</b>	Apertura del hueco	2.863,35 €	
<b>1.02</b>	Colocación perfiles metálicos	6.088,95 €	
<b>1.03</b>	Colocación policarbonatos	13.945,05 €	
<b>1.04</b>	Colocación perfiles metálicos	2.979,9 €	
			<b>25.877,25 €</b>

Se puede observar en la tabla anterior como el PEM (Presupuesto de Ejecución de Material) asciende a 25.847 euros.

Para obtener el Presupuesto Base De Licitación, en primer lugar, se suma al PEM los Gastos Generales (un 15% del PEM) y el Beneficio Industrial (un 6% del PEM). Con ello se obtiene el PEC (Presupuesto de Ejecución por Contrata) y por último se le suma el 21% correspondiente al IVA.

Quedando de la siguiente forma:

*TABLA 37: CUADRO PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE LOS LUCERNARIOS*

<b>PEM (Presupuesto Ejecución Material)</b>	<b>25.877,25 €</b>
<b>PEC (Presupuesto Ejecución por Contrata)</b>	<b>31.311,47 €</b>
<b>Presupuesto Base De Licitación</b>	<b>37.886,88 €</b>

El Presupuesto Base De Licitación para llevar a cabo el sistema de iluminación natural de la Propuesta 4 asciende a 37.886,88 €.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## 1.2. Presupuesto para el mantenimiento de lucernarios

A continuación, se detalla el presupuesto del mantenimiento para los lucernarios de la Propuesta 4. Para ello una vez se obtenga el Presupuesto de Ejecución de Material se realizará el mismo procedimiento descrito anteriormente, aplicando el beneficio industrial y los gastos generales y posteriormente sumando el IVA al Presupuesto de ejecución por Contrata. De esta forma se obtiene el Presupuesto Base de Licitación para el mantenimiento de los lucernarios.

TABLA 38: CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS LUCERNARIOS

COD	UD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL	
01.06	m <sup>2</sup>	<b>Mantenimiento de lucernarios</b>					
	h	Operario	0,11	12,00 €	1,32 €		
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74€		
	%	Costes Directos	0,02	3,06 €	0,06 €		
							<b>3,12 €</b>

TABLA 39: CUADRO MEDICIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS LUCERNARIOS

COD	UD	DESCRIPCION	N	ANCHO	LARGO	SUBTOTAL	TOTAL
1.01	m <sup>2</sup>	<b>Apertura del hueco</b>					
	m <sup>2</sup>	Lucernario	9	2,5	10,5	236,25	
	m <sup>2</sup>	Lucernario	6	1,25	10,5	78,75	
							<b>315,00</b>

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 40: PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL PARA MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS

COD	DESCRIPCIÓN	SUBTOTAL	TOTAL
1.06	Mantenimiento de lucernarios	982,8	
			<b>982,8 €</b>

TABLA 41: PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN PARA MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS

<b>PEM (Presupuesto Ejecución Material)</b>	982,8 €
<b>PEC (Presupuesto Ejecución por Contrata)</b>	1.189,18 €
<b>Presupuesto Base De Licitación</b>	<b>1.438,9 €</b>

El mantenimiento de los lucernarios se realizará cada 5 años.

TABLA 42: PRESUPUESTO TOTAL PARA MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS

<b>PRESUPUESTO TOTAL (5 años)</b>	<b>1.438,9 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL ANUAL</b>	<b>286,78 €</b>

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## ANEXO 2. PRESUPUESTO LUMINARIAS

### 2.1. Presupuesto para el mantenimiento de las luminarias

El presupuesto que se muestra a continuación hace referencia al mantenimiento y renovación de las luminarias.

Se fija un periodo de renovación de las luminarias de 7,23 años ya que la planta está en funcionamiento 6.912 horas al año y las luminarias seleccionadas tienen una vida útil de 50.000 horas.

### 2.2. Presupuesto de mantenimiento para el 100% de luminarias

*TABLA 43: CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS PARA LA INSTALACIÓN DEL 100% DE LUMINARIAS*

COD	UD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL
01.01	Ud	<b>Colocación luminarias</b>				
	Ud	Luminaria	1	1.150,00 €	1.150,00 €	
	h	Peón electricidad	0,6	13,18 €	7,91 €	
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74€	
	%	Costes Directos	0,02	527,60 €	10,55 €	
					<b>1.170,2 €</b>	

Si las 12 luminarias están en funcionamiento la planta funcionará con el 100% de iluminación artificial. En este caso el Presupuesto de Ejecución de Material (PEM) asciende a 14.042,4 €.

Siguiendo el procedimiento del anterior presupuesto se obtiene el Presupuesto de Ejecución por Contrata y finalmente el Presupuesto Base de Licitación.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

*TABLA 44: PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DEL 100% DE LUMINARIAS*

<b>PEM (Presupuesto Ejecución Material)</b>	14.042,4 €
<b>PEC (Presupuesto Ejecución por Contrata)</b>	16.991,3 €
<b>Presupuesto Base De Licitación</b>	<b>20.559,47 €</b>

Dado que la renovación de luminarias se realizará cada 7,23 años, el presupuesto anual quedará de la siguiente forma:

*TABLA 45: PRESUPUESTO TOTAL PARA INSTALACIÓN DEL 100% DE LUMINARIAS*

<b>PRESUPUESTO TOTAL (7,23)</b>	<b>20.559,47 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL ANUAL</b>	<b>2.843,63 €</b>

### **2.3. Presupuesto de mantenimiento para el 30% de luminarias**

En este caso entraría en funcionamiento el 30% de luz artificial y el 70% restante de iluminación será aportado por la luz natural es decir aproximadamente dos luminarias. A continuación, se muestra el presupuesto de mantenimiento para este caso.

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL**

*TABLA 46: CUADRO PRECIOS DESCOMPUESTOS PARA LA INSTALACIÓN DEL 30% DE LUMINARIAS*

<b>COD</b>	<b>UD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>01.01</b>	<b>Ud</b>	<b>Colocación luminarias</b>				
	Ud	Luminaria	1	1.150,00 €	1.150,00 €	
	h	Peón electricidad	0,6	13,18 €	7,91 €	
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74€	
	%	Costes Directos	0,02	527,60 €	10,55 €	

En este caso el Presupuesto de Ejecución de Material (PEM) asciende a 4.680,8 €.

*TABLA 47: PRESUPUESTO INSTALACIÓN DEL 30% DE LUMINARIAS*

<b>PEM (Presupuesto Ejecución Material)</b>	<b>4.680,8 €</b>
<b>PEC (Presupuesto Ejecución por Contrata)</b>	<b>5.663,77 €</b>
<b>Presupuesto Base De Licitación</b>	<b>6.853,16 €</b>

Dado que la renovación de luminarias se realizará cada 7,23 años, el presupuesto anual quedará de la siguiente forma:

*TABLA 48: PRESUPUESTO TOTAL INSTALACIÓN DEL 30% DE LUMINARIAS*

<b>PRESUPUESTO TOTAL (7,23)</b>	<b>6.853,16 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL ANUAL</b>	<b>947,88 €</b>

#### **2.4. Presupuesto de mantenimiento para el 10% de luminarias**

Para este último caso el 90% de la iluminación será aportada por la luz natural y el 10% será de luz artificial. A continuación, se muestra el presupuesto para este caso.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

TABLA 49: CUADRO PRECIO DESCOMPUESTO PARA LA INSTALACIÓN DE LAS LUMINARIAS

COD	UD	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL
01.01	Ud	<b>Colocación luminarias</b>				
	Ud	Luminaria	1	1.150,00 €	1.150,00 €	
	h	Peón electricidad	0,6	13,18 €	7,91 €	
	d	Grúa elevadora	0,013	133,90 €	1,74€	
	%	Costes Directos	0,02	527,60 €	10,55 €	

En este caso el Presupuesto de Ejecución de Material (PEM) asciende a 2.340,4 € ya que de las 12 luminarias solo 2 estarán en funcionamiento.

TABLA 50: PRESUPUESTO PARA INSTALACIÓN DEL 10% DE LUMINARIAS

<b>PEM (Presupuesto Ejecución Material)</b>	<b>2.340,4 €</b>
<b>PEC (Presupuesto Ejecución por Contrata)</b>	<b>2.831,88 €</b>
<b>Presupuesto Base De Licitación</b>	<b>3.426,57 €</b>

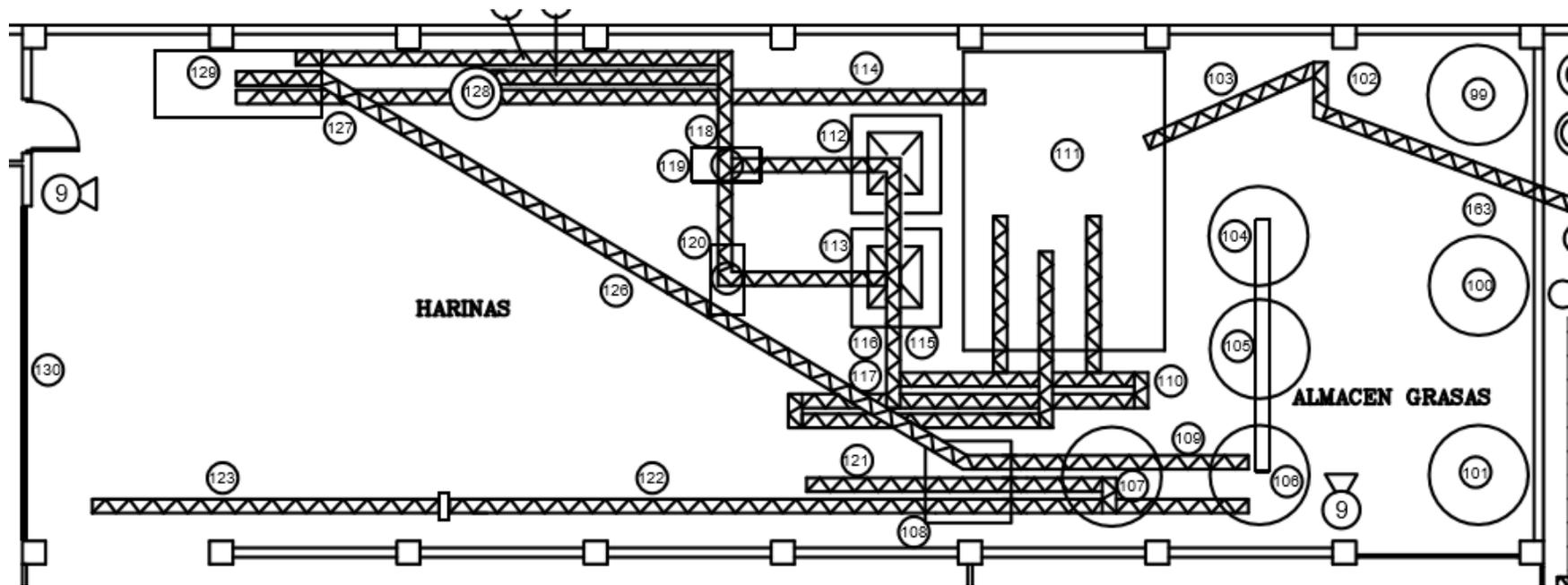
Dado que la renovación de luminarias se realizará cada 7,23 años, el presupuesto anual quedará de la siguiente forma:

TABLA 51: PRESUPUESTO TOTAL INSTALACIÓN DEL 10% DE LUMINARIAS

<b>PRESUPUESTO TOTAL (7,23)</b>	<b>3.426,57 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL ANUAL</b>	<b>473,94 €</b>



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

## **LUMINARIA**

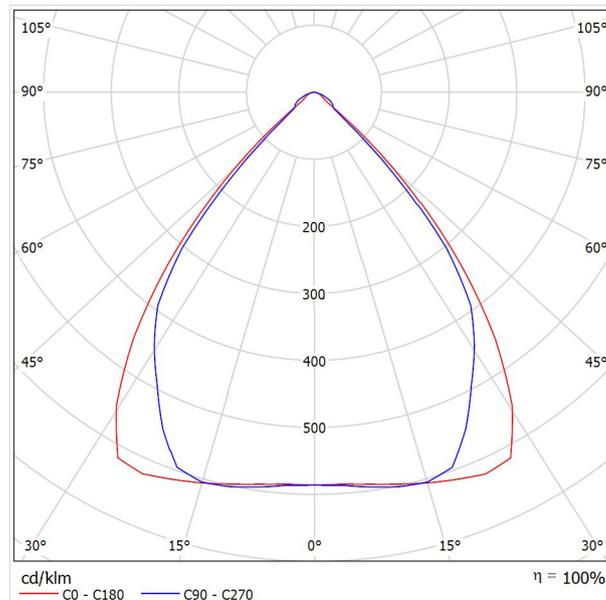
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL  
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL PROCESADO  
DE PROTEÍNAS Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## PHILIPS BY471P 1 xECO250S/840 MB GC / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

### Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 82 98 100 100 100

GentleSpace gen2: un nuevo estándar en la iluminación de gran altura. Con la introducción de la luminaria LED GentleSpace en 2011, Philips dio un paso de gigante en la iluminación de espacios de gran altura, al ofrecer una enorme reducción del consumo de energía, una larga vida útil y un diseño innovador. Ahora, con GentleSpace gen2, Philips sigue mejorando aún más: un coste total de propiedad mejorado, incluso en condiciones extremas con la versión GS-2 Xtreme, que puede usarse hasta a +60 °C o 100.000 horas de vida útil (L80), ambos puntos garantizados por una protección integrada frente a sobrecalentamientos. Además, hay disponible una amplia variedad de opciones (diversidad de ópticas, colores RAL disponibles, opciones de montaje, materiales de cierre y versiones para zonas explosivas 2/22) a fin de garantizar una solución ideal para su aplicación. Asimismo, GentleSpace gen2 se puede equipar para su uso en un sistema de emergencia centralizado (PSED)

### Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	2H	21.7	22.5	21.9	22.7	22.9	21.3	22.1	21.5	22.3	22.5
	3H	3H	21.6	22.3	21.9	22.6	22.8	21.3	22.1	21.6	22.3	22.5
	4H	4H	21.5	22.3	21.9	22.5	22.8	21.3	22.0	21.6	22.3	22.5
	6H	6H	21.5	22.1	21.8	22.4	22.7	21.2	21.9	21.6	22.2	22.5
	8H	8H	21.5	22.1	21.8	22.4	22.7	21.2	21.8	21.6	22.1	22.4
4H	12H	12H	21.4	22.0	21.8	22.3	22.6	21.2	21.8	21.5	22.1	22.4
	2H	2H	21.5	22.2	21.8	22.5	22.7	21.1	21.8	21.4	22.1	22.3
	3H	3H	21.4	22.0	21.8	22.3	22.7	21.1	21.7	21.5	22.0	22.4
	4H	4H	21.4	21.9	21.8	22.3	22.6	21.1	21.7	21.5	22.0	22.3
	6H	6H	21.4	21.8	21.8	22.2	22.6	21.1	21.6	21.5	21.9	22.3
8H	8H	8H	21.3	21.7	21.8	22.1	22.5	21.1	21.5	21.5	21.9	22.3
	12H	12H	21.3	21.7	21.7	22.1	22.5	21.1	21.4	21.5	21.8	22.2
	4H	4H	21.3	21.7	21.7	22.1	22.5	21.1	21.5	21.5	21.8	22.2
	6H	6H	21.3	21.6	21.7	22.0	22.5	21.0	21.3	21.5	21.8	22.2
	8H	8H	21.3	21.5	21.7	22.0	22.4	21.0	21.3	21.5	21.7	22.2
12H	12H	12H	21.2	21.4	21.7	21.9	22.4	21.0	21.2	21.4	21.6	22.1
	4H	4H	21.3	21.6	21.7	22.0	22.5	21.0	21.4	21.5	21.8	22.2
	6H	6H	21.2	21.5	21.7	22.0	22.4	21.0	21.3	21.5	21.7	22.2
	8H	8H	21.2	21.4	21.7	21.9	22.4	21.0	21.2	21.4	21.6	22.1
	8H	8H	21.2	21.4	21.7	21.9	22.4	21.0	21.2	21.4	21.6	22.1
Variación de la posición del espectador para separaciones 5 entre luminarias												
S = 1.0H		+2.7 / -7.8				+2.7 / -6.0						
S = 1.5H		+4.6 / -8.5				+3.9 / -6.4						
S = 2.0H		+6.6 / -8.9				+5.8 / -7.8						
Tabla estándar		BK00				BK00						
Sumando de corrección		3.1				2.8						
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 25000lm Flujo luminoso total												