



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE
ILUMINACIÓN NATURAL
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA
PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA AL
MECANIZADO DE PRECISIÓN, DEL SECTOR
METAL-MECÁNICO**

AUTORA: ANA PERIS SANJUÁN

TUTORA: M^o CRISTINA SANTAMARINA SIURANA

Curso Académico: 2018-19

RESUMEN

Este documento tiene como finalidad diseñar y simular un sistema de iluminación energéticamente eficiente de una planta industrial dedicada al mecanizado de precisión, situada en Vilanova i la Geltrú (Barcelona).

El objetivo principal es demostrar los beneficios que la luz natural puede aportar a los trabajadores del taller, y por consiguiente, al trabajo a realizar. Es por esto, que el TFG inicia con una introducción teórica de todos los aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo el proyecto.

Posterior a ello, se procederá a modelar la planta industrial en 3D en el software DIALux. A partir de aquí, se dispondrán distintas propuestas de realización de aberturas, tanto lucernarios como ventanales.

Estas propuestas se ejecutarán en el programa a distintas épocas del año para comprobar que cumplen los requisitos mínimos para que se pueda iluminar el taller de forma natural.

Puesto que el 100% de iluminación natural no tiene lógica, debido a los posibles cambios meteorológicos, se propone un sistema de iluminación mixto.

Por último, se realizarán el estudio de eficiencia energética y la viabilidad económica de llevar a cabo el proyecto.

Palabras clave: Diseño, iluminación natural, planta industrial, eficiencia.

RESUM

Aquest document té com a finalitat dissenyar i simular un sistema de il·luminació energèticament eficient de una planta industrial dedica al mecanitzat de precisió, que es troba a Vilanova i la Geltrú (Barcelona).

L'objectiu principal és demostrar els beneficis que la llum natural pot aportar als treballadors, i per consegüent, al treball a realitzar. Es per aquest motiu, que el TFG comença amb una introducció teòrica de tot els aspectes a tindre en compte per dur a terme el projecte.

Posteriorment, es procedeix a modelar la planta industrial en 3D al software DIALux. A partir d'ací, es disposaran diferents propostes de realització d'obertures, tant lluernes com finestrons.

Aquestes propostes es executaran al programa en distintes èpoques de l'any per comprovar que compleixen els requisits mínims per a que el taller s'il·lumine de forma natural.

Posat que el 100% de la il·luminació natural no te cap tipus de lògica, degut als possibles canvis meteorològics, es proposa un sistema d'il·luminació mixta.

Per últim, es realitzarà l'estudi d'eficiència energètica i la viabilitat econòmica per tal de dur a terme el projecte.

Paraules clau: Disseny, il·luminació natural, planta industrial, eficiència.

ABSTRACT

This document intends to design and simulate a lighting system energy which is efficient for an industrial plant that is dedicated to machine pieces, located in *Vilanova i la Geltrú (Barcelona)*.

The main aim is to demonstrate how employees can benefit from working with natural light at their workstation. Therefore, the current TFG starts with a theoretical introduction with all the factors to take into account when doing the project.

Subsequently, this industrial plant will be shaped on 3D using DIALux. From this point, different approaches will be done with holes, that can be skylights or windows.

These approaches will be performed with DIALux software at different times of the year to ensure that they follow the minimum requirements in order to illuminate the workstation with natural lights.

Owing to the fact that the workstation should not be illuminated 100% with natural light because of weather changes, a mixed system will be proposed.

Finally, energy efficiency study and financial viability will be done too.

Key words: Design, natural light, industrial plant, efficiency.

DOCUMENTOS DEL TFG

- Memoria
- Anexo
- Presupuesto
- Planos

DOCUMENTO 1:

MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1. OBJETIVOS	14
2. MECANIZACIÓN DE PIEZAS	14
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	15
4. PLANTA TALLER DE MECANIZACIÓN DE PIEZAS	15
4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA NAVE	16
4.2. PLANO DE LAYOUT	16
5. ILUMINACIÓN	16
5.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA OBTENER PUESTOS DE TRABAJO CORRECTAMENTE ILUMINADOS.	17
5.2. TIPOS DE ILUMINACIÓN	18
5.2.1. ILUMINACIÓN NATURAL.....	18
5.3. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA	21
5.4. MÉTODOS DE CÁLCULO.....	22
5.4.1. MÉTODO ANALÍTICO	22
5.4.2. SITUACIÓN DE ABERTURAS	25
5.4.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	26
6. DISEÑOS DE ILUMINACIÓN NATURAL	27
6.1. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA INDUSTRIAL	28
6.3. CÁLCULO DE LA SUPERTICIE TEÓRICA DE ABERTURAS	31
6.3. PROPUESTAS DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL.....	32
6.3.1. INTRODUCCIÓN DE PARÁMETROS EN DIALUX.....	32
6.3.2. PROPUESTA 1	36
6.3.3. PROPUESTA 2	39
6.3.4. PROPUESTA 3	43

7. SOLUCIÓN SELECCIONADA	46
8. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	48
9. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	48
10. ANÁLISIS ECONÓMICO	50
10.1. PRESUPUESTO	50
10.2. BALANCE ECONÓMICO.....	50
10.2.1. ILUMINACIÓN 100% ARTIFICIAL.....	51
10.2.2. ILUMINACIÓN 30% ARTIFICIAL Y 70% LUZ NATURAL.....	56
10.2.3. ILUMINACIÓN 20% ARTIFICIAL Y 80% LUZ NATURAL.....	58
10.2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO	60
11. CONCLUSIONES.....	63
12. BIBLIOGRAFÍA.....	64

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. <i>Número de puntos mínimos a considerar en el cálculo de la iluminancia media.</i>	27
Tabla 2. <i>Valores de iluminación según UNE 12464.1</i>	29
Tabla 3. <i>Parámetros de las distintas zonas de trabajo.</i>	30
Tabla 4. <i>Parámetros y cálculo de la superficie teórica de aberturas.</i>	31
Tabla 5. <i>Cantidad de maquinaria.</i>	34
Tabla 6. <i>Resultados 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 1.</i>	38
Tabla 7. <i>Resultados 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 1.</i>	39
Tabla 8. <i>Resultados 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 2.</i>	42
Tabla 9. <i>Resultados 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 2.</i>	42
Tabla 10. <i>Resultados 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 3.</i>	45
Tabla 11. <i>Resultados 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 3.</i>	45

Tabla 12. <i>VEEI para 100% iluminación artificial.</i>	49
Tabla 13. <i>VEEI para 50% iluminación artificial.</i>	49
Tabla 14. <i>VEEI para 40% iluminación artificial.</i>	49
Tabla 15. <i>VEEI para 30% iluminación artificial.</i>	49
Tabla 16. <i>VEEI para 20% iluminación artificial.</i>	49
Tabla 17. <i>Potencia estimada para 100% iluminación artificial.</i>	51
Tabla 18. <i>Término de potencia.</i>	52
Tabla 19. <i>Término de energía.</i>	52
Tabla 20. <i>Total de horas laborables en cada periodo de 2018.</i>	53
Tabla 21. <i>Cálculo del término de potencia 100% iluminación artificial.</i>	54
Tabla 22. <i>Cálculo del término de energía.</i>	54
Tabla 23. <i>Importe estimado factura eléctrica 100% iluminación artificial.</i>	55
Tabla 24. <i>Potencia estimada para 30% iluminación artificial.</i>	56
Tabla 25. <i>Cálculo del término de potencia 30% iluminación artificial.</i>	56
Tabla 26. <i>Cálculo del término de energía 30% iluminación artificial.</i>	57
Tabla 27. <i>Importe estimado factura eléctrica 30% iluminación artificial.</i>	57
Tabla 28. <i>Potencia estimada para 20% iluminación artificial.</i>	58
Tabla 29. <i>Cálculo del término de potencia 20% iluminación artificial.</i>	58
Tabla 30. <i>Cálculo del término de energía 20% iluminación artificial.</i>	59
Tabla 31. <i>Importe estimado factura eléctrica 20% iluminación artificial.</i>	59
Tabla 32. <i>Comparativa gastos eléctricos anuales.</i>	61
Tabla 33. <i>Inversión a realizar.</i>	61
Tabla 34. <i>VAN a distintos intereses.</i>	61
Tabla 35. <i>TIR.</i>	62

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1. <i>Organigrama del proyecto.</i>	15
FIGURA 2. <i>Dispositivos de entrada de luz natural.</i>	20
FIGURA 3. <i>Tipo de radiación solar.</i>	21
FIGURA 4. <i>Factor de ventanas.</i>	23
FIGURA 5. <i>Factor característico de reducción ventana-muro (f').</i>	24
FIGURA 6. <i>Rendimiento del recinto</i>	25
FIGURA 7. <i>Situación de las ventanas.</i>	26
FIGURA 8. <i>Distribución áreas de trabajo.</i>	30
FIGURA 9. <i>Vista de la nave industrial desde Google Earth.</i>	33
FIGURA 10. <i>Vista de la nave industrial desde DIALux.</i>	34
FIGURA 11. <i>Diseño de las distintas maquinarias en DIALux, visto desde diferentes ángulos.</i>	35
FIGURA 12. <i>Planta. Propuesta 1.</i>	37
FIGURA 13. <i>Simulación en DIALux. Propuesta 1.</i>	37
FIGURA 14. <i>Resultado en escala de grises 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 1.</i>	38
FIGURA 15. <i>Resultado en escala de grises 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 1.</i>	39
FIGURA 16. <i>Planta. Propuesta 2.</i>	40
FIGURA 17. <i>Perfil. Propuesta 2.</i>	40
FIGURA 18. <i>Simulación DIALux, vista 1. Propuesta 2.</i>	40
FIGURA 19. <i>Simulación DIALux, vista 2. Propuesta 2.</i>	41
FIGURA 20. <i>Resultado en escala de grises 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 2.</i>	41
FIGURA 21. <i>Resultado en escala de grises 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 2.</i>	42
FIGURA 22. <i>Planta. Propuesta 3.</i>	43
FIGURA 23. <i>Simulación DIALux. Propuesta 3.</i>	44
FIGURA 24. <i>Resultado en escala de grises 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 3.</i>	44

FIGURA 25. <i>Resultado en escala de grises 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 3</i>	45
FIGURA 26. <i>Ángulos de incidencia para justificar el posible deslumbramiento</i>	47
FIGURA 27. <i>Calendario tarifa 3.1.A</i>	52

1. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es realizar un diseño óptimo de iluminación natural de una planta industrial, en concreto un taller de mecanización de precisión de piezas, con su posterior análisis de eficiencia energética, incluyendo distintas propuestas de iluminación natural y seleccionando la que mejor se adapte al taller.

Para todo ello, se tendrá en cuenta la normativa vigente sobre sistemas de iluminación y el aprendizaje del software "DIALux" con el que realizar todos los cálculos necesarios y la simulación de los sistemas de iluminación.

También se estudiará la viabilidad económica de la aplicación del sistema de iluminación escogido.

2. MECANIZACIÓN DE PIEZAS

En un mundo cada vez más industrializado, la calidad de los acabados resulta primordial, y es en este instante donde crece la importancia de centrarse en el mecanizado de todas y cada una de las piezas.

Esta nave industrial tiene como finalidad ser un taller, en donde se fabriquen piezas de pequeñas dimensiones y no demasiado pesadas. Las piezas que fabricadas no superan los 25 kg y su diámetro oscila entre 2 mm y 100 mm, por otro lado, su longitud puede variar de 5 mm a 830 mm. En esta empresa se mecanizan las piezas tal y como demanda el cliente, así como se modifican o reparan otras provenientes de otros talleres.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como finalidad realizar el mejor diseño posible de un sistema de iluminación natural de la nave a estudiar. Se trata de una nave situada en el polígono industrial de Vilanova i La Geltrú, Barcelona.

En el siguiente organigrama se establecen los pasos a seguir.

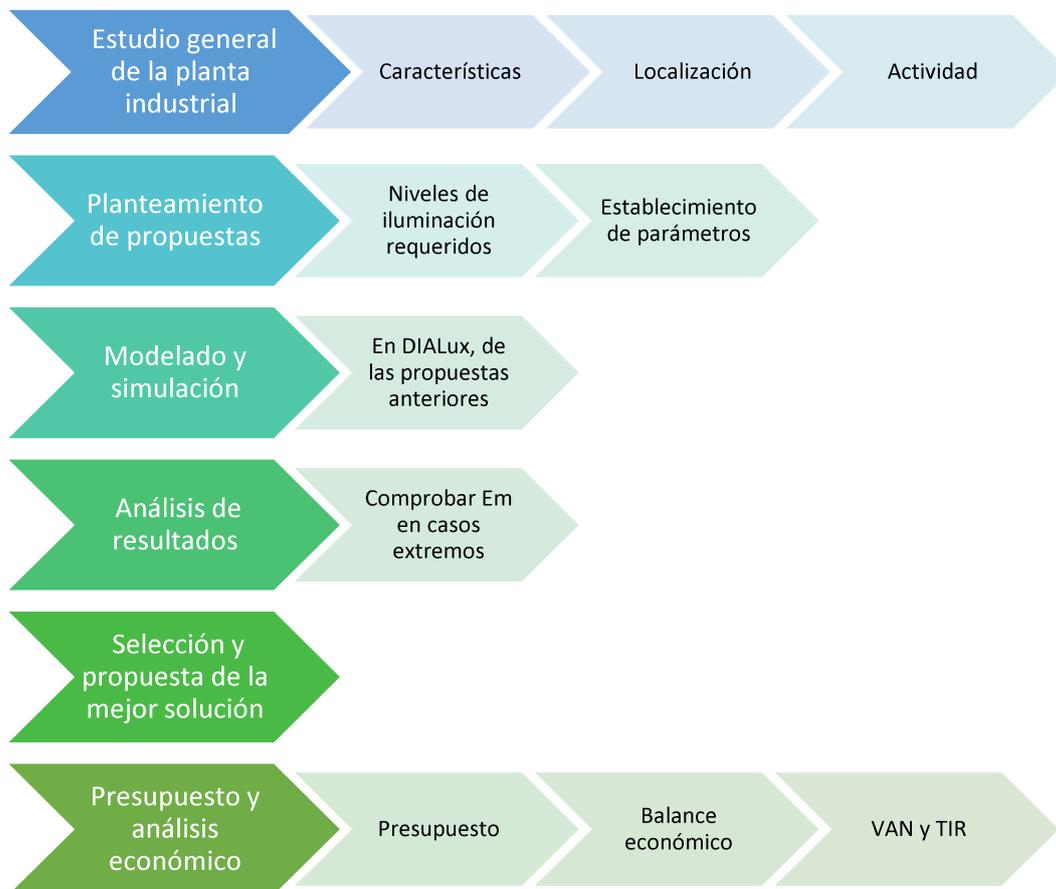


FIGURA 1. Organigrama del proyecto.

4. PLANTA TALLER DE MECANIZACIÓN DE PIEZAS

Seguidamente se describirá la nave, teniendo en cuenta su uso y su distribución en planta (layout) del taller de mecanización de piezas.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA NAVE

La nave industrial tiene unas dimensiones de 40 x 24 m, obteniendo una superficie útil de 960 m². Un total de 716,23 m² se destina a uso industrial, que consta de la zona de taller, un primer almacén donde se depositarán todos los productos fabricados y reparados, listos para la venta y recogida, y un segundo almacén en el que se alojarán todas las materias primas y el material necesario para el mantenimiento de las máquinas. Los 243,77 m² restantes se destinan a oficinas y vestuarios.

Es una nave rectangular a dos aguas, formada por nueve pórticos separados entre ellos 5 metros, con una altura de pilar de 6,2 metros y 8,7 metros de altura en cumbre.

La cubierta tan solo será accesible para realizar su mantenimiento o para realizar reformas de esta. Su inclinación es de 11,8°.

4.2. PLANO DE LAYOUT

Se adjunta el plano en el documento 4.

5. ILUMINACIÓN

La iluminación necesaria en el lugar de trabajo debe permitir a los operarios realizar sus tareas con las condiciones de visibilidad adecuadas. Cada uno de los operarios del taller ha de poder distinguir con rapidez y de forma nítida, las piezas y herramientas con las que trabaja.

En esta nave industrial, el estudio de una correcta iluminación es imprescindible ya que la precisión requerida en el proceso de mecanización de piezas es muy alta.

Está demostrado que el modo en que se iluminen las zonas de trabajo tiene consecuencias en el ambiente fisiológico y psicológico de las personas. Así pues, el empleo de luz natural ayuda a que el operario trabaje más cómodamente y su satisfacción laboral sea mayor. A su vez, el uso de este tipo de iluminación reduce la fatiga visual. Si con todo esto no es suficiente,

iluminar de forma natural la planta industrial presenta un ahorro energético frente al uso de iluminación artificial.

5.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA OBTENER PUESTOS DE TRABAJO CORRECTAMENTE ILUMINADOS.

A pesar de la gran cantidad de ventajas que hacen decantar la balanza por el uso de iluminación natural, cabe tener en cuenta los inconvenientes que este tipo de iluminación conlleva.

Uno de los principales inconvenientes, el cual se da con bastante asiduidad, resulta ser un cambio en el nivel de iluminación de forma brusca, lo que produce deslumbramientos temporales que ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores.

Es por ello que para conseguir un nivel de iluminación óptimo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos recogidos en el Real Decreto RD 486/1997. También se utiliza de forma orientativa la *“ORGANIZACIÓN GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO”* (OGSHT) la cual ya no está en vigor. Estos aspectos son:

- Se prioriza el uso de luz natural siempre que sea posible, la cual se tiene que reforzar mediante luz artificial, incluso de día, cuando la luz natural no asegure las condiciones de visibilidad adecuadas. Además, hay que tener en cuenta que la iluminación de cada zona se debe ajustar a las características del trabajo a realizar en dicho lugar.
- Hay que acentuar la iluminación en lugares donde se encuentren máquinas peligrosas y en zonas donde se puedan producir caídas, donde haya escaleras y en zonas de emergencia. También se debe graduar la iluminación en lugares de acceso y de distinta intensidad luminosa.

- Las sombras serán evitadas y se pretenderá que la intensidad luminosa sea uniforme, procurando que no se existan ningún tipo de reflejos ni deslumbramientos, ya sean directos o indirectos.
- Los colores de la maquinaria deberán ser mates, para rehuir de los reflejos.

5.2. TIPOS DE ILUMINACIÓN

Se diferencian dos tipos básicos de iluminación en función del origen:

- Iluminación natural: viene dada por la luz diurna, que permite definir a la perfección los colores, es económica y posee la capacidad de reducir el cansancio visual.
- Iluminación artificial: viene dada por fuentes artificiales.

Hay que recalcar, que lo más habitual es utilizar iluminación mixta definida como la resultante al combinar iluminación natural y artificial.

Otra forma de clasificar el tipo de iluminación es:

- Iluminación general: es la que se reparte por la superficie de trabajo de manera uniforme.
- Iluminación localizada: es la que incide sobre una superficie en concreto que no está suficientemente iluminada con iluminación general. La forma de conseguirlo es con fuentes artificiales.

5.2.1. ILUMINACIÓN NATURAL

Tras todo lo comentado anteriormente, queda patente que el trabajo se ha de realizar, siempre que se pueda, con luz diurna. Sólo se recurrirá al alumbrado

mediante lámparas, cuando esta no sea suficiente y no se garanticen los niveles mínimos de iluminación.

Hay que disponer de forma correcta los medios de producción con el afán de lograr el máximo aprovechamientos de la iluminación natural. Así pues, se convierte la necesidad de iluminación en un requisito funcional y, a su vez, estas necesidades son función del sistema productivo a instalar. Pero, a pesar de todo esto, se debe buscar flexibilidad en el diseño de iluminación natural, ya que el proceso productivo puede cambiar a lo largo de los años y con ello la distribución de la planta. También, se debe considerar la posibilidad que la nave se ponga en venta y deje de ser un taller de mecanizo de precisión.

También se debe tener en cuenta las limitaciones que tiene la luz natural, ya que, en este caso en concreto, el sistema de mecanización de piezas requiere niveles de iluminación elevados y gran uniformidad en la distribución, pero cualquier sistema productivo lo exigiría del mismo modo.

Así que, es preciso recurrir a una combinación del sistema de iluminación natural con otro de iluminación artificial.

En lugar donde se coloquen las aberturas que hacen posible la entrada de luz solar marca el tipo de iluminación natural: lateral, cenital o combinada. Las aberturas que dan lugar a una iluminación lateral se encuentran en los cerramientos laterales, mientras que aquellas aberturas que se encuentran en las cubiertas, mediante lucernarios, dan lugar a la iluminación cenital. La iluminación combinada resulta al darse conjuntamente la iluminación lateral y cenital.

En la siguiente figura se muestran todos los dispositivos posibles.

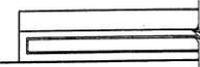
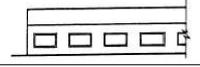
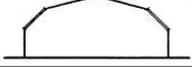
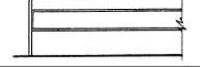
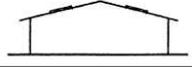
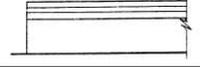
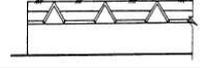
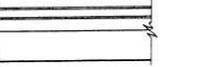
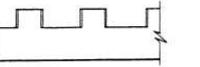
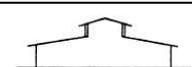
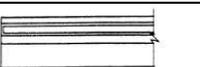
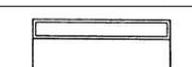
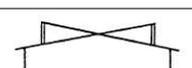
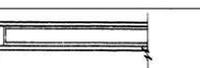
Ventanal corrido		
Ventanales		
Mansarda		
Lucernarios tendidos		
Monteras		
Linterna con lucernario cenital		
Linternas transversales con lucernario vertical		
Linternas con lucernario vertical		
Dientes de sierra		
Lucernarios verticales cubiertos paralelamente a los pares		

FIGURA 2. Dispositivos de entrada de luz natural.

Fuente: Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.

Cabe la posibilidad de obtener iluminación mediante claraboyas en cubierta si la pendiente de la cubierta es igual o inferior al 10%. En este proyecto, esta elección se descarta, debido a que la pendiente de la cubierta de la nave industrial es de 11.8° , lo que equivale a un 20.89%.

Por último, los posibles obstáculos como pueden ser los edificios contiguos, la posición geográfica y los cambios meteorológicos son factores determinantes que influyen en el tipo de luz que entra en la planta. La radiación solar puede ser directa si procede del sol o radiación difusa si se produce reflexión. En la siguiente figura, se aprecia con más claridad dicha distinción.

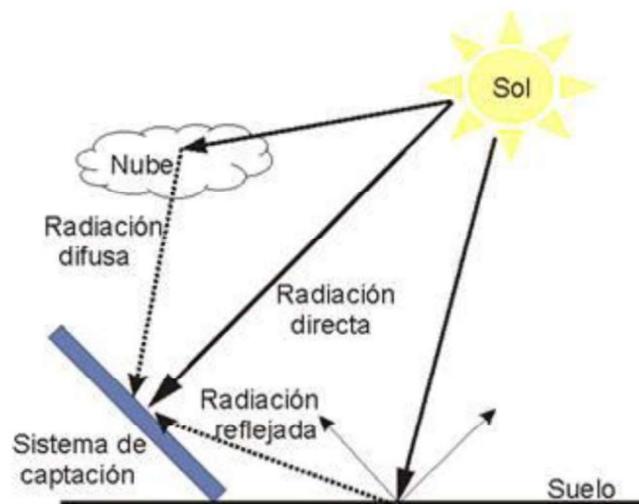


FIGURA 3. Tipo de radiación solar.

Fuente: Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.

5.3. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA

Para empezar a diseñar, el primer paso debe ser determinar los valores de los parámetros a cumplir. Es por esto, que todos ellos se recogen en la legislación y normativa vigente, la cual reúne todos los requisitos luminotécnicos de las distintas áreas de trabajo. Los parámetros son:

- Valor medio de iluminación en el plano de trabajo (E_m): Se trata del nivel de iluminación medio medido en luxes necesarios en las áreas de trabajo, específicos según qué actividad se desempeñe. Estos valores se recogen en la norma UNE 12464.1.

Con esto, también se debe tener en cuenta la iluminación interior en un punto (E_i). Se trata del nivel de iluminación situado en el plano útil, a 0.85 m del suelo respecto la horizontal. A partir de los cuales se obtiene E_m .

- Uniformidad de la iluminación (E_{\min}/E_{\max}): Relación que se da entre las iluminaciones horizontales mínimas y las iluminaciones horizontales máximas. Si este valor se aproxima a cero significa que E_{\min} y E_{\max} están muy alejados y no existe uniformidad, si por el contrario, este valor se aproxima a uno, dichos valores están muy cerca y la uniformidad resulta óptima.

Para determinar estos valores no existe un reglamento específico en cuanto a edificios industriales, pero tanto, el Código Técnico de la Edificación y el real decreto RD 486/1997 recogen distintos aspectos a tener en cuenta. Uno de los aspectos más relevantes se encuentra en el Código Técnico de la Edificación donde se indica que el factor de uniformidad media debe ser como mínimo del 40% en zonas de circulación.

- Deslumbramientos: Se dan cuando la luz que incide sobre el plano horizontal teórico, es decir, a la altura de los ojos del operario tiene un ángulo inferior a 30° .

5.4. MÉTODOS DE CÁLCULO

5.4.1. MÉTODO ANALÍTICO

Este método se basa en el método del rendimiento del Dr. Fruhling, el cual tiene como base la norma alemana DIN 5034 de recintos. Este es modificado para adaptarlo a las características propias de edificios industriales.

Tras asignar el valor medio de iluminación para la planta industrial se obtiene el área superficial de ventanas necesaria. Un valor imprescindible para determinar una correcta iluminación.

La fórmula empleada es:

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

Siendo:

E_m : nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior (requerimientos ambientales).

E_a : nivel de iluminación horizontal en el exterior (3000 lux).

f : factor de ventanas.

f' : factor característico de reducción ventana-muro.

η : rendimiento del recinto.

S_v : Superficie de ventanas.

S_s : Superficie de suelo del recinto.

Algunos términos de la ecuación deben ser explicados:

- **Factor de ventanas (f):** Este parámetro tiene en cuenta la reducción de la bóveda celeste que capta una ventana según su disposición en el edificio.

Se determina de la siguiente forma:

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

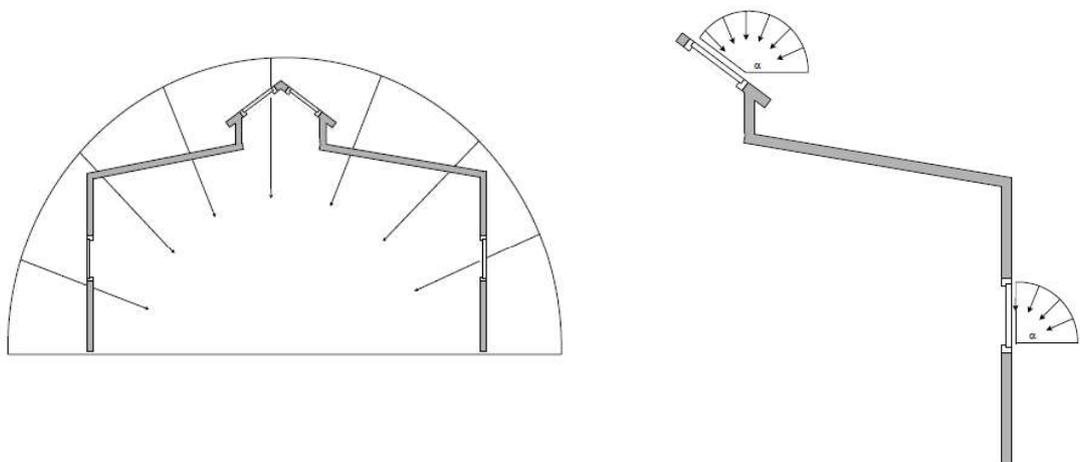
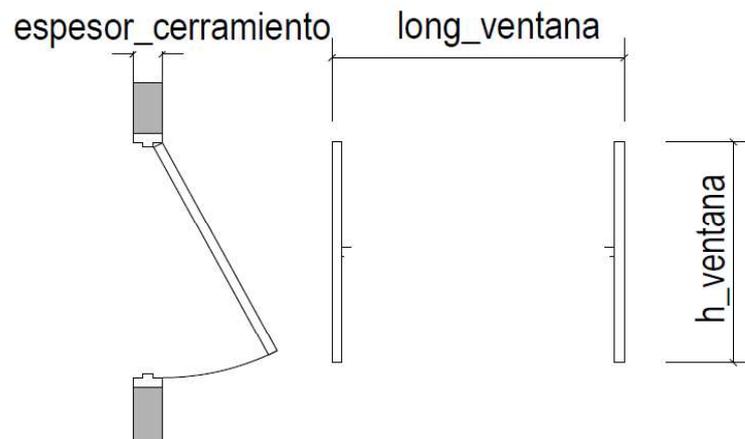


FIGURA 4. Factor de ventanas.

Fuente: Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.

- **Factor característico de reducción ventana-muro (f'):** Este parámetro considera la posible reducción del paso de la radiación solar a consecuencia del grosor del cerramiento de fachada. En plantas industriales suele tomar el valor uno. Como se observa en la siguiente imagen a este parámetro le influye, el espesor del muro, y las dimensiones de la ventana.



Curva f' para $long_ventana/espesor_cerramiento \geq 10$

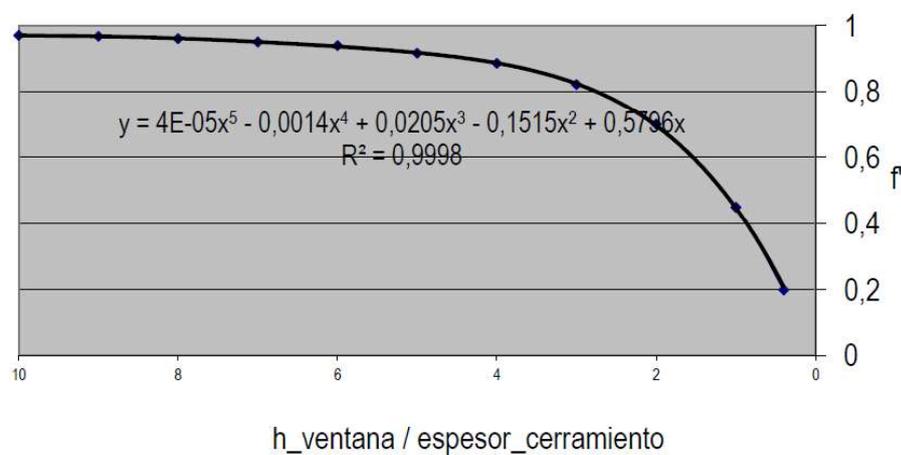


FIGURA 5. Factor característico de reducción ventana-muro (f').

Fuente: Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.

- **Rendimiento del recinto (η):** Este parámetro tiene en cuenta que no toda la luz que entra por las aberturas ilumina el plano de trabajo. Se sabe que de dicha luz que incide sobre otras superficies, que, a su vez, reflejan, en parte, sobre el plano de trabajo.

En recintos rectangulares, el rendimiento es del orden del 40% - 50%.

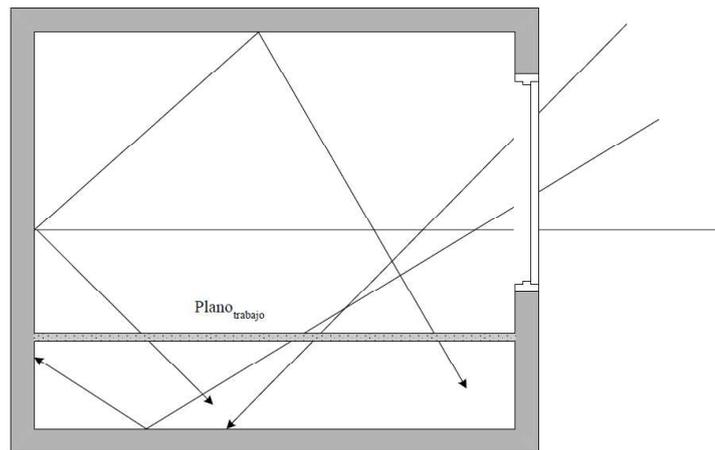


FIGURA 6. Rendimiento del recinto

Fuente: Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.

5.4.2. SITUACIÓN DE ABERTURAS

Colocar y disponer, las ventanas y lucernarios, de forma adecuada es de suma importancia. De esto dependerá conseguir o no un correcto sistema de iluminación, un diseño óptimo, y por consiguiente una uniformidad adecuada en todo el plano de trabajo.

A la hora de distribuir ventanas y lucernarios, hay que considerar los siguientes aspectos:

- Si la ventana está centrada en la pared, la iluminación y uniformidad es máxima, por el contrario, si se ubica la ventana de forma adyacente a una de las paredes, tanto la iluminación como la uniformidad son mínimas.

- Si la nave industrial dispone de manchones, se recomienda una distancia del borde del cristal a la pared sea menor o igual a 1.50 metros. Así como, la anchura de lo manchones debe tener una relación determinada respecto a la anchura de las ventanas.
- La altura de las ventanas es un rasgo importante, a mayor altura respecto del suelo, menor será la iluminación. En cambio, la uniformidad es mayor y el punto con iluminación igual a la media horizontal se desplaza hacia el interior de la planta industrial. Si se dispone de naves profundas, esta disposición debe tenerse muy en cuenta, consigue que la luz llegue a puntos apartados con suficiente ángulo de incidencia. Este ángulo no debe ser menor a 30° , podría provocar deslumbramientos y sombras molestas.

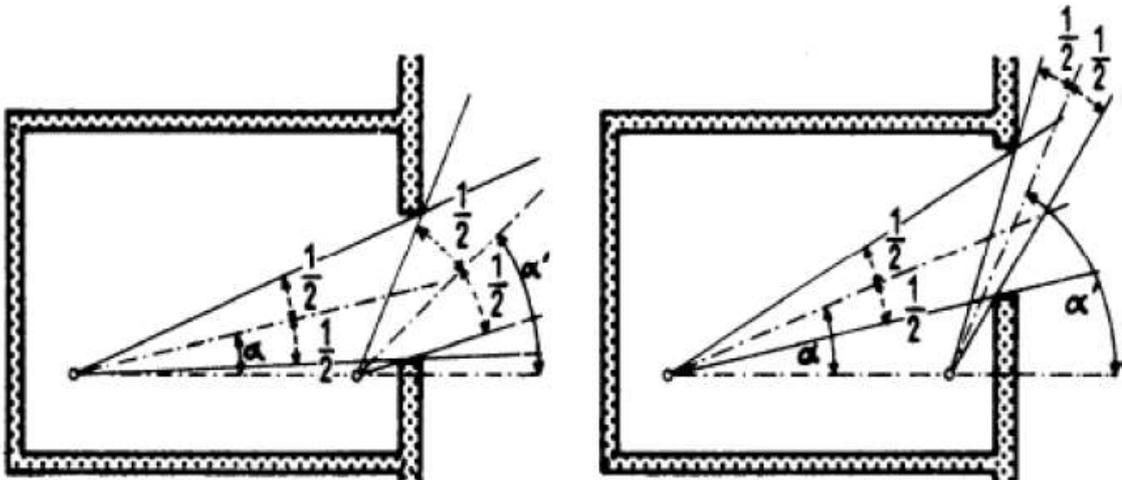


FIGURA 7. Situación de las ventanas.

Fuente: Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.

Por último, las aberturas deben seguir la máxima simetría posible.

5.4.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tras calcular la superficie de abertura y realizar las correspondientes simulaciones, se debe verificar el valor de la eficiencia energética de la instalación en cada zona (VEEI), según el Código Técnico de la Edificación (CTE).

La eficiencia energética se determina mediante el VEEI [W/m^2] por cada 100 lux con la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (3)$$

Siendo:

P [W]: potencia de la lámpara más el equipo auxiliar.

S [m²]: superficie iluminada.

E_m [lux]: iluminancia media mantenida.

El número mínimo de puntos a considerar al calcular la iluminancia media (E_m) es:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (4)$$

Siendo:

L: longitud del local.

A: anchura del local.

H: distancia del plano de trabajo a las luminarias.

Por consiguiente, los puntos a tener en cuenta serán:

K < 1	4 puntos
2 > K ≥ 1	9 puntos
3 > K ≥ 2	16 puntos
K > 3	25 puntos

Tabla 1. Número de puntos mínimos a considerar en el cálculo de la iluminancia media.

6. DISEÑOS DE ILUMINACIÓN NATURAL

Para empezar con el diseño de iluminación natural hay que considerar que la localización de la nave afecta a la incidencia de los rayos del sol.

La nave que se estudia está situada en Vilanova i la Geltrú, provincia de Barcelona, concretamente latitud 41°13'47" N y longitud 1°41'37" E.

También hay que tener en cuenta que en el interior de la planta industrial va a haber dos tipos de luz: la radiación que procede de la bóveda celeste y la reflexión de objetos y edificios de alrededor.

La planta industrial se dedica al mecanizado de precisión dentro del sector metal-metálico.

6.1. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA INDUSTRIAL

El nivel de iluminación medio necesario en el interior (E_m) se obtiene según la expresión:

$$E_m = \frac{\sum E_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (5)$$

Siendo:

E_m : nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior.

E_i : nivel de iluminación medio requerido en cada zona de actividad.

S_i : superficie ocupada por cada zona de actividad.

La norma UNE 12464.1 determina la iluminación media en cada zona de actividad.

Para la planta industrial que se estudia se consultan la tabla de "actividades industriales y artesanales" y la tabla de "zona de tráfico y áreas comunes de edificios".

Nº ref	Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lux	UGR_L	R_a
4. Salas de almacenamiento, almacenes fríos				
4.1	Almacenes y cuarto de almacén	100	25	60
4.2	Manipulación de paquetes y expedición	300	25	60
13. Trabajo y tratamiento de metales				
13.1	Forja en troquel abierto	200	25	60
13.2	Estampación en caliente y soldadura	300	25	60
13.3	Mecanización basta y media (tolerancias $\geq 0,1$ mm)	300	22	60
13.4	Mecanización de precisión (tolerancias $< 0,1$ mm)	500	19	60
13.5	Trazado, inspección	750	19	60
13.6	Talleres de estirado de hilos y tubos, conformado en frío	300	25	60
13.7	Mecanización de chapa (espesor ≥ 5 mm)	200	25	60
13.8	Mecanización de chapa (espesor < 5 mm)	300	22	60
13.9	Fabricación de herramienta de corte	750	19	60
13.10	Montaje basto	200	25	80
13.11	Montaje medio	300	25	80
13.12	Montaje fino	500	22	80
13.13	Montaje precisión	750	19	80
13.14	Galvanización	300	25	80
13.15	Preparación de superficies y pintura	750	25	80
13.16	Fabricación de herramientas, patrones, Mecánica de precisión y micromecánica	1000	19	80

Tabla 2. Valores de iluminación según UNE 12464.1

La nave se divide en 15 áreas según el tipo de actividad, de las que solo se tendrán en cuenta 11. Tal como se observa en la siguiente figura y la posterior tabla.

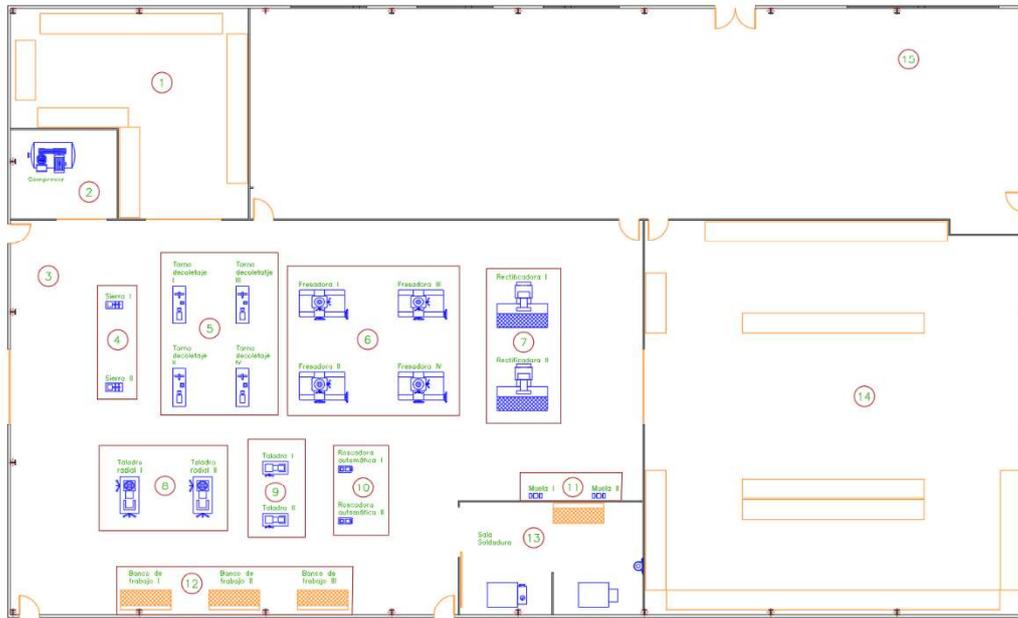


FIGURA 8. Distribución áreas de trabajo.

Zona		Superficie [m ²]	E _m [lux]	E _i ·S _i	N.º referencia (UNE 12464.1)
	Nombre				
1	Almacén II	77,38	300	23214	4.2
2	Sala compresor				
3	Taller	404,42	300	121326	4.2
4	Sierras	10,73	750	8047,5	13.5
5	Tornos decoletaje	29,4	500	14700	13.4
6	Fresadoras	24,32	500	12160	13.4
7	Rectificadoras	36,3	750	27225	13.5
8	Taladros radiales	15,84	750	11880	13.5
9	Taladros	12	750	9000	13.5
10	Roscadoras automáticas	2,33	500	1165	13.4
11	Muelas	3	1000	3000	13.16
12	Bancos de trabajo	12	1000	12000	13.16
13	Sala soldadura				
14	Almacén I	234,43	300	70329	4.2
15	Oficinas y vestuarios				
	Total	862,15		314046,5	

Tabla 3. Parámetros de las distintas zonas de trabajo.

Tras establecer los valores, tanto de áreas como de iluminación, en cada zona de trabajo, se aplican en la ecuación (5).

$$E_m = \frac{314046,5}{862,15} = 364,2597 \approx 364,26 \text{ lux}$$

Obteniéndose un total de 364,26 lux.

6.3. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE TEÓRICA DE ABERTURAS

Se debe realizar este cálculo para saber entre que dos valores se encuentra la superficie necesaria. Para ello, despejamos S_v de la ecuación (1), de donde se obtiene:

$$S_v = \frac{E_m \cdot S_s}{E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta} \quad (6)$$

Se considera dos posibles situaciones. La primera opción donde todas las aberturas sean lucernarios, y una segunda opción en que todas las aberturas se realicen en los laterales.

En ambos casos, se conservarán todos los valores excepto f , ya que éste varía según se dispongan. Si se trata de aberturas laterales $f = 0,5$, mientras que, si se trata de lucernarios, se aplica la ecuación (2), por lo que resulta;

$$f = \frac{180^\circ - 11,8^\circ}{180^\circ} = 0,934.$$

	Aberturas cenitales	Aberturas laterales
E_m : lux	364,26	364,26
S_s : m ²	960	960
E_a : lux	3000	3000
f	0,934	0,5
f'	1	1
Rendimiento	0,5	0,5
	Sustituyendo en la ecuación (7)	
S_v : m ²	249,6	466,25

Tabla 4. Parámetros y cálculo de la superficie teórica de aberturas.

Se escoge un valor próximo a la media entre la superficie máxima y mínima. En este caso, se opta por que la superficie teórica sea de 360 m².

Este valor es teórico y es una aproximación para poder realizar la simulación.

6.3. PROPUESTAS DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL

Existen varios softwares para facilitar el diseño de sistemas de iluminación, ya sea iluminación interior o exterior. El que se utiliza en este proyecto es DIALux, versión 4.13.

DIALux, permite importar y exportar planos desde el conocido programa AUTOCAD, así como, modelar desde el propio programa. Tiene desde poliedros básicos hasta distintos modelos de muebles, pudiendo de esta forma realizar todo tipo de combinaciones para conseguir un diseño lo más parecido posible a la realidad.

Este programa contiene catálogos de distintas marcas de luminarias.

6.3.1. INTRODUCCIÓN DE PARÁMETROS EN DIALUX

Los distintos parámetros que se tienen en cuenta son:

I. Ubicación de la planta.

La nave industrial se encuentra en el polígono industrial de Vilanova i la Geltrú, cerca de la ciudad de Barcelona.

A pesar de que DIALux contiene datos de las capitales de provincia, no contiene datos de todas las ciudades del país, se han introducido las coordenadas exactas de la nave:

- Latitud: 41°13'47" N
- Longitud 1°41'37" E

II. Grados de reflexión.

- Techo: 80 %
- Paredes: 70 %
- Suelo: 20 %

En cuanto a la maquinaria y estanterías, el grado de reflexión depende del color de cada máquina, a pesar de que todo es metal.

Todas las máquinas se han diseñado según catálogos, para que el resultado sea lo más exacto posible.

III. Orientación de la nave industrial.

Para obtener la orientación de la nave, se ha buscado la nave en Google Earth y, utilizando las herramientas del programa, se ha conseguido calcular el ángulo de inclinación de la nave.



FIGURA 9. Vista de la nave industrial desde Google Earth.

Gracias a la opción de medir distancias, se crea un triángulo rectángulo, donde la hipotenusa coincide con el lateral de la nave y uno de sus catetos toma la misma dirección que el norte del mapa. El cateto restante forma 90° con el anterior.

La medida de cada cateto resulta 107,19 m y 50 m, respectivamente. Por lo tanto se aplica la siguiente relación trigonométrica la nave se dista 25° del norte.

$$\tan \alpha = \frac{50}{107,19} = 0,466 \rightarrow \alpha \approx 25^{\circ} \quad (7)$$

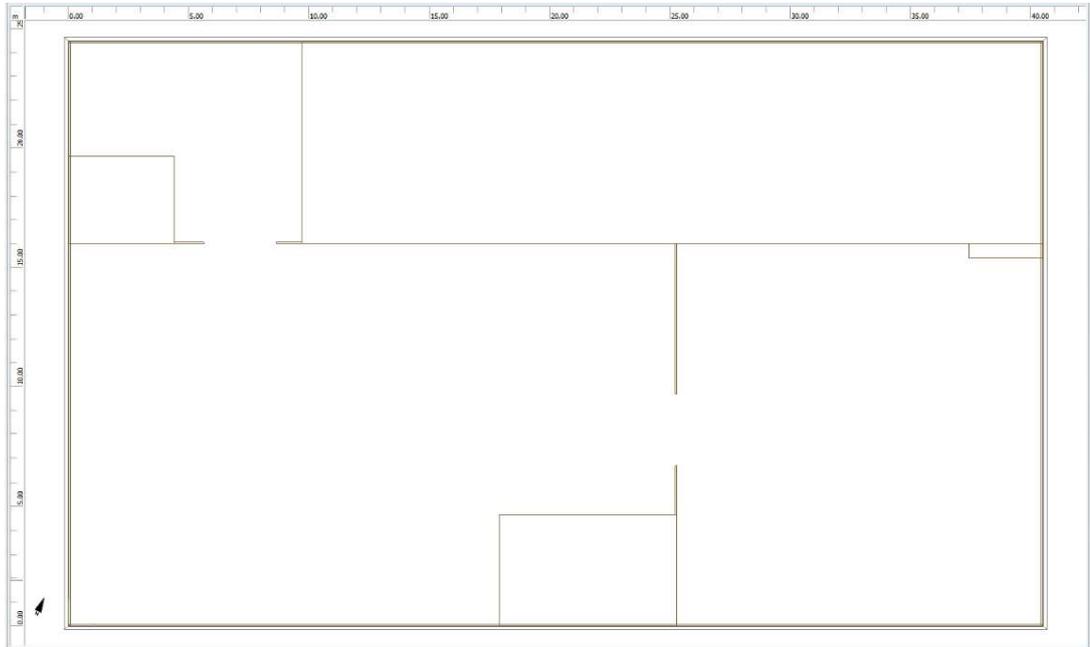


FIGURA 10. Vista de la nave industrial desde DIALux.

IV. Distribución de la maquinaria.

La distribución de la maquinaria se ha diseñado según el layout de la nave industrial. Según figura 8.

Nombre máquina	Cantidad
Sierra	2
Torno decoletaje	4
Fresadora	4
Rectificadora	2
Taladro radial	2
Taladro	2
Roscadora automática	2
Muela	2

Tabla 5. Cantidad de maquinaria.

Para ser lo más fieles posibles, se ha buscado el catálogo de cada máquina y se ha reproducido con la exactitud que nos permite el software. Toda esta información se adjunta en el anexo.

El resultado final se puede observar en las siguientes imágenes:

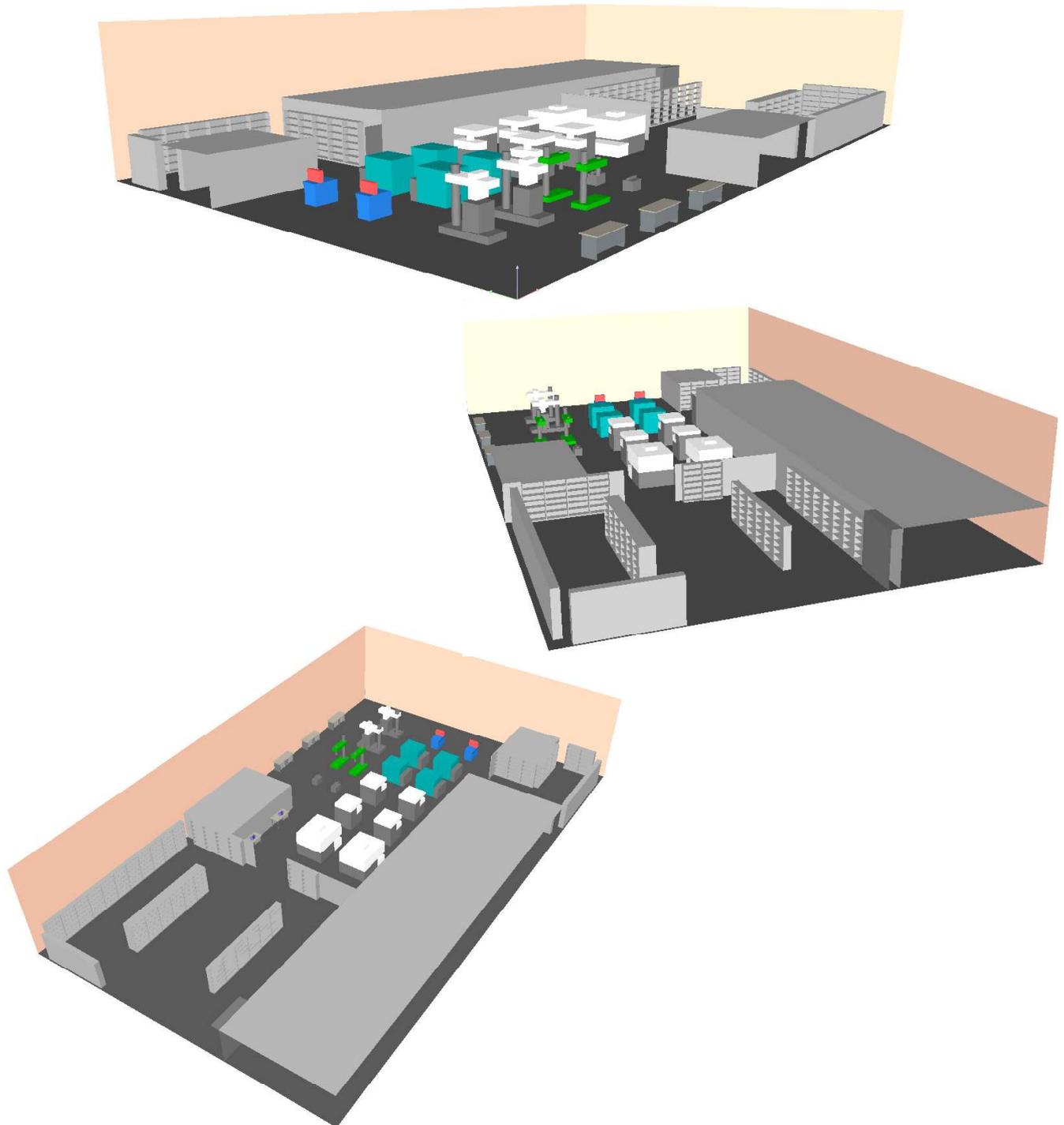


FIGURA 11. *Diseño de las distintas maquinarias en DIALux, visto desde diferentes ángulos.*

V. Plano de trabajo.

El plano de trabajo se ha designado a 0,85 metros respecto al suelo. Este es un plano paralelo a la horizontal.

VI. Datos de escena de luz.

Al utilizar DIALux, se puede calcular la luz incidente a cualquier hora y día del año. En este proyecto, se ha optado por estudiar dos escenas de luz totalmente opuestas.

La primera, en el día más largo del año y a hora de mayor radiación solar; 23 de junio a las 14:00h. La segunda escena que estudiar se da en el día más corto del año y a menor radiación solar; 21 de diciembre a las 9:00h. Dado que, si en estas ocasiones encontramos la solución óptima, no se encontrará problema alguno en ninguna ocasión, ya que los valores estarán comprendidos entre estos dos valores extremos.

Al introducir los parámetros en DIALux, se dispone el valor de la transmitancia en un 45%, ya que la transmitancia del vidrio se encuentra dentro del intervalo [40%-50%]. Todas las aberturas son fijas y con marco de metal.

Respeto a la contaminación, se considera alta, debido a que la nave está ubicada en zona industrial.

6.3.2. PROPUESTA 1

En esta primera propuesta se ha optado por realizar aberturas sólo en la cubierta de la nave. Se proponen un total de cuatro lucernarios dispuestos a lo largo de la nave, con disposición simétrica.

La superficie teórica de aberturas es de 360 m². Por lo que, la medida de los lucernarios resulta 36 x 2,50 metros.

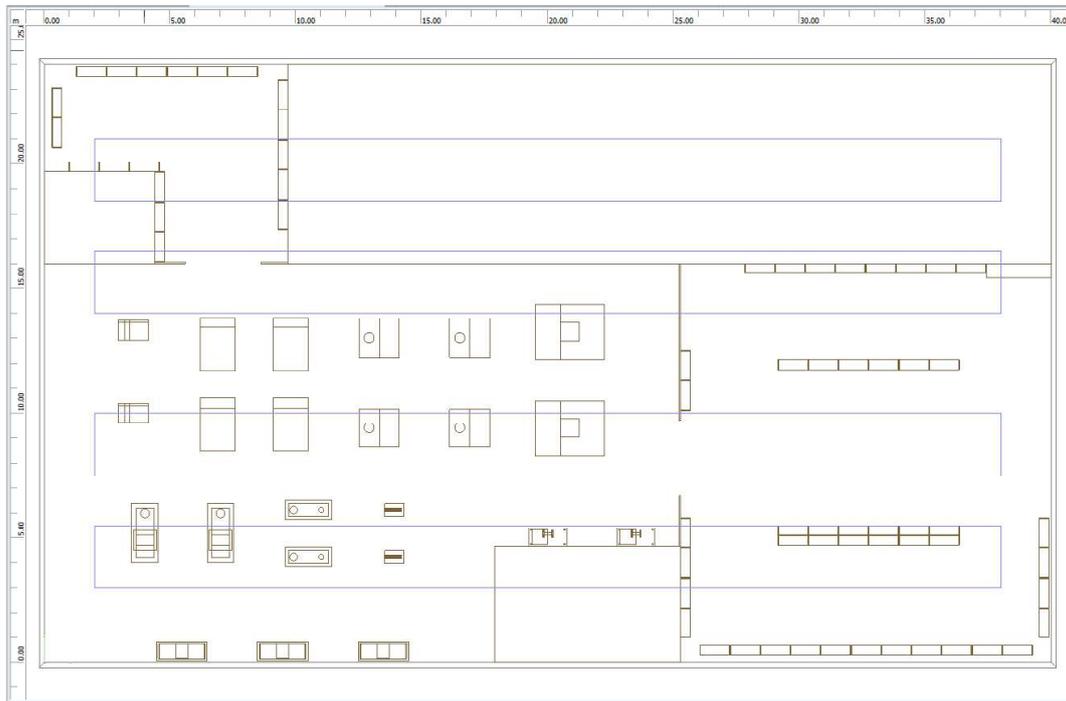


FIGURA 12. Planta. Propuesta 1.

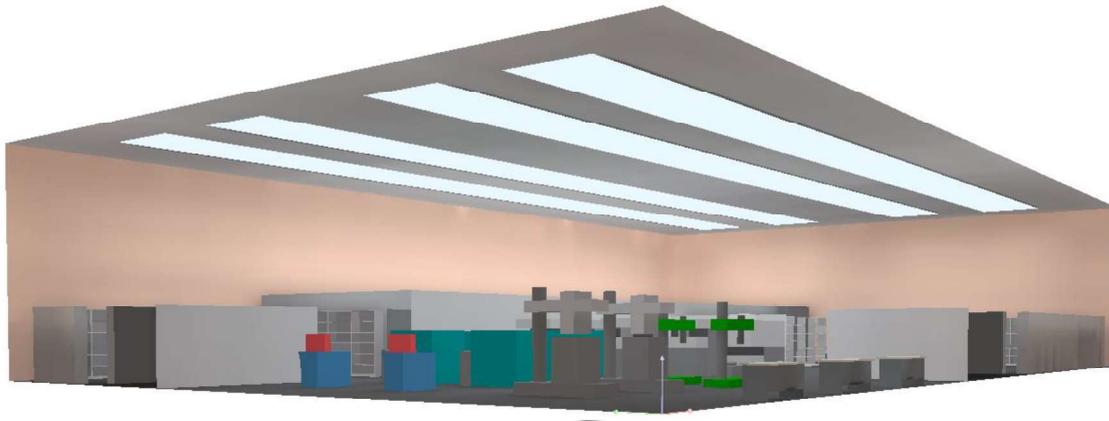


FIGURA 13. Simulación en DIALux. Propuesta 1.

Tras realizar la simulación, se obtienen los siguientes resultados:

- Resultados para el 23 de junio a las 14:00h.

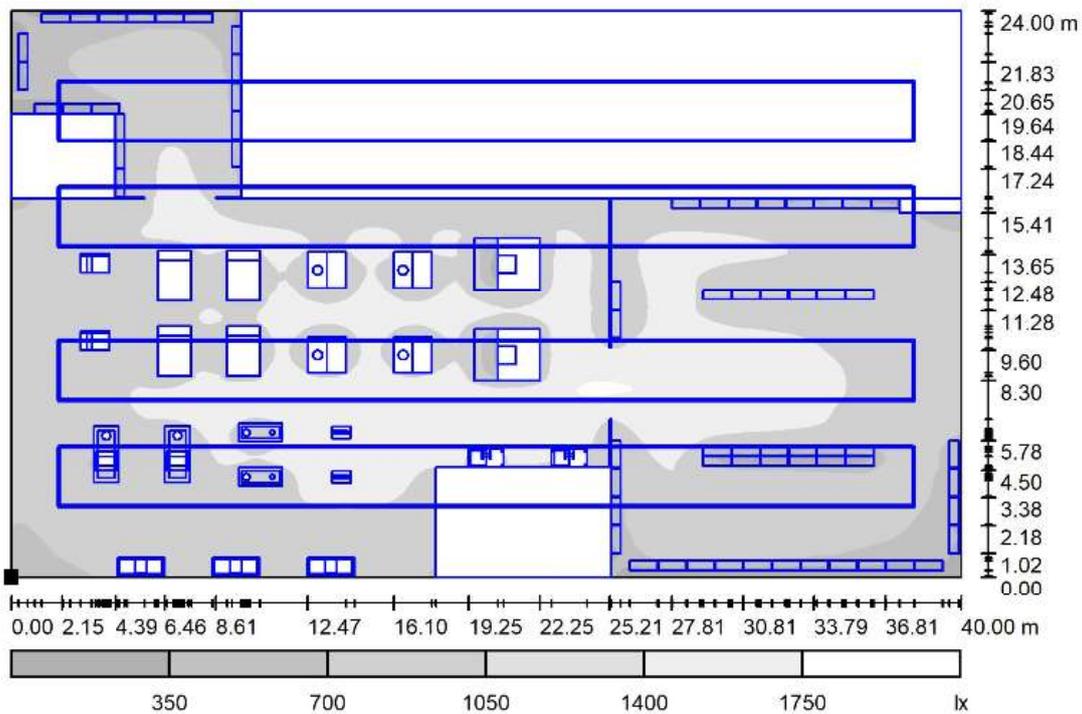


FIGURA 14. Resultado en escala de grises 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 1.

Fuente: DIALux

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1163	106	1767	0,091	0,060

Tabla 6. Resultados 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 1.

Fuente: DIALux

- Resultados para el 21 de diciembre a las 9:00h.

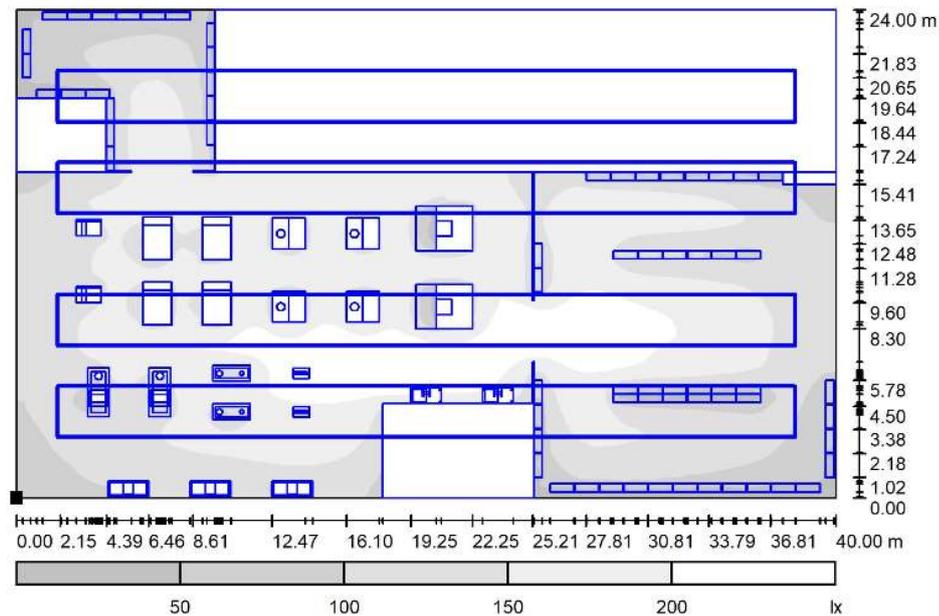


FIGURA 15. Resultado en escala de grises 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 1.

Fuente: DIALux

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
145	13	1767	0,091	0,060

Tabla 7. Resultados 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 1.

Fuente: DIALux

6.3.3. PROPUESTA 2

En esta propuesta se ha optado por realizar aberturas tanto en cubierta de la nave, como en las paredes. Se proponen un total de cuatro aberturas, dos lucernarios dispuestos a lo largo de la nave, con disposición simétrica, situando el extremo no cerca de los lucernarios a la cumbre, a tan solo, 2 metros. Y dos ventanas del mismo tamaño, una en la pared este y otra, en la pared oeste, situando el extremo inferior de la ventana a 3,50 metros respecto del suelo.

La superficie teórica de aberturas es de 360 m². Por lo que, la medida de todas las aberturas resulta 36 x 2,50 metros.

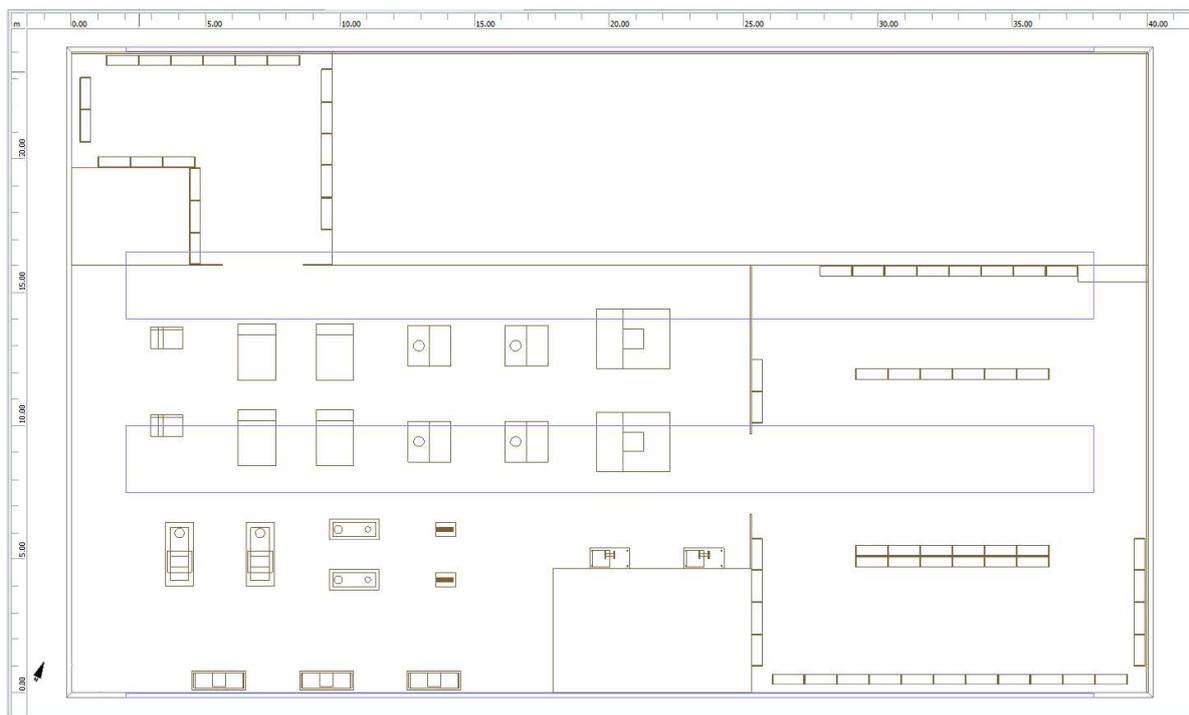


FIGURA 16. Planta. Propuesta 2.

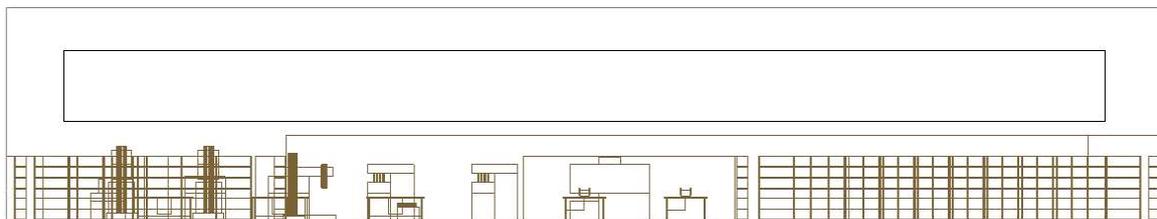


FIGURA 17. Perfil. Propuesta 2.

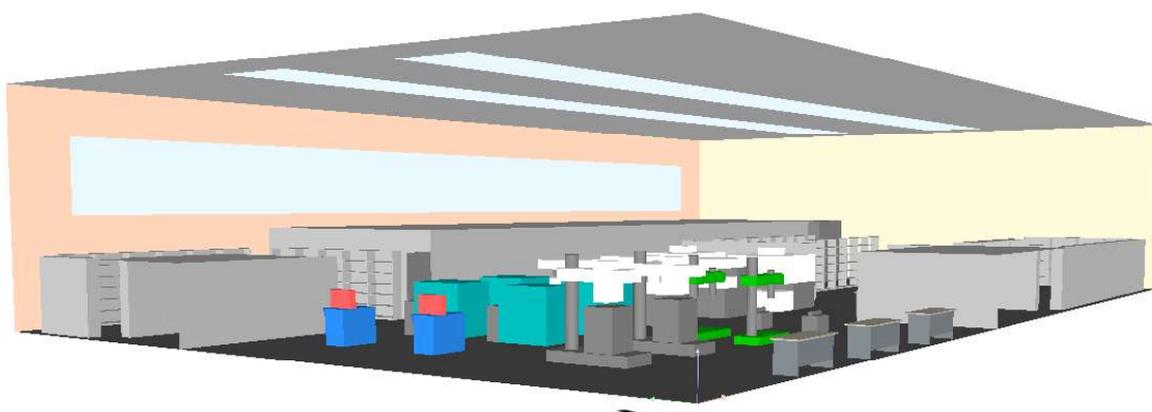


FIGURA 18. Simulación DIALux, vista 1. Propuesta 2.

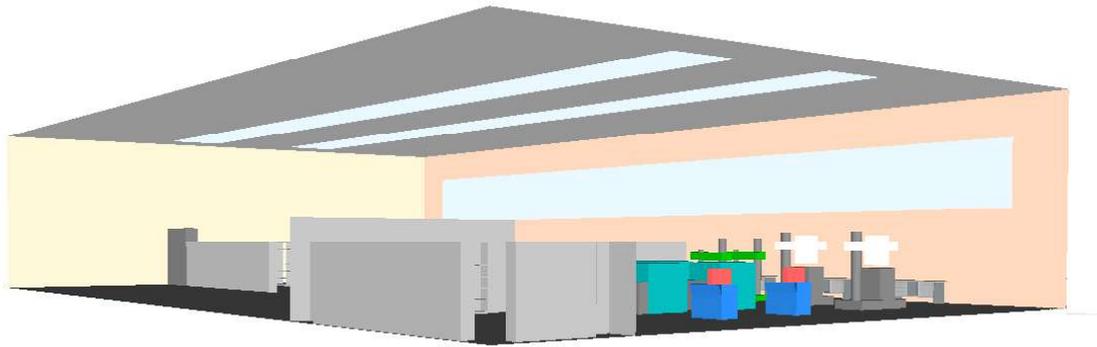


FIGURA 19. Simulación DIALux, vista 2. Propuesta 2.

Tras realizar la simulación, se obtienen los siguientes resultados:

- Resultados para el 23 de junio a las 14:00h.

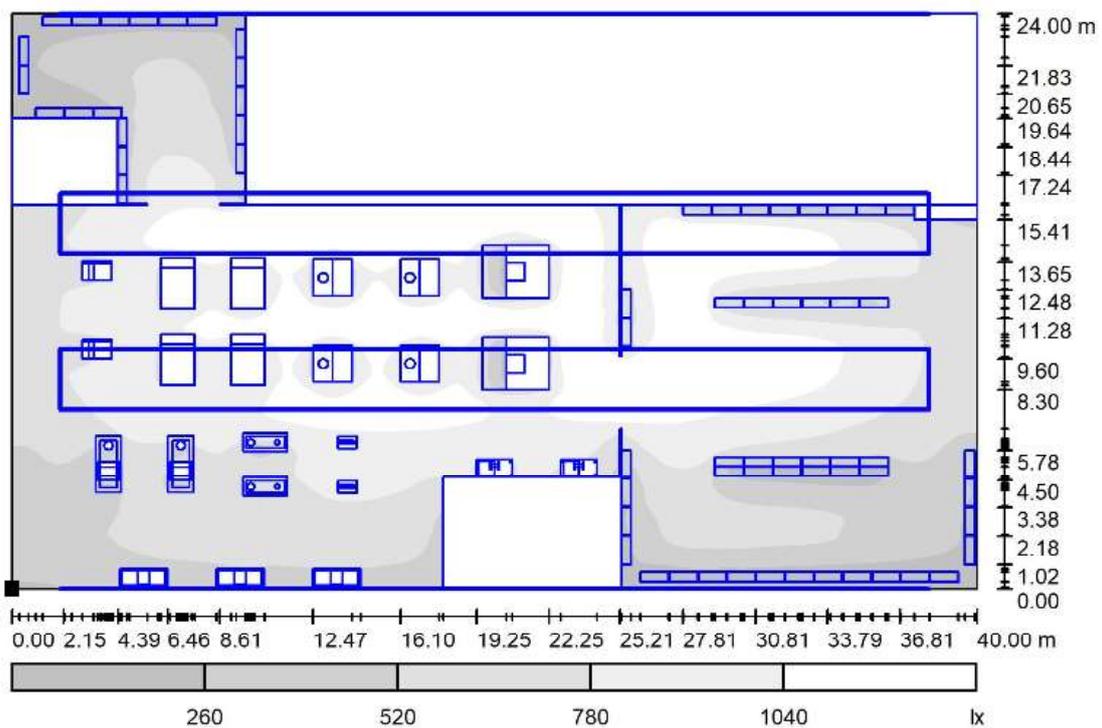


FIGURA 20. Resultado en escala de grises 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 2.

Fuente: DIALux

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
764	63	1328	0,083	0,048

Tabla 8. Resultados 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 2.

Fuente: DIALux

- Resultados para el 21 de diciembre a las 9:00h.

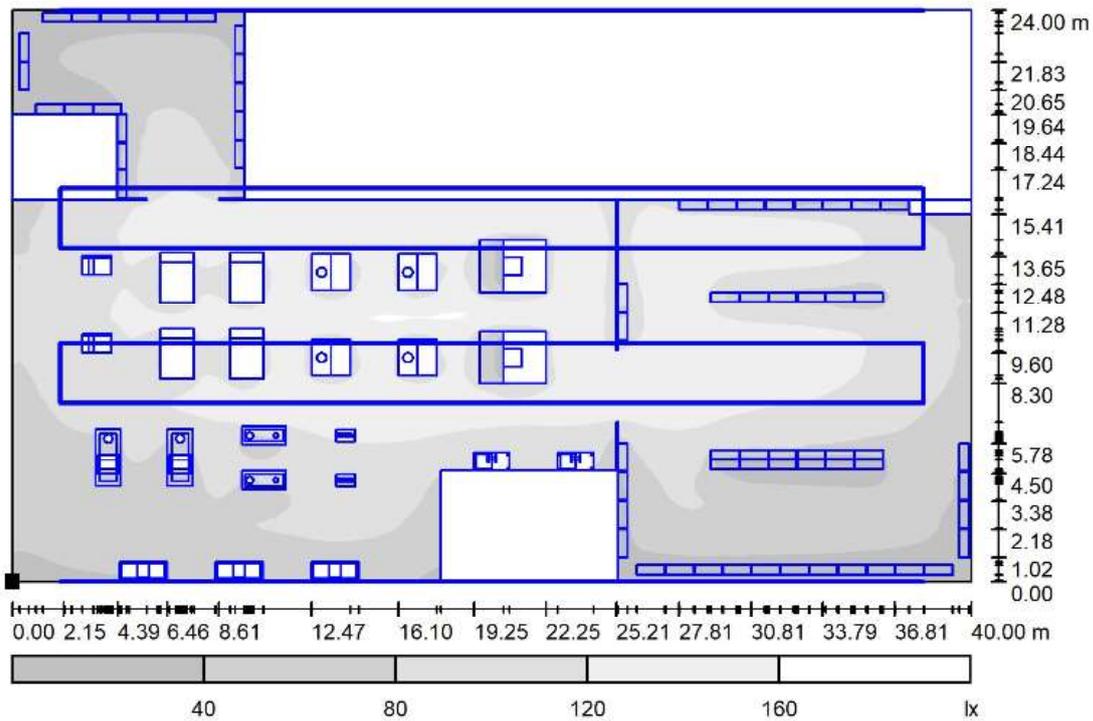


FIGURA 21. Resultado en escala de grises 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 2.

Fuente: DIALux

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
95	7,89	166	0,083	0,048

Tabla 9. Resultados 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 2.

Fuente: DIALux

6.3.4. PROPUESTA 3

En esta última propuesta, se disponen un total de diez lucernarios de forma simétrica respecto a la cumbrera a lo ancho. Disponiéndose un total de cinco, a cada lado de la cumbrera.

La superficie de cada abertura es de 3,60 x 10 metros. Por lo que la suma de todas ellas resulta de 360 m². Coincidiendo con la superficie teórica, calculada anteriormente.

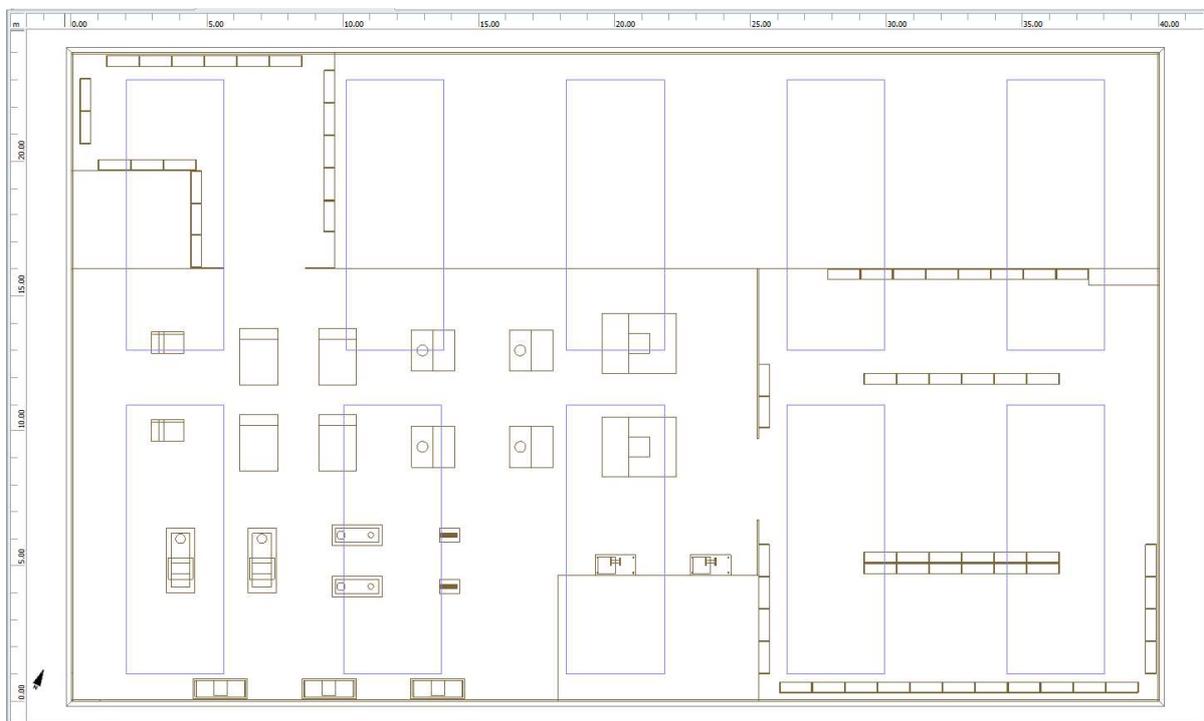


FIGURA 22. Planta. Propuesta 3.

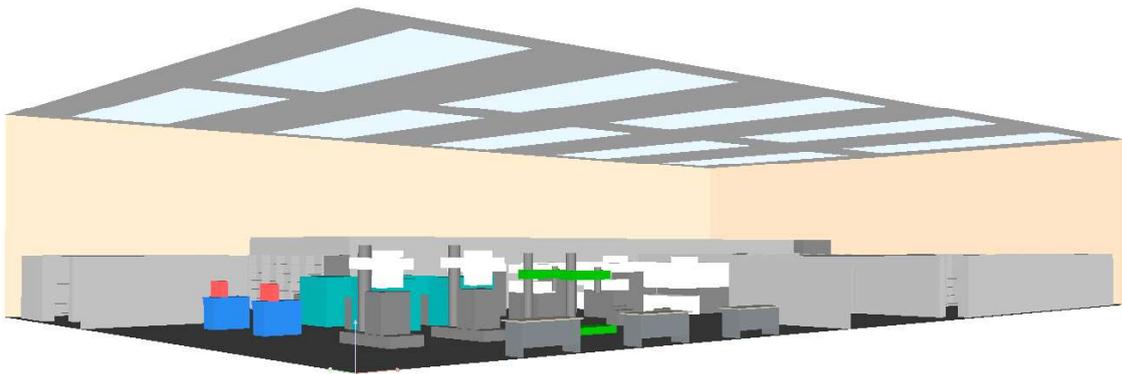


FIGURA 23. Simulación DIALux. Propuesta 3.

Tras realizar la simulación, se obtienen los siguientes resultados:

- Resultados para el 23 de junio a las 14:00h.

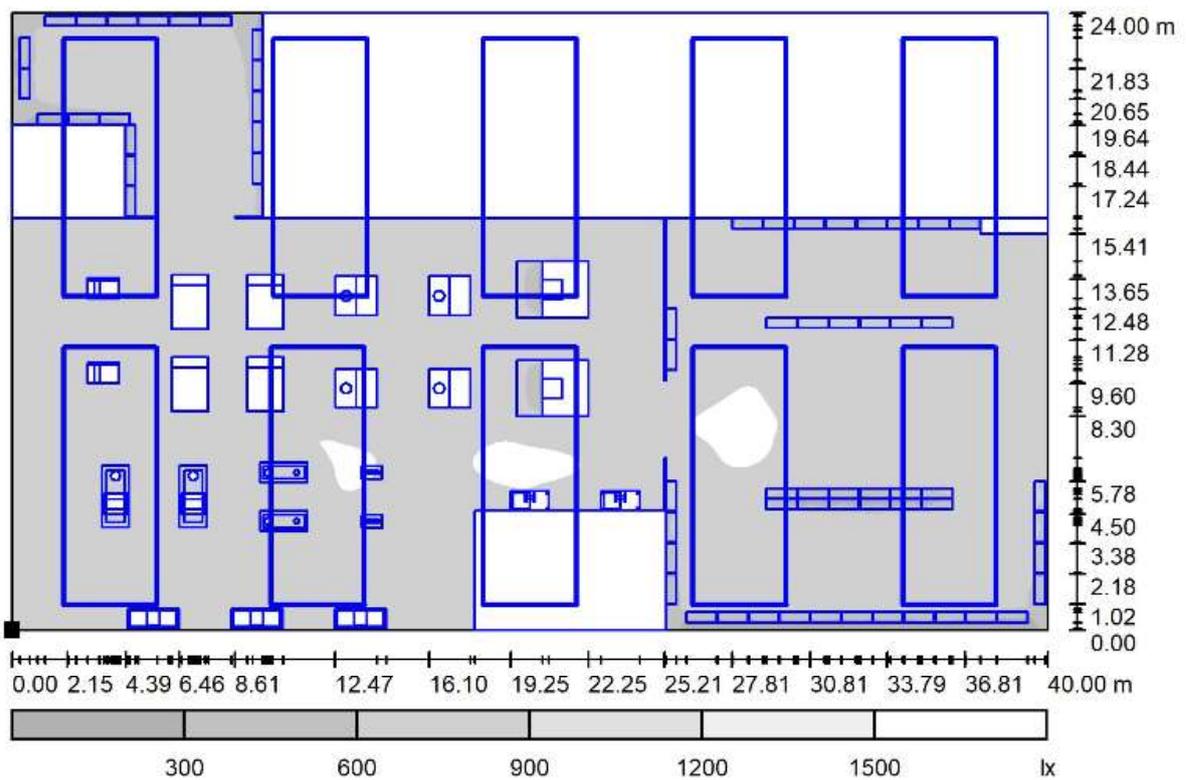


FIGURA 24. Resultado en escala de grises 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 3.

Fuente: DIALux

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1120	122	1576	0,109	0,077

Tabla 10. Resultados 23 de junio a las 14:00h. Propuesta 3.

Fuente: DIALux

- Resultados para el 21 de diciembre a las 9:00h.

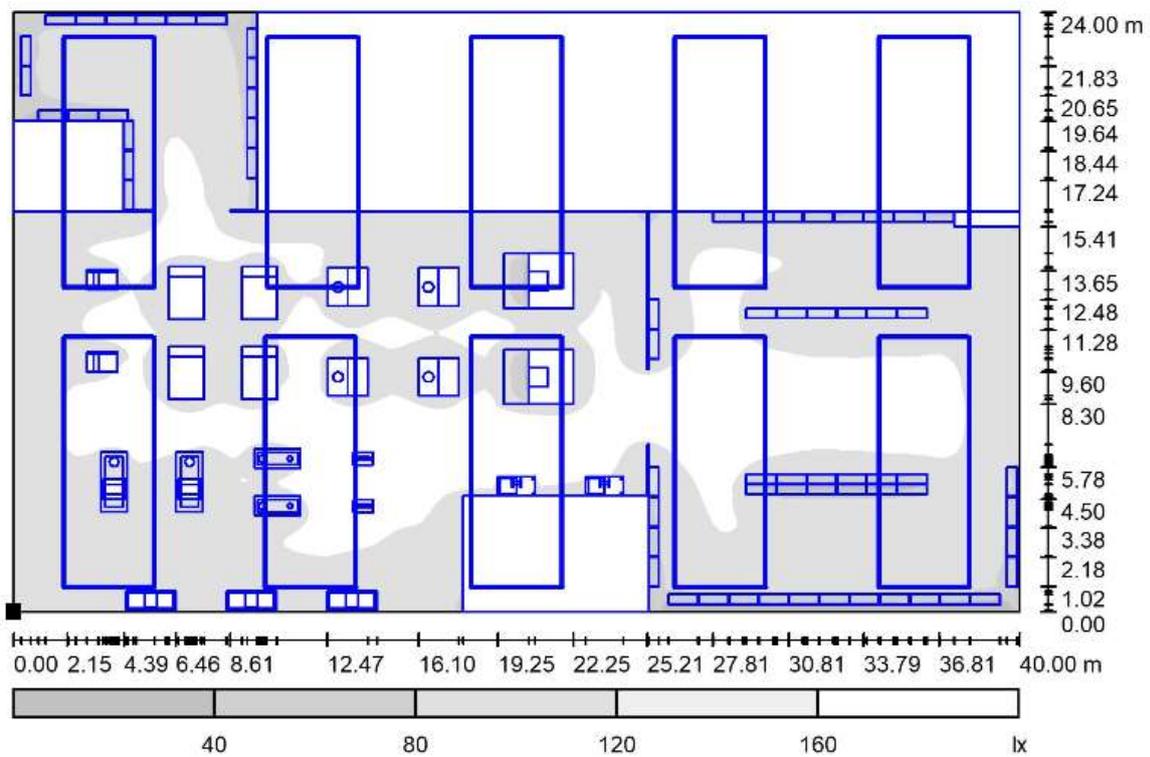


FIGURA 25. Resultado en escala de grises 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 3.

Fuente: DIALux

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
140	15	196	0,109	0,077

Tabla 11. Resultados 21 de diciembre a las 9:00h. Propuesta 3.

Fuente: DIALux

7. SOLUCIÓN SELECCIONADA

Tras los datos obtenidos en DIALux, se descarta de forma automática la segunda propuesta.

La combinación mixta de aberturas cenitales y laterales provoca una iluminancia media de 95 lux en invierno y 764 lux en verano. Teniendo en cuenta que el nivel de iluminación medio necesario es 364,26 lux y que existen áreas de trabajo que necesitan 1000 lux para poder desempeñar bien la tarea a realizar, estos niveles quedan demasiado lejos de los que se requiere. Sería necesarias muchas luminarias para poder alcanzarlos. Por lo que no cumpliría el objetivo principal del proyecto.

Una vez descartada esta propuesta, cabe decidir entre las dos propuestas restantes. Ambas disponen de aberturas cenitales, y con valores de iluminancia media similares, tanto en verano como en invierno. Si bien es cierto, que ninguna de las dos opciones alcanza el nivel de iluminación necesario en las condiciones más desfavorables, ambas superan dicho nivel en el momento de máxima radiación solar.

Tras valorar detenidamente los resultados, se opta por que la mejor solución para esta nave industrial sea la primera propuesta, ya que una menor cantidad de aberturas reduce de forma considerada el nivel de dispersión de la radiación solar.

También se tiene en cuenta que no existe posibilidad de deslumbramiento. Como se demuestra en las siguientes imágenes, donde se comprueba el ángulo de incidencia en distintas áreas de trabajo y trabajando con orientaciones distintas. En todos los casos supera los 30°.

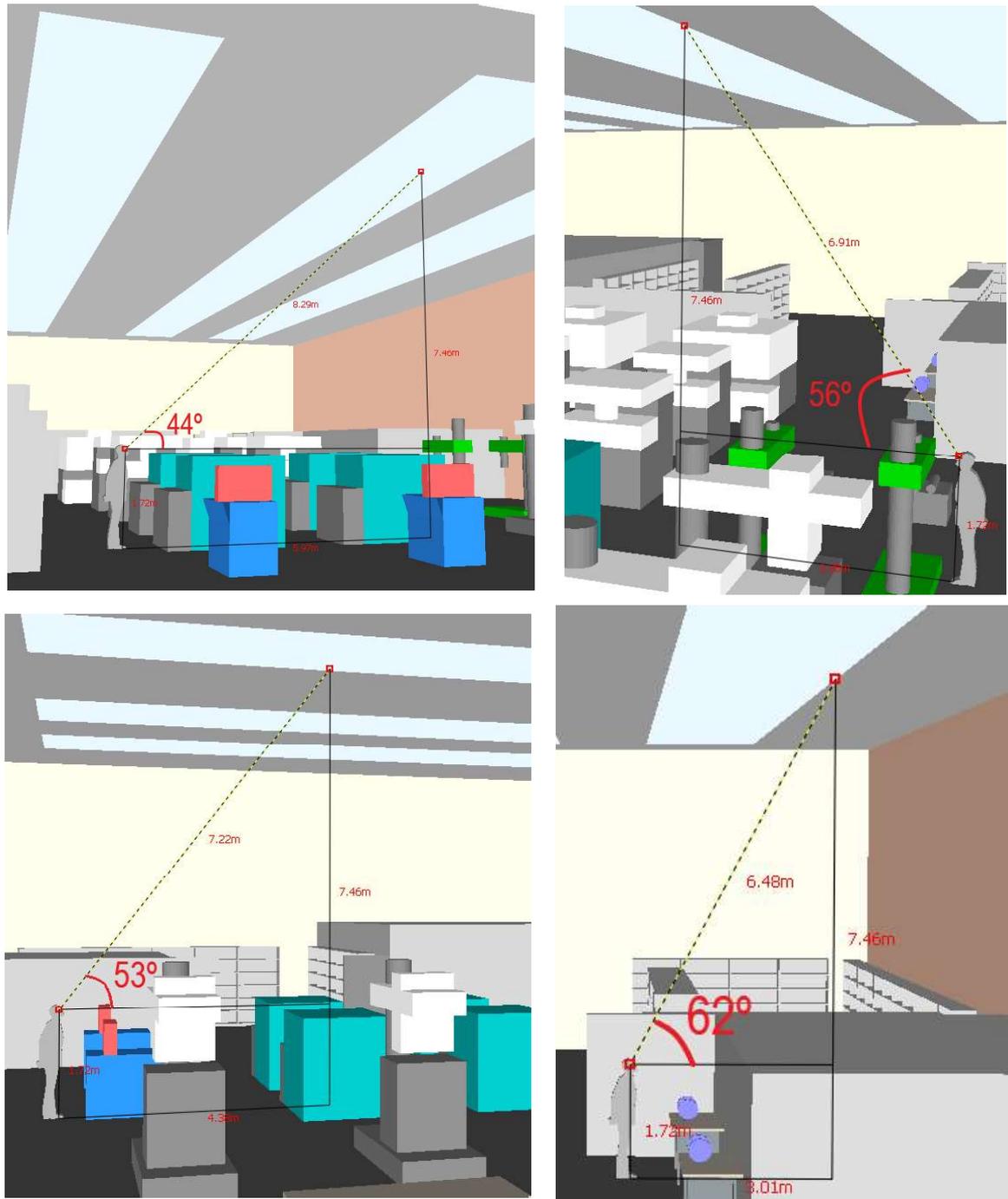


FIGURA 26. Ángulos de incidencia para justificar el posible deslumbramiento.

Aun optando por la primera propuesta, no se adquieren los valores de iluminancia media en las peores condiciones posibles, por lo que, si dispondrá de iluminación mixta, es decir, la nave industrial dispondrá tanto de iluminación natural como artificial.

8. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

No existe información sobre las luminarias que tiene el taller, por lo que, se supone que toda la nave esta iluminada mediante luz artificial.

Para ello se introducen las características de la nave industrial en el programa DIALux Light 4.13. Este programa, es una vertiente de DIALux con el que se puede determinar cuantas luminarias son necesarias para conseguir los niveles lumínicos requeridos.

Una vez introducidos los parámetros geométricos, los grados de reflexión de las superficies y el nivel de iluminancia media requerida, se procede a escoger un tipo de luminarias, dentro de los extensos catálogos que contiene el programa.

En cuanto a los parámetros geométricos, se supondrá una planta industrial rectangular (40x20 metros) con altura media de 7,46 metros.

En este caso se ha optado por elegir luminarias de alto rendimiento y reducido consumo, en concreto, el modelo DIAL 24SDK 102-400 GESCHLOSSEN, que poseen una potencia por luminaria de 420 W.

Con toda esto, se determina que se deben utilizar 30 luminarias, las cuales se distribuyen de forma uniforme.

9. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Tal y como se muestra en el punto 5.3.1, es necesario determinar el valor VEEI para cumplir los objetivos del proyecto.

Por todo esto, se determina este valor para distintos sistemas de iluminación, sustituyendo los parámetros en la ecuación (3).

- Iluminación artificial en su totalidad.

Potencia [W]	Superficie [m ²]	E _m [lux]	VEEI [^W /m ²]
12600	960	364,26	3,603

Tabla 12. VEEI para 100% iluminación artificial.

- Iluminación mixta: 50% luz artificial y 50% iluminación natural.

Potencia [W]	Superficie [m ²]	E _m [lux]	VEEI [^W /m ²]
6300	960	364,26	1,802

Tabla 13. VEEI para 50% iluminación artificial.

- Iluminación mixta: 40% luz artificial y 60% iluminación natural.

Potencia [W]	Superficie [m ²]	E _m [lux]	VEEI [^W /m ²]
5040	960	364,26	1,441

Tabla 14. VEEI para 40% iluminación artificial.

- Iluminación mixta: 30% luz artificial y 70% iluminación natural.

Potencia [W]	Superficie [m ²]	E _m [lux]	VEEI [^W /m ²]
3780	960	364,26	1,081

Tabla 15. VEEI para 30% iluminación artificial.

- Iluminación mixta: 20% luz artificial y 80% iluminación natural.

Potencia [W]	Superficie [m ²]	E _m [lux]	VEEI [^W /m ²]
2520	960	364,26	0,721

Tabla 16. VEEI para 20% iluminación artificial.

Teniendo en cuenta que el valor ideal de VEEI es cero, se tiende a buscar una combinación óptima que se acerque lo máximo posible a ello, ya que el consumo energético será menor. Cabe recordar, que el aprovechamiento de luz natural se encuentra en el intervalo [60% -80%].

Es por esto que el caso más favorable es cuando se dispone de, tan solo, un 20% de iluminación artificial y un 80% de luz natural. Pero al tratarse de un taller de mecanización de piezas con una alta exigencia lumínica se realizará el análisis económico de los distintos casos 30% luz artificial y 70% iluminación natural y un 20% de iluminación artificial y un 80% de luz natural.

10. ANÁLISIS ECONÓMICO

El propósito final de este apartado es realizar un estudio de los costes del proyecto y conseguir que este sea rentable. Para ello, se analizará el consumo de la planta, tanto previo como posterior a la instalación del sistema de iluminación natural escogido.

También se tendrá en cuenta el coste de la instalación de los lucernarios y su mantenimiento. Se realizará un balance entre el coste de iluminación artificial total y distintos mixtos.

10.1. PRESUPUESTO

Se encuentra en documento 3 y corresponde a la propuesta 1.

10.2. BALANCE ECONÓMICO

Se procede a realizar una comparación entre el sistema de iluminación artificial 100% y el sistema de iluminación propuesto.

10.2.1. ILUMINACIÓN 100% ARTIFICIAL

El primer paso es conocer el consumo eléctrico de la planta.

LUMINARIAS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	KW/UNIDAD	KW
30	DIAL 24 SDK 102-400 GESCHLOSSEN	0,42	12,6
MAQUINARÍA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	KW/UNIDAD	KW
2	SIERRA SEMIAUTOMÁTICA MODELO 280 SA 60º FAT	0,7	1,4
4	TORNO DECOLETAJE MAGNA 16 MUPEM	5,5	22
4	FRESADORA MT 100 OPTIMUM	7,33	29,32
2	RECTIFICADORA AUTOMATICA RSA800 HELLER	7,79	15,58
2	TALADRO RADIAL RD60/1600 HELLER	0,87	1,74
2	TALADROS GR 50/1200 FORADIA	5,8	11,6
2	ROSCADORA ELÉCTRICA M36	0,75	1,5
2	MUELA BGM1019 FERM	0,15	0,3
TOTAL			96,04

Tabla 17. Potencia estimada para 100% iluminación artificial.

Según el “artículo 7 del Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica,” se establece que la tarifa a utilizar es la tarifa 3.1A ya que la potencia contratada es igual o inferior a 450 kW. Se descarta la tarifa 3.0 porque la tensión máxima permitida es de 15kW.

Además, hay que tener en cuenta los distintos periodos en que las máquinas están en funcionamiento. También, la hora y el mes del año en que están activas. El precio en cuanto a energía y potencia son distintos. Estos son, punta, llano y valle.

En este taller se trabaja los 12 meses del año, de lunes a viernes de 9 horas a 18 horas, con una hora de descanso, de 14 a 15 para el almuerzo. La jornada laboral consta de 8 horas diarias. No se trabajará en festivos.

Cabe destacar que es preciso conocer los parámetros de término de potencia y término de energía, los cuales se definen como, el valor fijo en función de la potencia requerida de la planta y el valor variable en función del consumo, respectivamente.

Según “Orden ETU/1282/2017, de 22 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018. Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital «BOE» núm. 314, de 27 de diciembre de 2017 Referencia: BOE-A-2017-15521”, se determina el precio de estos parámetros: en función de la potencia, en €/kW y año, y el precio asociado a la energía auto consumida, en €/kWh, que resulta:

	Tp (€/kW y año)
Periodo 1	35,106813
Periodo 2	5,633442
Periodo 3	4,862681

Tabla 18. Término de potencia.

	Te (€/kWh)
Periodo 1	0,014780
Periodo 2	0,010914
Periodo 3	0,011973

Tabla 19. Término de energía.

A continuación, se muestra una tabla con la discriminación horaria de la tarifa 31.A.

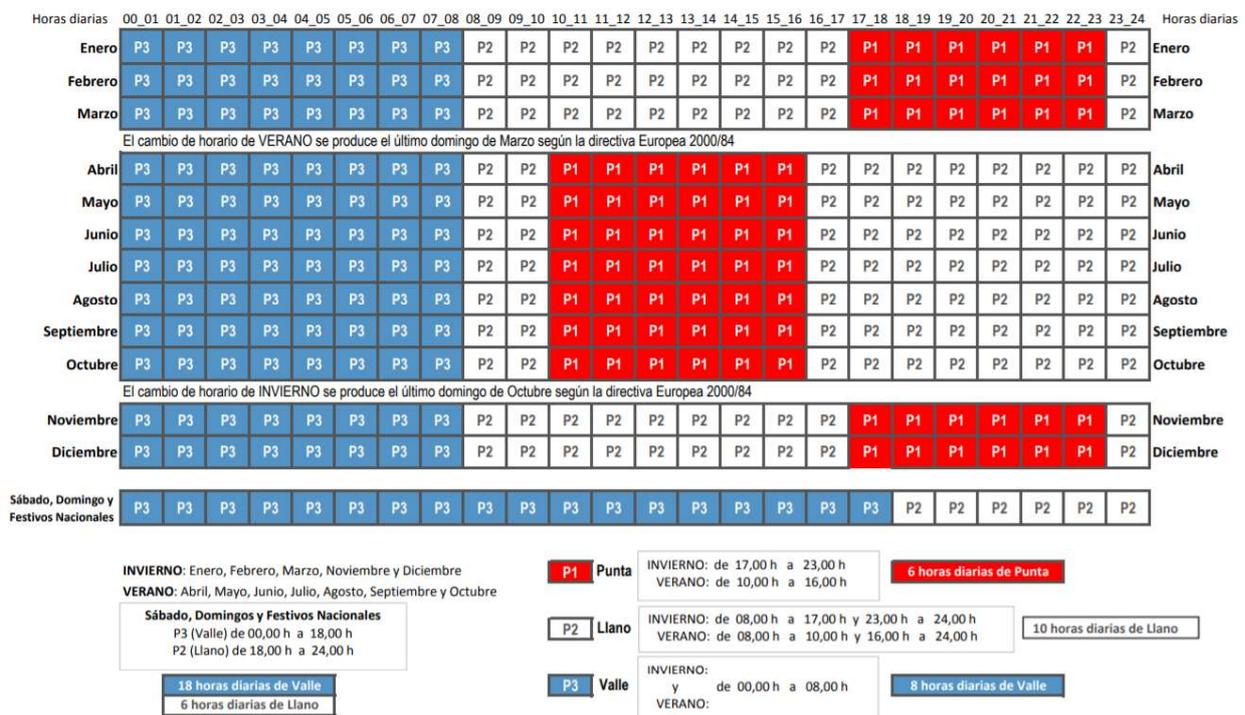


FIGURA 27. Calendario tarifa 3.1.A.

Fuente: <http://ucsenergia.com/>

Particularizándolo para el caso estudiado y teniendo en cuenta los días festivos de Vilanova i la Geltrú. Los días trabajados cada mes y en qué periodo, se exponen en la siguiente tabla.

	Días laborables	P1	P2	P3
Enero	21	21	147	0
Febrero	19	19	133	0
Marzo	22	22	154	0
Abril	20	100	60	0
Mayo	22	110	66	0
Junio	21	105	63	0
Julio	22	110	66	0
Agosto	22	110	66	0
Septiembre	19	95	57	0
Octubre	22	110	66	0
Noviembre	21	21	147	0
Diciembre	18	18	126	0
TOTAL	249	841	1151	0

Tabla 20. Total de horas laborables en cada periodo de 2018.

El término de potencia se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Término de potencia (€)} = \sum_i P_t(KW) \cdot P_i(\text{€/KW} \cdot \text{año}) \quad (8)$$

Siendo:

P_t: Potencia total demandada.

P_i: Precio anual de cada periodo.

i: Número de periodo.

Sustituyendo en la ecuación (8) resulta:

	Término de potencia (€)
Periodo 1	3371,66
Periodo 2	541,04
Periodo 3	467,01
Total	4379,71

Tabla 21. Cálculo del término de potencia 100% iluminación artificial.

El término de energía se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Término de energía (€)} = \sum_i P_t(KW) \cdot P_i(\text{€/KW}) \cdot h_i \quad (9)$$

Siendo:

P_t: Potencia total demandada.

P_i: Precio anual de cada periodo.

h_i: Horas por periodo.

i: Número de periodo.

Sustituyendo en la ecuación (9) resulta:

	Termino de energía (€)
Periodo 1	1193,78
Periodo 2	1206,46
Periodo 3	0,00
Total	2400,23

Tabla 22. Cálculo del término de energía.

Después de haber calculado estos parámetros, es el momento de tener en cuenta los distintos impuestos. Estos son: el impuesto eléctrico (ISE) y el IVA. Así como, el precio de alquiler del equipo de medición (PAE).

El impuesto sobre la electricidad, conocido como ISE, viene dado según la siguiente expresión:

$$ISE(€) = (T_p + T_e) \cdot 1,05113 \cdot 0,0486 = 346,35 \quad (10)$$

Que, sustituyendo los valores previos calculados, resulta un total de:

$$ISE(€) = (4379,71 + 2400,23) \cdot 1,05113 \cdot 0,0486 = 346,35 €$$

El alquiler del equipo de medida es de 29€/mes lo que resulta 348 €/anuales. Este precio viene impuesto por el Gobierno Español.

Así pues, añadiendo el 21% de IVA teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$IVA(€) = (T_p + T_e + ISE + Alquiler Equipo Medida) \cdot 21\% \quad (11)$$

Sustituyendo todos los parámetros, el importe resulta:

$$IVA(€) = (4379,71 + 2400,23 + 346,35 + 348) \cdot 21\% = 1569,60 €$$

Así pues, el importe estimado de la facturación total anual se dispone en la siguiente tabla.

	Termino de energía (€)
Termino de potencia (€)	4379,71
Termino de energía (€)	2400,23
Impuesto eléctrico (€)	346,35
Alquiler Equipo Medida (€)	348,00
IVA (€)	1569,60
Total	9043,89

Tabla 23. *Importe estimado factura eléctrica 100% iluminación artificial.*

10.2.2. ILUMINACIÓN 30% ARTIFICIAL Y 70% LUZ NATURAL

El consumo eléctrico de la planta se reduce considerablemente, resultado el que se muestra en la siguiente tabla.

LUMINARIAS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	KW/UNIDAD	KW
9	DIAL 24 SDK 102-400 GESCHLOSSEN	0,42	3,78
MAQUINARÍA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	KW/UNIDAD	KW
2	SIERRA SEMIAUTOMÁTICA MODELO 280 SA 60º FAT	0,7	1,4
4	TORNO DECOLETAJE MAGNA 16 MUPEM	5,5	22
4	FRESADORA MT 100 OPTIMUM	7,33	29,32
2	RECTIFICADORA AUTOMATICA RSA800 HELLER	7,79	15,58
2	TALADRO RADIAL RD60/1600 HELLER	0,87	1,74
2	TALADROS GR 50/1200 FORADIA	5,8	11,6
2	ROSCADORA ELÉCTRICA M36	0,75	1,5
2	MUELA BGM1019 FERM	0,15	0,3
TOTAL			87,22

Tabla 24. Potencia estimada para 30% iluminación artificial.

Teniendo en cuenta, que el precio de los términos potencia y energía no varían, pero si la potencia demandada. Se procede a recalculer dichos términos.

Se obtiene el término de potencia sustituyendo en la ecuación (8), que resulta:

	Término de potencia (€)
Periodo 1	3062,02
Periodo 2	491,35
Periodo 3	424,12
Total	3977,49

Tabla 25. Cálculo del término de potencia 30% iluminación artificial.

Se obtiene el término de energía sustituyendo en la ecuación (9), que resulta:

	Termino de energía (€)
Periodo 1	1084,14
Periodo 2	1095,66
Periodo 3	0,00
Total	2179,80

Tabla 26. *Cálculo del término de energía 30% iluminación artificial.*

El impuesto sobre la electricidad viene dado según la expresión (10) y su nuevo valor es:

$$ISE(€) = (3977,49 + 2179,80) \cdot 1,05113 \cdot 0,0486 = 314,54 €$$

Cabe recordar que el alquiler del aparato de medida no varía, ya que este depende de la tarifa y esta continúa siendo la misma, 384€/anuales.

Por otro lado, el IVA si se ve afectado, y sustituyendo todos estos parámetros en la ecuación (11), su nuevo valor es:

$$IVA(€) = (3977,49 + 2179,80 + 314,54 + 348) \cdot 21\% = 1423,17 €$$

Así pues, el importe estimado de la facturación total anual se dispone en la siguiente tabla.

	Termino de energía (€)
Termino de potencia (€)	3977,49
Termino de energía (€)	2179,80
Impuesto eléctrico (€)	314,54
Alquiler Equipo Medida (€)	348,00
IVA (€)	1432,17
Total	8252,00

Tabla 27. *Importe estimado factura eléctrica 30% iluminación artificial.*

10.2.3. ILUMINACIÓN 20% ARTIFICIAL Y 80% LUZ NATURAL

El consumo eléctrico de la planta se reduce considerablemente, resultado el que se muestra en la siguiente tabla.

LUMINARIAS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	KW/UNIDAD	KW
6	DIAL 24 SDK 102-400 GESCHLOSSEN	0,42	2,52
MAQUINARÍA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	KW/UNIDAD	KW
2	SIERRA SEMIAUTOMÁTICA MODELO 280 SA 60º FAT	0,7	1,4
4	TORNO DECOLETAJE MAGNA 16 MUPEM	5,5	22
4	FRESADORA MT 100 OPTIMUM	7,33	29,32
2	RECTIFICADORA AUTOMATICA RSA800 HELLER	7,79	15,58
2	TALADRO RADIAL RD60/1600 HELLER	0,87	1,74
2	TALADROS GR 50/1200 FORADIA	5,8	11,6
2	ROSCADORA ELÉCTRICA M36	0,75	1,5
2	MUELA BGM1019 FERM	0,15	0,3
TOTAL			85,96

Tabla 28. Potencia estimada para 20% iluminación artificial.

Teniendo en cuenta, que el precio de los términos potencia y energía no varían, pero si la potencia demandada. Se procede a recalculer dichos términos.

Se obtiene el término de potencia sustituyendo en la ecuación (8), que resulta:

	Término de potencia (€)
Periodo 1	3017,78
Periodo 2	484,25
Periodo 3	418,00
Total	3920,03

Tabla 29. Cálculo del término de potencia 20% iluminación artificial.

Se obtiene el término de energía sustituyendo en la ecuación (9), que resulta:

	Termino de energía (€)
Periodo 1	1068,48
Periodo 2	1079,83
Periodo 3	0,00
Total	2148,31

Tabla 30. Cálculo del término de energía 20% iluminación artificial.

El impuesto sobre la electricidad viene dado según la expresión (10) y su nuevo valor es:

$$ISE(€) = (3920,03 + 2148,31) \cdot 1,05113 \cdot 0,0486 = 310 \text{ €}$$

Cabe recordar que el alquiler del aparato de medida no varía, ya que este depende de la tarifa y esta continúa siendo la misma, 384€/anuales.

Por otro lado, el IVA si se ve afectado, y sustituyendo todos estos parámetros en la ecuación (11), su nuevo valor es:

$$IVA(€) = (3920,03 + 2148,31 + 310 + 348) \cdot 21\% = 1412,53 \text{ €}$$

Así pues, el importe estimado de la facturación total anual se dispone en la siguiente tabla.

	Termino de energía (€)
Termino de potencia (€)	3920,03
Termino de energía (€)	2148,31
Impuesto eléctrico (€)	310,00
Alquiler Equipo Medida (€)	348,00
IVA (€)	1412,53
TOTAL	8138,87

Tabla 31. Importe estimado factura eléctrica 20% iluminación artificial.

10.2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se procede a estudiar la viabilidad de las propuestas planteadas con respecto al sistema de iluminación 100% artificial.

Para este estudio se aplica el VAN y el TIR. El concepto de VAN determinará si se debe efectuar la inversión y cual es mejor. Mientras que el TIR determinará la rentabilidad de este.

El VAN viene dado según la siguiente expresión:

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

Siendo:

r: Flujos en cada periodo.

t: Tiempo de cada periodo.

n: Número de periodos.

I_o: Inversión inicial.

i: Número de periodo.

Mientras que el TIR viene dado según la siguiente expresión:

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

Siendo:

r: Flujos en cada periodo.

t: Tiempo de cada periodo.

n: Número de periodos.

I_o: Inversión inicial.

i: Número de periodo.

Se determina que el número de periodos y la vida útil de las luminarias es de 30 años.

En primer lugar, se realiza una comparativa de gastos eléctricos anuales.

	Coste	Ahorro
Gasto anual 100% iluminación artificial	9.043,89 €	-----
Gasto anual 30% iluminación artificial	8.252,00 €	791,89 €
Gasto anual 20% iluminación artificial	8.138,87 €	905,02 €

Tabla 32. Comparativa gastos eléctricos anuales.

En segundo lugar, se debe tener en cuenta la inversión a realizar, que se resume en la siguiente tabla, pero que se encuentra completamente detallada en el presupuesto.

	Gasto	Total
Coste remodelación nave industrial	18.562,20 €	
Coste remodelación 30% iluminación artificial	830,76 €	19.392,96 €
Coste remodelación 20% iluminación artificial	559,95 €	19.122,15 €

Tabla 33. Inversión a realizar.

Se procede a calcular el VAN (12) y el TIR (13) a distintos intereses, ya que se desconoce cuál se aplicaría en caso de llevar hacia delante el proyecto. Estos cálculos se reflejan en las siguientes tablas.

	30% iluminación artificial	20% iluminación artificial
VAN 1%	- 1.953,04 €	809,24 €
VAN 2%	- 1.657,43 €	1.147,09 €
VAN 3%	- 3.871,57 €	- 1.383,36 €
VAN 4%	- 5.699,57 €	- 3.472,52 €
VAN 5%	- 7.219,67 €	- 5.209,78 €

Tabla 34. VAN a distintos intereses.

	30% iluminación artificial	20% iluminación artificial
TIR	22%	24%

Tabla 35. TIR.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, el proyecto solo será rentable si la iluminación artificial no supera el 20%, a un interés del 2% y a largo plazo.

11.CONCLUSIONES

Después de realizar este proyecto, cuyo objetivo principal era diseñar un sistema de iluminación natural energéticamente eficiente mediante el software DIALux, se determina que las conclusiones del trabajo son:

- Que no todas las propuestas son válidas, ya que no cumplen todos los requisitos y que, de las tres propuestas de iluminación natural, se opta por la primera. Esta cumple los requisitos de iluminación, y al disponerse todos los lucernarios en la cubierta evita posibles deslumbramientos.
- Se determina que la luz natural no es suficiente y para ello, se opta por un sistema mixto de iluminación. Uno que tiene un 20% de iluminación artificial y otro un 30% debido a que en ambos casos el valor de VEEI es reducido.
- Se realiza el estudio económico, teniendo en cuenta el gasto anual cuando la nave industrial está iluminada 100% de forma artificial, cuando lo está al 30% y cuando lo hace al 20%. A pesar, de que el ahorro es inferior a 1000€ mensuales los beneficios para la salud de los trabajadores marcan la diferencia respecto a la iluminación artificial.
- Al hacer un análisis económico más profundo, se observa que el proyecto solo tendrá beneficio en el caso de que la iluminación artificial sea del 20%. La inversión se recuperará muy a largo plazo lo que puede conllevar que la toma de decisión en lo que respecta al proyecto no sea inmediata.
- Se elabora un presupuesto con la intención de disponer de un sistema de iluminación mixta y teniendo en cuenta los costes de mantenimiento a 10 años.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes PoliformaT de la asignatura Construcción y Arquitectura Industrial.
- Normativa europea de iluminación interior (UNE 12464.1).
- Distintos catálogos, en webs de venta y alquiler, para la simulación de las máquinas en DIALux:
 - ◆ SIERRA SEMIAUTOMÁTICA MODELO 280 SA 60º FAT <https://fat.es/project/280-sa-60/>
 - ◆ ROSCADORA ELÉCTRICA M36 <http://www.alkidos.es/catalogo-alquiler-de-maquinaria/maquinaria-auxiliar/alquiler-roscadora-electrica.html>
 - ◆ FRESADORA MT 100 OPTIMUM <http://www.aslak.es/es/catalogo/fresadora/i:2777/>
 - ◆ TORNO DECOLETAJE MAGNA 16 MUPEM <https://www.mupem.com/new/es/magna.htm>
 - ◆ RECTIFICADORA AUTOMÁTICA RSA800 HELLER <https://www.hellermquinaria.com/catalogo/rectificadora-de-superficies-automatica-heller-rsa-800>
 - ◆ TALADRO RADIAL RD60/1600 HELLER https://www.hellermquinaria.com/catalogo/taladro-radial-heller-rd60_1600
 - ◆ TALADROS GR 50/1200 FORADIA <https://www.foradia.es/producto/gr-501200/>
 - ◆ MUELA BGM1019 FERM <https://www.manomano.es/p/ferm-bgm1019-amoladora-de-banco-150w-150mm-6054793>
- Software para Arquitectura, ingeniería y construcción de CYPE INGENIEROS.SA para la realización de presupuestos. <http://www.generadordeprecios.info>
- Orden ETU/1282/2017, de 22 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018. Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital «BOE» núm. 314, de 27 de diciembre de 2017 Referencia: BOE-A-2017-15521 <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-15521-consolidado.pdf>
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-20850>
- Tabla de tarifas <http://ucsenergia.com/wp-content/uploads/2016/08/CALENDARIO-3.1A.pdf>
- Calendario laboral de Vilanova i la Geltrú (Barcelona) 2018. <http://www.calendarios-laborales.es/calendario-vilanova-i-la-geltru-2018-b>

- Apuntes PoliformaT de la asignatura Generación, Transporte y Distribución de Energía Eléctrica.

DOCUMENTO 2:

ANEXO

MÁQUINAS DE REFERENCIA PARA LA SIMULACIÓN EN DIALUX

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. SIERRA SEMIAUTOMÁTICA MODELO 280 SA 60º FAT.....	71
Ilustración 2. ROSCADORA ELÉCTRICA M36.....	71
Ilustración 3. FRESADORA MT 100 OPTIMUM.....	71
Ilustración 4. TORNO DECOLETAJE MAGNA 16 MUPEM.....	71
Ilustración 5. RECTIFICADORA AUTOMÁTICA RSA800 HELLER.....	72
Ilustración 6. TALADRO GR 50/1200 FORADIA.....	72
Ilustración 7. RECTIFICADORA AUTOMÁTICA RSA800 HELLER.....	72
Ilustración 8. MUELA BGM1019 FERM.....	72



Ilustración 1. SIERRA SEMIAUTOMÁTICA MODELO 280 SA 60ª FAT



Ilustración 2. ROSCADORA ELÉCTRICA M36



Ilustración 3. FRESADORA MT 100 OPTIMUM



Ilustración 4. TORNO DECOLETAJE MAGNA 16 MUPEM



Ilustración 5. RECTIFICADORA AUTOMÁTICA RSA800 HELLER



Ilustración 6. TALADRO GR 50/1200 FORADIA



Ilustración 7. RECTIFICADORA AUTOMÁTICA RSA800 HELLER



Ilustración 8. MUELA BGM1019 FERM

DOCUMENTO 3:

PRESUPUESTO

ÍNDICE DE PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS	77
PRESUPUESTO DE REPOSICIÓN DE LUMINARIAS CORRESPONDIENTE AL 30% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL INCLUYENDO EL MANTENIMIENTO	79
PRESUPUESTO DE REPOSICIÓN DE LUMINARIAS CORRESPONDIENTE AL 20% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL INCLUYENDO EL MANTENIMIENTO	80
PRESUPUESTO DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA	81

PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS

360	m²	Desmontaje de cobertura de chapas de acero en cubierta inclinada.
------------	----------------------	--

Desmontaje de cobertura de chapa de acero, sujeta mecánicamente sobre correa estructural a menos de 20 m de altura, en cubierta inclinada a dos aguas con una pendiente media del 30%; con medios manuales y carga manual sobre camión o contenedor. El precio incluye el desmontaje de los elementos de fijación, de los remates, de los canalones y de las bajantes.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
				unitario	Importe
1		Mano de obra			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,482	21,69 €	3.762,00 €
				Subtotal mano de obra:	3.762,00 €
2		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	3.762,00 €	75,24 €
				Costes directos (1+2):	3.837,24 €

360	m²	Lucernario de placas translúcidas.
------------	----------------------	---

Lucernario a un agua con una luz máxima entre 3 y 8 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incoloras de 6 mm de espesor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
				unitario	Importe
1		Materiales			
mt21lpe010b	m ²	Repercusión por m ² de lucernario a un agua con una luz máxima entre 3 y 8 m de la estructura autoportante formada por perfiles de aluminio extrusionados, con aleación 6063 y tratamiento térmico T5.	1,000	23,08 €	8.308,80 €
mt21lpe020b	m ²	Repercusión por m ² de lucernario a un agua con una luz máxima entre 3 y 8 m de los elementos de remate, tornillería y piezas de anclaje del lucernario.	1,000	33,38 €	33,38 €

mt21lpc010a	m ²	Placa alveolar translúcida, de policarbonato celular, espesor 6 mm, incolora.	1,050	22,16 €	23,27 €
mt21lpc020	m	Perfil universal de aluminio, con gomas de estanqueidad de EPDM, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios.	2,000	12,20 €	24,40 €
mt21lpc030	Ud	Material auxiliar para montaje de placas de policarbonato celular en lucernarios.	1,500	1,35 €	2,03 €
				Subtotal materiales:	8.391,88 €
2	Mano de obra				
mo011	h	Oficial 1ª montador.	3,785	25,83 €	97,77 €
mo080	h	Ayudante montador.	3,785	22,78 €	86,22 €
				Subtotal mano de obra:	183,99 €
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	8.575,87 €	171,52 €

Coste de mantenimiento decenal: 249,10€ en los primeros 10 años.	Costes directos (1+2+3):	8.747,39 €
Presupuesto de ejecución del material (PEM):		12.584,63 €

Al Presupuesto de Ejecución del Material (PEM) se le aplicará un 15% de Gastos Generales, al resultado de esta operación se le aplicará un 6% que será lo que obtendrá el contratista como beneficio.

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC):	15.340,66 €
---	--------------------

Al presupuesto de Ejecución por contrata (PEC) se le aplicará un 21% de IVA para conseguir el Presupuesto Base de Licitación.

Presupuesto base de licitación:	18.562,20 €
--	--------------------

PRESUPUESTO DE REPOSICIÓN DE LUMINARIAS CORRESPONDIENTE AL 30% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL INCLUYENDO EL MANTENIMIENTO

9	Ud	Reposición de luminarias
----------	-----------	---------------------------------

Luminaria DIAL 24SDK 102-400 GESCHLOSSEN con una potencia por luminaria de 420 W.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Luminaria 24SDK 102-400 GESCHLOSSEN, que poseen una potencia por luminaria de 420 W.	1,000	60,00 €	540,00 €
Subtotal materiales:					540,00 €
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,251	25,83 €	6,48 €
mo102	h	Ayudante electricista.	0,251	22,75 €	5,71 €
Subtotal mano de obra:					12,19 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	552,19 €	11,04 €
Coste de mantenimiento decenal: 112,77€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		563,23 €
Presupuesto de ejecución del material (PEM):					563,23 €

Al Presupuesto de Ejecución del Material (PEM) se le aplicará un 15% de Gastos Generales, al resultado de esta operación se le aplicará un 6% que será lo que obtendrá el contratista como beneficio.

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC):	686,58 €
---	-----------------

Al presupuesto de Ejecución por contrata (PEC) se le aplicará un 21% de IVA para conseguir el Presupuesto Base de Licitación.

Presupuesto base de licitación:	830,76 €
--	-----------------

PRESUPUESTO DE REPOSICIÓN DE LUMINARIAS CORRESPONDIENTE AL 20% DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL INCLUYENDO EL MANTENIMIENTO

6	Ud	Reposición de luminarias
----------	-----------	---------------------------------

Luminaria DIAL 24SDK 102-400 GESCHLOSSEN con una potencia por luminaria de 420 W.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Luminaria 24SDK 102-400 GESCHLOSSEN, que poseen una potencia por luminaria de 420 W.	1,000	60,00 €	360,00 €
Subtotal materiales:					360,00 €
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,251	25,83 €	6,48 €
mo102	h	Ayudante electricista.	0,251	22,75 €	5,71 €
Subtotal mano de obra:					12,19 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	372,19 €	7,44 €
Coste de mantenimiento decenal: 112,77€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		379,63 €
Presupuesto de ejecución del material (PEM):					379,63 €

Al Presupuesto de Ejecución del Material (PEM) se le aplicará un 15% de Gastos Generales, al resultado de esta operación se le aplicará un 6% que será lo que obtendrá el contratista como beneficio.

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC):	462,77 €
---	-----------------

Al presupuesto de Ejecución por contrata (PEC) se le aplicará un 21% de IVA para conseguir el Presupuesto Base de Licitación.

Presupuesto base de licitación:	559,95 €
--	-----------------

PRESUPUESTO DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA

Tal y como se ha reflejado en las páginas anteriores el presupuesto base licitación de la instalación y mantenimiento de luminarias asciende a un total de 18.562,20 €, al que es necesario añadir el presupuesto base licitación de reposición de luminarias correspondiente al 20% iluminación artificial incluyendo el mantenimiento cuya cuantía resulta de 559,95 €.

Así pues, el presupuesto final de realizar este proyecto es de **19.122,15 €**

Todos los presupuestos han sido elaborados según la base de datos del Software para Arquitectura, ingeniería y construcción de CYPE INGENIEROS.SA para la realización de presupuestos.

DOCUMENTO 4:

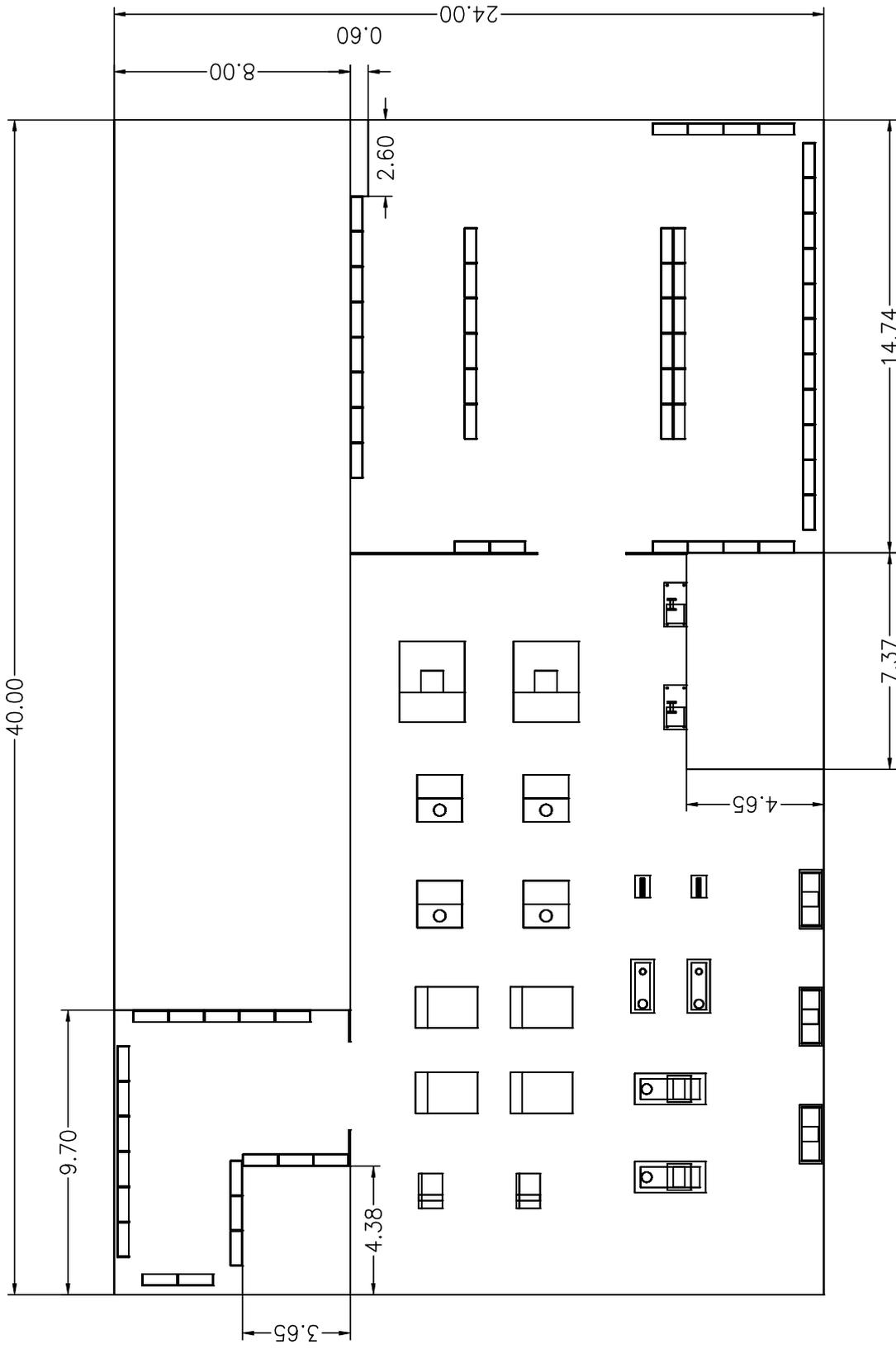
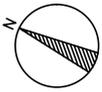
PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Distribución en planta de la nave industrial.

Plano 2. Distribución de zonas de trabajo en planta de la nave industrial.

Plano 3. Ubicación y dimensiones de lucernarios. Propuesta 1.





LEYENDA	
ZONAS	Em (LUX)
	0
	300
	500
	750
	1000

