



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE
ILUMINACIÓN NATURAL
ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA
PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA
FABRICACIÓN DE ACEITE DE ROSA
MOSQUETA Y CASCARILLA**

AUTOR: ANDRÉS MARTÍNEZ ESLAVA

TUTOR: SANTAMARINA SIRUANA, MARÍA CRISTINA

Curso Académico: 2018-19

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutora, M^a Cristina Santamarina por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, permitiéndome conocer caminos paralelos a la troncalidad de mi titulación, por la ayuda prestada en todo momento y la capacidad de transmitir desde la más pura amabilidad.

En segundo lugar, quiero mostrar mi gratitud a toda persona presente en la consecución de esta meta: Profesores, compañeros, amigos... Aquellas personas que con su colaboración y apoyo hicieron posible superar cualquier dificultad permitiéndome avanzar a lo largo de este camino.

Finalmente, mi mayor agradecimiento es para mis padres sin cuyo esfuerzo y dedicación nada de esto hubiese sido posible y para mi hermano quien siempre ha sido un ejemplo a seguir. Gracias a los tres por vuestro apoyo inmensurable que me ha impulsado a conseguir todos mis objetivos.

RESUMEN

Se describe a lo largo del presente proyecto el diseño y simulación de un sistema de iluminación natural para su implementación en una planta industrial dedicada a la producción de Aceite de Rosa Mosqueta y Cascarilla.

En primer lugar, se describe brevemente, a modo de contexto, el proceso productivo mediante la presentación del Lay-Out de la instalación, así como, la información más relevante acerca de las materias primas y los productos de interés.

Como parte principal del documento se determinan los requerimientos lumínicos de la planta en función de la norma, se diseñan diferentes alternativas que son simuladas mediante el software específico Dialux®, obteniendo: los diferentes niveles de iluminación en el plano de trabajo, coeficientes de uniformidad e índices de eficiencia energética. Con la obtención de los resultados se seleccionará la propuesta más eficiente mediante una exhaustiva comparación.

Finalmente, se realizará un análisis económico que muestre las ventajas económicas de la implementación de un sistema de iluminación natural frente a una supuesta situación inicial donde la iluminación sea totalmente artificial, justificando, por tanto, el proyecto en el aspecto económico y realizando un análisis de rentabilidad que asegure la viabilidad de la inversión.

Palabras Clave: Eficiencia energética, Iluminación natural.

RESUM

Es descriu al llarg del present projecte el disseny i simulació d'un sistema d'il·luminació natural per a la seua implementació en una planta industrial dedicada a la producció d'Oli de Rosa Kèrria i Pellorfa.

En primer lloc, es descriu breument, a manera de context, el procés productiu per mitjà de la presentació del Lay-Out de la instal·lació, així com, la informació més rellevant sobre les matèries primeres i el productes d'interés.

Com a part principal del document es determinen els requeriments lumínics de la planta en funció de la norma, es dissenyen diferents alternatives que són simulades per mitjà del programari específic Dialux®, obtenint: els diferents nivells d'il·luminació en el pla de treball, coeficients d'uniformitat i índexs d'eficiència energètica. Amb l'obtenció dels resultats es seleccionarà la proposta més eficient per mitjaçant d'una exhaustiva comparació.

Finalment, es realitzarà una anàlisi econòmica que mostre els avantatges econòmics de la implementació d'un sistema d'il·luminació natural enfront d'una suposada situació inicial on la il·luminació siga totalment artificial, justificant, per tant, el projecte en l'aspecte econòmic i realitzant una anàlisi de rendibilitat que assegure la viabilitat de la inversió.

Paraules Clau: Eficiència energètica, Il·luminació natura.

ABSTRACT

The design, and simulation of a natural lighting system for its implementation in an industrial plant dedicated to the production of Rosehip Oil and Shells is described throughout the present final project.

Firstly, the manufacturing processes is briefly described by presenting the facility's Lay-Out, as well as the most relevant information about the resources and the final products.

As the main part of the document the luminous requirements of the plant are determined according to the standard, different alternatives are designed and simulated by the specific software: Dialux®. As a result, the different levels of illumination in the work plane, coefficients of uniformity and energy efficiency indexes are obtained. Once results have been acquired, the most efficient solution will be selected through an exhaustive comparison.

Finally, an economic analysis will be carried out. By means of this procedure the economic advantages of the implementation of a natural lighting system in front of a supposed initial situation where the lighting is totally artificial will be shown. Justifying, therefore, the rentability of the investment.

Keywords: Energy efficiency, natural lighting.

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG.

- Memoria.
- Anexos a la memoria.
- Presupuesto.

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS -----	1
CAPÍTULO 2. ROSA MOSQUETA -----	2
2.1. INTRODUCCIÓN.-----	2
2.2. USOS Y APLICACIONES-----	3
CAPÍTULO 3. PRODUCTOS DE INTERÉS -----	4
3.1. ACEITE DE ROSA MOSQUETA.-----	4
3.2. CASCARILLA.-----	4
CAPÍTULO 4. PROCESO PRODUCTIVO -----	6
4.1. ETAPAS DEL PROCESO-----	6
4.1.1. <i>Cascarilla.</i> -----	6
4.1.2. <i>Aceite de Rosa Mosqueta.</i> -----	7
4.2. LAY-OUT-----	7
CAPÍTULO 5. ILUMINACIÓN -----	8
5.1. IMPORTANCIA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL.-----	8
5.1.1. <i>Tipos de iluminación</i> -----	9
5.2. REQUERIMIENTOS DE PLANTA.-----	12
5.3. DIMENSIONES DE LAS ABERTURAS: CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN-----	13
5.3.1. <i>Parámetros de la ecuación.</i> -----	15
5.4. EFICIENCIA ENERGÉTICA.-----	18
CAPÍTULO 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL -----	19
6.1. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA.-----	20
6.2. SUPERFICIE TEÓRICA DE ABERTURAS.-----	21
6.3. PROPUESTAS.-----	23
6.4. RESULTADOS PROPUESTAS.-----	30
6.5. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA MÁS ADECUADA.-----	50
6.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.-----	54
6.7. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.-----	55

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS ECONÓMICO -----	56
7.1. BALANCE ECONÓMICO.-----	56
7.2.1. <i>Iluminación 100% artificial</i> -----	59
7.2.2. <i>Iluminación 50% artificial</i> -----	60
7.2.3. <i>Iluminación 30% artificial</i> -----	61
7.2.4. <i>Iluminación 10% artificial</i> -----	62
7.2. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD-----	64
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES -----	68
CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA -----	69

ÍNDICE DE ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO 1: PLANOS	73
ANEXO 2: CATÁLOGO LUMINARIA	75

ÍNDICE DE FIGURAS.

ILUSTRACIÓN 1. ROSA RUBIGINOSA (BIEBER)-----	2
ILUSTRACIÓN 2. ROSA MOSCHATA (MANNERS)-----	2
ILUSTRACIÓN 3. ROSA CANINA (SYRIO)-----	2
ILUSTRACIÓN 4. ESCARAMUJO EN TORREJONCILLO DEL REY (BENJAMINMATAS)-----	2
ILUSTRACIÓN 5. CASCARILLA DE ROSA MOSQUETA -----	5
ILUSTRACIÓN 6. ACEITE DE ROSA MOSQUETA-----	5
ILUSTRACIÓN 7. VELOCIDAD DE TRABAJO EN LA TAREA DE INTRODUCCIÓN DE DATOS PARA 2 TAMAÑOS DE LETRA Y DIFERENTES NIVELES DE ILUMINACIÓN. (BOYCE, 2003) -----	8
ILUSTRACIÓN 8. DISPOSICIÓN DE LA ILUMINACIÓN LATERAL Y CENITAL.-----	10
ILUSTRACIÓN 9. TIPOS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL, SEGÚN COLOCACIÓN DE LUMINARIAS (SANTAMARINA SIURANA, 2019) -----	11
ILUSTRACIÓN 10. ILUMINACIÓN HORIZONTAL EN UN PUNTO E1 -----	12
ILUSTRACIÓN 11. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PLANO TEÓRICO DE DESLUMBRAMIENTO.-----	13
ILUSTRACIÓN 12. ESQUEMA DE INCIDENCIA Y REFLEXIONES DE UN RECINTO RECTANGULAR. (SANTAMARINA SIURANA, 2019) -----	16
ILUSTRACIÓN 13. FACTOR DE VENTANAS. REDUCCIÓN DE LA BÓVEDA CELESTE. (SANTAMARINA SIURANA, 2019). -----	16
ILUSTRACIÓN 14. CURVA F' PARA LONG_VETANA/ESPESOR_CERRAMIENTO ≥ 10 (SANTAMARINA SIURANA, 2019)-----	17
ILUSTRACIÓN 15. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LA ILUMINACIÓN HORIZONTAL AL AIRE LIBRE EN VALENCIA (LATITUD 30°). (SANTAMARINA SIURANA, 2019) -----	19
ILUSTRACIÓN 16. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE ESCENARIOS.-----	24
ILUSTRACIÓN 17. SITUACIÓN ABERTURAS PROPUESTA 1. -----	26
ILUSTRACIÓN 18. SITUACIÓN ABERTURAS PROPUESTA 2. -----	27
ILUSTRACIÓN 19. SITUACIÓN ABERTURAS PROPUESTA 3. -----	28
ILUSTRACIÓN 20. SITUACIÓN ABERTURAS PROPUESTA 4. -----	29
ILUSTRACIÓN 21. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 1-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	31
ILUSTRACIÓN 22. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 1-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	31
ILUSTRACIÓN 23. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 1-21 DICIEMBRE 10:00 AM-----	32
ILUSTRACIÓN 24. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 1-21 DICIEMBRE 10:00 AM-----	32
ILUSTRACIÓN 25. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 1-23 JUNIO 12:00 AM -----	33
ILUSTRACIÓN 26. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 1-23 JUNIO 12:00 AM-----	33
ILUSTRACIÓN 27. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE DESLUMBRAMIENTO.-----	34
ILUSTRACIÓN 28. DÉFICIT DE ILUMINACIÓN EN EL CENTRO DE LA EDIFICACIÓN INDUSTRIAL. -----	35
ILUSTRACIÓN 29. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 2-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	37
ILUSTRACIÓN 30. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 2-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	37
ILUSTRACIÓN 31. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 2-21 DICIEMBRE 10:00 AM-----	38
ILUSTRACIÓN 32. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 2-21 DICIEMBRE 10:00 AM -----	38
ILUSTRACIÓN 33. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 2-23 JUNIO 12:00 AM -----	39
ILUSTRACIÓN 34. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 2-23 JUNIO 12:00 AM-----	39
ILUSTRACIÓN 35. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 3-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	41
ILUSTRACIÓN 36. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 3-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	41
ILUSTRACIÓN 37. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 3-21 DICIEMBRE 10:00 AM-----	42
ILUSTRACIÓN 38. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 3-21 DICIEMBRE 10:00 AM -----	42
ILUSTRACIÓN 39. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 3-21 DICIEMBRE 11:00 AM-----	43
ILUSTRACIÓN 40. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 3-21 DICIEMBRE 11:00 AM -----	43
ILUSTRACIÓN 41. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 3-23 JUNIO 12:00 AM -----	44
ILUSTRACIÓN 42. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 3-23 JUNIO 12:00 AM-----	44
ILUSTRACIÓN 43. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 4-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	46
ILUSTRACIÓN 44. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 4-21 DICIEMBRE 9:00 AM -----	46

ILUSTRACIÓN 45. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 4-21 DICIEMBRE 10:00 AM-----	47
ILUSTRACIÓN 46. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 4-21 DICIEMBRE 10:00 AM -----	47
ILUSTRACIÓN 47. GRÁFICO DE GRISES PROPUESTA 4-23 JUNIO 12:00 AM -----	48
ILUSTRACIÓN 48. GRÁFICO DE VALORES PROPUESTA 4-23 JUNIO 12:00 AM-----	48
ILUSTRACIÓN 49. DISCRIMINACIÓN HORARIA INVIERNO (OHMIA, 2015)-----	56
ILUSTRACIÓN 50. DISCRIMINACIÓN HORARIA VERANO (OHMIA, 2015)-----	56
ILUSTRACIÓN 51. TENDENCIA DEL AHORRO EN FUNCIÓN DEL % DE ILUMINACIÓN NATURAL -----	64
ILUSTRACIÓN 52. VAN VS INTERÉS-----	66

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DE LAS SEMILLAS EN %	4
TABLA 2. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO EN TOCOLES (MG/KG), EN ACEITES DE SEMILLAS.....	4
TABLA 3. MEDIDAS Y ÁREA DEL LAY-OUT DEL SISTEMA PRODUCTIVO.....	7
TABLA 4. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS POR ZONA SEGÚN UNE-12464.1	20
TABLA 5. DETERMINACIÓN DE LA ILUMINACIÓN MEDIA SEGÚN UNE 12464.1	21
TABLA 6. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE TEÓRICA DE ABERTURAS.....	22
TABLA 7. RESUMEN PARÁMETROS DIALUX®	23
TABLA 8. CÁLCULO DEL ÁNGULO DE DESLUMBRAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA.	34
TABLA 9. PARÁMETROS DIALUX® PROPUESTA 1.....	35
TABLA 10. PARÁMETROS DIALUX® PROPUESTA 2	40
TABLA 11. PARÁMETROS DIALUX® PROPUESTA 3	45
TABLA 12. PARÁMETROS DIALUX® PROPUESTA 4	49
TABLA 13. RESUMEN REQUISITOS PROPUESTAS	50
TABLA 14. COMPARATIVA VALORES ILUMINACIÓN MEDIA HORIZONTAL INTERIOR DICIEMBRE.	51
TABLA 15. COMPARATIVA VALORES ILUMINACIÓN MEDIA HORIZONTAL INTERIOR JUNIO.	51
TABLA 16. COMPARATIVA VALORES ILUMINACIÓN MÁXIMA HORIZONTAL INTERIOR DICIEMBRE.....	52
TABLA 17. COMPARATIVA VALORES ILUMINACIÓN MÁXIMA HORIZONTAL INTERIOR JUNIO.	52
TABLA 18. COMPARATIVA GRADO DE UNIFORMIDAD TOTAL.....	53
TABLA 19. COMPARATIVA GRADO DE UNIFORMIDAD ZONA DE MAQUINARÍA Y PRODUCCIÓN.	53
TABLA 20. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN FUNCIÓN DEL % DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	55
TABLA 21. TARIFA DE ACCESO A ALTA TENSIÓN 3.1 (MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y IDAE, 2019).....	56
TABLA 22. HORAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ALUMBRADO DENTRO DE CADA PERIODO.	57
TABLA 23. GASTO ANUAL ELÉCTRICO REFERENTE A LAS LUMINARIAS-SITUACIÓN 100% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	59
TABLA 24. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN MANTENIMIENTO LUMINARIAS ANUAL-100% ARTIFICIAL.	59
TABLA 25. GASTOS ANUALES SISTEMA 100% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.	60
TABLA 26. GASTO ANUAL ELÉCTRICO REFERENTE A LAS LUMINARIAS-SITUACIÓN 50% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.	60
TABLA 27. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN MANTENIMIENTO LUMINARIAS Y LUCERNARIOS ANUAL-50% ARTIFICIAL.....	61
TABLA 28. GASTOS ANUALES SISTEMA 50% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.	61
TABLA 29. GASTO ANUAL ELÉCTRICO REFERENTE A LAS LUMINARIAS-SITUACIÓN 30% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	61
TABLA 30. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN MANTENIMIENTO LUMINARIAS Y LUCERNARIOS ANUAL-30% ARTIFICIAL.....	62
TABLA 31. GASTOS ANUALES SISTEMA 30% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.	62
TABLA 32. GASTO ANUAL ELÉCTRICO REFERENTE A LAS LUMINARIAS-SITUACIÓN 10% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	62
TABLA 33. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN MANTENIMIENTO LUMINARIAS Y LUCERNARIOS ANUAL-10% ARTIFICIAL.....	63
TABLA 34. GASTOS ANUALES SISTEMA 10% ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.	63
TABLA 35. AHORRO EXPERIMENTADO EN FUNCIÓN DEL % DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	64
TABLA 36. OBTENCIÓN DEL VAN Y EL TIR PARA LOS DIFERENTES ESCENARIOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE INTERÉS	66
TABLA 37. CÁLCULO DEL PERÍODO DE RETORNO ESTÁTICO.	67

MEMORIA

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS

Con la realización del presente Trabajo Final de Grado se busca abordar los siguientes objetivos:

- Diseñar un sistema de iluminación natural en la planta de producción de aceite de rosa mosqueta y cascarilla acorde a la norma UNE 12464.1 sobre las necesidades lumínicas asociadas a las diferentes zonas de trabajo presentes en la planta.
- Simular y analizar diferentes propuestas a fin de determinar aquella que aporte el mejor escenario en términos de condiciones lumínicas y eficiencia energética, minimizando así el uso de iluminación artificial.
- Adquirir competencias en el uso de herramientas específicas como el software de diseño de iluminación profesional Dialux®.
- Comprobar los beneficios de la iluminación natural frente a la artificial.
- Realizar un balance económico que justifique la implementación del sistema de iluminación, objeto de dicho proyecto, frente a un sistema estanco de iluminación puramente artificial.

CAPÍTULO 2. ROSA MOSQUETA

2.1. INTRODUCCIÓN.

Se denomina “Rosa Mosqueta” de forma genérica a una variedad silvestre de plantas del género **rosa** (familia de las rosáceas) dentro de la cual se engloban aproximadamente 150 especies distintas, que crecen a lo largo del hemisferio norte de Europa, Asia, el medio este y norte de América (lineaysalud, 2018).

Dentro de la gran variedad de especies destacan por su uso:



Ilustración 1. Rosa Rubiginosa (Bieber)



Ilustración 2. Rosa Moschata (Manners)



Ilustración 3. Rosa canina (Syrio)

Por su parte, fruto se conoce de forma genérica como **escaramujo** que normalmente se identifica con un color rojizo. Estas frutas están formadas por un 30/35% de semillas y un 65/70% de de pericarpio (Parte exterior del fruto que envuelve a las semillas). Partes que darán lugar posteriormente a los productos de interés: Aceite de Rosa Mosqueta y la Cascarilla respectivamente (Ahmad & Anwar, 2016).



Ilustración 4. Escaramujo en Torrejoncillo del Rey (Benjaminmatas)

Estas frutas son conocidas por su alto contenido en Vitamina C, por cada 100 gramos de fruto fresco se obtienen entre 1700 mg y 2000 mg, así como otros compuestos bioactivos como: Carotenoides que constituyen la materia colorante anaranjada, entre un 11,6 y un 15,6% de azúcares, de 3 a 3,6% de ácidos orgánicos valorados como ácido málico, etc., pectina, proteínas y minerales como: Hierro, magnesio, fósforo y azufre Además destaca un contenido en ácido ascórbico que oscila entre 500 y 200m mg por cada 10 gr de escaramujo (lineaysalud, 2018) (Ayerbe & García, 2010).

2.2. USOS Y APLICACIONES

Aunque tiempo atrás no existía mucha literatura sobre la composición y caracterización de la de la rosa mosqueta y sus frutos, sus beneficiosas propiedades en el ámbito de la salud y la cosmética son conocidas desde hace cientos de años, en gran parte porque se han transmitido de generación en generación (Franco, Pinelo, Sineiro, & Núñez, 2007).

Esas propiedades son en su mayoría debidas al alto contenido en vitamina C, el cual por dar un orden de magnitud es 10 veces mayor que el contenido en un zumo de naranja, de ahí su uso tradicional como remedio antiescorbútico y contra el resfriado común (Ayerbe & García, 2010). Además, del resto de componentes cuya influencia terapéutica también es bien conocida. Destaca como se verá a continuación (*Véase Epígrafe 3*) el uso de aceite obtenido a partir de las semillas del escaramujo en el ámbito de la cosmética, para el tratamiento regenerativo de cicatrices y quemaduras.

Entre los usos más comunes de la rosa mosqueta o sus derivados destacan (Ahmad & Anwar, 2016):

- Uso del fruto hervido en agua para el tratamiento del resfriado común.
- Tratamiento de la inflamación y el dolor crónico.
- Tratamiento de alteraciones en la piel (estrías, cicatrices, etc.) y úlceras.
- Función nutritiva para el aporte de ácidos grasos esenciales que no pueden ser sintetizados por los humanos y por tanto deben ser aportados en la dieta.
- Uso como suplemento alimenticio en algunos ensayos clínicos más avanzados para tratar a osteoartritis de rodilla o cadera e incluso para prevenir frente al cáncer o enfermedades cardiovasculares.

CAPÍTULO 3. PRODUCTOS DE INTERÉS

3.1. ACEITE DE ROSA MOSQUETA.

El aceite de Rosa Mosqueta es el producto más ampliamente conocido del escaramujo. Se produce mediante la aplicación de presión en frío sobre las semillas del fruto, obteniéndose un aceite de color ámbar rico en ácidos grasos (Jíménez, Masson, & Quitral, 2013):

Tabla 1. Composición de ácidos grasos de las semillas en %.

Ácidos Grasos Saturados	7,2
Ácidos Grasos Monoaturados	20,04
Ácidos Grasos Poliinsaturados	72,02
No identificados	0,74

Puede observarse en la Tabla 1, el contenido de las semillas destaca un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados. Dentro de estos, destaca la presencia de dos ácidos grasos esenciales como son el linoleico y linolénico que confieren a este aceite múltiples propiedades beneficiosas en el tratamiento de alteraciones cutáneas como agente hidratante, cicatrizante, protector y antienvjecimiento.

Otro aspecto crucial del producto es su aspecto antioxidante conferido principalmente por la alta presencia de tocoferoles, como puede observarse en la Tabla 2, el aceite de rosa mosqueta presenta valores significativamente mayores de tocoles que las otros dos aceites de diferentes semillas presentados (Jíménez, Masson, & Quitral, 2013).

Tabla 2. Comparación del contenido en tocoles (mg/kg), en aceites de semillas

	Chía	Linaza	Rosa Mosqueta
α -tocopherol	-	6	202
γ -tocopherol	423	364	976
δ -tocopherol	-	-	23
Plastocromanol- 8	-	164	-
TOTAL	423	534	1201

“La importancia de los tocoferoles en alimentos y a nivel biológico, se debe a las propiedades antioxidantes de estos compuestos, así se ha visto que sus efectos están relacionados con su carácter protector frente a enfermedades degenerativas crónicas como las enfermedades coronarias, degeneración neuronal y aparición de tumores en diferentes localizaciones”. (Jíménez, Masson, & Quitral, 2013)

3.2. CASCARILLA.

Como producto secundario del proceso se obtiene la pulpa deshidratada, comúnmente llamada cascarilla. Es la parte carnosa del fruto tras ser sometida a los procesos de secado, quebrado y separación de semillas y pelusas. Como ya se ha mencionado, el escaramujo presenta un alto contenido en vitamina C y pese a que este se ve mermado en un 95% durante el proceso de secado, deja en el fruto seco un contenido de en torno al 0,1% de vitamina C, el cual, sigue siendo alto en comparación con el otros frutos ricos en esta vitamina, como por ejemplo los cítricos que presentan alrededor de 0,03%-0,09%. (Velásquez Arriagada, Pintos, Quiroga, & Antimán, 2013)

Gracias a lo anterior, la cascarilla es frecuentemente utilizada en el ámbito alimenticio en diferentes formas:

- Cascarilla para infusiones: té de pulpa deshidratada, té instantáneo, mezclas para infusiones con otras frutas o aromáticas, entre los principales.
- Cascarilla para sopas crema, aditivo para otros alimentos.
- Cascarilla torrada como sustituto del café.
- Polvo de cascarilla de rosa mosqueta.

En todas esta formas, la cascarilla, presenta múltiples efectos: laxante, diurético, astringente, estimulante del organismo, eficaz antioxidante y refuerzo del sistema inmunológico que ayuda a prevenir y combatir el cansancio y la debilidad.



Ilustración 5. Cascarilla de Rosa Mosqueta



Ilustración 6. Aceite de Rosa Mosqueta

CAPÍTULO 4. PROCESO PRODUCTIVO

4.1. ETAPAS DEL PROCESO

Se detallan a continuación las etapas que sufre el fruto hasta la obtención de los productos finales. Se diferencia el recorrido según el producto, aunque se trate de un único proceso y coincidan en la mayoría de las etapas (Velásquez Arriagada, Pintos, Quiroga, & Antimán, 2013):

4.1.1. Cascarilla.

1. Recepción de la materia prima: El fruto de rosa mosqueta será suministrado por proveedores externos, pasando por un primer control de calidad donde se verificará si continuará en el proceso productivo o se devuelve al proveedor si no pasa los estándares de calidad.
2. Almacenamiento: Se almacena la materia prima de forma temporal previo a su procesamiento. La Rosa Mosqueta presenta estacionalidad luego se recibirá materia prima durante un determinado periodo de tiempo. Una vez en planta, el fruto debe ser procesado en un máximo de 2 semanas.
3. Deshidratado: Mediante cintas transportadoras se carga el fruto entero en el horno de lecho fluidizado, donde permanecerá entre 10 y 15 horas a unos 70°C. Durante el proceso el fruto es removido mediante un sistema de paletas que asegura el secado uniforme del fruto.
4. Descarga del horno: Finalizada la etapa anterior y alcanzado el tiempo de secado, se descarga el horno de forma manual mediante palas, hacia la tolva que alimenta el tornillo sin fin que lleva al fruto secado al sistema de limpieza.
5. 1ª Limpieza: El fruto pasa por una criba vibratoria que elimina residuos no deseados: Hojas, palos, Piedras. **(Residuo 1)**
6. 2ª Limpieza: A través de una noria se alimenta una segunda criba cuya función es homogeneizar el tamaño del fruto al óptimo. Frutos muy pequeños pueden no ser trabajados por el molino. **(Residuo 2)**
7. Molienda: El fruto llega al molino a través de una segunda noria. En él se procesa el fruto mediante la rotura de este extrayendo las semillas. Se genera como residuo una pelusa **(Residuo 3)** que debe ser extraída mediante un sistema de aspiración.
8. Separación semillas y cascarilla: Se separan los productos de interés mediante una tercera criba vibratoria que es alimentada por una noria.
9. Envasado: La cascarilla como producto se somete a un envasado en bolsas de 20 y 25 kg.
10. Almacenamiento: Finalmente el producto terminado se almacena en pallets.

4.1.2. Aceite de Rosa Mosqueta.

1. Almacenamiento: Las semillas obtenidas en el anterior procedimiento constituyen la materia prima para la obtención del aceite, luego estas se almacenan en silos.
2. Extracción del aceite: El proceso de obtención del aceite se lleva a cabo mediante un prensado. Para ello, se cargan las prensas de forma manual a través de unas tolvas. Se obtiene así el aceite que pasa a la siguiente etapa y las briquetas (**Residuo 4**). Este residuo se puede valorizar en forma de combustible debido a su alto poder calorífico.
3. Filtración: El aceite se somete a un proceso de filtrado para homogenizarlo, mediante una prensa-filtro.
4. Embotellado: El producto se embotella en bidones.
5. Almacenamiento: Se almacena hasta su venta.

4.2. LAY-OUT

Según se aprecia en el plano nº1, en el ANEXO 1, la nave industrial tiene una luz de 30 metros y una longitud de 70 metros, lo cual da lugar a una superficie de 2100 m². Se diferencian, en su interior, los distintos sectores y la zona de trabajo donde se encuentra la maquinaria. Puede apreciarse, además, un edificio de administración anexo que no será objeto de este trabajo.

Las dimensiones y áreas de las distintas zonas se agrupan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Medidas y área del lay-out del sistema productivo

Zona	Largo (m)	Ancho (m)	Área(m ²)
Almacén Materia prima	16	16	256
Almacén producto cascarilla	22	11	242
Laboratorio	16	8	128
Almacén producto aceite	8	8	64
Vestuarios y baños	7	8	56
Maquinaria y zona de producción	-	-	704
Oficinas administración	16	16	256
Almacén Briquetas	13	10	130
Zona de circulación	-	-	520
Superficie Total (Excluidas Oficinas)			2100

CAPÍTULO 5. ILUMINACIÓN

5.1. IMPORTANCIA DE LA ILUMINACIÓN NATURAL.

La luz, es un factor indispensable en el desarrollo de la vida del ser humano, siendo tal su importancia que su carencia puede llegar a afectar no solo a la realización de las actividades cotidianas sino también a la salud: *“La luz es el marcador temporal de nuestro reloj biológico; un estímulo que influye en el estado de ánimo, tanto desde el punto de vista psicológico como fisiológico. Mediante una adecuada iluminación, las personas son capaces de rendir más y mejor, pueden avivar su estado de alerta, pueden mejorar su sueño y en resumen su bienestar”*. ((IDAE), 2005) . Aunque sus beneficiosos efectos se conocen desde la antigüedad, los avances tecnológicos han ayudado a esclarecer y clasificar múltiples de estos efectos:

- Efectos biológicos, en los que se engloban el correcto funcionamiento del “reloj biológico” de las personas y por consiguiente el normal funcionamiento de la fisiología humana en términos de sueño, rendimiento, actividad, etc.
- Efectos psicológicos, dentro de los cuáles ha quedado patente que la luz tiene una amplia influencia en aspectos como el estado de ánimo las personas, la motivación, la fatiga y otros aspectos que pueden influir no solo negativamente en la vida cotidiana de las personas sino también en su rendimiento laboral:

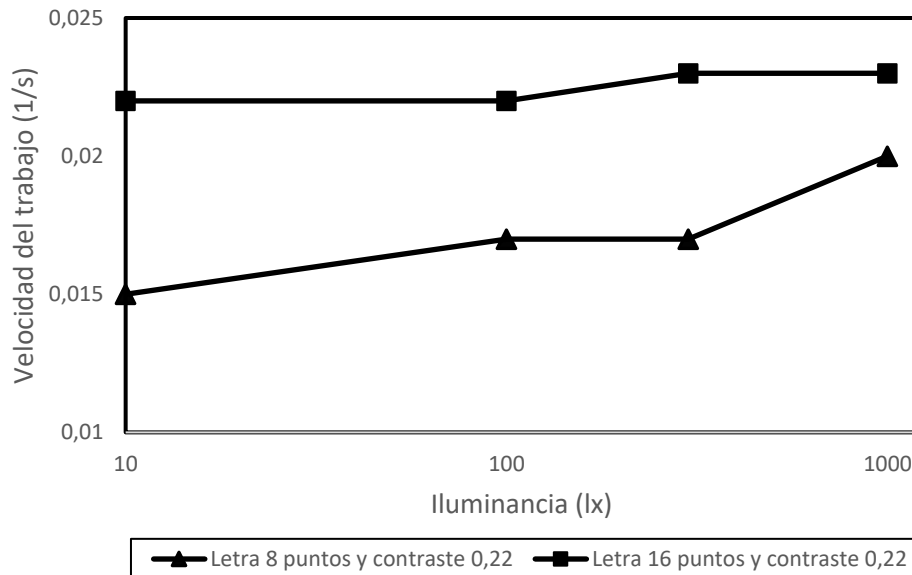


Ilustración 7. Velocidad de trabajo en la tarea de introducción de datos para 2 tamaños de letra y diferentes niveles de iluminación. (Boyce, 2003)

- Efectos térmicos, por los cuales la iluminación puede suponer una fuente de calor que puede ser convenientemente utilizada. Este aspecto puede tornarse problemático si su uso no es correcto generando elevadas temperaturas.

En este contexto y asumiendo que la actividad laboral es una de las que más horas ocupa en la vida de un ser humano (Pattini, Rodríguez, Monteoliva, & Garretón, 2012). Queda patente la necesidad de diseñar sistemas de iluminación óptimos que aporten las mejores condiciones a los trabajadores para poder realizar sus actividades de la forma más eficiente y segura, pudiendo aprovechar al máximo la luz natural haciéndola útil para iluminar el entorno de trabajo y complementándola con la tecnología de iluminación artificial necesaria, consiguiendo así el máximo ahorro y eficiencia energética.

Para conseguir lo anterior se han desarrollado múltiples documentos que tratan de establecer valores medios de iluminación según el tipo de actividad que se realice en una determinada área:

- DIN 5035.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OGSHT).
- RD 486/1997.
- Código técnico de la Edificación (CTE).

Como todos ellos establecen diferentes consideraciones y valores medios de iluminación y a fin de normalizar, surge la **Norma europea sobre iluminación para interiores: UNE 12464.1**. Que será el documento utilizado como referencia a lo largo de este documento. En él, se encuentran los requisitos de iluminación según actividad, que se determinan por la satisfacción de tres necesidades (Comisión de Normalización Europea, 2003):

- Confort visual.
- Prestaciones visuales.
- Seguridad.

5.1.1. Tipos de iluminación

Existen diferentes tipos de clasificaciones de la iluminación según el parámetro por el que se rigen, por ejemplo, se puede clasificar la iluminación de un local según la uniformidad de esta en (Santamarina Siurana, 2019):

- **General:** Existe una distribución uniforme de la luz sobre el área de interés donde se desarrolla la actividad.
- **Localizada:** Existe un aporte extra de luz que incide en una zona determinada de la planta cuyos requisitos no son satisfechos con la iluminación general.

Sin embargo, durante el transcurso del presente documento tomará más importancia la clasificación de la luz según su naturaleza:

- **Iluminación natural:** La luz visible es una onda electromagnética cuya longitud de onda se encuentra en el intervalo 780 nm (rojo) a 380 nm (violeta), siendo este pequeño intervalo el cual puede ser apreciado por el ojo humano permitiendo así la correcta visualización de los objetos. La luz natural es, por tanto, un fuente de luz visible proveniente de la luz diurna (radiación electromagnética procedente del sol) que consta de 3 componentes:
 - El haz directo procedente del sol.
 - La luz natural difundida en la atmosfera.
 - La luz procedente de reflexiones.

Como ya se ha mencionado, más allá de la motivación económica, la luz natural presenta múltiples ventajas para la salud humana y por tanto debe tratar de ser siempre la primera opción de iluminación para las zonas de trabajo. Para ello hay que considerar que disponibilidad y características de esta, dependen de múltiples factores naturales como la latitud, época del año, etc. ((IDAE), 2005). Así como factores asociados a la propia planta que deben ser planteados desde los primeros pasos de diseño de la edificación industrial maximizando el uso de la luz natural pudiendo así cumplir los requisitos de iluminación que el propio proceso productivo define. Algunos de estos aspectos son: Forma y volumen del edificio, cerramientos, coberturas, etc.

De forma general la luz natural se aprovecha gracias a la disposición de aberturas que permiten su paso a través. De esta forma se distingue según la disposición de dichos dispositivos (Santamarina Siurana, 2019):

- Iluminación lateral (Mediante ventanas laterales).
- Iluminación cenital (Mediante lucernarios tendidos).
- Combinada.

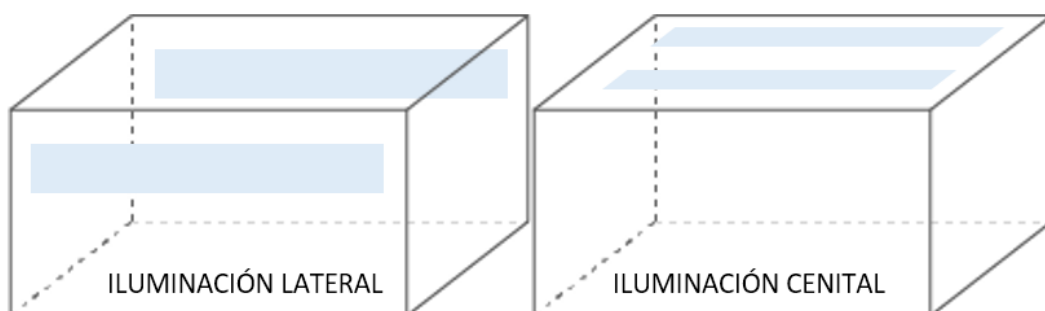


Ilustración 8. Disposición de la iluminación lateral y cenital.

- **Iluminación Artificial:** Fuente de luz visible creada por el ser humano a fin de complementar a la iluminación natural cuya disponibilidad no puede satisfacer sus necesidades. Es por tanto producida por fuentes de iluminación artificiales. Sus dos componentes básicos:
 - **Lámpara:** “Fuente construida para producir una radiación óptica generalmente visible”. ((IDAE), 2005)
 - **Luminaria:** “Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz transmitida desde una o más lámparas y que incluye, excepto las propias lámparas, todas las partes necesarias para fijar y proteger las lámparas y, cuando sea necesario, circuitos auxiliares junto con los medios de conexión para conectarlos al circuito de alimentación” ((IDAE), 2005)

Así, según la distribución y colocación de las luminarias, la iluminación artificial puede ser:

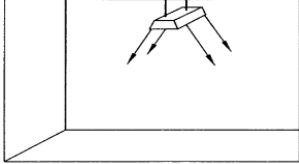
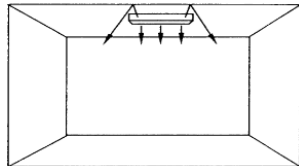
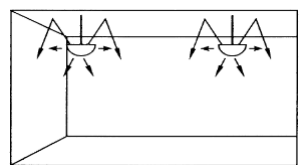
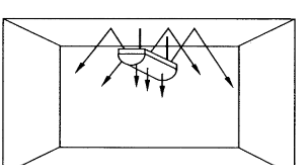
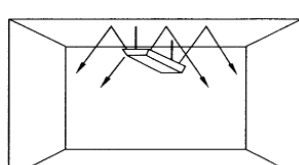
DIRECTA	
SEMI-DIRECTA	
UNIFORME	
INDIRECTA	
SEMI-INDIRECTA	

Ilustración 9. Tipos de iluminación artificial, según colocación de luminarias (Santamarina Siurana, 2019)

5.2. REQUERIMIENTOS DE PLANTA.

Previo a la estimación lumínica que nos dará una aproximación a la superficie de ventanas a disponer en nuestra planta industrial, han de determinarse ciertos parámetros que posibilitaran dicho cálculo. Estos parámetros están ligados al tipo de actividad industrial que alberga la nave, así como otros aspectos relacionados con el bienestar visual (Santamarina Siurana, 2019):

- **Iluminación horizontal interior en un punto (E_i):** Este parámetro hace referencia a iluminación que llegaría a un punto contenido en un plano que se encuentra a una cierta distancia del suelo. Este plano se conoce como plano de **trabajo**.

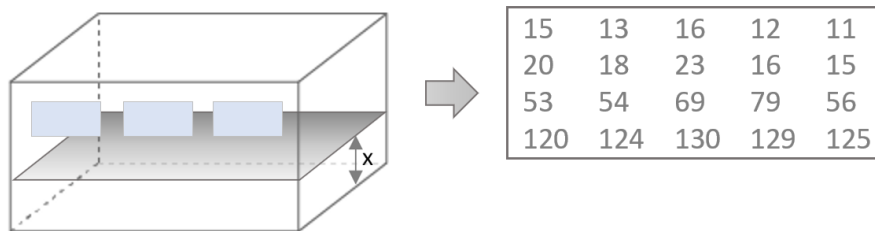


Ilustración 10. Iluminación horizontal en un punto E_i

- **Iluminación media horizontal interior (E_m):** Hace referencia a la media de todos los anteriores puntos de iluminación contenidos en el plano de trabajo. Este parámetro queda fijado por la norma en función de la actividad que se realice en la superficie considerada, así podemos determinar la iluminación media interior de cada una de las áreas de nuestra planta según el tipo de trabajo que se lleve a cabo en estas.

Tanto la iluminación en un punto como la iluminación media se miden en **luxes**. Esta es una unidad fundamental de la Luminotecnia dentro del sistema internacional que se utiliza para cuantificar la radiación a la que es sensible el ojo humano.

De esta forma, se define (Blanca Giménez, Castilla Cabanes, Martínez Antón, & Pastor Villa):

- **Flujo luminoso (ϕ):** Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, se mide en lúmenes (lm).
 - **Iluminancia o Iluminación (E):** Flujo luminoso recibido por una superficie, se mide en $\text{lux}=\text{lm}/\text{m}^2$.
- **Uniformidad en la iluminación:** Se define como el cociente entre los puntos de iluminación interior mínimo y máximo, de la totalidad de puntos contenidos en el plano de trabajo. Así, siempre se optará por la mayor uniformidad posible que se dará cuando este parámetro tienda a la unidad.
 - **Deslumbramientos:** Sensación de malestar o perturbación de la visión producido por áreas que presentan un exceso o mala ejecución de la iluminación dentro de la zona de trabajo. Es de vital importancia mitigar este fenómeno a fin de evitar efectos adversos en los operarios permitiéndoles trabajar dentro de un entorno seguro. ((IDAE), 2005).

La evitación del deslumbramiento ha de considerarse desde la fase de diseño, considerando que la luz debe incidir en la medida de lo posible en un plano teórico, situado en el ojo del trabajador, con un ángulo superior a 30º (Santamarina Siurana, 2019).

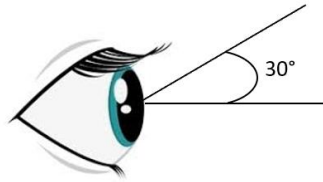


Ilustración 11. Representación gráfica del plano teórico de deslumbramiento.

5.3. DIMENSIONES DE LAS ABERTURAS: CÁLCULO Y JUSTIFICACIÓN

A lo largo de este epígrafe se detalla el procedimiento de cálculo aproximado para obtener la superficie de lucernarios/ventanas que satisfaga el nivel de iluminación interior demandado (E_m) en el plano de trabajo según la normativa UNE-12464.1. Finalmente, esta estimación se utilizará para el diseño de diferentes propuestas de disposición de aberturas y su consiguiente evaluación mediante el software Dialux®.

Para ello se seguirá un **método de cálculo analítico**, basado en el método del rendimiento del Dr. Fruhling el cual se fundamenta en la norma alemana DIN 5034, que determina la superficie de ventanas que hay que disponer fijando un nivel de iluminación exterior horizontal mínimo ($E_a=3000$) y estableciendo los requerimientos de iluminación media horizontal interior en el plano de trabajo (E_m) anteriormente descrita (Santamarina Siurana, 2019) .

De esta forma, la ecuación general del método mediante la que se determinará la superficie de ventanas es:

$$E_m (lux) = E_a \cdot \eta \cdot f' \cdot f_{lat} \cdot \frac{S_{lat}}{S_{suelo}} + E_a \cdot \eta \cdot f' \cdot f_{sup} \cdot \frac{S_{sup}}{S_{suelo}} \quad (1)$$

Donde:

- $E_m(\text{lux})$: Nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior.
- $E_a(\text{lux})$: Nivel de iluminación exterior mínimo
- η : Rendimiento del recinto.
- f_{lat} : factor de ventanas laterales.
- f_{sup} : particularización de ventanas superiores.
- f' : Factor característico de reducción de ventana-muro.
- S_{lat} : Superficie de ventanas laterales.
- S_{sup} : Superficie de ventanas superiores.
- S_{suelo} : Superficie del suelo del recinto.

La ecuación (1) alude al caso más amplio, la disposición de sistemas mixtos formados por ventanas laterales y lucernarios superiores. En este documento se plantearán 3 tipos distintos de soluciones:

- Ventanas laterales.
- Lucernarios superiores.
- Sistemas mixtos.

Así, la ecuación (1) será particularizada para los 2 primeros casos según:

$$E_m(\text{lux}) = E_a \cdot \eta \cdot f' \cdot f_{lat} \cdot \frac{S_{lat}}{S_{suelo}} \quad (2)$$

$$E_m(\text{lux}) = E_a \cdot \eta \cdot f' \cdot f_{sup} \cdot \frac{S_{sup}}{S_{suelo}} \quad (3)$$

Respectivamente. Además, en el caso de sistemas mixtos habrá que introducir una nueva ecuación que indique la proporción entre ventanas laterales y lucernarios superiores:

$$S_{lat} = \kappa \cdot S_{sup} \quad (4)$$

A su vez, independientemente del tipo de sistema planteado, habrá que considerar algunos aspectos a la hora de disponer las ventanas (Santamarina Siurana, 2019):

- Las ventanas deben disponerse de forma simétrica respecto a la nave.
- El desplazamiento de la luz hacia el interior será tanto mayor, cuanto mayor sea la altura a la que se coloquen las aberturas, reduciendo así el riesgo de deslumbramientos.

5.3.1. Parámetros de la ecuación.

Se desarrollan a continuación cada uno de los parámetros de los que se compone la ecuación (1):

- Nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior (E_m): Como se detalla en el epígrafe 5.2. esta parámetro es una media de la iluminación de todos los puntos del plano de trabajo y se valor quedará determinado por la normativa UNE 12464-1. Este documento establece la necesidades de iluminación media para zonas de trabajo según la actividad que en ellas se desarrolla, permitiendo así obtener un valor medio de iluminación según:

$$E_m (lux) = \frac{\sum_j E_j \cdot S_j}{\sum_j S_j} \quad (5)$$

Donde:

- E_j : Iluminancia mantenida en la superficie de referencia para el área donde se desarrolle la actividad específica.
- S_j : Áreas interiores donde se desarrolla la actividad específica.

Nivel de iluminación exterior mínimo (E_a): Este parámetro hace referencia a la iluminación exterior que llegaría a un plano horizontal sino hubiera existido la edificación. Su valor no es constante pues depende de múltiples factores como por ejemplo la época del año, sin embargo, se tomará para la aproximación analítica el valor más desfavorable que hace referencia a la iluminación que llegaría al plano horizontal un 22/23 de diciembre a las 9:00 am y cuyo valor se estima en **3000 luxes** en Valencia.

Por el contrario, habrá que comprobar que el diseño planteado satisfaciendo dicha hipótesis no genera problemas de exceso de iluminación o deslumbramientos en los escenarios más favorables, por lo que siempre tendrá que simularse ese caso para el cual se supondrá como ambiente más favorable el 23 de junio a las 14 pm.

- Rendimiento del recinto (η): Mediante esta medida se tiene en consideración que no toda la luz índice directamente en el plano de trabajo, sino que gran parte procede de la reflexión de las superficies que componen el sistema edificio. Así, el rendimiento del recinto se define como el coeficiente reflexión ponderado por superficies. En recintos rectangulares su valores se fija en torno a **40/50%**.

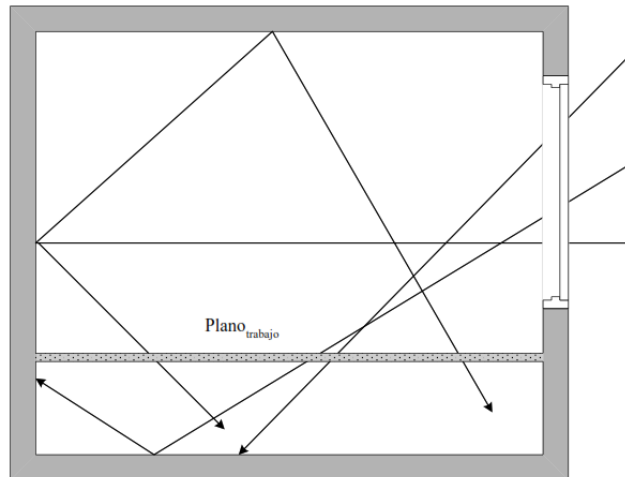


Ilustración 12. Esquema de incidencia y reflexiones de un recinto rectangular. (Santamarina Siurana, 2019)

- Factor de ventanas (f): Tanto para ventanas laterales como lucernarios tendidos, este parámetro considera la reducción de la bóveda celeste que capta una ventana según su disposición en la nave industrial.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$f = \frac{\alpha}{180} \quad (6)$$

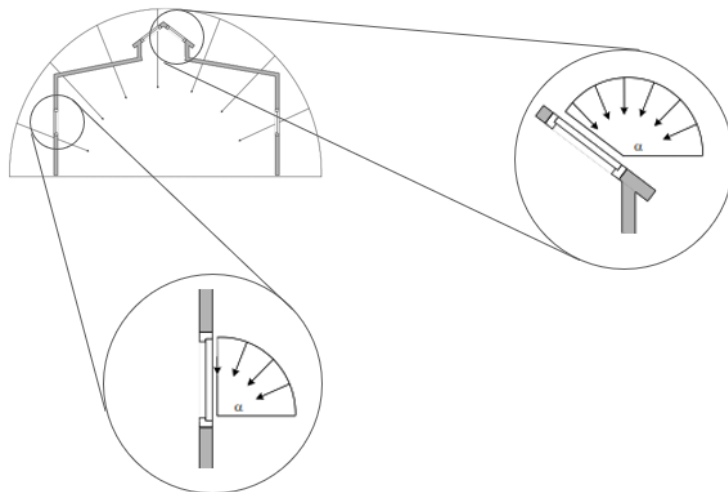


Ilustración 13. Factor de ventanas. Reducción de la bóveda celeste. (Santamarina Siurana, 2019).

- Factor característico de reducción de ventana-muro. (f'): Mediante este factor se cuantifican las posibles pérdidas en términos de radiación solar debido al grosor de los cerramientos de la edificación industrial.

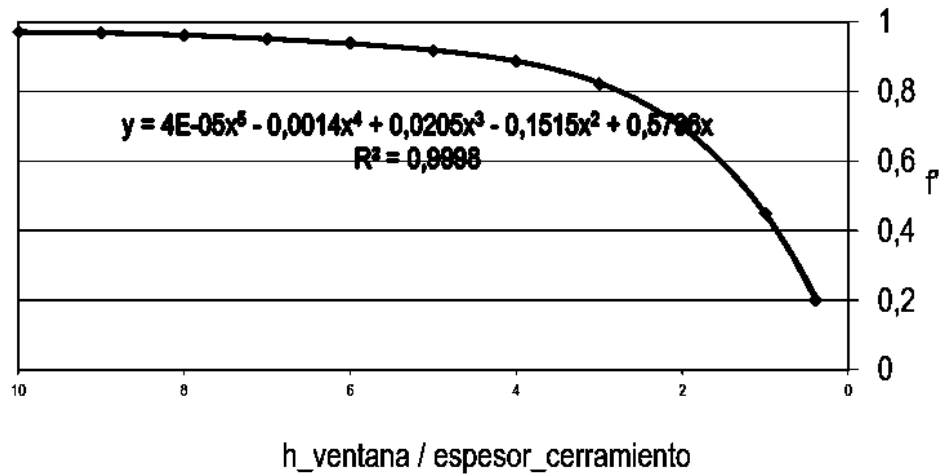


Ilustración 14. Curva f' para $long_{\text{vetana}} / \text{espesor}_{\text{cerramiento}} \geq 10$ (Santamarina Siurana, 2019)

En el caso de edificaciones industriales este valor se asume como $f'=1$ debido al pequeño canto de los cerramientos.

- Superficie de ventanas: Indica la superficie de ventanas laterales (S_{lat}) o lucernarios tendidos (S_{sup}) a instalar para cumplir requerimientos como resultado del cálculo analítico.
- Superficie del suelo del recinto (S_{suelo}): Hace referencia al área de la nave industrial que se va a iluminar mediante el sistema de iluminación diseñado.

5.4. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tras la obtención de la iluminación media horizontal interior (E_m) y la determinación estimada de la superficie de aberturas, se plantearán varias propuestas para satisfacer dichas condiciones. Todos los escenarios serán analizados mediante el software de diseño de iluminación Dialux® y los resultados obtenidos comparados a fin de seleccionar la propuesta más conveniente para la presente edificación industrial.

Con lo anterior, el diseño del sistema de iluminación natural estará completo por lo que será necesario analizar su eficiencia frente a una situación de partida: Sistema de iluminación 100% artificial, así como varios casos mixtos que nos permitan extrapolar hasta qué punto es viable y por tanto supone un ahorro el sistema de iluminación diurna. Para ello, el primer paso consistirá en realizar un análisis de la eficiencia energética.

Para determinar la eficiencia energética de una instalación industrial no existe una norma o texto que especifique el proceso a seguir. Por ello, se ha optado, en el presente documento por acudir al Código Técnico de la Edificación (CTE), cuya aplicación no es de obligado cumplimiento en el ámbito industrial, pero que puede servir para llevar a cabo la obtención de la eficiencia de la planta industrial.

El CTE establece como parámetro de eficiencia energética el **VEEI: Valor de Eficiencia Energética de la Instalación**. Sus unidades son W/m^2 y se calcula por 100 lux mediante la siguiente ecuación (Edificación, 2013):

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (7)$$

Donde:

- P: Potencia de la lámpara más el equipo auxiliar (W).
- S: Superficie iluminada (m^2).
- E_m : Iluminancia media mantenida (lux).

CAPÍTULO 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL

Se expone a lo largo de este epígrafe la metodología seguida y los resultados obtenidos en el diseño del sistema iluminación natural para la planta de producción de aceite de rosa mosqueta y cascarilla. El diseño se ciñe únicamente a la nave de proceso, quedando excluidas las oficinas de administración. (Véase ANEXO 1).

EL primer aspecto a definir para llevar a cabo una correcta ejecución del diseño es la localización de la planta. La radiación solar es la fuente de iluminación del sistema de luz natural, por tanto, es de vital importancia conocer la localización de la nave, para determinar así el comportamiento del astro con respecto a la nave: Horas de luz diurna anuales, incidencia de los rayos, etc. Estos parámetros serán interpretados de forma interna por el software utilizado (Dialux®) en la simulación de los distintos escenarios. Se podrá, de esta forma, conocer el alcance de luz natural y las necesidades de luz artificial complementaría en aquellas zonas donde la iluminación diurna no sea autosuficiente.

Así, la planta se situará en el polígono industrial “Nuevo Tollo Fase I” (Utiel), situado en la Comunidad Valenciana: Longitud $-0,4^\circ$ y latitud $39,5^\circ$. Esta provincia goza de 4930 horas de luz, de las 8760 que tiene un año, lo que se traduce en unas 3416 horas con un nivel de iluminación (difusa) superior o igual a 3000 luxes. (Santamarina Siurana, 2019).

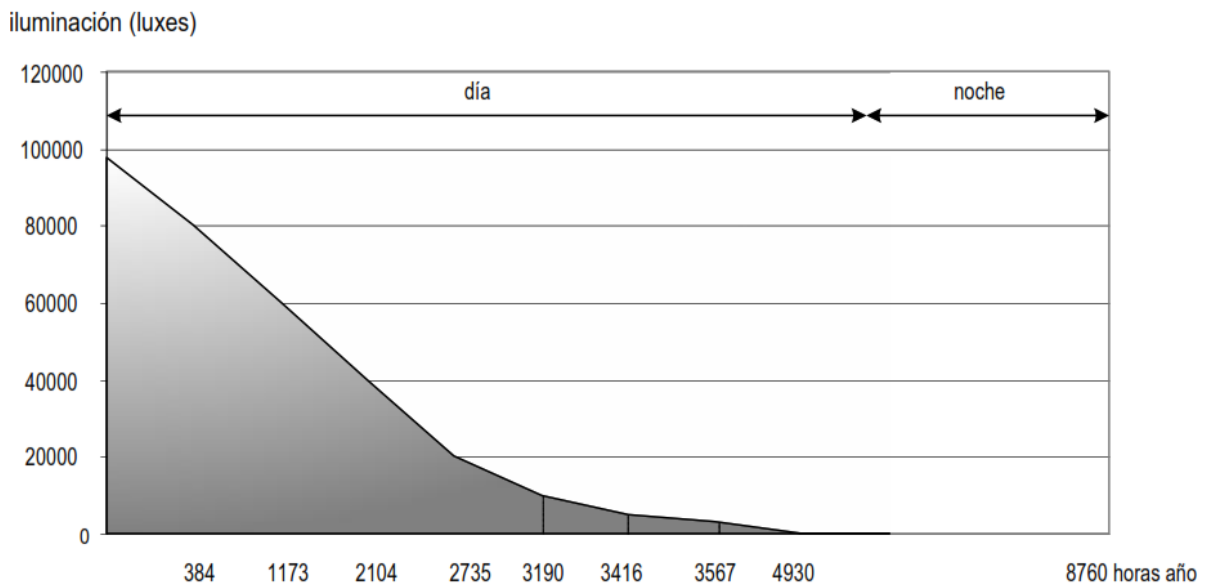


Ilustración 15. Distribución anual de la iluminación horizontal al aire libre en Valencia (latitud 30°). (Santamarina Siurana, 2019)

6.1. REQUERIMIENTOS LUMÍNICOS DE LA PLANTA.

Como se ha mencionado en múltiples ocasiones a lo largo del texto, para establecer los requerimientos lumínicos de la planta se ha utilizado la normativa UNE 12464-1, documento que establece las necesidades de iluminación media para zonas de trabajo según la actividad que en ellas se desarrolla. (Véase epígrafe 5.3.1).

De esta forma y considerando las distintas áreas de trabajo que conforman la edificación industrial según se observa en la Tabla 3, a excepción de las oficinas, se han considerado las siguientes iluminaciones medias (E_m):

Tabla 4. Requerimientos lumínicos por zona según UNE-12464.1

Zona	Referencia Norma	E_m (lux)	UGR _L	R _a	Observaciones
Almacén Materia prima	Zona de tráfico y áreas comunes de edificios: 4.1	100	25	60	200 lux Si está ocupado en continuo
Almacén producto cascarilla	Zona de tráfico y áreas comunes de edificios: 4.2	300	25	60	-
Laboratorio	Tabla de Actividades industriales y artesanales: 7.7	500	19	80	-
Almacén producto aceite	Zona de tráfico y áreas comunes de edificios: 4.2	300	25	60	-
Vestuarios y baños	Zona de tráfico y áreas comunes de edificios: 2.4	200	25	80	-
Maquinaria y zona de producción	Tabla de Actividades industriales y artesanales: 7.2	300	25	80	-
Almacén Briquetas	Zona de tráfico y áreas comunes de edificios: 4.1	100	25	60	200 lux Si está ocupado en continuo
Zona de circulación	Pasillos guarnecidos y estaciones de control: 5.2	150			-

6.2. SUPERFICIE TEÓRICA DE ABERTURAS.

Para el cálculo de la superficie teórica de ventanas y lucernarios que satisfagan las necesidades lumínicas se sigue el procedimiento detallado en el epígrafe 5.3, de forma que el primer paso es calcular el nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior (E_m).

Así, se construye la siguiente tabla:

Tabla 5. Determinación de la iluminación media según UNE 12464.1

Zona	$S_i(m^2)$	E_m lux	sum($S_i \cdot E_i$)
Almacén Materia prima	256	100	25600
Almacén producto cascarilla	242	300	72600
Laboratorio	128	500	64000
Almacén producto aceite	64	300	19200
Vestuarios y baños	56	200	11200
Maquinaria y zona de producción	704	300	211200
Almacén Briquetas	130	100	13000
Zona de circulación	520	150	78000
TOTAL	2100	1950	494800

De esta forma, la iluminación media (E_m) según la ecuación (5):

$$E_m(lux) = \frac{\sum_j E_j \cdot S_j}{\sum_j S_j} = \frac{494800}{2100} = 235,619$$

Se acude ahora a la ecuación (1), donde todos los parámetros son conocidos a excepción de las superficies de la superficie de ventanas laterales (S_{lat}) y lucernarios tendidos (S_{sup}). Estas son las incógnitas a determinar como primer paso del diseño.

Para determinar las distintas superficies de aberturas, primero han de considerarse las distintas propuestas que van a estudiarse:

- **Propuesta 1:** Sistema de iluminación constituido únicamente por ventanas laterales.
- **Propuesta 2:** Sistema de iluminación constituido únicamente por lucernarios tendidos.
- **Propuesta 3:** Sistema de iluminación mixto con $\kappa = 2$.
- **Propuesta 4:** Sistema de iluminación mixto con $\kappa = 0,5$.

Como se expuso en el Epígrafe 5.3. cada uno de estos escenarios particularizará la ecuación (1), de modo que según el escenario se utilizará:

- La propuesta 1 se determinará mediante la ecuación (2).
- La propuesta 2 se determinará mediante la ecuación (3).
- La propuesta 3 se determinará mediante la combinación de las ecuaciones (1) y (4) considerando $\kappa = 2$.
- La propuesta 4 se determinará mediante la combinación de las ecuaciones (1) y (4) considerando $\kappa = 0,5$.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 6. Cálculo de la superficie teórica de aberturas.

Propuesta	E_m lux	E_a (lux)	η	f'	f_{lat}	f_{sup}	$S_{suelo}(m^2)$	κ	$S_{lat}(m^2)$	$S_{sup}(m^2)$	$S_{total}(m^2)$
1	235,619	3000	0,5	1	0,50	0	2100	-	733	-	733
2	235,619	3000	0,5	1	0	0,97	2100	-	-	378	378
3	235,619	3000	0,5	1	0,50	0,97	2100	2	372	186	558
4	235,619	3000	0,5	1	0,50	0,97	2100	0,5	150	300	451

Mediante una primera evaluación de los datos de la tabla, queda patente que la iluminación cenital necesita de una menor superficie de aberturas para alcanzar el nivel de iluminación media demandada. A continuación, se diseñan las 4 propuestas y son evaluadas mediante el software específico, a fin de determinar cuál es el caso óptimo en términos de iluminación y distribución en la edificación industrial.

6.3. PROPUESTAS.

Se van a presentar a continuación las cuatro propuestas planteadas en base a los resultados obtenidos en la Tabla 6. Mediante el software Dialux® se va a evaluar un diseño aproximado en 3D a la futura planta de producción de Aceite de Rosa Mosqueta y Cascarilla incluyendo la maquinaria del proceso productivo y fijando como parámetros de entrada las distintas variables que pueden afectar al sistema de iluminación natural.

Se resumen en la siguiente tabla los principales parámetros introducidos al software:

Tabla 7. Resumen parámetros Dialux®

Proyecto:	Planta Procesado Rosa Mosqueta	
Descripción:	Planta industrial dedicada a la fabricación de aceite de Rosa Mosqueta y Cascarilla	
	Parámetro	Valor
	Ubicación	Valencia
	Longitud	-0,4°
	Latitud	39,5°
	Factor de degradación (Alta contaminación)	0,5
Grado Reflexión	Techo	65%
	Paredes	65%
	Suelo	27%
	Altura Plano útil (m)	0,85
	Factor reflexión maquinaria	65%
Ventanas	Grado transmisión	50%
	Factor contaminación	0,5
	Factor división travesaños	0,9
	Factor de reducción por luz de incidencia no vertical (f)	0,5
Tragaluz (lucernario)	Grado transmisión	50%
	Factor contaminación	0,85
	Factor división travesaños	0,9
	Factor de reducción por luz de incidencia no vertical (f)	0,97

Como se está simulando un sistema de iluminación natural hay que definir los **escenarios** en los que se quiere estudiar las condiciones lumínicas, es decir, hay que fijar la fecha y hora en la que se plantea cada propuesta para que el software pueda utilizar los datos de iluminación y obtener resultados precisos.

En el caso del presente proyecto, se asume una jornada laboral de: 8:00 am – 17:00 pm, de forma que el objetivo será determinar cuál es el alcance de la iluminación natural y en qué momentos será necesario un apoyo lumínico mediante un sistema de iluminación artificial. Para ello se estudiará la iluminación natural en las horas críticas de la jornada laboral considerando el caso más desfavorable anual: 21 de diciembre, asumiendo que un sistema cumpla los requisitos en este escenario, lo hará en cualquier otro. Así mismo, deberá comprobarse justo el caso opuesto, es decir, si cumpliendo los requisitos en el caso más desfavorable, no se superan los valores límites de iluminación que puedan provocar deslumbramientos (*Véase Epígrafe 5.2.*) en el escenario más favorable anual: 23 de junio.

Se muestra a continuación el procedimiento seguido:

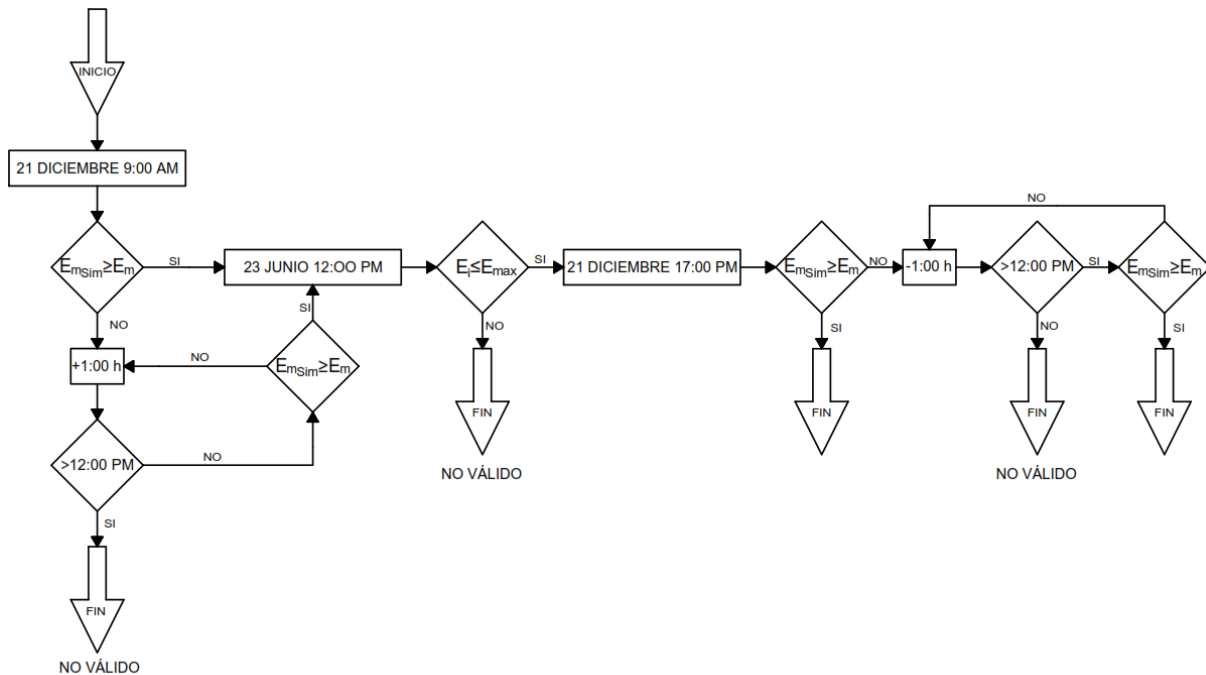
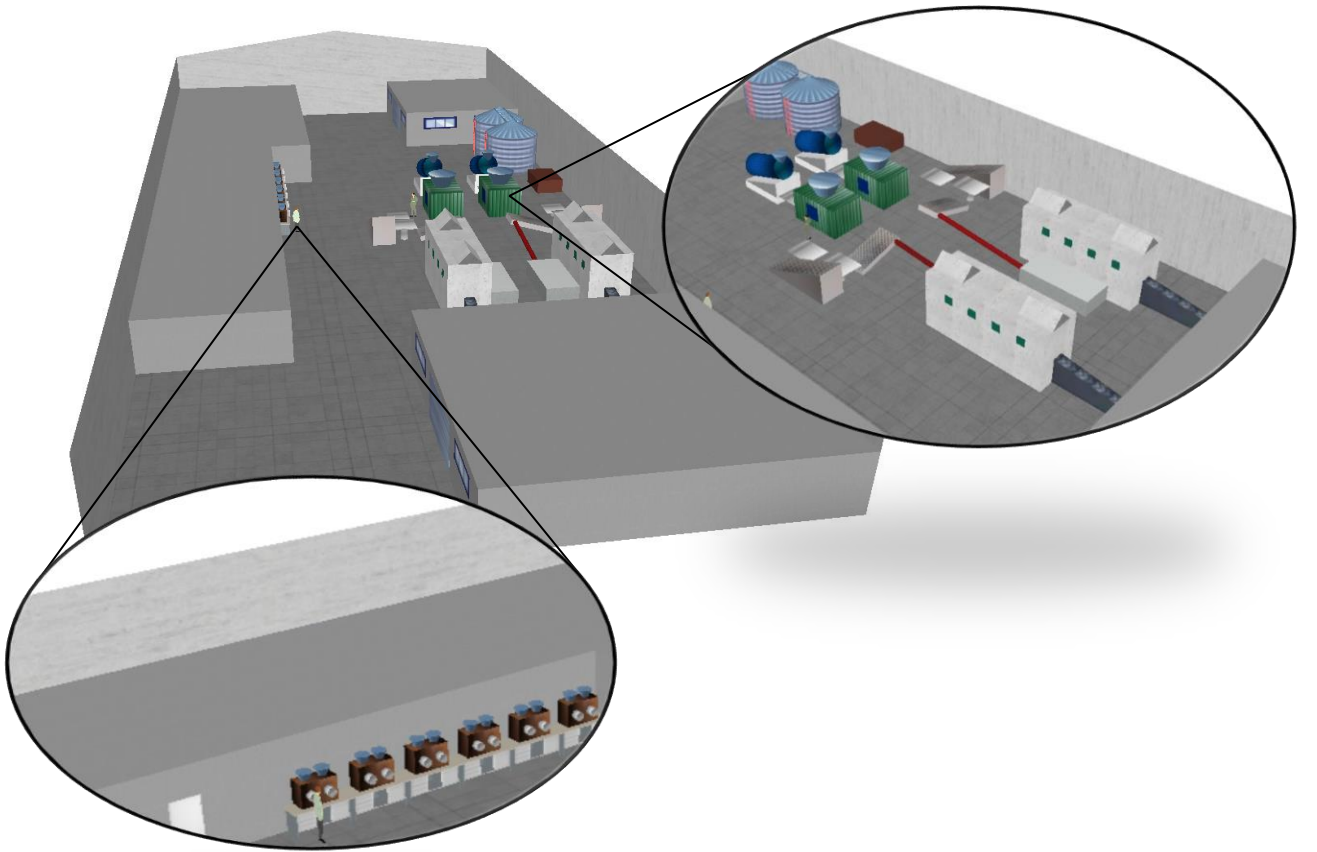


Ilustración 16. Procedimiento de evaluación de escenarios.

Se presentan a continuación los modelos 3D de las distintas propuestas, donde se aprecian las distintas distribuciones de ventanas y lucernarios. El tamaño por unidad de ventana y/o lucernario es siempre igual, siendo tamaños comerciales:

- Ventanas: 2x2 m
- Lucernarios: 1,265x14,1 m.

Se presenta en primer lugar, el diseño 3D de la edificación industrial sobre la que se van a aplicar las distintas propuestas:



6.3.1. Propuesta 1.

En la primera propuesta, la solución adoptada es:

- 76 ventanas laterales dispuestos a lo largo de todas las paredes de la edificación industrial.

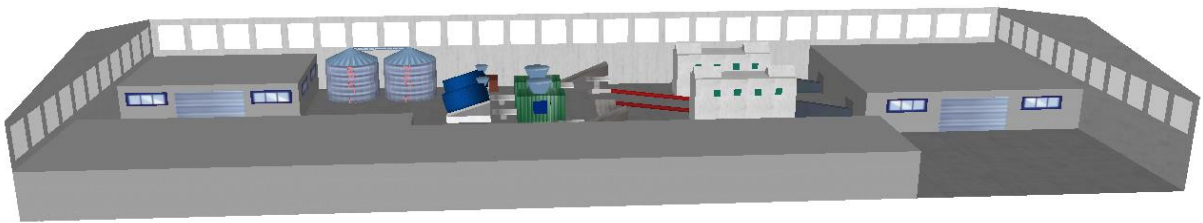
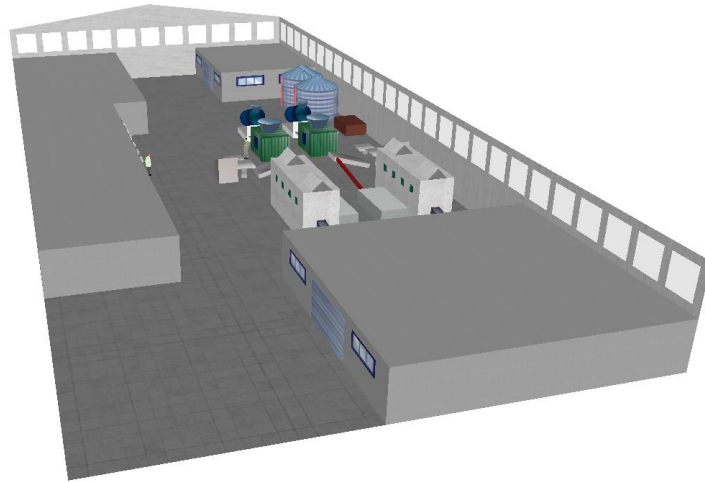


Ilustración 17. Situación aberturas propuesta 1.

6.3.2. Propuesta 2.

En la segunda propuesta la solución adoptada es:

- 20 lucernarios dispuestos en el techo de la planta.

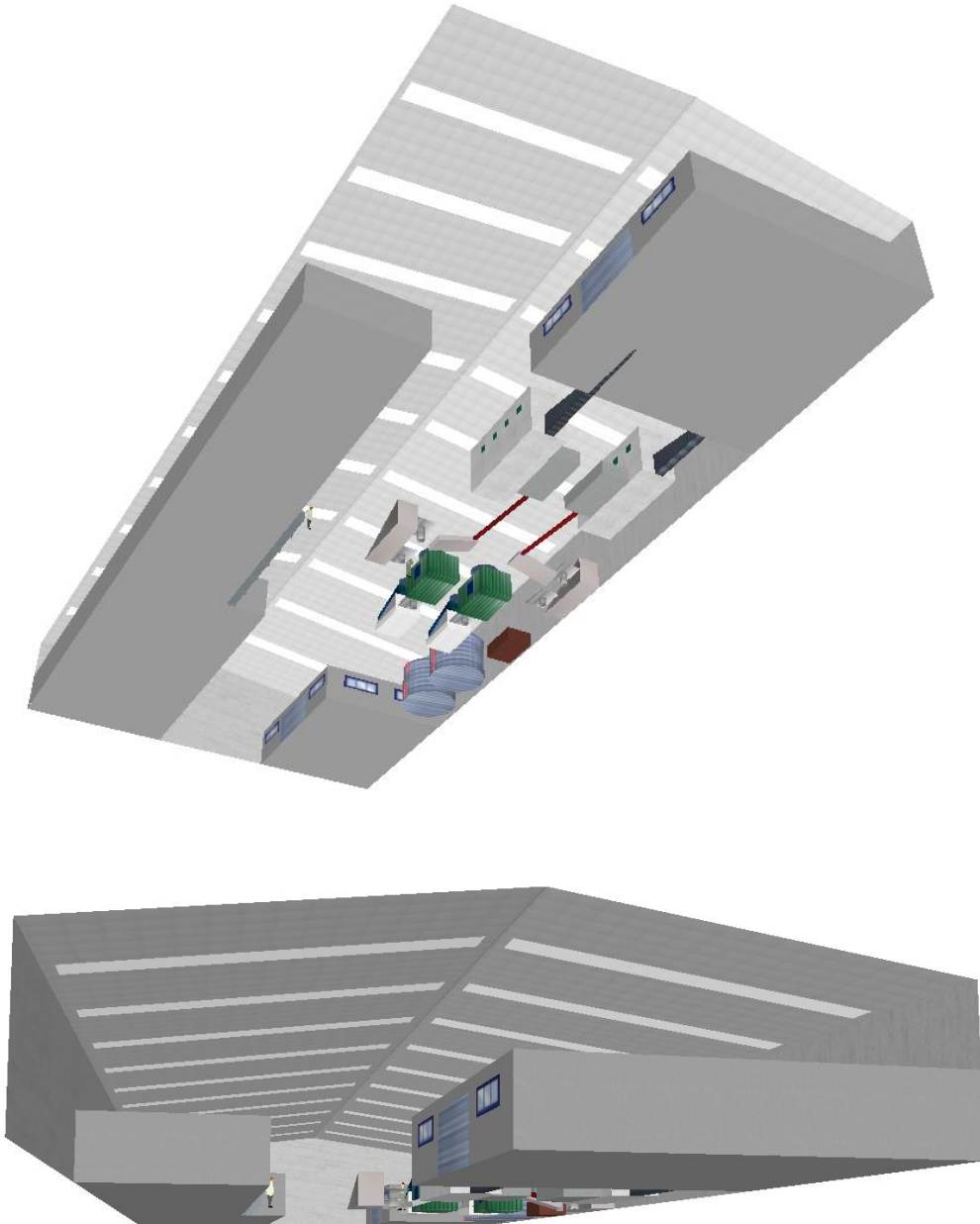


Ilustración 18. Situación aberturas propuesta 2.

6.3.3. Propuesta 3.

En la tercera propuesta, la solución adoptada es:

- 76 ventanas laterales dispuestos a lo largo de todas las paredes de la edificación industrial.
- 10 lucernarios dispuestos en el techo de la planta.

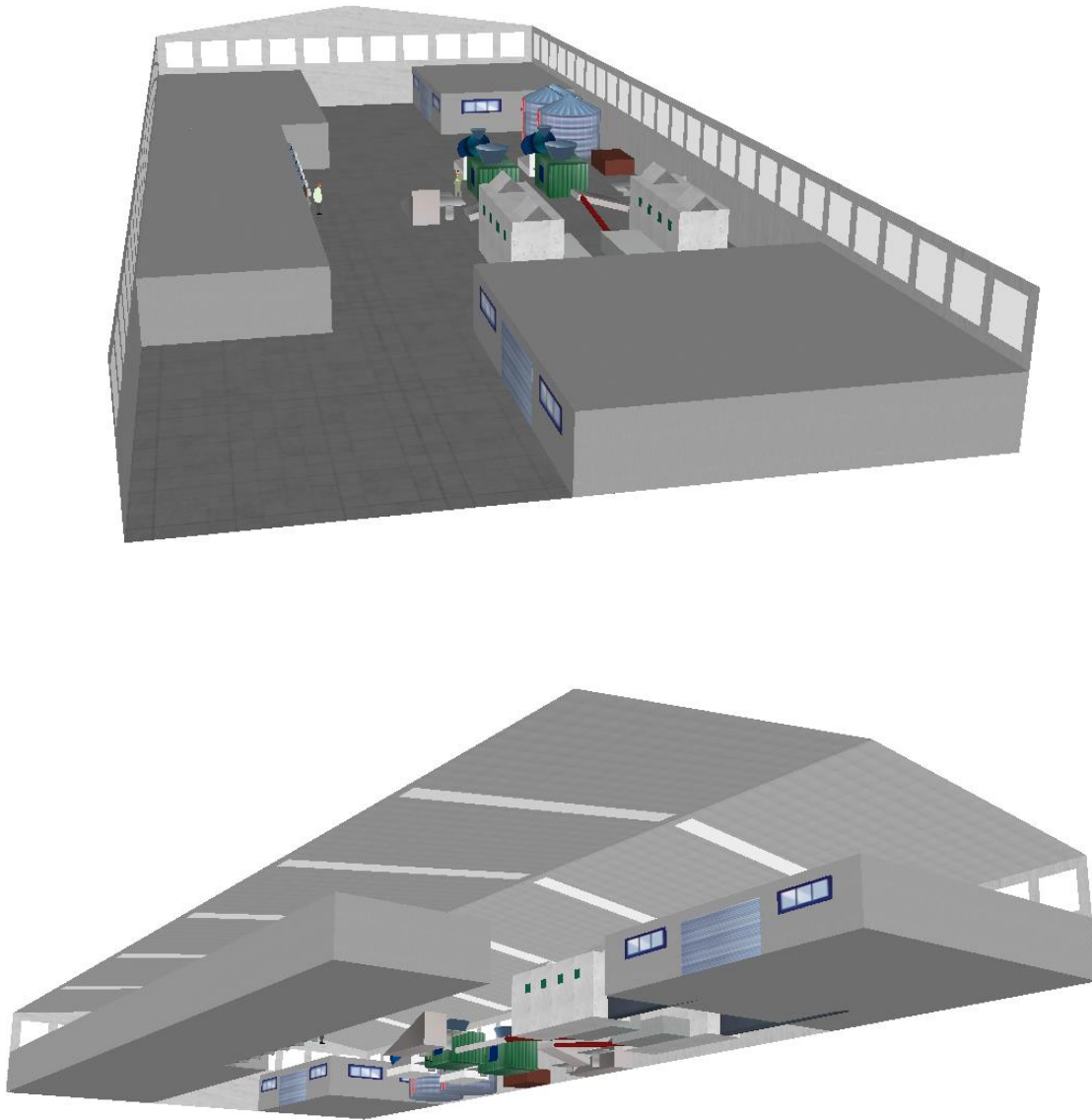


Ilustración 19. Situación aberturas propuesta 3.

6.3.4. Propuesta 4.

En la tercera propuesta, la solución adoptada es:

- 36 ventanas laterales dispuestos a lo largo de todas las paredes de la edificación industrial.
- 16 lucernarios dispuestos en el techo de la planta.

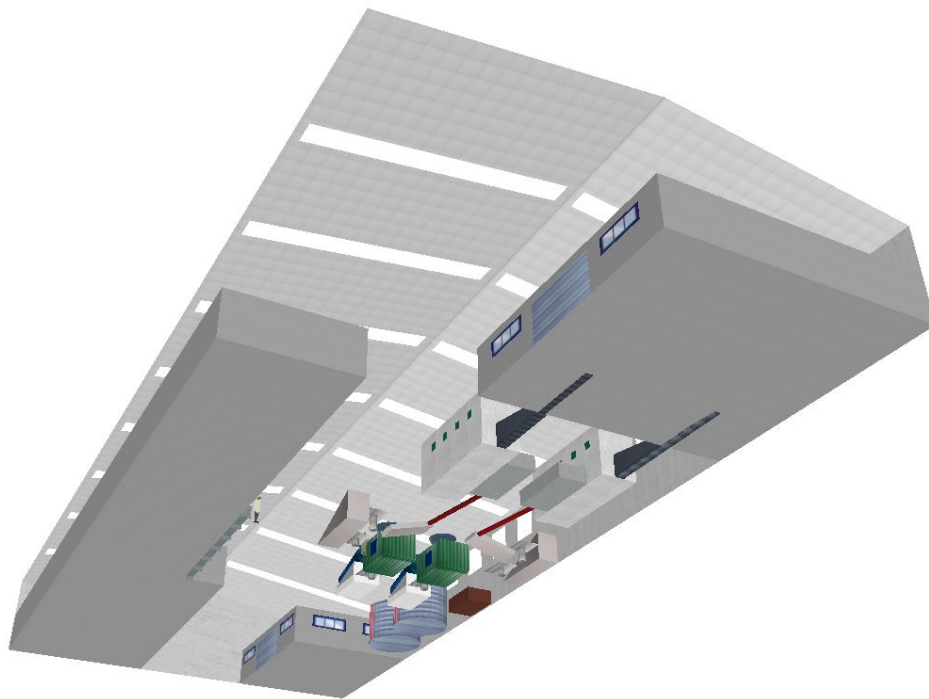


Ilustración 20. Situación aberturas propuesta 4.

6.4. RESULTADOS PROPUESTAS.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos en la simulación de las distintas propuestas mediante el software Dialux®. De esta forma, se llevará a cabo una comparación a fin de determinar cuál es la más eficiente.

Para realizar la selección de la propuesta más adecuada se mostrarán los siguientes elementos, para cada escenario lumínico:

- Gráfico de grises: Se utilizará para observar la uniformidad de la distribución lumínica, junto con el parámetro E_{min}/E_{max} , determinando las zonas donde la iluminación es mayor y aquellas donde hay limitaciones de luz.
- Gráfico de valores: Se utilizará para observar los distintos datos de iluminación horizontal interior en un punto (E_i) (Véase Epígrafe 5.2). Así, podrán observarse los valores de iluminación en las distintas zonas, observando si se alcanza el valor deseado (E_m) o si en algún caso se superan los valores límites (2000 luxes) que pudieran generar sensación de malestar visual.
- Parámetros: Los principales aspectos que se utilizaron en la evacuación de los distintos escenarios serán los aportados por Dialux:
 - Iluminación media horizontal interior (E_m).
 - Iluminación mínima interior (E_{min}).
 - Iluminación máxima interior (E_{max}).
 - Grado de uniformidad (E_{min}/E_{max}).
 - Relación entre iluminación mínima y media (E_{min}/E_m).
 - Deslumbramientos.

6.4.1. Resultados Propuesta 1.

Se muestran a continuación los resultados referentes a la propuesta 1:

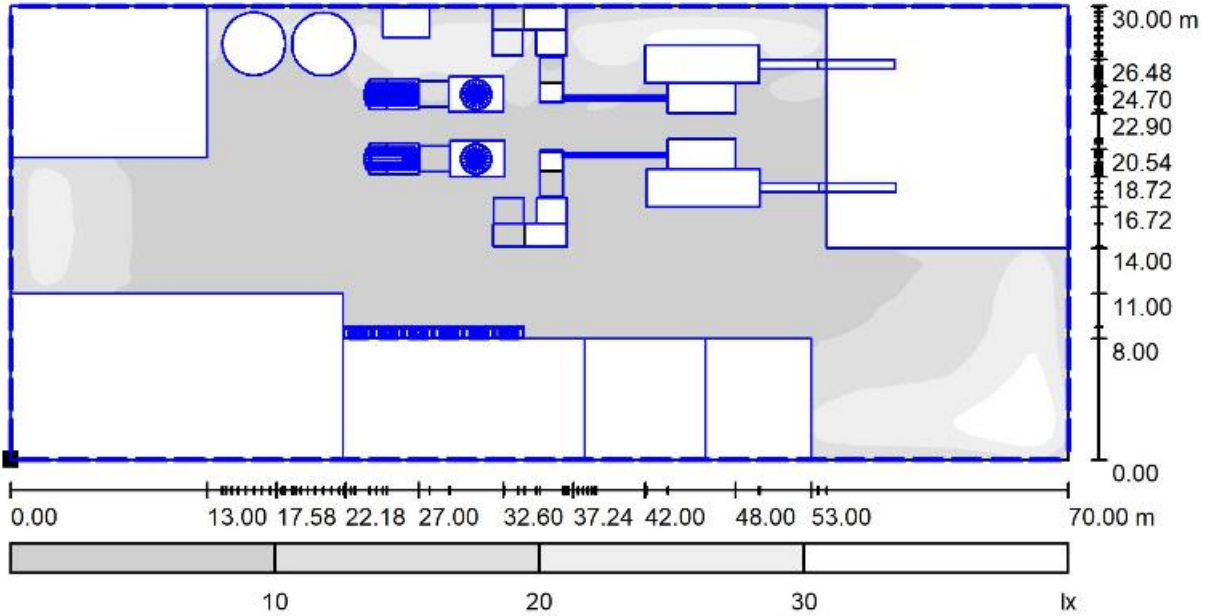


Ilustración 21. Gráfico de grises Propuesta 1-21 diciembre 9:00 am

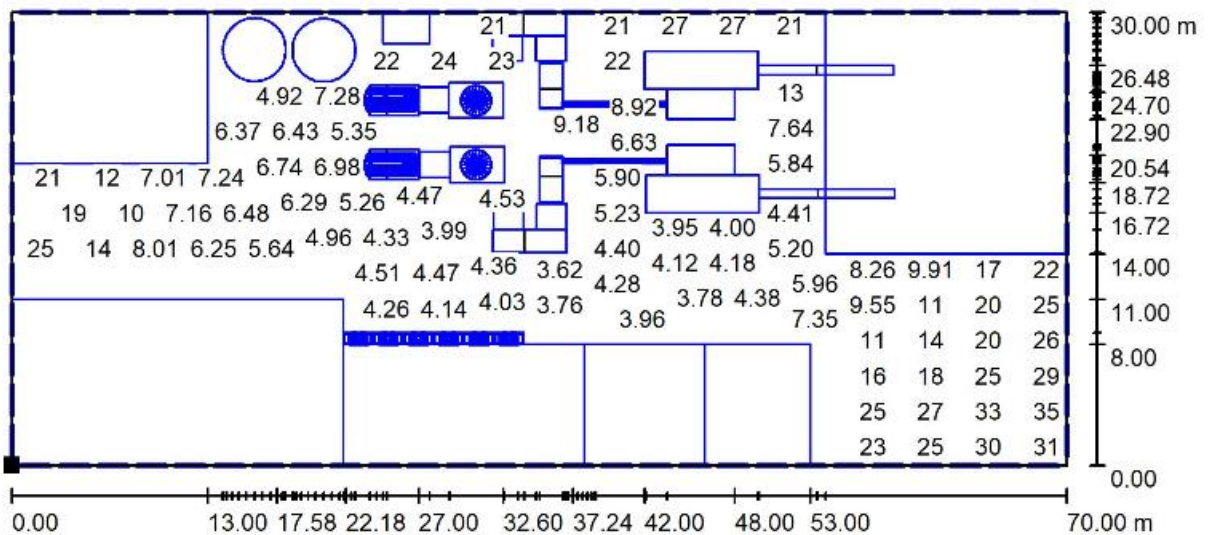


Ilustración 22. Gráfico de valores Propuesta 1-21 diciembre 9:00 am

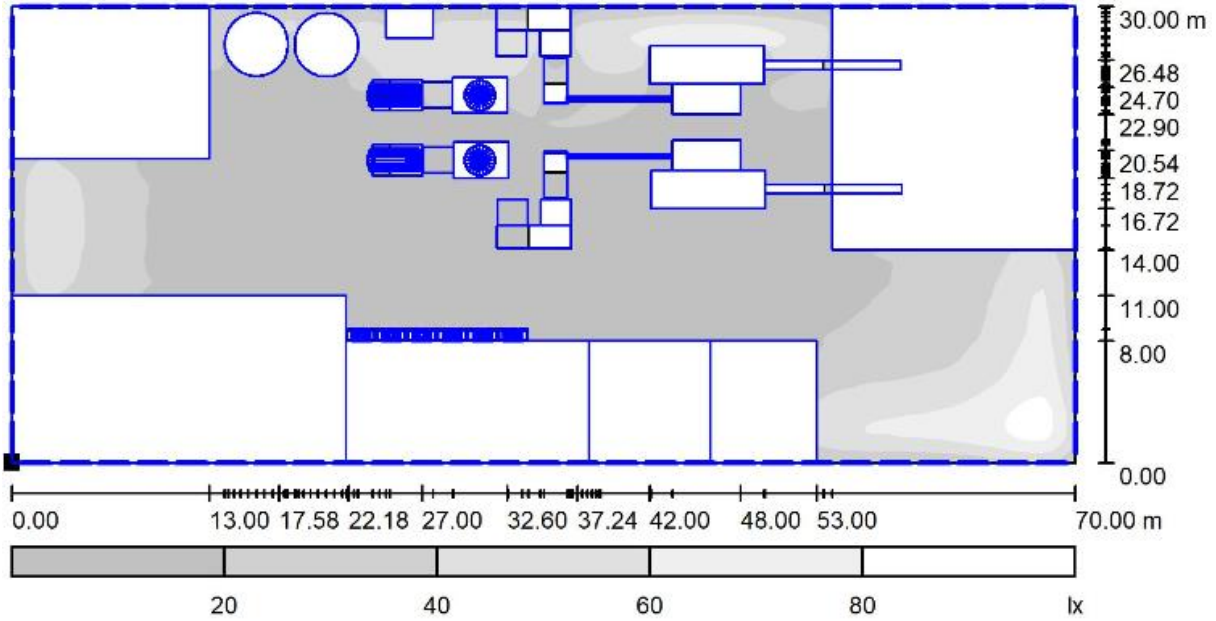


Ilustración 23. Gráfico de grises Propuesta 1-21 diciembre 10:00 am

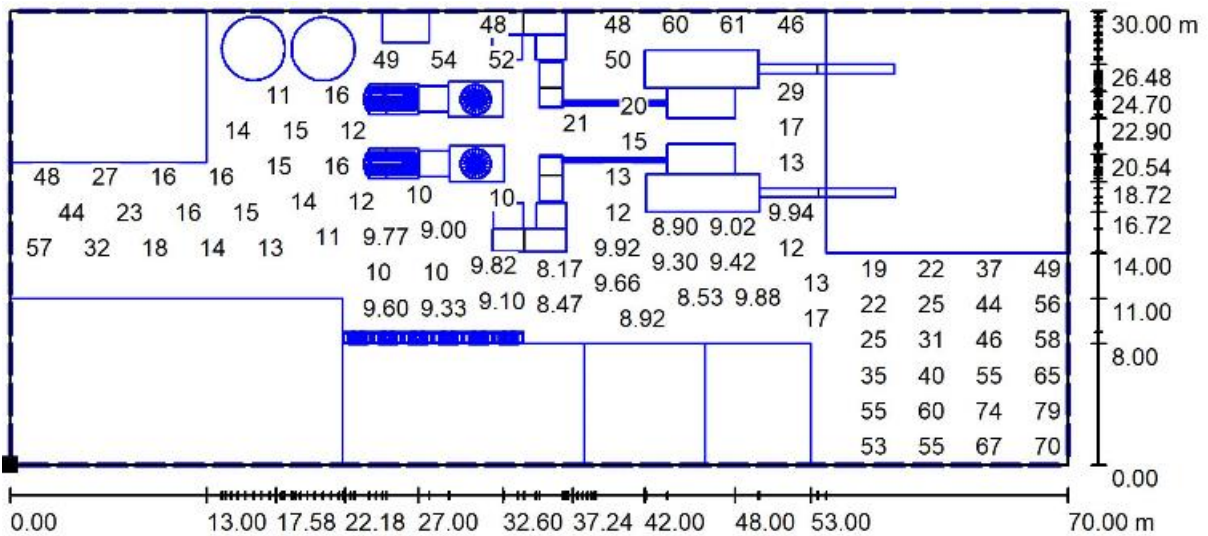


Ilustración 24. Gráfico de valores Propuesta 1-21 diciembre 10:00 am

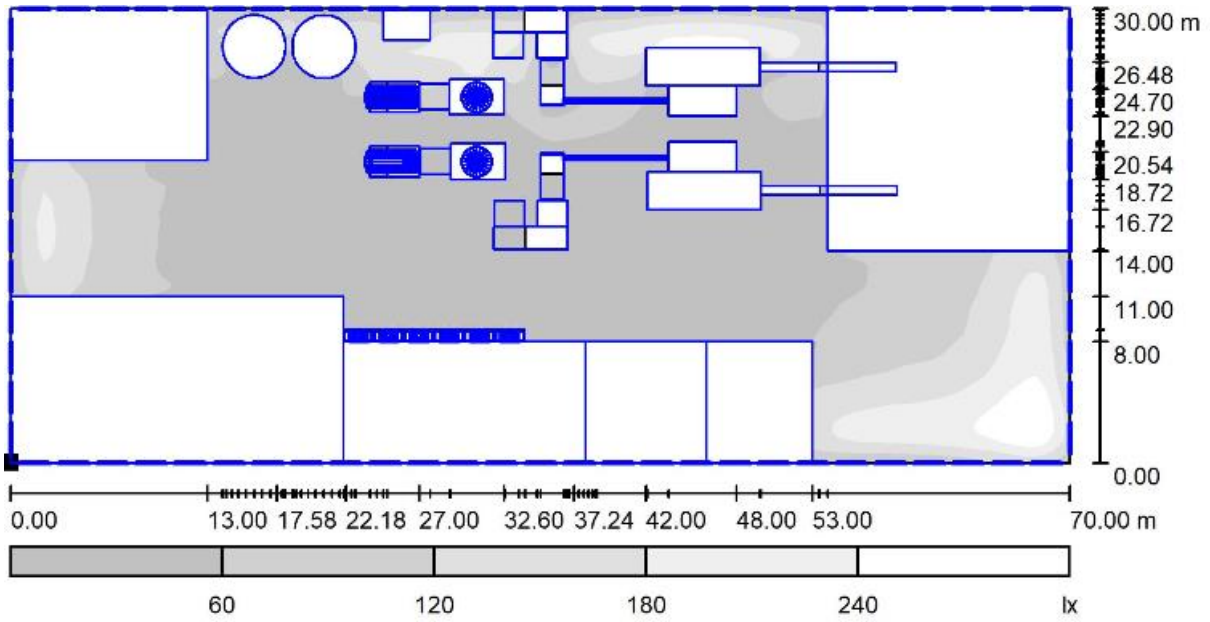


Ilustración 25. Gráfico de grises Propuesta 1-23 junio 12:00 am

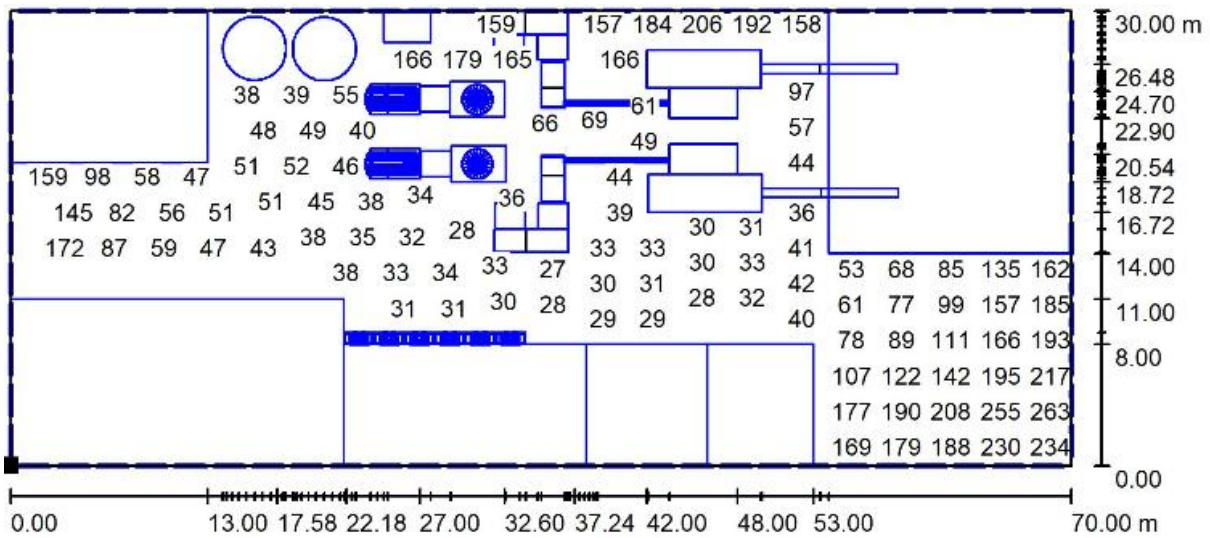


Ilustración 26. Gráfico de valores Propuesta 1-23 junio 12:00 am

Para determinar los deslumbramientos producidos por la iluminación natural no existe un procedimiento aceptado por la comunidad científica, sin embargo, se opta por hacer una estimación del ángulo de incidencia de los rayos de luz en un trabajador de estatura media 1,7 m en diferentes puntos de la planta. De esta forma, si el ángulo es menor de 30° los rayos de luz podrían derivar en deslumbramientos (*Véase Epígrafe 5.2*). Así se puede estimar el riesgo de deslumbramiento por cuestiones geométricas según la posición del observador. En términos prácticos el deslumbramiento será evitado gracias al material opalino del que están formados los ventanales y lucernarios cuya transparencia se encuentra entre un 40/50%.

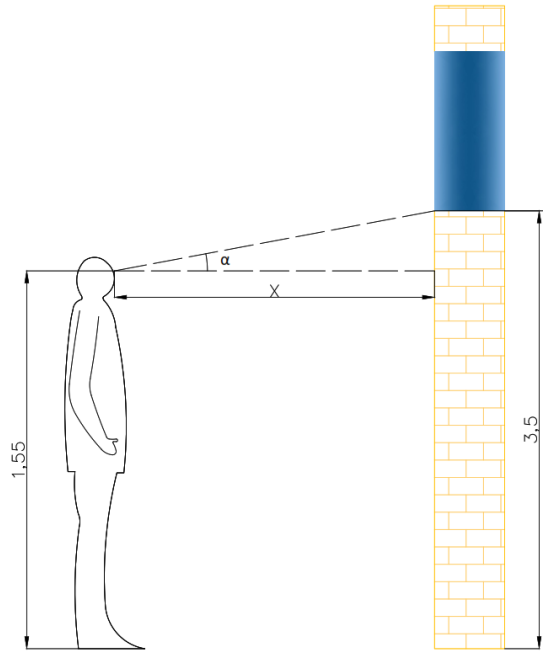


Ilustración 27. Cálculo del ángulo de deslumbramiento.

Tabla 8. Cálculo del ángulo de deslumbramiento en función de la distancia.

x=Distancia Pared (m)	α (rad)	α (°)
5	0,321	18,366
10	0,164	9,425
15	0,110	6,315
20	0,083	4,745
25	0,066	3,799
30	0,055	3,167
35	0,047	2,715
40	0,041	2,376
45	0,037	2,113
50	0,033	1,902
55	0,030	1,729
60	0,028	1,585
65	0,026	1,463
70	0,024	1,358

Tabla 9. Parámetros Dialux® propuesta 1

ESCENAS DE LUZ	Em (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	G.Uniformidad (Emin/Emax)	Emin/Em	Deslumbramientos
21/12 09:00 am	11	1,98	40	0,050	0,180	SI
21/12 10:00 am	25	4,46	91	0,049	0,178	SI
23/06 12:00 am	84	15	302	0,050	0,179	SI

Atendiendo a los datos obtenidos en la simulación, la propuesta 1 resulta ser totalmente inviable. Puede observarse que en ningún caso se alcanza la iluminación media deseada, ni siquiera en el caso más favorable. Por lo que se ha optado por no realizar más simulaciones de otros escenarios de luz ya que en ninguno de ellos se obtendrían valores aceptables.

La uniformidad de la iluminación es muy baja en todos los casos pudiendo observarse en los distintos gráficos que los puntos de mayor iluminación se encuentran cerca de las paredes, dejando el centro de la edificación industrial en penumbra.

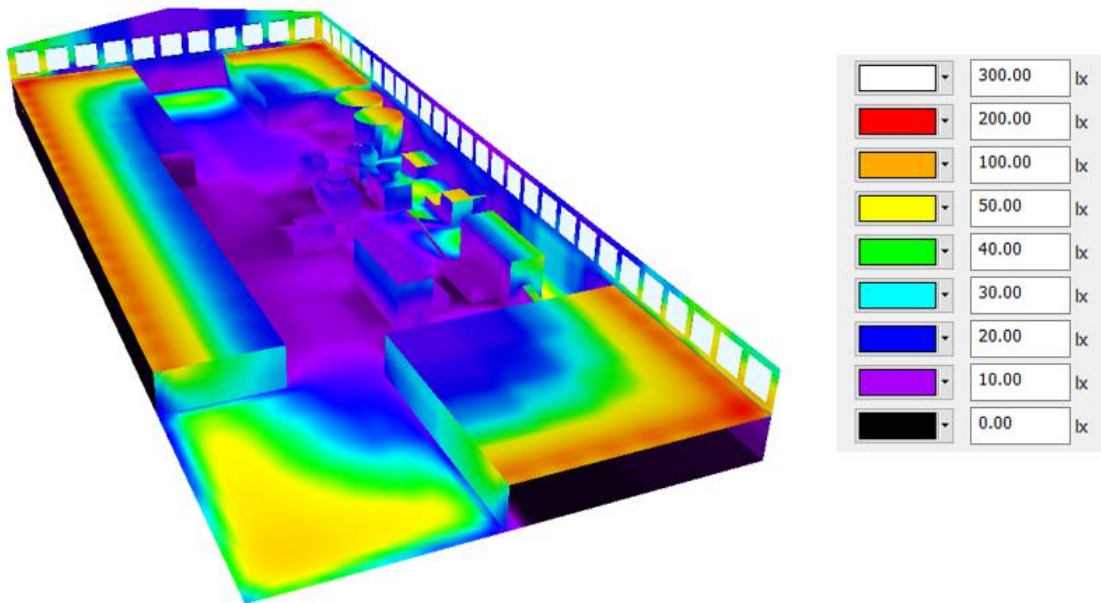


Ilustración 28. Déficit de iluminación en el centro de la edificación industrial.

Sin embargo, ha de considerarse que la uniformidad aportada por el software hace referencia al grado de uniformidad total de la planta. Por esta razón, normalmente tendremos valores bajos ya que es complicado mantener una iluminación uniforme en una superficie tan amplia. Por tanto, es conveniente estimar mediante el gráfico de valores la uniformidad de áreas más concretas donde los trabajadores se desplacen en su actividad habitual: Zona de maquinaria y producción. Si se realiza la anterior comprobación para esta propuesta, los valores siguen siendo muy dispares incluso en la zona concreta donde se realizan los trabajos ya que como se ha mencionado, esta distribución acumula las zonas de mayor luminosidad cerca de las ventanas disminuyendo drásticamente conforme se avanza hacia el interior de la nave.

En cuanto a los deslumbramientos, según lo expuesto anteriormente, podrían resultar un problema debido a que ángulo es inferior a 30° . Sin embargo, esto no es una limitación ya que en el diseño del sistema de iluminación natural las ventanas se plantearon de un material opalino a fin de difuminar la luz reduciendo así las probabilidades de sufrir un deslumbramientos (ver Tabla 7- Grado de transmisión ventanas). Además, no se superan en ningún escenario los 2000 luxes por lo que no deberían darse malestar visual con esta distribución.

Con lo anterior, puede suponerse que una solución basada únicamente en ventanales laterales, como es la propuesta 1, no es razonable para esta edificación industrial.

6.4.2. Resultados Propuesta 2.

Se muestran a continuación los resultados referentes a la propuesta 2

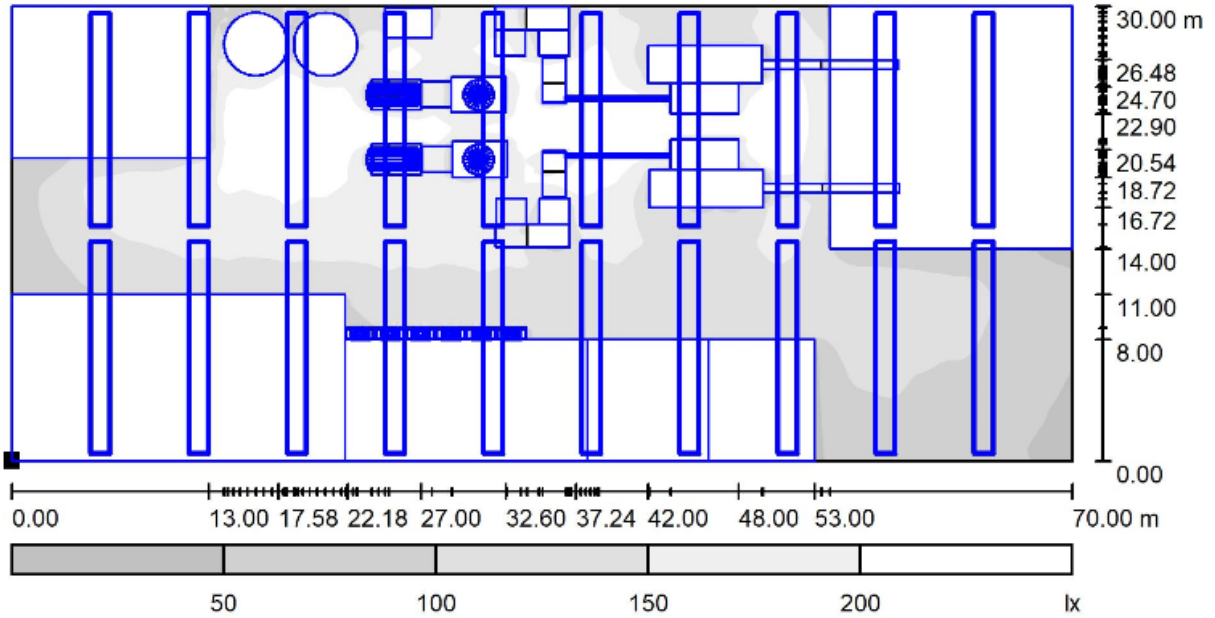


Ilustración 29. Gráfico de grises Propuesta 2-21 diciembre 9:00 am

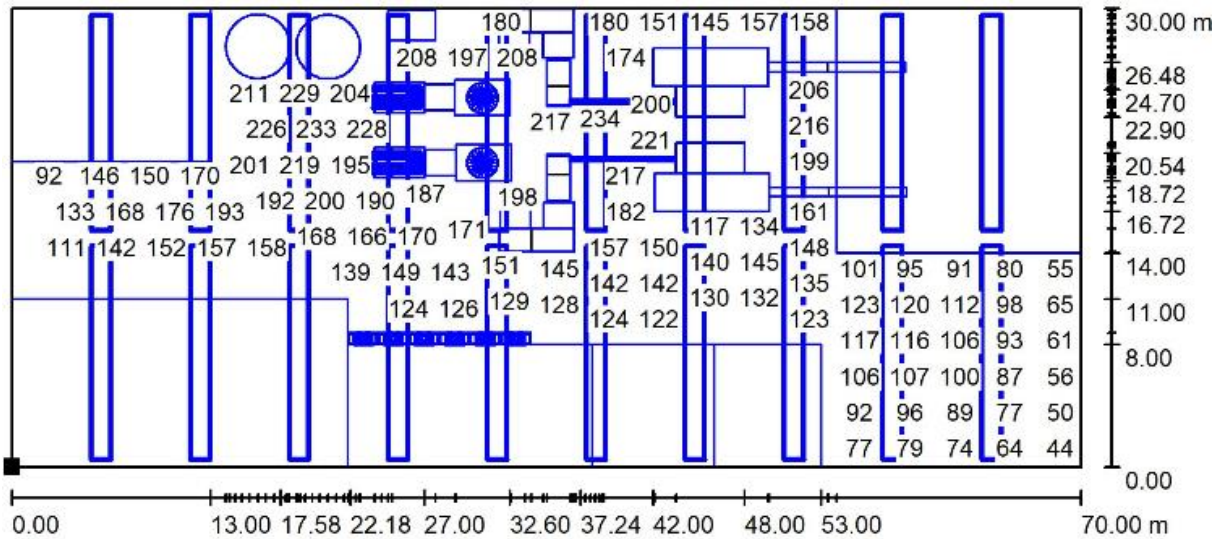


Ilustración 30. Gráfico de valores Propuesta 2-21 diciembre 9:00 am

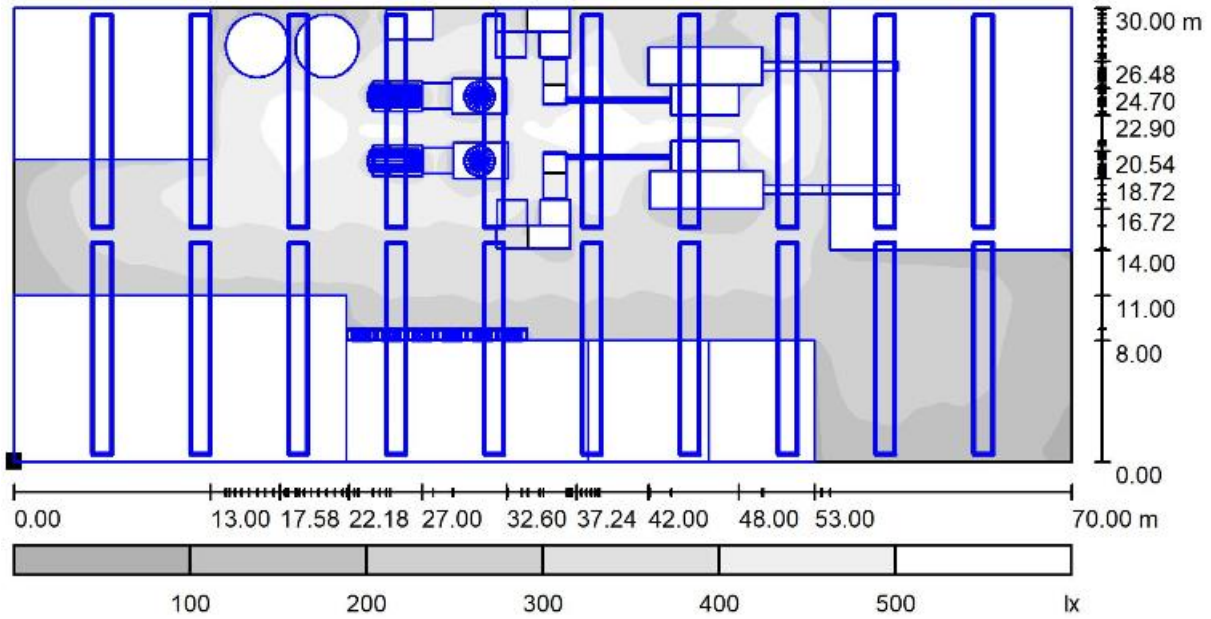


Ilustración 31. Gráfico de grises Propuesta 2-21 diciembre 10:00 am

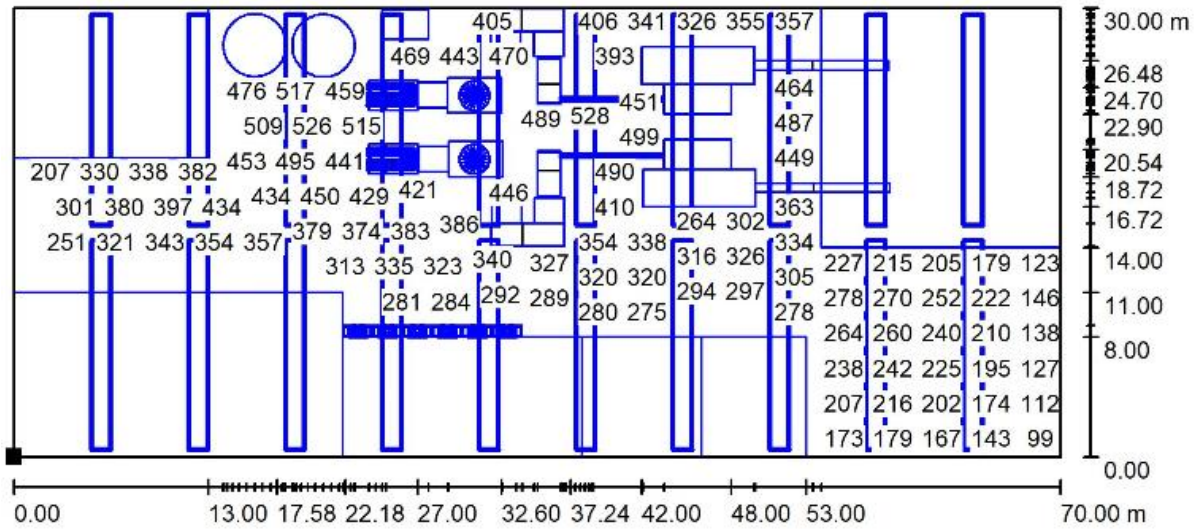


Ilustración 32. Gráfico de valores Propuesta 2-21 diciembre 10:00 am

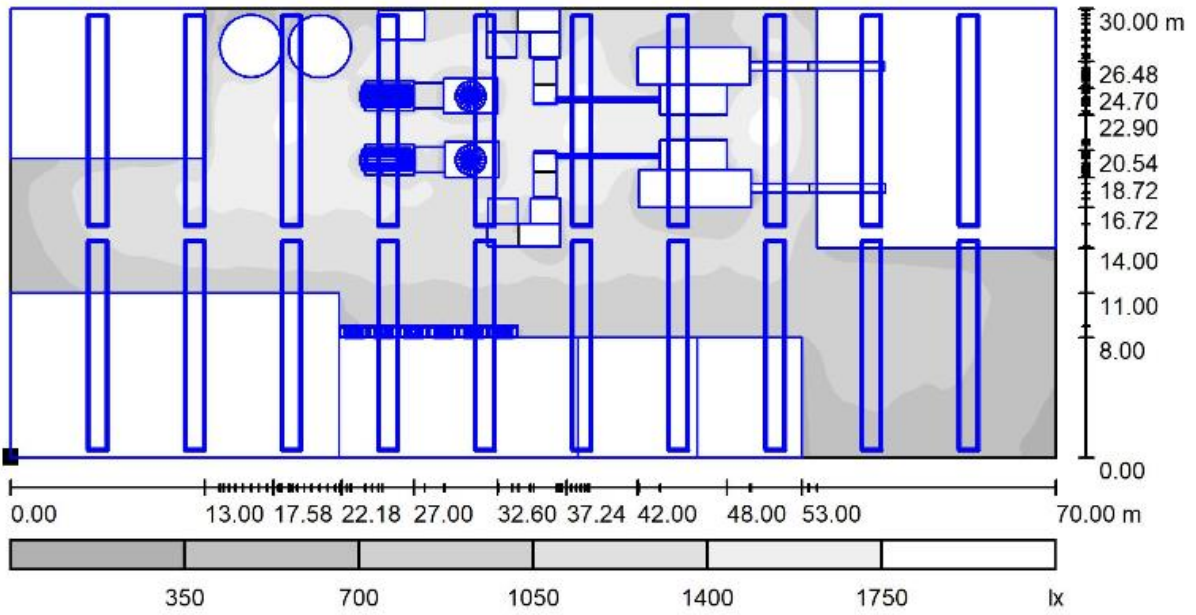


Ilustración 33. Gráfico de grises Propuesta 2-23 junio 12:00 am

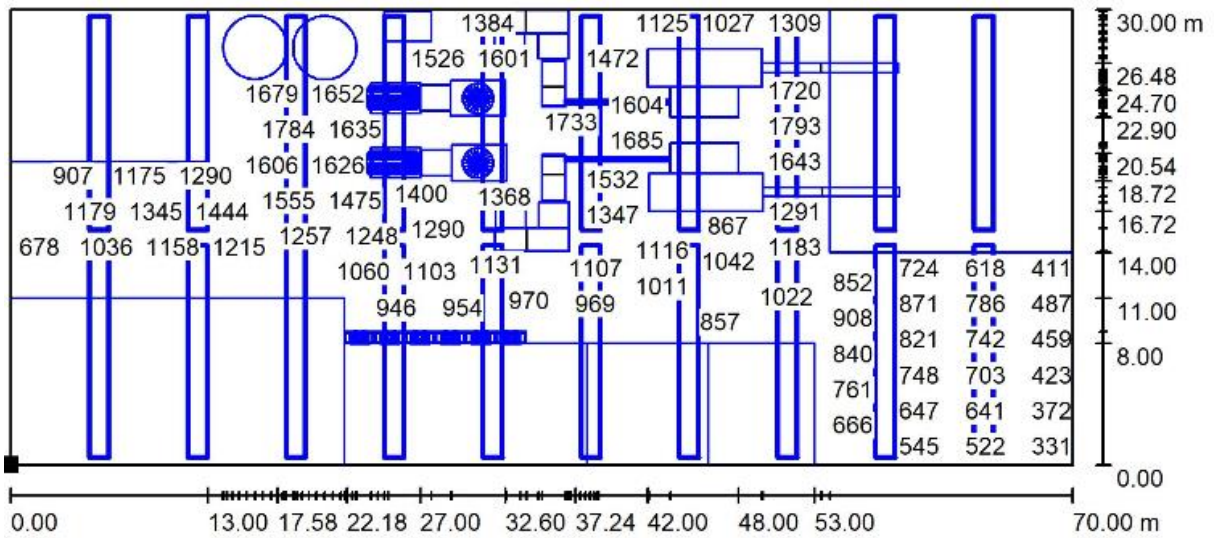


Ilustración 34. Gráfico de valores Propuesta 2-23 junio 12:00 am

Tabla 10. Parámetros Dialux® propuesta 2

ESCENAS DE LUZ	Em (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	G.Uniformidad (Emin/Emax)	Emin/Em	Deslumbramientos
21/12 09:00 am	147	36	245	0,147	0,245	NO
21/12 10:00 am	332	81	553	0,146	0,244	NO
23/06 12:00 am	1102	269	1840	0,146	0,244	NO

A la vista de los resultados obtenidos, la iluminación cenital resulta a primera vista una solución mucho más eficiente:

Puede observarse que el valor de iluminación media horizontal interior deseado es alcanzado en al menos algunos escenarios de luz.

La uniformidad crece significativamente con respecto a la propuesta 1. De nuevo, hay que considerar que el dato aportado hace referencia a la uniformidad total de la planta, la cual ahora toma valores más lógicos, pero aun así bajos en el contexto del grado de uniformidad límite (Ver Tabla 13). Sin embargo, si se observa la zona de maquinaria y producción vemos una uniformidad mucho mayor que en la propuesta uno y además puede diferenciarse que es precisamente esa zona la que mayor grado de iluminación recibe, lo cual es beneficioso porque es precisamente una de las zonas con mayor necesidad lumínica (Ver Tabla 4).

En cuanto a los deslumbramientos, no resultaran un problema debido a la tipología totalmente cenital del sistema de iluminación natural. Además, no se superan en ningún escenario los 2000 luxes por lo que no deberían darse malestar visual con esta distribución.

6.4.3. Resultados Propuesta 3.

Se muestran a continuación los resultados referentes a la propuesta 3.

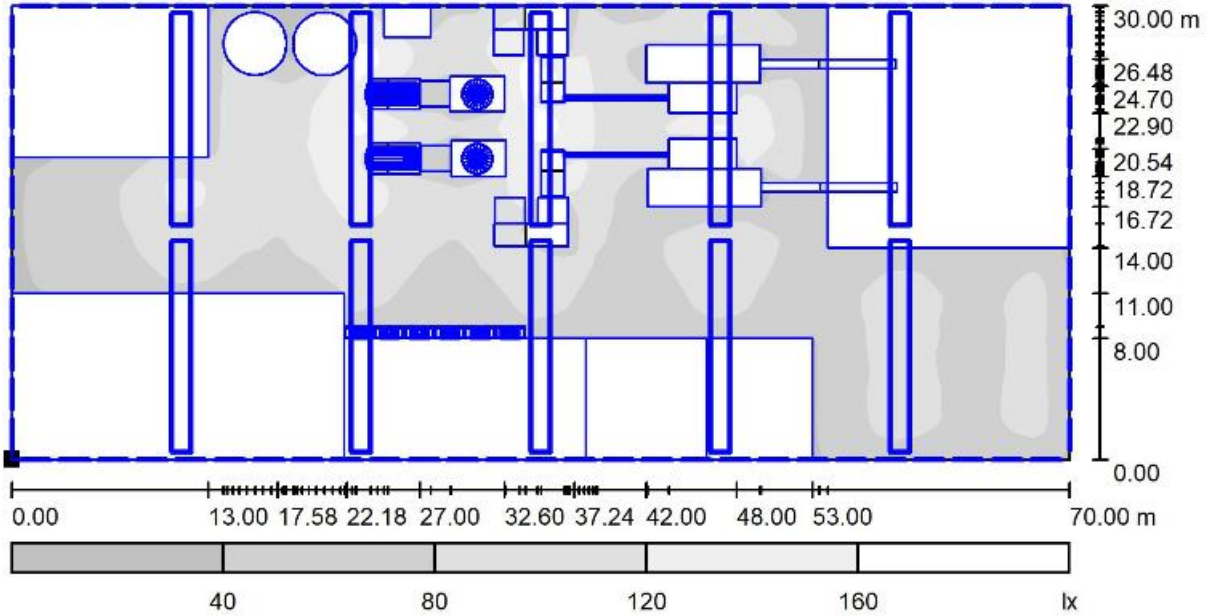


Ilustración 35. Gráfico de grises Propuesta 3-21 diciembre 9:00 am

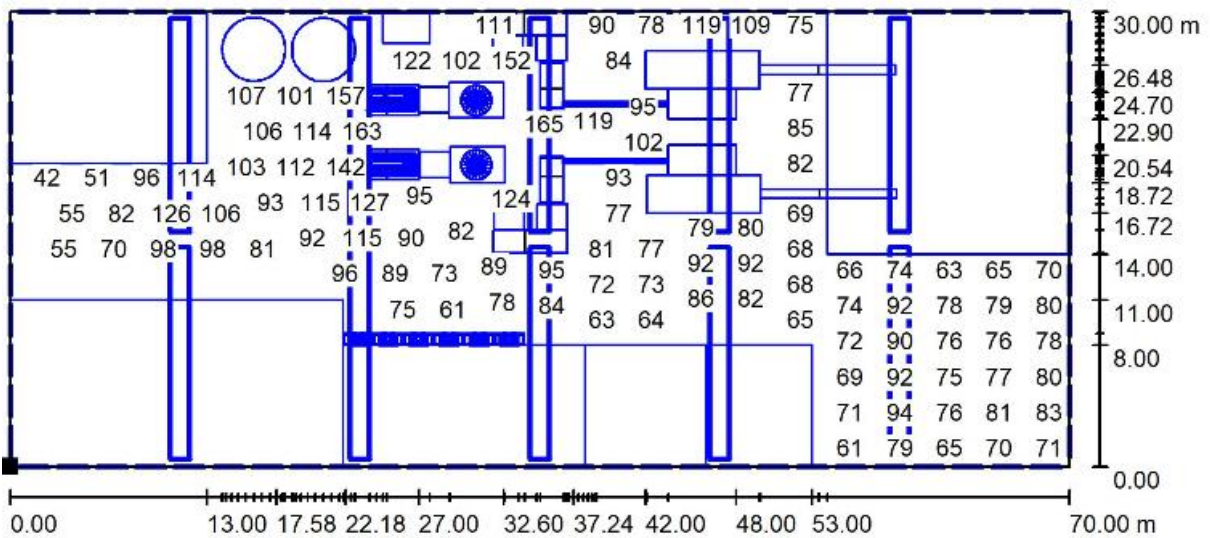


Ilustración 36. Gráfico de valores Propuesta 3-21 diciembre 9:00 am

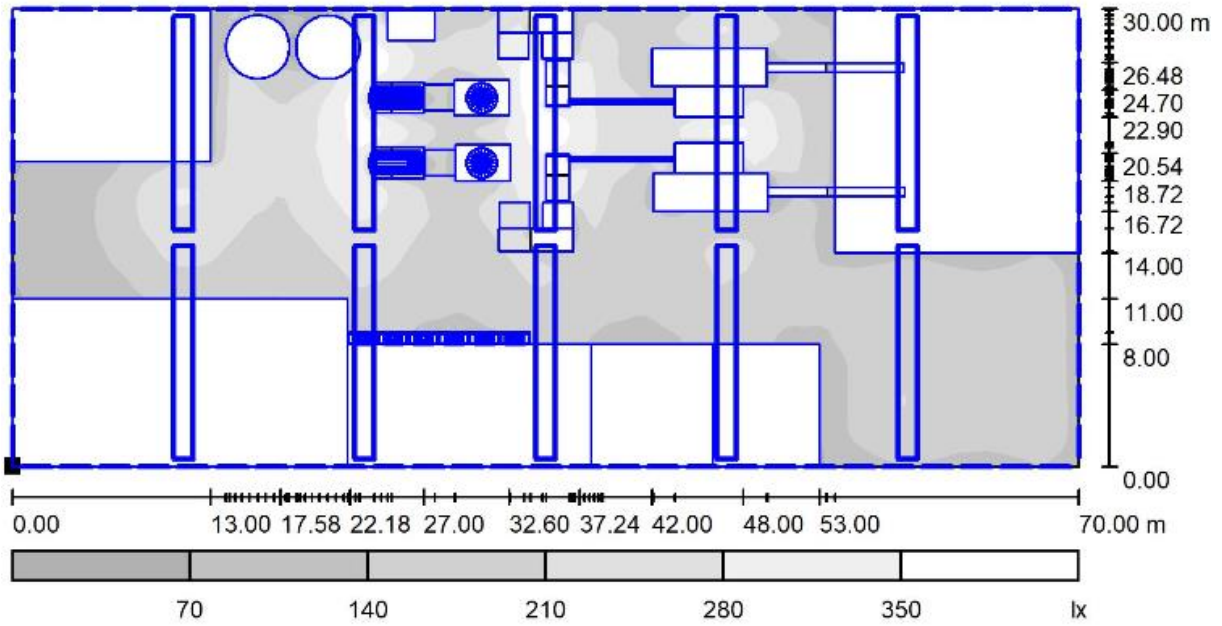


Ilustración 37. Gráfico de grises Propuesta 3-21 diciembre 10:00 am

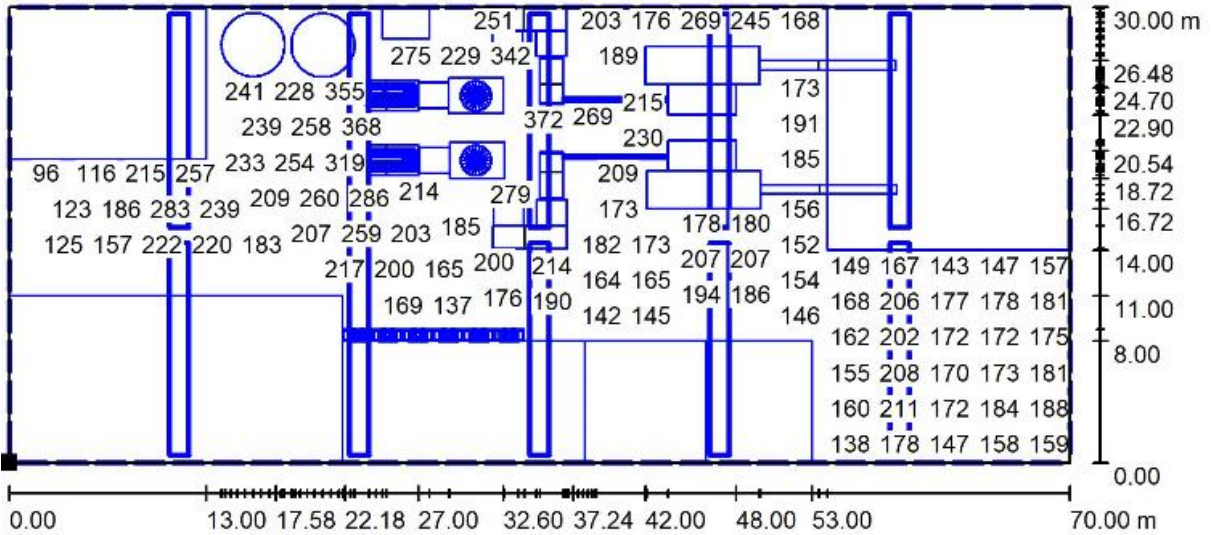


Ilustración 38. Gráfico de valores Propuesta 3-21 diciembre 10:00 am

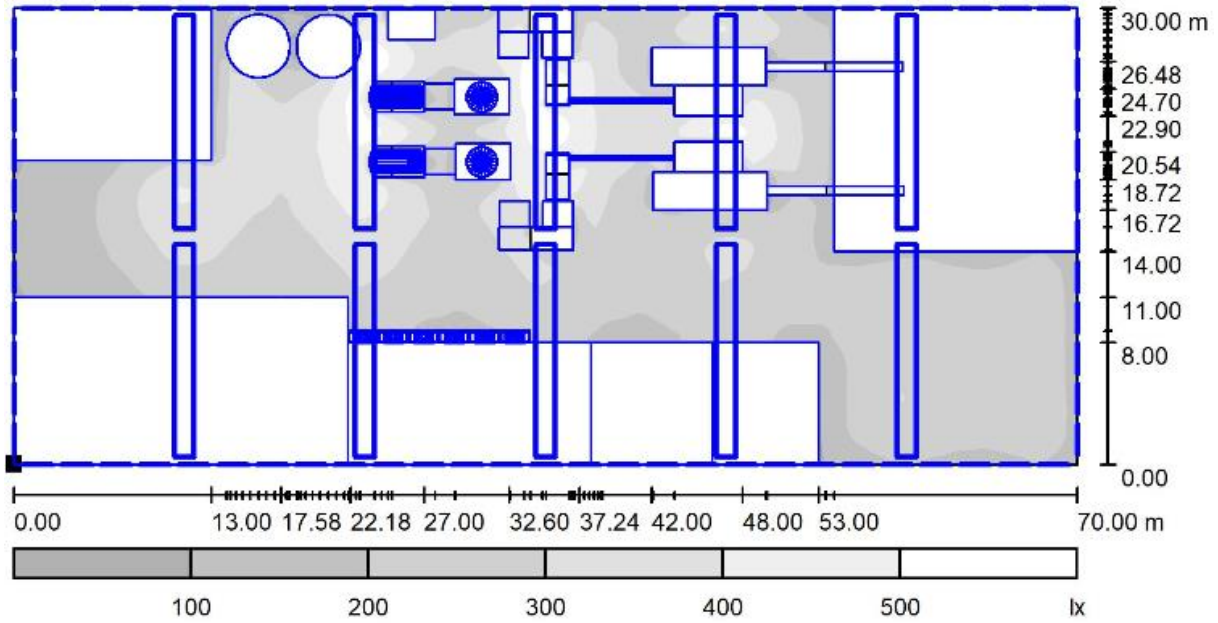


Ilustración 39. Gráfico de grises Propuesta 3-21 diciembre 11:00 am

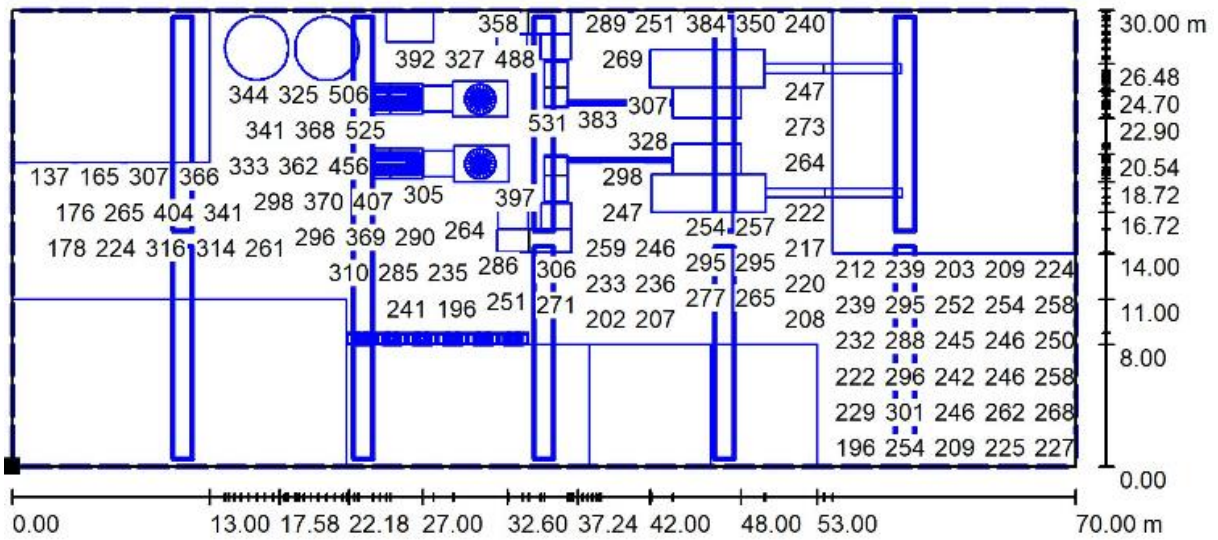


Ilustración 40. Gráfico de valores Propuesta 3-21 diciembre 11:00 am

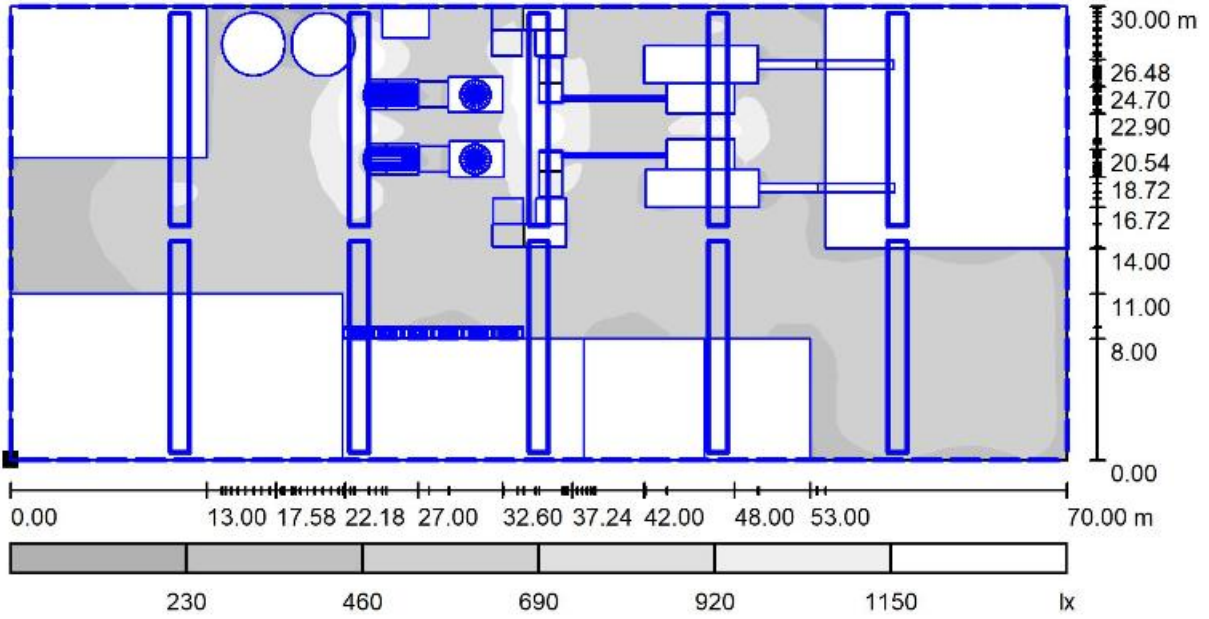


Ilustración 41. Gráfico de grises Propuesta 3-23 junio 12:00 am

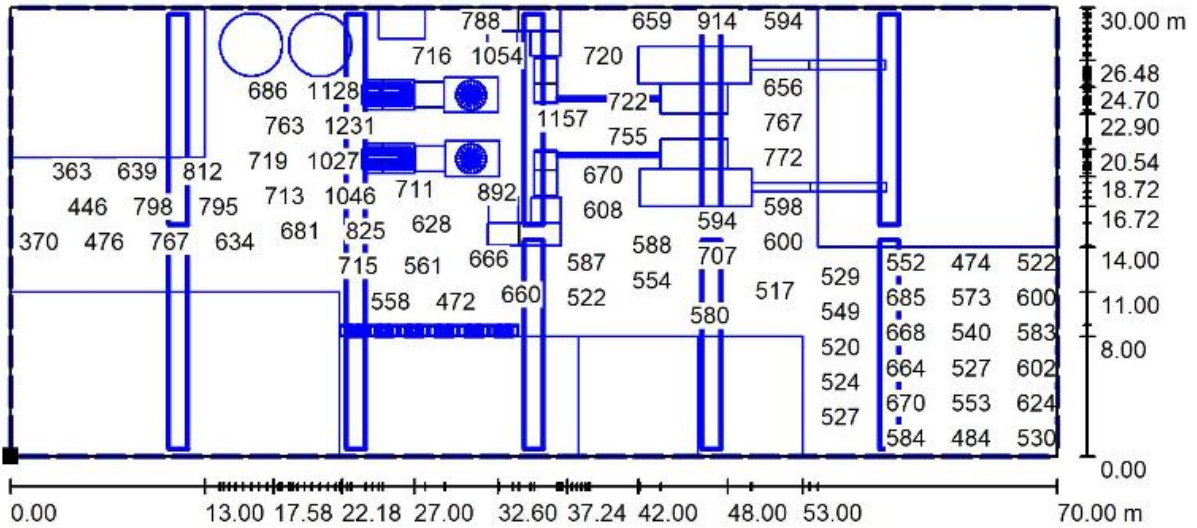


Ilustración 42. Gráfico de valores Propuesta 3-23 junio 12:00 am

Tabla 11. Parámetros Dialux® propuesta 3

ESCENAS DE LUZ	Em (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	G.Uniformidad (Emin/Emax)	Emin/Em	Deslumbramientos
21/12 09:00 am	88	24	175	0,137	0,273	SI
21/12 10:00 am	198	54	395	0,137	0,273	SI
21/12 11:00 am	282	77	563	0,137	0,273	SI
23/06 12:00 am	658	180	1313	0,137	0,274	SI

En el caso de combinar ambos tipo de iluminación, se observa que se mejoran las carencias de la iluminación únicamente lateral, consiguiendo el nivel de iluminación medio interior deseado en algunos escenarios. En esta propuesta, como se ha desarrollado, la superficie de ventanales laterales es el doble que la de lucernarios, esto conduce a que la iluminación interior disminuya con respecto a la propuesta 2, como puede observarse en la Tabla 10. En la siguiente propuesta, trata de observarse el efecto opuesto dando mayor importancia a la iluminación cenital.

Por su parte, la uniformidad se mantiene cerca de los valores resultantes en la propuesta 2, cayendo levemente, en términos de grado de uniformidad total. Se observa, de nuevo, una mejora en el grado de uniformidad para la zona de producción y maquinaria con respecto a la propuesta 1.

Finalmente, los deslumbramientos, podrán darse de igual forma que se expuso en la propuesta 3, puesto que las ventanas laterales se encuentran dispuestas de igual forma, aunque en menor número. Además, no se superan en ningún escenario los 2000 luxes por lo que no debería darse malestar visual con esta distribución.

6.4.4. Resultados Propuesta 4.

Se muestran a continuación los resultados referentes a la propuesta 4.

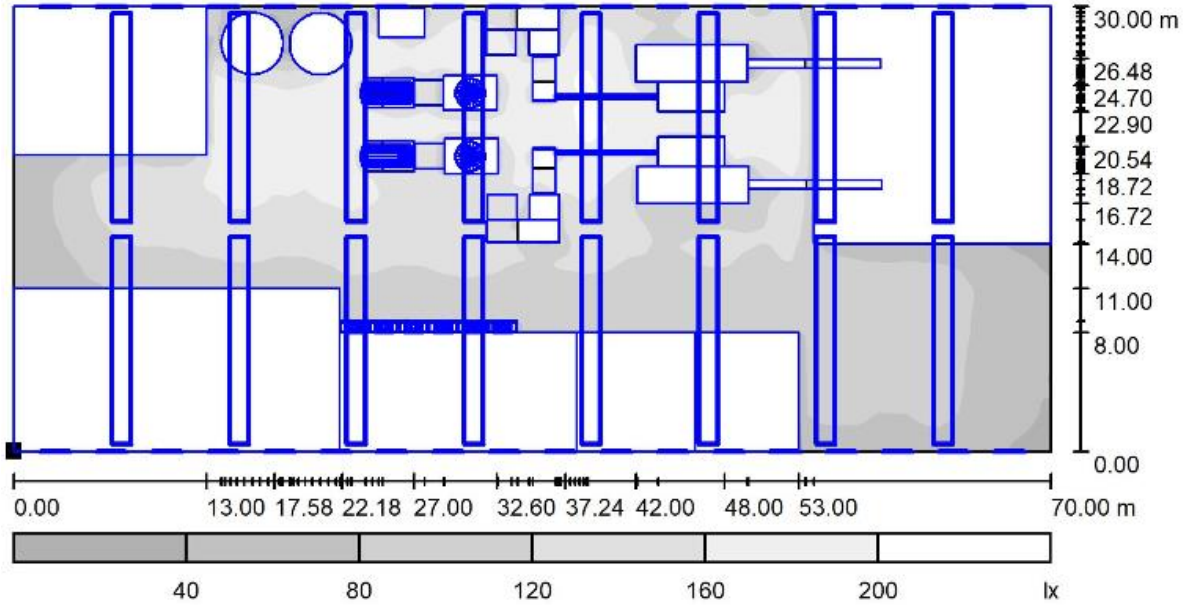


Ilustración 43. Gráfico de grises Propuesta 4-21 diciembre 9:00 am

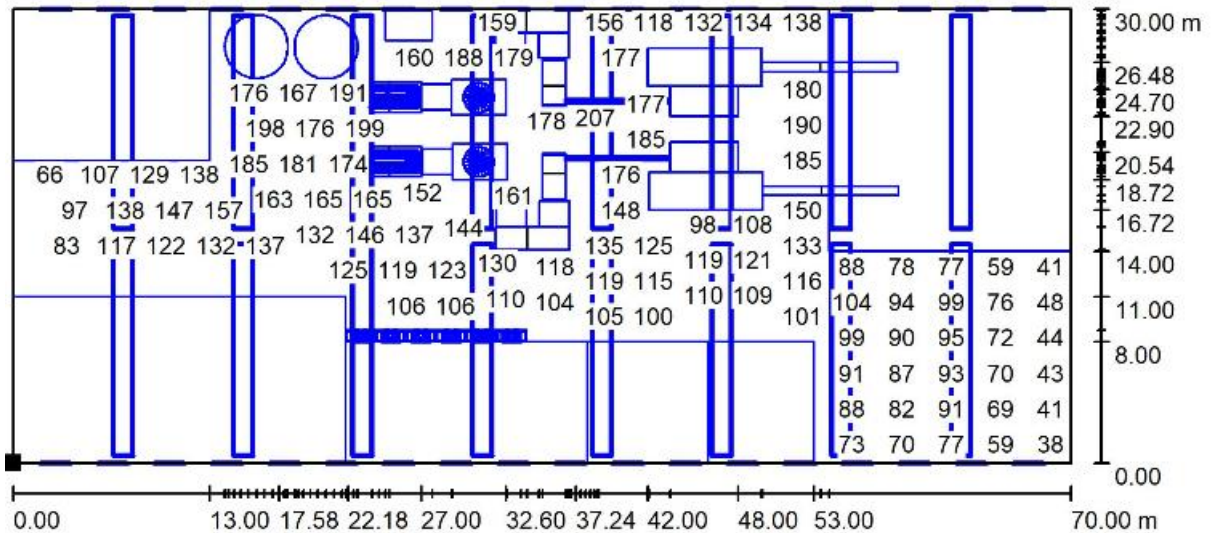


Ilustración 44. Gráfico de valores Propuesta 4-21 diciembre 9:00 am

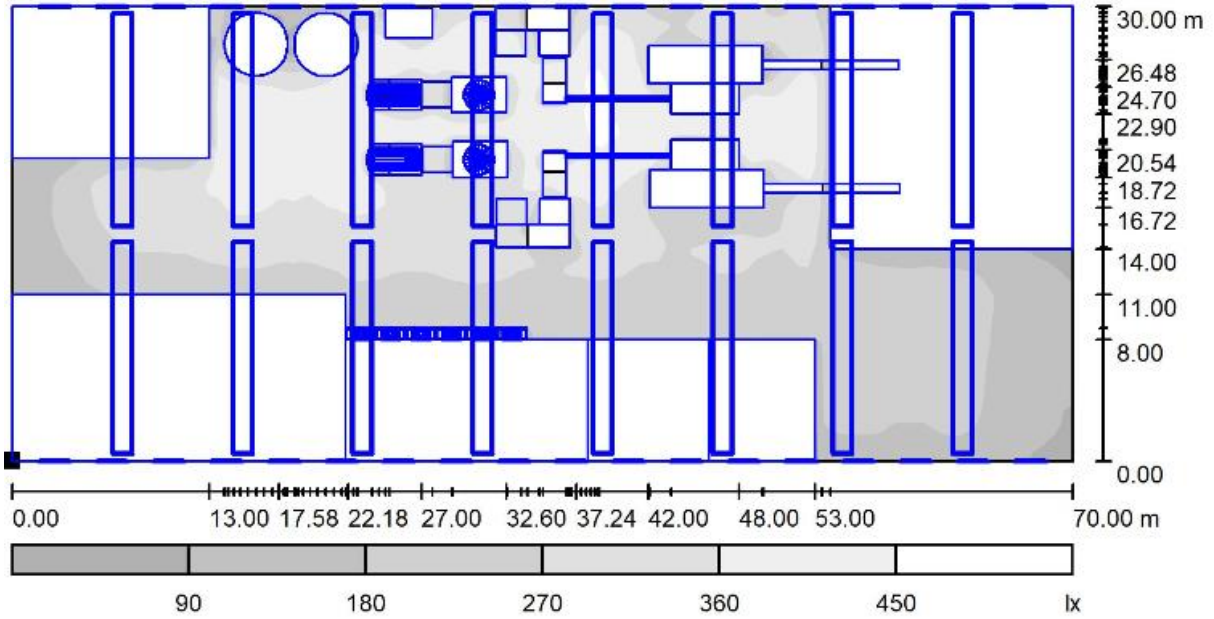


Ilustración 45. Gráfico de grises Propuesta 4-21 diciembre 10:00 am

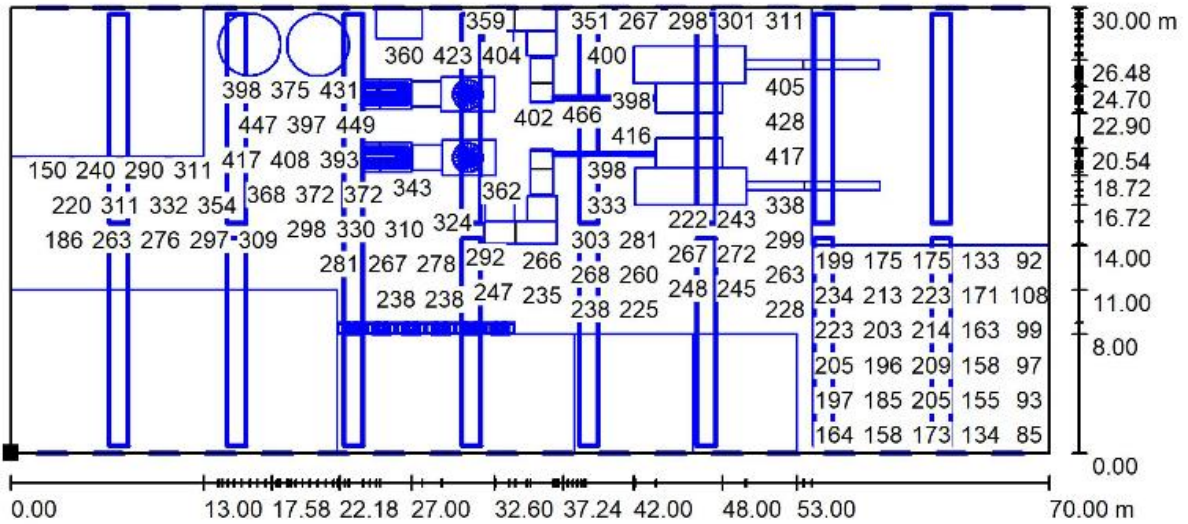


Ilustración 46. Gráfico de valores Propuesta 4-21 diciembre 10:00 am

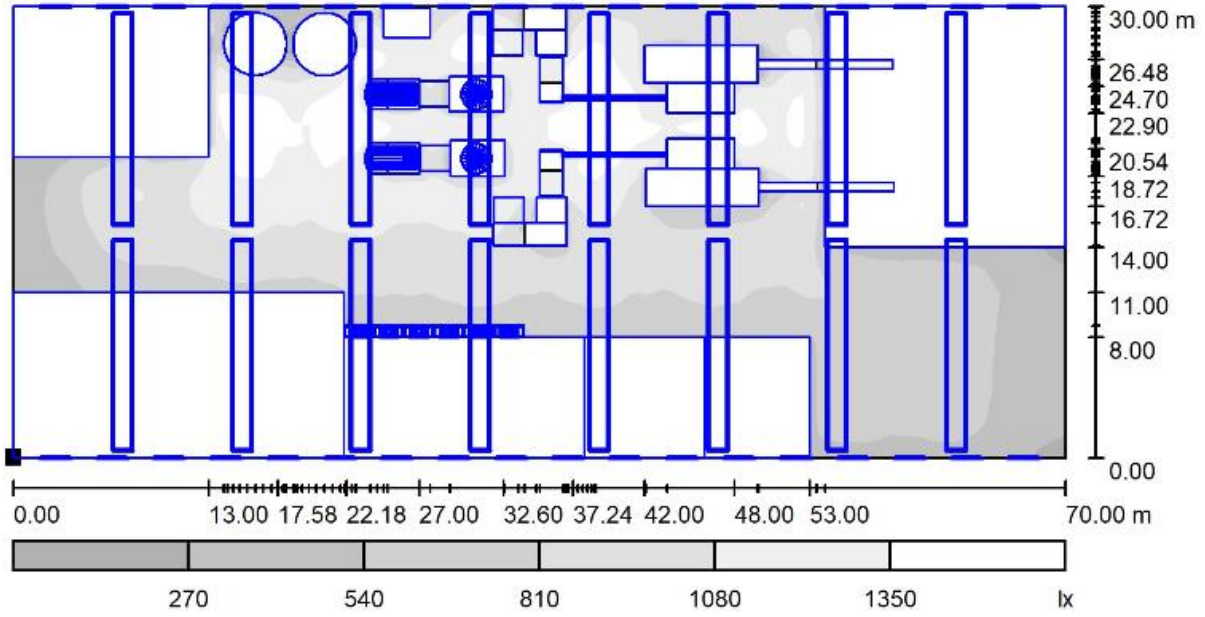


Ilustración 47. Gráfico de grises Propuesta 4-23 junio 12:00 am

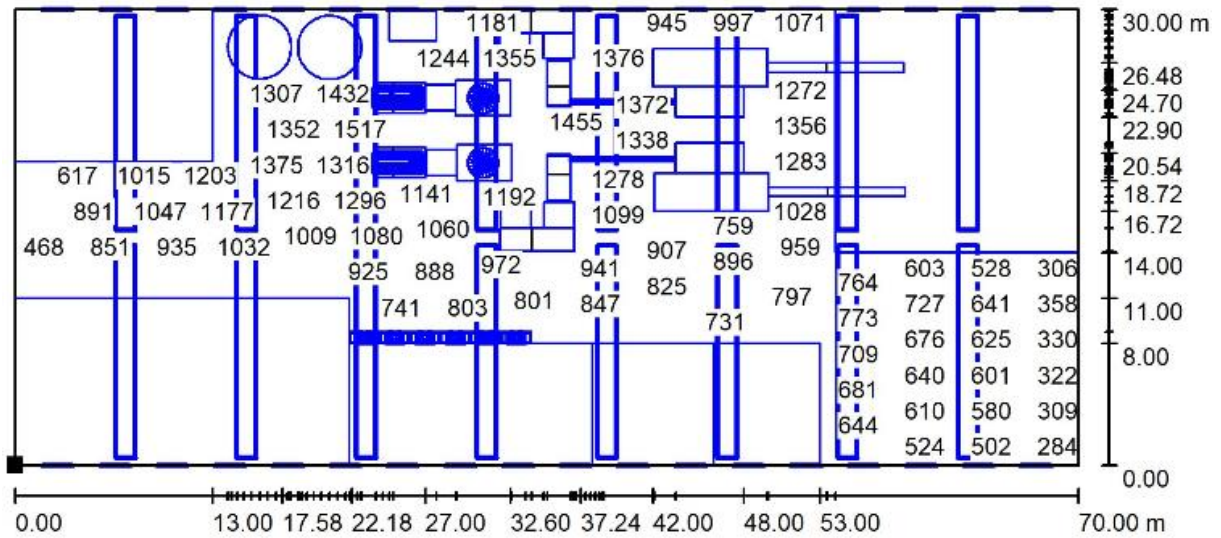


Ilustración 48. Gráfico de valores Propuesta 4-23 junio 12:00 am

Tabla 12. Parámetros Dialux® propuesta 4

ESCENAS DE LUZ	Em (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	G.Uniformidad (Emin/Emax)	Emin/Em	Deslumbramientos
21/12 09:00 am	123	32	211	0,152	0,260	SI
21/12 10:00 am	277	72	477	0,151	0,260	SI
23/06 12:00 am	922	240	1586	0,151	0,260	SI

Finalmente, la mayor presencia de superficie de lucernarios tendidos mejora las condiciones lumínicas respecto a la propuesta 3 como cabría esperar. De nuevo, se alcanza el nivel medio de iluminación horizontal interior, sin embargo, los niveles de iluminación son menores que en el caso de la propuesta 2, donde la iluminación era únicamente cenital. Esto confirma que la iluminación por ventanales laterales no es eficiente para esta edificación industrial en términos de iluminancia.

En cuanto, a la uniformidad de la iluminación, se observa que es mayor que en la propuesta 2 y que en la propuesta 3 pero con una variación poco significativa. De igual forma que en los casos anteriores, si se observa la zona de maquinaria y producción, los valores son más cercanos entre sí lo que se traduce en un alto grado de uniformidad para esa zona concreta.

Finalmente, los deslumbramientos podrían ser un fenómeno a considerar de igual forma que lo expuesto en la propuesta 1 ya que de nuevo tenemos la misma distribución de ventanas laterales (con menos número de ventanas). Sin embargo, se debe recordar que el material opalino de las mismas reduciría en gran medida la probabilidad de sufrir algún tipo de deslumbramiento. Además, no se superan en ningún escenario los 2000 luxes por lo que no debería darse malestar visual con esta distribución.

6.5. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA MÁS ADECUADA.

Una vez se han presentado los resultados de las simulaciones y comentado brevemente las ventajas e inconvenientes de cada una de las propuestas, se procede a un análisis de la información obtenida para seleccionar el sistema de iluminación natural más eficiente. Para llevar a cabo esta selección, se van a comparar los resultados obtenidos en términos de cuatro requisitos:

- Iluminación media horizontal interior (E_m): Debe ser igual o superior a la determinada según la normativa UNE 12464.1. (Véase Epígrafe 6.2).
- Iluminación máxima horizontal interior (E_{max}): No debe superarse este valor en ninguno de los puntos de iluminación horizontal interior, en ninguna de las escenas de luz. Ha de prestarse especial atención a este parámetro en las escenas de luz más luminosas.
- Grado de uniformidad (E_{min}/E_{max}): Una buena uniformidad viene representada por valores superiores a 0,3 en el grado de uniformidad.
- Deslumbramientos: Para que no se produzcan fenómenos de deslumbramiento la luz debe incidir con un ángulo superior a los 30°. (Véase Epígrafe 5.2)

Asimismo, mediante este estudio podrán determinarse las necesidades de iluminación artificial. Ninguno de las propuestas planteadas puede satisfacer las necesidades de iluminación completamente, sino que existen determinadas horas durante la jornada laboral donde la luz diurna no puede abastecer completamente a la planta, siendo imposible aumentar más el aprovechamiento de esta debido: a la incapacidad de incluir más ventanas, sobrepasar valores límites en otras condiciones, etc. Por tanto, será necesario la instalación de un sistema de iluminación artificial que supla dichas carencias siendo este otro parámetro a considerar: cuánto menor sean las necesidades de iluminación artificial más eficiente será el sistema de iluminación artificial.

Tabla 13. Resumen requisitos propuestas

Parámetro	Valor
E_m (lux)	235,619
E_{max} (lux)	2000
E_{min}/E_{max}	(0,3-1)
Deslumbramientos (α)	>30°

6.5.1. Iluminación media horizontal interior (E_m).

Tabla 14. Comparativa valores iluminación media horizontal interior diciembre.














Nº Propuesta	21/12 09:00 am	21/12 10:00 am	21/12 11:00 am
1	 11	 25	-
2	 147	 332	-
3	 88	 198	 282
4	 123	 277	-

Tabla 15. Comparativa valores iluminación media horizontal interior junio.

Nº Propuesta	23/06 12:00 am
1	 84
2	 1102
3	 658
4	 922

Se observa en la Tabla 14 y Tabla 15 que la propuesta 1 es incapaz de alcanzar el valor medio horizontal interior demandado por el proceso industrial, ni siquiera en el escenario más favorable. Por tanto, esta propuesta, como ya se mencionó con anterioridad, queda totalmente descartada.

La propuesta 3 por su parte alcanza, en el escenario más desfavorable, la iluminación media deseada pasadas tres horas de la jornada laboral. De este modo la selección de esta propuesta conllevaría la implantación de un sistema de iluminación artificial que supliera esa carencia y cuyo gasto sería motivo a considerar en un análisis de la eficiencia energética.

Finalmente, las propuestas 2 y 4: Iluminación solo cenital e iluminación mayoritariamente cenital respectivamente, presentan los mejores resultados en términos de iluminancia. Mediante ambas solo sería necesarias dos horas de funcionamiento de un sistema de iluminación artificial, optimizando por tanto el gasto energético frente a la propuesta 3 (Esta comparación será más exhaustiva en el epígrafe 7). Entre ambas propuestas la propuesta 2 aporta unos resultados levemente mejores, sin embargo, lo hace con una superficie de ventanales menores como puede observarse en la Tabla 6, por lo que será la propuesta más eficiente.

Con estos resultados queda patente que la iluminación cenital es más favorable para la presente edificación industrial ya que permite unos valores mucho mayores de iluminancia que la iluminación mediante ventanales laterales.

6.5.2. Iluminación máxima horizontal interior (E_{max}) y deslumbramientos.

Tabla 16. Comparativa valores iluminación máxima horizontal interior diciembre.

Nº Propuesta		21/12 09:00 am		21/12 10:00 am		21/12 11:00 am
1	✓	40	✓	91		-
2	✓	245	✓	553		-
3	✓	175	✓	395	✓	563
4	✓	211	✓	477		-

Tabla 17. Comparativa valores iluminación máxima horizontal interior junio.

Nº Propuesta		23/06 12:00 am
1	✓	302
2	✓	1840
3	✓	1313
4	✓	1586

A la vista de los resultados agrupados en la Tabla 16 y Tabla 17, puede afirmarse que en ningún momento se supera en los escenarios planteados para las diferentes propuestas la iluminación máxima de 2000 luxes recomendada, y por tanto, no deberían darse situaciones de malestar visual .

Se observa que la propuesta 2 queda cerca de dicho valor en el escenario más favorable, pero sin sobrepasarlo, por lo que sigue siendo la propuesta mejor posicionada.

En cuanto a los deslumbramientos, no serán objeto de estudio en la propuesta seleccionada debido a su tipología. Por el contrario, podrían ser fuente de problemas en el resto de las propuestas (1, 3 y 4) debido a lo expuesto en la Tabla 8, considerando en todo caso, que este factor no es crítico en la decisión sobre la eficiencia de la propuesta, ya que el material opalino planteado en el diseño de las ventanas disminuye el riesgo de sufrir fenómenos de deslumbramiento en gran medida.

6.5.3. Grado de uniformidad (E_{\min}/E_{\max}):

Tabla 18. Comparativa grado de uniformidad total.

Nº Propuesta	Intervalo (0,1)
1	0,05
2	0,146
3	0,137
4	0,152

A priori, ninguna de las propuestas alcanza el grado de uniformidad deseado: $>0,3$. Pero, como ha sido mencionado a lo largo del epígrafe 6.3. este valor hace referencia al grado de uniformidad total, cuyos valores normales si se ajustan a los obtenidos ya que es difícil mantener una uniformidad alta en una superficie tan extensa.

Sin embargo, si se ajusta el grado de uniformidad a la zona de trabajo crítica vemos que los valores crecen significativamente, como puede observarse en la Tabla 19.

Tabla 19. Comparativa grado de uniformidad zona de maquinaria y producción.

Nº Propuesta	Intervalo (0,1)
1	0,146
2	0,500
3	0,455
4	0,473

Así, se observa que las propuestas 2,3 y 4 cumplen los requisitos, y de nuevo, es la propuesta 2 la que mejores resultados aporta.

6.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

A la vista de los anteriores resultados, puede concluirse que la iluminación mediante lucernarios tendidos en la cubierta de la nave industrial es el escenario óptimo para la consecución de un sistema de iluminación natural eficiente. Ha podido observarse que un sistema basado únicamente en iluminación mediante ventanales laterales no conseguía los valores óptimos (Propuesta 1), de igual forma la inclusión de ventanales laterales en sistemas mixtos empeora los resultados por poca que sea su presencia frente a los lucernarios (Propuestas 3 y 4)

Con todo lo anterior, se concluye que la **propuesta óptima es la número 2**: Iluminación únicamente cenital. Mediante esta distribución se consiguen los valores más altos de iluminancia sin sufrir riesgos de deslumbramientos ya que las aberturas se encuentran tendidas en el techo de la edificación y sin sensación de malestar visual debido a que en ningún momento se superan los 2000 luxes.

Por su parte la uniformidad de la iluminación también alcanza buenos resultados en la **propuesta 2**, como puede observarse en la Tabla 18 y Tabla 19. Los valores son correctos en la totalidad de la planta y especialmente en la zona de maquinaria y producción. Además, es precisamente en esa zona donde se concentra la mayor parte de la iluminación, hecho que es beneficioso debido a las necesidades lumínicas de dicha área de trabajo (Véase Tabla 4).

6.7. EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

El sistema de iluminación artificial, presente en la edificación industrial que se quiere optimizar está constituido por 30 luminarias de potencia 236 W cada una, modelo PHILIPS BY481X LED350S/840 WB GC SI ACW-L BR. Este asegura un nivel de iluminación horizontal media deseado en el interior $E_m=306 \cdot \text{lux}$.

Mediante los anteriores datos, se puede calcular la eficiencia del sistema de iluminación según lo descrito en el epígrafe 5.4, permitiendo así establecer una comparación con el sistema de iluminación natural diseñado como objeto de este proyecto. Además, como se ha mencionado a lo largo del documento, el sistema de iluminación natural propuesto, aunque resulte viable, nunca será autosuficiente: Se ha observado en las simulaciones que incluso la propuesta óptima necesitaba de apoyo durante las primeras hora de la mañana. Esos momentos en los que el sistema de iluminación natural no pueda satisfacer las necesidades de la planta deberán ser cubiertos por el sistema de iluminación artificial, sin embargo, dichas franjas temporales no pueden ser estimadas y previstas desde el diseño puesto que dependen de múltiples factores como la época del año u otros como el clima. De esta forma, se plantean diferentes escenarios que nos permitan obtener información de la eficiencia en los diferentes casos mediante la cual podamos extrapolar información sobre la viabilidad del proyecto de iluminación natural.

Tabla 20. Eficiencia energética en función del % de iluminación artificial.

Caso	Superficie (m²)	Potencia (W)	Em (lux)	VEEI (W/m²)
100% Artificial	2100	7080	306	1,102
50% Artificial y 50% Natural	2100	3540	306	0,551
30% Artificial y 70% Natural	2100	2124	306	0,331
10% Artificial y 90% Natural	2100	708	306	0,110

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se expone a lo largo del presente epígrafe la justificación económica del proyecto mediante la realización de un análisis de rentabilidad fundamentado en unos presupuestos (Ver Presupuesto):

- Presupuesto de instalación de lucernarios.
- Presupuesto de mantenimiento de lucernarios.
- Presupuesto de mantenimiento de luminarias.

Así como, en el ahorro energético que supone el aprovechamiento de la luz diurna frente a sistemas basados en iluminación artificial como el que se supone presente en la planta industrial.

7.1. BALANCE ECONÓMICO.

En primer lugar, se analiza el ahorro energético y por tanto económico, consecuencia de la instalación del sistema de iluminación natural. Para ello se estudiarán diferentes configuraciones de iluminación natural y artificial determinándose el gasto anual que suponen cada una ellas atendiendo a los diferentes presupuestos y el gasto en energía eléctrica.

Se sabe, por necesidades de potencia, que la planta industrial trabaja con la tarifa eléctrica 3.1A, cuyas principales características se resumen a continuación:

Tabla 21. Tarifa de acceso a alta tensión 3.1 (Ministerio para la transición ecológica y IDAE, 2019)

Periodo	Término de Potencia (€/kW·año)	Término de Energía (€/kWh)
Punta (P1)	59,173468	0,014335
Valle (P2)	36,490689	0,012754
Llano (P3)	8,367731	0,007805

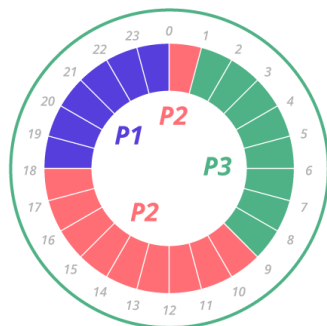


Ilustración 49. Discriminación Horaria Invierno (Ohmia, 2015)

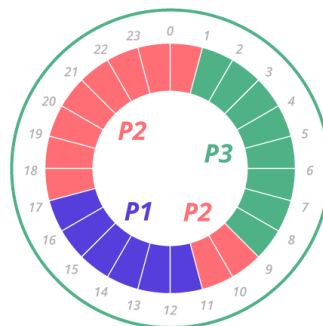


Ilustración 50. Discriminación horaria verano (Ohmia, 2015)

Cabe destacar que el cambio de horario de verano se produce en el último domingo de marzo y el cambio de horario de invierno se produce en el último domingo de octubre, según la Directiva Europea 2000/84. (Ohmia, 2015).

De esta forma para poder analizar la rentabilidad se debe calcular entre otros, el gasto eléctrico para cada uno de los diferentes escenarios propuestos:

- Iluminación 100% artificial.
- Iluminación 50% artificial.
- Iluminación 30% artificial.
- Iluminación 10% artificial.

Ha de considerarse en este punto que el gasto energético de las diferentes máquinas que componen la instalación industrial será una constante, ya que obviamente no se ven afectadas por la tipología de iluminación. Por tanto, como el objeto del análisis económico es el ahorro que supone el sistema de iluminación natural, no será necesario la implicación de estas en el cálculo. De esta forma, en primer lugar, ha de calcularse en función del horario laboral las horas de trabajo del sistema de iluminación artificial dentro de cada discriminación horaria.

Suponiéndose, como ya se mencionó, una jornada laboral de: 8:00 am–17:00 pm las horas dentro de cada uno de los periodos, en función del mes resultan:

Tabla 22. Horas de funcionamiento del alumbrado dentro de cada periodo.

Mes	Punta (P1)	Valle (P2)	Llano (P3)
Enero	0	216	24
Febrero	0	189	21
Marzo	132	44	22
Abril	138	46	23
Mayo	138	46	23
Junio	126	42	21
Julio	144	48	24
Agosto	132	44	22
Septiembre	132	44	22
Octubre	144	48	24
Noviembre	0	189	21
Diciembre	0	207	23
TOTALES	1086	1163	270

De esta forma, el gasto en **energía eléctrica anual** se calcula mediante el gasto en energía que está formado por la potencia y la energía facturadas, al cual se le aplica el impuesto eléctrico. El importe en servicios y otros conceptos donde se incluye el alquiler de equipos de medida y los impuestos (IVA):

- **Potencia Facturada:** Resultado del producto de la potencia contratada expresada en kW por el precio del término de potencia en €/kW-año según la tarifa contratada. Este, es un pago fijo que no depende del consumo:

$$Potencia_Facturada(\text{€}) = \sum_i P_c(\text{kW}) \cdot TP_i \left(\frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{año}} \right) \quad (8)$$

- **Energía Facturada:** Este término resulta del producto entre la energía consumida por el término de energía según la tarifa contratada:

$$Energía_Facturada(\text{€}) = \sum_i P_c(\text{kW}) \cdot h_i \cdot TE_i \left(\frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right) \quad (9)$$

- **Impuesto sobre electricidad:** Se aplica sobre los conceptos fundamentales de la factura que son la potencia y el consumo. Este impuesto, se encuentra dentro de los impuestos especiales de fabricación estando regulado según la ley 38/1992:

$$Impuesto_Electricidad = (TE + TP) \cdot 5,11269632 \cdot \% \quad (10)$$

- **Servicios y otros conceptos:** En este término se engloban múltiples conceptos y servicios. En este caso se fijará únicamente el más usual que es el coste asociado al alquiler del equipo de medida en caso de no disponer de uno propio, en el caso de la tarifa 3.1A:

$$Alquiler_Equipos = 29,00 \cdot \frac{\text{€}}{\text{mes}} \quad (11)$$

- **Impuestos sobre el valor agregado:** En el caso del IVA (21%) se aplica sobre la suma del total de los conceptos anteriores.

Con todo lo anterior se procede al cálculo del gasto energético anual asociado a las diferentes configuraciones de iluminación artificial. Se recuerda que este gasto no hace referencia al gasto total de la planta ya que por simplicidad se han obviado los consumos energéticos no asociados a la iluminación.

7.2.1. Iluminación 100% artificial

En el primero de los supuesto, se tiene la situación inicial de la edificación industrial la cual está totalmente iluminada por fuentes artificiales: 30 luminarias con un consumo total de 7,08 kW. Esto genera un gasto anual como puede observarse en el desglose de 1264,604 €.

Tabla 23. Gasto anual eléctrico referente a las luminarias-Situación 100% iluminación artificial.

100% artificial	nºLuminarias		P.Uni(kW)	P.Total(kW)
	30		0,236	7,08
ENERGÍA	P1	P2	P3	TOTAL (€)
Potencia Facturada	418,948	258,354	59,244	736,546
Energía Facturada	110,220	105,017	14,920	230,157
Impuesto sobre la electricidad	5,11269632% s/966,703			49,425
TOTAL ENERGÍA (€)				1016,127
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS				
Alquiler del equipo de medida	29 €/mes		29	
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS (€)				29
IMPORTE TOTAL				1045,127
IVA	21% s/1045,127			219,477
TOTAL IMPORTE ANUAL (€)				1264,604

Una vez determinado el gasto energético para determinar el gasto total anual de este escenario es necesario acudir a los presupuestos. En este caso concreto, solo habrá que añadir el presupuesto referente al mantenimiento de luminarias-Iluminación 100% artificial (Véase Presupuesto 3.1).

Un aspecto importante a considerar en este punto es que la cantidad presupuestada para el mantenimiento de luminarias se aplica a la totalidad de vida útil de las luminarias, la cual es de unas 100000 h, equivalente a 11,42 años y por tanto el gasto total presupuestado se amortizará a lo largo de esos años y, por tanto:

Tabla 24.Presupuesto Base licitación mantenimiento luminarias anual-100% Artificial.

PBL=PEC+IVA (€)	48712,390
PBL anual (€)	4265,533

Por tanto, el gasto total anual:

Tabla 25. Gastos anuales sistema 100% iluminación artificial.

GASTOS ANUALES	
Factura eléctrica	1264,604
Mantenimiento luminarias	4265,533
TOTAL GASTOS ANUALES (€)	5530,137

7.2.2. Iluminación 50% artificial

En el presente caso, se supone una 50% de iluminación artificial, lo que reduce a 15 el número de luminarias y por tanto a 3,54 kW el consumo total de las mismas, generando un gasto total anual de 649,847 €.

Tabla 26. Gasto anual eléctrico referente a las luminarias-Situación 50% iluminación artificial.

50% artificial	nºLuminarias		P.Uni(kW)	P.Total(kW)
	15		0,236	3,54
ENERGÍA	P1	P2	P3	TOTAL (€)
Potencia Facturada	209,474	129,177	29,622	368,273
Energía Facturada	55,110	52,508	7,460	115,079
Impuesto sobre la electricidad	5,11269632% s/483,351			24,712
TOTAL ENERGÍA (€)				508,064
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS				
Alquiler del equipo de medida	29 €/mes			29
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS (€)				29
IMPORTE TOTAL				537,064
IVA	21% s/537,064			112,783
TOTAL IMPORTE ANUAL (€)				649,847

De nuevo, han de incluirse los presupuesto que complementen el gasto anual total. En este caso han de considerarse los gastos asociados al mantenimiento de lucernarios ya que un 50% de la iluminación, en este caso, es natural. Se supondrá un periodo de mantenimiento de 5 años por lo que de igual forma que ocurre con las luminarias, el presupuesto ha de dividirse entre estos años. Además, deben considerarse de nuevo los gastos de mantenimiento de luminarias distribuidos a lo largo de la vida útil de las mismas. (Véase Presupuestos 2 y 3.2).

Tabla 27. Presupuesto Base licitación mantenimiento luminarias y lucernarios anual-50% Artificial.

PBL mantenimiento lucernarios (€)	1119,770
PBL anual mantenimiento lucernarios (€)	223,954
PBL mantenimiento luminarias (€)	24356,200
PBL anual mantenimiento luminarias (€)	2132,767

Por tanto, el gasto total anual:

Tabla 28. Gastos anuales sistema 50% iluminación artificial.

GASTOS ANUALES	
Factura eléctrica	649,847
Mantenimiento lucernarios	223,954
Mantenimiento luminarias	2132,767
TOTAL GASTOS ANUALES (€)	3006,568

7.2.3. Iluminación 30% artificial

En el presente caso, se supone una 30% de iluminación artificial, lo que reduce a 9 el número de luminarias y por tanto a 2,124 kW el consumo total de las mismas, generando un gasto total anual de 403,944 €.

Tabla 29. Gasto anual eléctrico referente a las luminarias-Situación 30% iluminación artificial.

30% artificial	nºLuminarias		P.Uni(kW)	P.Total(kW)
	9		0,236	2,124
ENERGÍA	P1	P2	P3	TOTAL (€)
Potencia Facturada	125,684	77,506	17,773	220,964
Energía Facturada	33,066	31,505	4,476	69,047
Impuesto sobre la electricidad	5,11269632% s/290,011			14,827
TOTAL ENERGÍA (€)				304,838
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS				
Alquiler del equipo de medida	29 €/mes			29
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS (€)				29
IMPORTE TOTAL				333,838
IVA	21% s/333,838			70,106
TOTAL IMPORTE ANUAL (€)				403,944

De nuevo, considerando los presupuestos y determinando su valor anual considerando la vida útil de luminarias y periodos de mantenimiento de lucernarios tenemos (Véase Presupuestos 2 y 3.3).

Tabla 30. Presupuesto Base licitación mantenimiento luminarias y lucernarios anual-30% Artificial.

PBL mantenimiento lucernarios (€)	1119,770
PBL anual mantenimiento lucernarios (€)	223,954
PBL mantenimiento luminarias (€)	14613,730
PBL anual mantenimiento luminarias (€)	1279,661

Y, por tanto:

Tabla 31. Gastos anuales sistema 30% iluminación artificial.

GASTOS ANUALES	
Factura eléctrica	403,944
Mantenimiento lucernarios	223,954
Mantenimiento luminarias	1279,661
TOTAL GASTOS ANUALES (€)	1907,559

7.2.4. Iluminación 10% artificial

En el presente caso, se supone una 30% de iluminación artificial, lo que reduce a 9 el número de luminarias y por tanto a 2,124 kW el consumo total de las mismas, generando un gasto total anual de 403,944 €.

Tabla 32. Gasto anual eléctrico referente a las luminarias-Situación 10% iluminación artificial.

10% artificial	nºLuminarias		P.Uni(kW)	P.Total(kW)
	3		0,236	0,708
ENERGÍA	P1	P2	P3	TOTAL (€)
Potencia Facturada	41,895	25,835	5,924	73,655
Energía Facturada	11,022	10,502	1,492	23,016
Impuesto sobre la electricidad	5,11269632% s/96,670			4,942
TOTAL ENERGÍA (€)				101,613
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS				
Alquiler del equipo de medida	29 €/mes			29
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS (€)				29
IMPORTE TOTAL				130,613
IVA	21% s/130,613			27,429
TOTAL IMPORTE ANUAL (€)				158,041

De igual forma que en los otros casos. (Véase Presupuestos 2 y 3.4).

Tabla 33. Presupuesto Base licitación mantenimiento luminarias y lucernarios anual-10% Artificial.

PBL mantenimiento lucernarios (€)	1119,770
PBL anual mantenimiento lucernarios (€)	223,954
PBL mantenimiento luminarias (€)	4871,240
PBL anual mantenimiento luminarias (€)	426,553

Y, por tanto:

Tabla 34. Gastos anuales sistema 10% iluminación artificial.

GASTOS ANUALES	
Factura eléctrica	158,041
Mantenimiento lucernarios	223,954
Mantenimiento luminarias	426,553
TOTAL GASTOS ANUALES (€)	808,549

7.2. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Finalmente se procede a lo largo del presente epígrafe a realizar un análisis de rentabilidad del proyecto mediante la información obtenida en el anterior punto. Como se ha expuesto a lo largo del documento, el objetivo final de la implementación del sistema de iluminación natural es el ahorro energético que pueda darse y revertir de forma directa en un ahorro económico. Por esta razón se han expuesto los anteriores escenarios donde poder determinar cuál es el ahorro que supone el aprovechamiento de la luz diurna en cada caso:

Tabla 35. Ahorro experimentado en función del % de iluminación artificial

ESCENARIO	COSTE (€)	AHORRO (€)
100% Artificial	5530,137	-
50% Artificial	3006,568	2523,569
30% Artificial	1907,559	1099,009
10% Artificial	808,549	1099,011

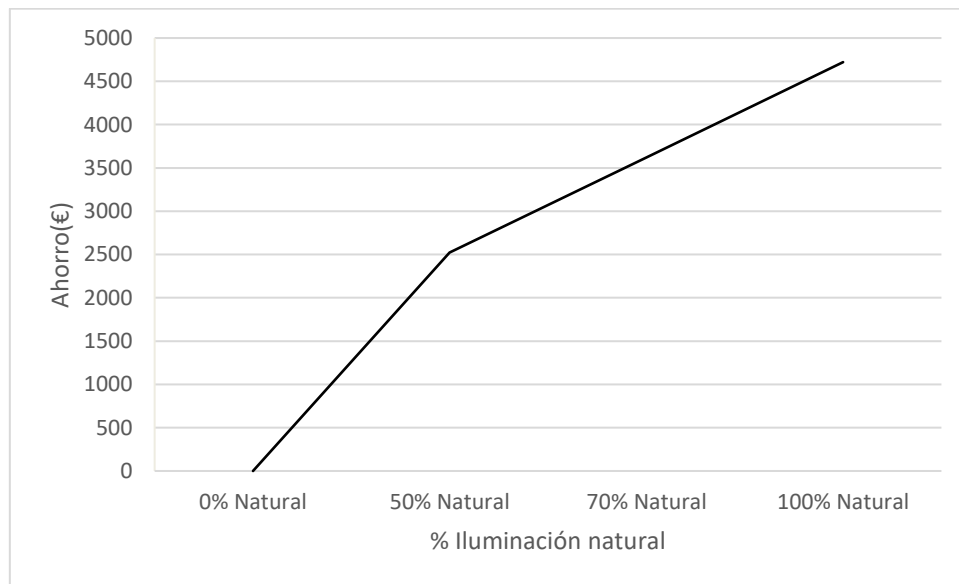


Ilustración 51. Tendencia del ahorro en función del % de iluminación natural

Una primera conclusión que puede extraerse de los anteriores datos es que el ahorro es tanto mayor tanto es la inclusión del sistema de iluminación natural y por tanto el aprovechamiento de la luz diurna. Así, se obtiene una primera aproximación a la justificación económica del presente proyecto que será validada a continuación por el estudio de algunos parámetros básicos de rentabilidad.

Para determinar la rentabilidad del proyecto se van a estudiar los dos parámetros más básicos, pero efectivos de rentabilidad:

- **Valor actual Neto (VAN):** El valor actual neto o valor capital de una inversión es el valor actualizado de todos los flujos de caja esperados, mide la rentabilidad absoluta del proyecto. Es decir, es igual a la diferencia entre el valor actual de todos los cobros menos el valor también actualizado de los pagos. En el caso del presente proyecto se asumen los flujos de caja como el ahorro consecuencia de la implantación del sistema de iluminación natural. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2018)

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (12)$$

Donde:

- VAN: Valor Actual Neto.
- FC_j: Flujo de Caja para el año j, se corresponde con el ahorro.
- i: Interés
- n: Horizonte temporal, que se fija en 20 años
- I₀: Inversión para el año 0, es decir, PBL del presupuesto de instalación lucernarios.
- j: es igual para el año en curso.

Un valor actual neto positivo indica que la inversión en el proyecto produce excedentes superiores precisamente en la cuantía del valor actual neto, a los que podrían obtenerse invirtiendo la misma cantidad de dinero a un interés i (los flujos de caja son mayores que la inversión inicial). Según este criterio, el proyecto más rentable es aquel que presente VAN más elevado siempre que sea positivo.

- **Tasa interna de rendimiento (TIR):** La tasa de rendimiento interno, también denominada tasa interna de rentabilidad (TIR) o tasa de retorno (λ) de una inversión es aquel tipo de actualización que hace cero el VAN. Solo interesa realizar aquellos proyectos de inversión, cuyo TIR sea superior al interés normal del dinero en el mercado de capitales ($\lambda > i$). Esta es la condición necesaria para la realización de una inversión: cuando existen varias inversiones que cumplan dicha condición, se dará preferencia a aquellas cuyo TIR es mayor. (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2018)

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+\lambda)^j} = 0 \quad (13)$$

Se muestran a continuación los resultados del estudio de rentabilidad:

Tabla 36. Obtención del VAN y el TIR para los diferentes escenarios en función del tipo de interés

Escenario	VAN 1%	VAN 3%	VAN 5%	VAN 10%	TIR
Iluminación 50% Artificial	2.878,77 €	-5.116,09 €	-11.211,18 €	-21.175,86 €	1,66%
Iluminación 30% Artificial	22.710,99 €	11.234,38 €	2.484,90 €	-11.819,38 €	5,68%
Iluminación 10% Artificial	42.543,25 €	27.584,89 €	16.181,00 €	-2.462,88 €	9,14%

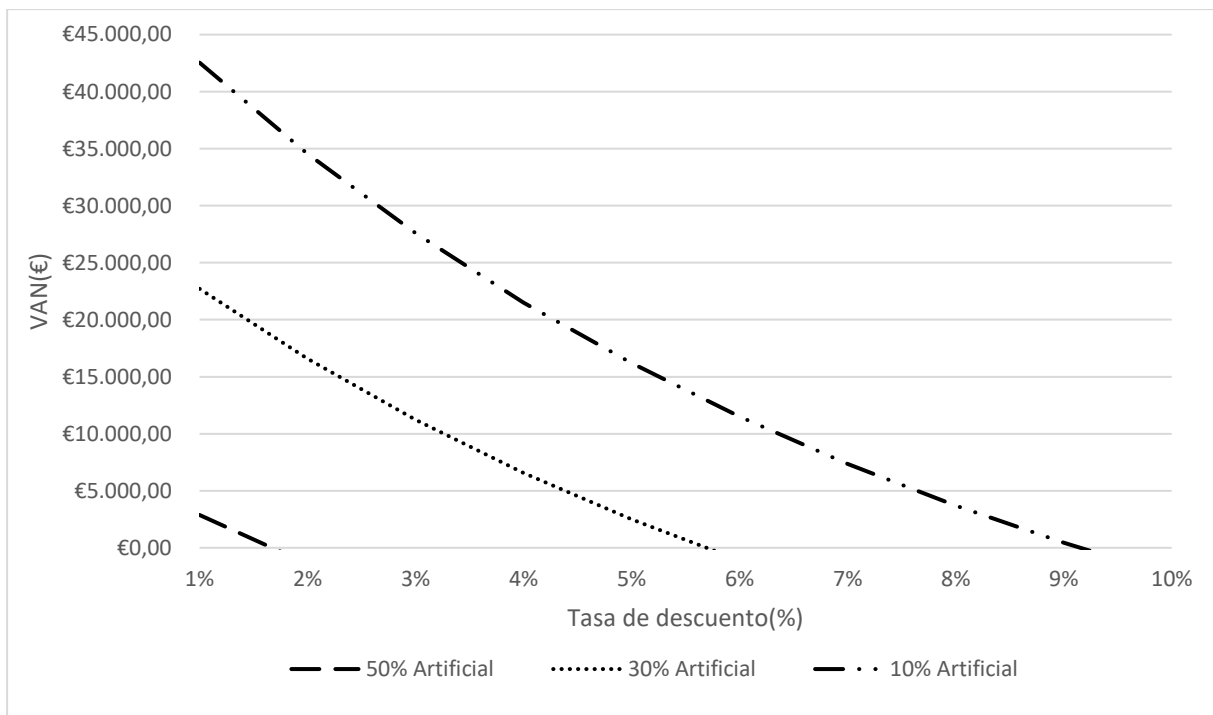


Ilustración 52. VAN vs Interés

De los anteriores resultados se observa que la implementación del sistema de iluminación natural es una inversión más rentable cuanto mayor sea el grado de aprovechamiento de esta. Queda patente que ambos parámetros confirman que, a mayor peso del sistema de iluminación natural, mayor rentabilidad del proyecto, así lo marca el VAN como parámetro de rentabilidad absoluta. El TIR por su parte nos confirma lo anterior creciendo a medida que aumenta el aprovechamiento de la luz diurna, lo cual significa que el retorno de la inversión sería equiparable a unos tipos de interés altos, difíciles de ser igualados por el propio interés normal del dinero en el mercado de capitales.

Finalmente, una vez confirmada la rentabilidad de implementación del sistema de iluminación natural y por tanto la viabilidad del presente proyecto. Es interesante conocer cuál será el periodo necesario para recuperar la inversión inicial que supone la instalación de los lucernarios. Para ello se muestra a continuación el periodo de retorno estático de la inversión (Pay-back):

- **Pay-Back:** El Pay-Back o período de retorno o recuperación representa el número de períodos en que la inversión se recupera vía facturación, cobros o ahorros en este caso. Para calcular el **PB estático** no se tiene en cuenta la actualización del dinero y se calcula como (Departamento de Proyectos de Ingeniería, 2018):

$$PB = \frac{\text{Inversión_Total}}{\text{Beneficio_Promedio_Actual}} \quad (14)$$

Donde, en el caso del presente proyecto, la inversión total hace referencia al presupuesto de instalación de lucernarios y el beneficio promedio actual a los ahorros generados por el sistema según el % de aprovechamiento. Así, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 37. Cálculo del Período de retorno estático.

ESCENARIO	INVERSIÓN (€)	AHORRO (€)	PAY-BACK (Años)
50% Artificial	42660,430	2523,569	17
30% Artificial	42660,430	3622,578	12
10% Artificial	42660,430	4721,589	9

Mediante los datos mostrados en la Tabla 37, puede extrapolarse según el grado de aprovechamiento, el tiempo en que se tardaría en recuperar la inversión inicial de ejecución de los lucernarios.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

Como consecuencia de lo expuesto anteriormente podemos concluir que los objetivos iniciales han sido tratados y satisfechos:

- No existe un método para determinar una solución exacta ni óptima, por lo que el proceso de diseño es un proceso iterativo basado en la propuesta de soluciones y su análisis.
- El resultado derivado del anterior proceso, fundamentado en la normativa UNE 12464.1, ha permitido obtener soluciones, en términos de superficie de aberturas, que han sido puestas a prueba para evaluar su capacidad de satisfacer los requerimientos lumínicos de la planta industrial de producción de aceite de Rosa Mosqueta y Cascarilla.
- Del análisis y simulación, mediante el software Dialux®, de las diferentes propuestas diseñadas como solución al sistema de iluminación natural, la propuesta 2 ha resultado ser la más adecuada en términos de iluminación y superficie de aberturas.
- La selección de la propuesta 2 como la más eficiente ha dejado patente que la iluminación cenital resulta ser la disposición idónea para la presente edificación industrial, mostrando así la baja efectividad de los sistemas basados en iluminación lateral.
- Pese a los buenos resultados obtenidos en el estudio de la propuesta 2, el sistema de iluminación natural ha resultado no ser totalmente autosuficiente y por tanto será necesario preservar un sistema de iluminación artificial capaz de suplir esa carencia, como, por ejemplo, se ha mostrado en las simulaciones lumínicas a primeras horas de la mañana: Ningún sistema era capaz de satisfacer las necesidades lumínicas hasta las 10:00 am en el entorno más desfavorable.
- Consecuencia del análisis de rentabilidad, apoyado en los presupuestos, se ha demostrado la viabilidad de la realización del presente proyecto.

CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA

- (IDAE), C. E. (2005). "Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios". Madrid: Informes IDAE.
- Ahmad, N., & Anwar, F. (2016). Rose hip (*Rosa canina* L.) oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press.
- Ayerbe, A. G., & García, E. T. (2010). El escaramujo: propiedades y uso terapéutico. *Medicina naturista*. Medicina naturista.
- Benjaminmatas. (s.f.). Escaramujo en la localidad conquense de Torrejoncillo del Rey. Escaramujo en la localidad conquense de Torrejoncillo del Rey. Trabajo propio, Torrejoncillo del Rey.
- Bieber, S. (s.f.). *Rosa rubiginosa* mit einigen Knospen, fotografiert in Barth.
- Blanca Giménez, V., Castilla Cabanes, N., Martínez Antón, A., & Pastor Villa, R. M. (s.f.). LUMINOTECNIA: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida. Valencia.
- Boyce, P. R. (2003). *Human Factors in Lighting*. London: Taylor & Francis Group.
- Comisión de Normalización Europea. (2003). UNE 12464-1 "Iluminación de los lugares de trabajo en interior". UNE. Madrid: Philips.
- Departamento de Proyectos de Ingeniería. (2018). Tema 17. Análisis de Rentabilidad. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Edificación, C. T. (2013). Documento Básico de Ahorro de energía. CTE. DB-HE.
- Franco, D., Pinelo, M., Sineiro, J., & Núñez, M. J. (2007). Processing of *Rosa rubiginosa*: Extraction of oil and antioxidant substances.
- Jiménez, P., Masson, L., & Quiral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos omega-3. Chile: Revista chilena de nutrición.
- lineaysalud (Ed.). (3 de 2018). Lineaysalud. (Naturvitalys, S.L.) Recuperado el 4 de Junio de 2019, de <https://www.lineaysalud.com/salud/medicinas-alternativas/escaramujo-de-rosa-mosqueta>
- Manners, M. (s.f.). Single musk rose (*R. moschata*). Single musk rose (*R. moschata*). Lakeland FL, USA.
- Ministerio para la transición ecológica y IDAE. (2019). Informe de precios regulados. Madrid: La Subdirección de General Publicaciones, Documentación y Archivo del ministerio .
- Ohmia. (2015). Ohmia. Obtenido de Ohmia: <https://ohmia.es>
- Pattini, A., Rodríguez, R., Monteoliva, J., & Garretón, J. Y. (2012). Iluminación en espacios de trabajo. Propuestas al protocolo de medición del factor iluminación de la superintendencia de riesgos de trabajo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.

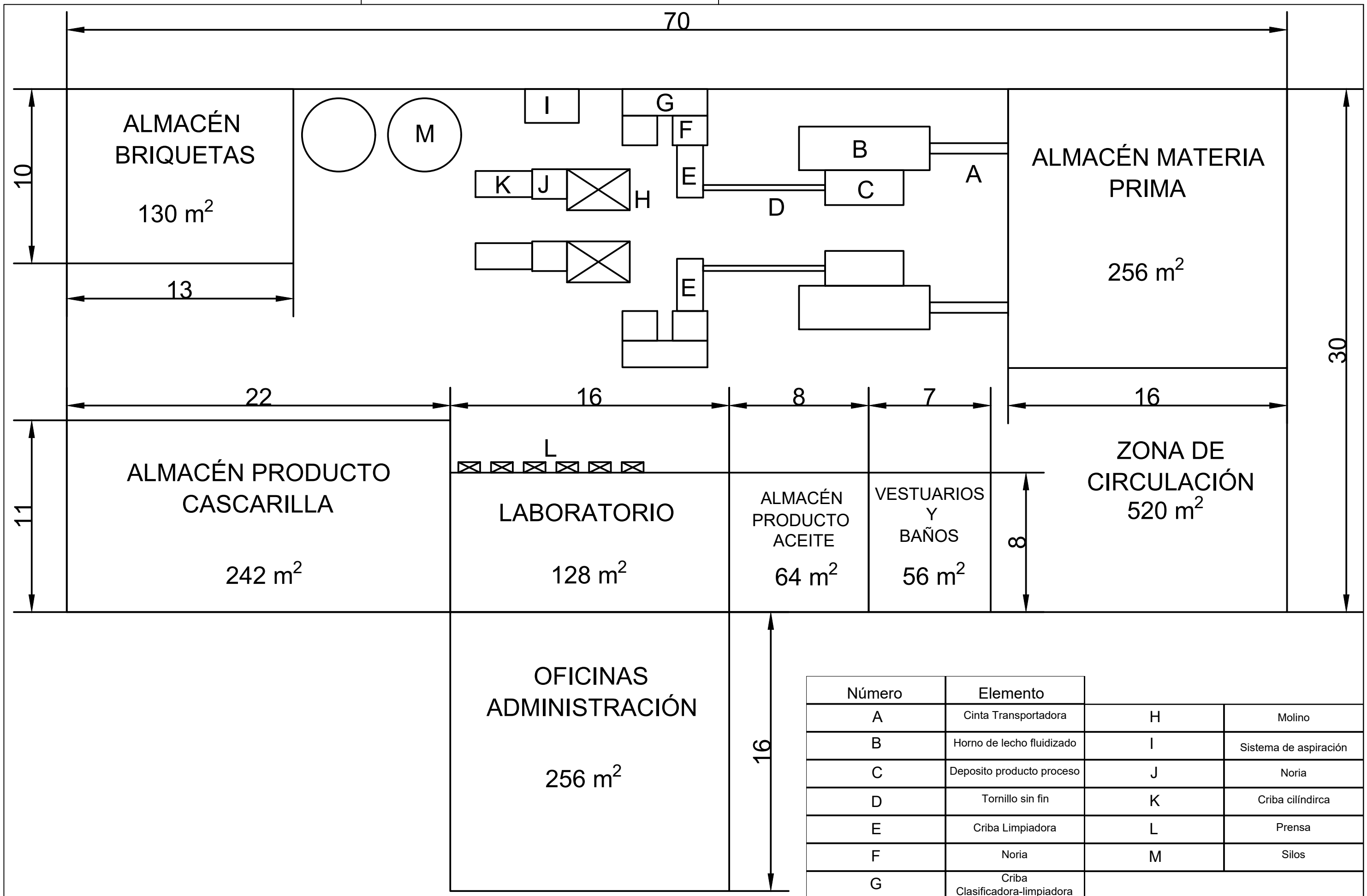
- Santamarina Siurana, M. (2019). Apuntes Construcción y arquitectura industrial. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Syrio. (s.f.). A dog rose photographed at Biotopo Lago Pudro . A dog rose photographed at Biotopo Lago Pudro . Own work, pergine valsugana.
- Velásquez Arriagada, S. E., Pintos, G., Quiroga, A. M., & Antimán, M. G. (2013). Rayün "Esencia Andina".
- VirtualExpo. (2000). DirectIndustry. (DirectIndustry, Editor, DirectIndustry, Productor, & DirectIndustry) Recuperado el Mayo de 2019, de DirectIndustry: <http://www.virtual-expo.com/about-us/>

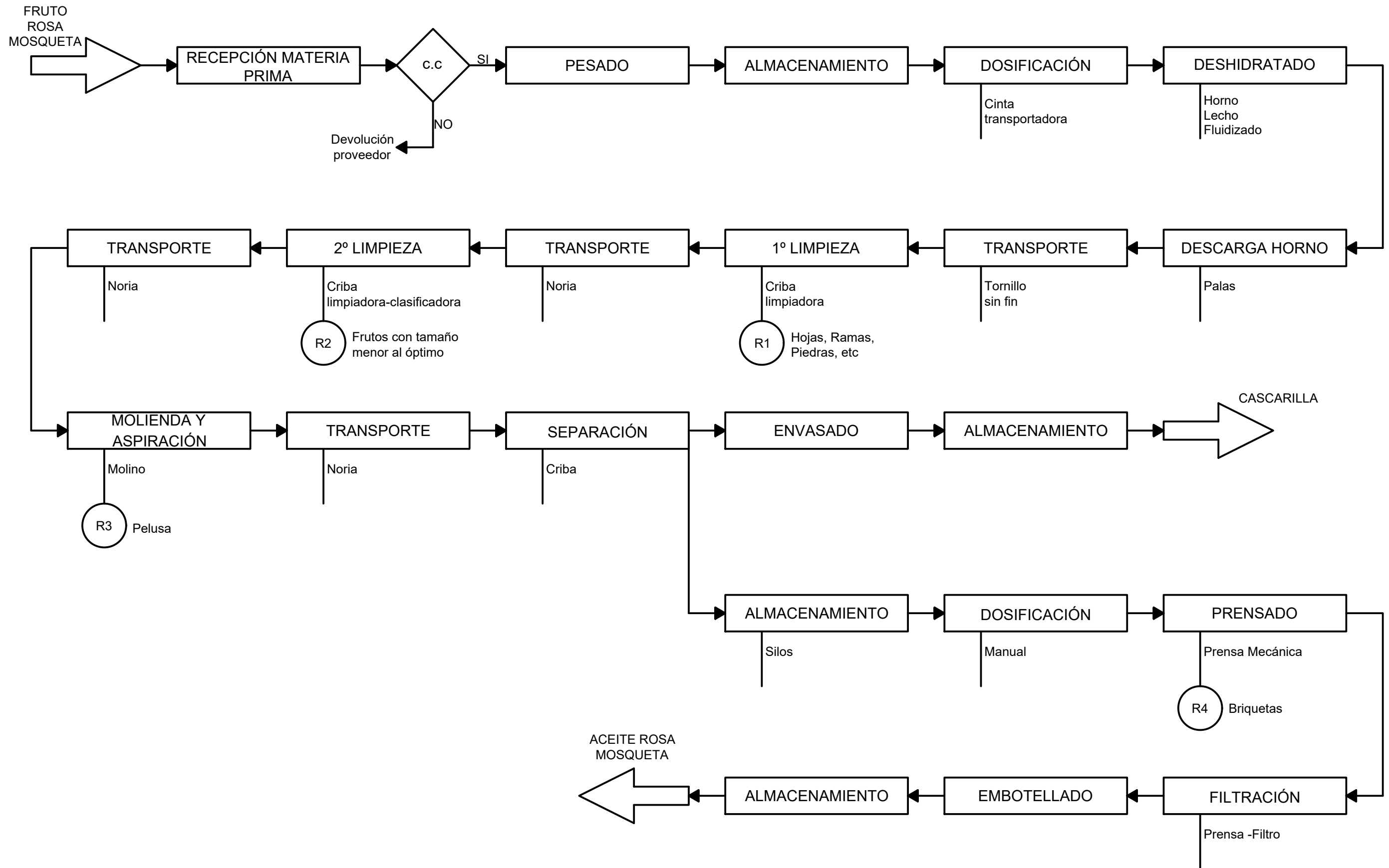
ANEXOS

ANEXO 1: PLANOS

Se muestran a continuación los siguientes planos anexos a la memoria:

- Lay-Out del proceso productivo – Plano nº1.
- Diagrama de bloques del proceso productivo – Plano nº2.





ANEXO 2: CATÁLOGO LUMINARIA



Gentlespace Gen3

BY481X LED350S/840 WB GC SI ACW-L BR

New Highbay - 840 blanco neutro - Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI - Haz ancho - SI

Con la tercera generación de la luminaria para iluminación de gran altura GentleSpace, continuamos lanzando al mercado soluciones innovadoras para la iluminación industrial y de gran altura adaptable. GentleSpace gen3 ofrece una amplia variedad de opciones en cuanto a ópticas y ángulos de visión (de muy estrechos a anchos), una gama de posibilidades de montaje y materiales de cubierta y diversos paquetes luminicos. Esto significa que GentleSpace gen3 puede ayudarle a crear fácilmente una solución de iluminación idónea, a la medida de casi cualquier aplicación industrial o de gran altura. También admite cambios en los requisitos de aplicación (tales como campos de disposición) gracias a su sistema óptico flexible, que puede ajustarse fácilmente incluso tras la instalación. Además, GentleSpace gen3 ofrece también la opción de conectividad avanzada y está lista para conectarse a sistemas basados en IoT y aplicaciones de software como Interact Industry. En general, tanto si busca una solución fiable de la que no tenga que preocuparse tras la instalación, como si busca una que pueda adaptarse y controlarse tras la misma, GentleSpace gen3 es la solución ideal para su aplicación.

Datos del producto

Información general			
Ángulo del haz de fuente de luz	114 °	Apertura de haz de luz de la luminaria	42' x 44'
Temperatura de color	840 blanco neutro	Interfaz de control	DALI
Fuente de luz sustituible	Si	Connection	Conector plug-in de 5 polos compatible con Wieland/Adels
Número de unidades de equipo	1	Cable	CW5
Driver/unidad de potencia/transformador	PSD [Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI]	Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Driver incluido	Si	Test del hilo incandescente	Temperatura 850 °C, duración 5 s
Tipo de óptica	WB [Haz ancho]	Marca de inflamabilidad	D [D]
		Marca CE	Marcado CE

Certificado ENEC	Marcado ENEC
Período de garantía	5 años
Flujo luminoso constante	No
Número de productos en MCB	8
Certificado RoHS	ROHS
Product Family Code	BY481X [New Highbay]
Índice de deslumbramiento unificado CEN	25

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	15,3 A
Tiempo de irrupción	0,061 ms
Factor de potencia (mín.)	0.9

Controles y regulación

Regulable	Si
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio
Material del reflector	-
Material óptico	AC
Material cubierta óptica/lente	Vidrio
Material de fijación	Steel
Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Longitud total	600 mm
Anchura total	490 mm
Altura total	85 mm
Color	SI

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP65 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK07 [IK07]

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	35000 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-10%

Eficacia de la luminaria LED inicial	148 lm/W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K
Inic. Índice de reproducción del color	≥80
Cromacidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM <3
Potencia de entrada inicial	236 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life	5 %
50000 h	
Vida útil media L70B50	100000 h
Vida útil media L80B50	100000 h
Vida útil media L90B50	50000 h
Control gear failure rate at median useful life	10 %
100000 h	
Lumen maintenance at median useful life*	L90
50000 h	
Lumen maintenance at median useful life*	L80
100000 h	

Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-30 °C a +45 °C
Performance ambient temperature Tq	45 °C
Nivel máximo de regulación	10%

Datos de producto

Código de producto completo	871869940751300
Nombre de producto del pedido	BY481X LED350S/840 ACW-L BR
EAN/UPC - Producto	8718699407513
Código de pedido	40751300
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
N.º de material (12NC)	910500465557
Peso neto (pieza)	11,000 kg

PRESUPUESTO

INDICE DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1: PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN LUCERNARIOS.....	1
1.1. CUADRO DE MANO DE OBRA.	1
1.2. CUADRO DE MAQUINARIA.	2
1.3. CUADRO DE MATERIALES.....	3
1.4. ANEJO DE JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	4
1.5. CUADRO DE PRECIOS Nº1.....	5
1.6. CUADRO DE PRECIOS Nº2.....	6
1.7. MEDICIONES.....	8
1.8. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.	9
1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.	10
CAPÍTULO 2: PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS.....	11
2.1. CUADRO DE MANO DE OBRA.	11
2.2. CUADRO DE MAQUINARIA.	12
2.3. ANEJO DE JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	13
2.4. CUADRO DE PRECIOS Nº1.....	14
2.5. CUADRO DE PRECIOS Nº2.....	15
2.6. MEDICIONES.....	16
2.7. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.	17
2.8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.	18
CAPÍTULO 3: PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS.....	19
3.1. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 100% ARTIFICIAL.....	19
3.1.1. Cuadro de mano de obra.....	19
3.1.2. Cuadro de maquinaria.....	20
3.1.3. Cuadro de materiales.....	21
3.1.4. Anejo de justificación de precios.....	22
3.1.5. Cuadro de precios nº1.....	23
3.1.6. Cuadro de precios nº2.....	24
3.1.7. Mediciones.....	25
3.1.8. Desarrollo del presupuesto.....	26
3.1.9. Resumen del presupuesto.....	27
3.2. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 50% ARTIFICIAL.....	28
3.2.1. Cuadro de mano de obra.....	28
3.2.2. Cuadro de maquinaria.....	29
3.2.3. Cuadro de materiales.....	30
3.2.4. Anejo de justificación de precios.....	31
3.2.5. Cuadro de precios nº1.....	32
3.2.6. Cuadro de precios nº2.....	33
3.2.7. Mediciones.....	34
3.2.8. Desarrollo del presupuesto.....	35
3.2.9. Resumen del presupuesto.....	36

3.3. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 30% ARTIFICIAL.....	37
3.3.1. Cuadro de mano de obra.....	37
3.3.2. Cuadro de maquinaria.....	38
3.3.3. Cuadro de materiales.....	39
3.3.4. Anejo de justificación de precios.....	40
3.3.5. Cuadro de precios nº1.....	41
3.3.6. Cuadro de precios nº2.....	42
3.3.7. Mediciones.....	43
3.3.8. Desarrollo del presupuesto.....	44
3.3.9. Resumen del presupuesto.....	45
3.4. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 10% ARTIFICIAL.....	46
3.4.1. Cuadro de mano de obra.....	46
3.4.2. Cuadro de maquinaria.....	47
3.4.3. Cuadro de materiales.....	48
3.4.4. Anejo de justificación de precios.....	49
3.4.5. Cuadro de precios nº1.....	50
3.4.6. Cuadro de precios nº2.....	51
3.4.7. Mediciones.....	52
3.4.8. Desarrollo del presupuesto.....	53
3.4.9. Resumen del presupuesto.....	54

CAPÍTULO 1: PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN

LUCERNARIOS

1.1. CUADRO DE MANO DE OBRA.

Tabla 1. Cuadro de mano de obra del presupuesto de instalación de lucernarios.

Num.	Código	Descripción	Precio	Horas	Total
1	MOOC.8a.1.4	Medidas las horas trabajadas	19,650	107,019 h	2.102,92
2	MOOC.8a.1.3	Medidas las horas trabajadas	19,650	107,019 h	2.102,92
3	MOOC.8a.1.2	Medidas las horas trabajadas	19,650	57,960 h	1.138,91
4	MOOC.10a.1.4	Medidas las horas trabajadas	15,430	107,019 h	1.651,30
5	MOOC.10a.1.3	Medidas las horas trabajadas	15,430	107,019 h	1.651,30
6	MOOC.10a.1.2	Medidas las horas trabajadas	15,430	57,960 h	894,32
7	MOOV.10a.1.1	Medidas las horas trabajadas	15,160	107,019 h	1.622,41
8	MOOV.8a.1.1	Medidas las horas trabajadas	15,160	107,019 h	1.622,41
				Total mano de obra:	12.786,49

1.2. CUADRO DE MAQUINARIA.

Tabla 2. Cuadro de maquinaria del presupuesto de instalación de lucernarios.

Num.	Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1	MMAR.1aaaa.1.1	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	4,637 d	286,57
2	MMAR.1aaaa.1..2	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	2,512 d	155,24
3	MMAR.1aaaa.1.3b	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	107,019 d	6.613,77
4	MMAR.1aaaa.1.4	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	4,637 d	286,57
				Total maquinaria:	7.342,15

1.3. CUADRO DE MATERIALES

Tabla 3. Cuadro de materiales del presupuesto de instalación de lucernarios.

Num.	Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1	PFPL.2abf	Placa de policarbonato celular opal con un espesor de 4mm.	20,740	356,730 m2	7.398,58
2	PBTL.1eb.1.2	Perfil cuadrado hueco de 30x30mm, de aluminio anodizado de 15 micras, lijado y pulido, color plata.	7,830	193,200 m	1.512,76
			Total materiales:		8.911,34

1.4. ANEJO DE JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.

Tabla 4. Anejo de justificación de precios del presupuesto de instalación de lucernarios.

Código	Ud	Descripción		Total
1.1	m2	Apertura del hueco incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	0,300 h	Oficial 1º Vidrio	15,160 €	4,55 €
	0,300 h	Ayudante Vidrio	15,160 €	4,55 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	2,000 %	Costes Directos	9,900 €	0,20 €
		Precio total por m2		10,10 €
1.2	m2	Colocación perfiles metálicos incluidos medios auxiliares según la normativa genética.		
	0,300 h	Oficial 1º Carpintería	19,650 €	5,90 €
	0,300 h	Ayudante Carpintería	15,430 €	4,63 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	1,000 m	Perfil Aluminio	7,830 €	7,83 €
	2,000 %	Costes Directos	19,160 €	0,38 €
		Precio total por m2		19,54 €
1.3	m2	Colocación de los lucernarios en los huecos habilitados incluidos medios necesarios según normativa vigente		
	0,300 h	Oficial 1º Carpintería	19,650 €	5,90 €
	0,300 h	Ayudante Carpintería	15,430 €	4,63 €
	0,300 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	18,54 €
	1,000 m2	Placa Policarbonato	20,740 €	20,74 €
	2,000 %	Costes Directos	49,810 €	1,00 €
		Precio total por m2		50,81 €
1.4	m2	Sellado de lucernarios incluidos medios auxiliares según la normativa vigente		
	0,300 h	Ayudante Carpintería	15,430 €	4,63 €
	0,300 h	Oficial 1º Carpintería	19,650 €	5,90 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	2,000 %	Costes Directos	11,330 €	0,23 €
		Precio total por m2		11,56 €

1.5. CUADRO DE PRECIOS Nº1

Tabla 5. Cuadro de precios nº1 del presupuesto de instalación de lucernarios.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	m2 Apertura del hueco incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.	10,10	DIEZ EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
2	m2 Colocación perfiles metálicos incluidos medios auxiliares según la normativa genética.	19,54	DIECINUEVE EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3	m2 Colocación de los lucernarios en los huecos habilitados incluidos medios necesarios según normativa vigente	50,81	CINCUENTA EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS
4	m2 Sellado de lucernarios incluidos medios auxiliares según la normativa vigente	11,56	ONCE EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

1.6. CUADRO DE PRECIOS Nº2

Tabla 6. Cuadro de precios nº2 del presupuesto de instalación de lucernarios.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1	1.1 m2 Apertura del hueco incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	(Mano de obra)		
	Ayudante Vidrio 0,300 h 15,160	4,55	
	Oficial 1º Vidrio 0,300 h 15,160	4,55	
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera 0,013 d 61,800	0,80	
	(Medios auxiliares)	0,20	
	Total por m2:		10,10
	Son DIEZ EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS por m2		
2	1.2 m2 Colocación perfiles metálicos incluidos medios auxiliares según la normativa genética.		
	(Mano de obra)		
	Ayudante Carpintería 0,300 h 15,430	4,63	
	Oficial 1º Carpintería 0,300 h 19,650	5,90	
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera 0,013 d 61,800	0,80	
	(Materiales)		
Perfil Aluminio 1,000 m 7,830	7,83		
(Medios auxiliares)	0,38		
	Total por m2:		19,54
	Son DIECINUEVE EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS por m2		
3	1.3 m2 Colocación de los lucernarios en los huecos habilitados incluidos medios necesarios según normativa vigente		
	(Mano de obra)		
	Ayudante Carpintería 0,300 h 15,430	4,63	
	Oficial 1º Carpintería 0,300 h 19,650	5,90	
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera 0,300 d 61,800	18,54	
	(Materiales)		
Placa Policarbonato 1,000 m2 20,740	20,74		
(Medios auxiliares)	1,00		
	Total por m2:		50,81
	Son CINCUENTA EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS por m2		

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
4	1.4 m2 Sellado de lucernarios incluidos medios auxiliares según la normativa vigente		
	(Mano de obra)		
	Ayudante Carpintería	0,300 h	15,430
	Oficial 1º Carpintería	0,300 h	19,650
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera	0,013 d	61,800
	(Medios auxiliares)		0,23
	Total por m2:		11,56
	Son ONCE EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS por m2		

1.7. MEDICIONES.

Tabla 7. Cuadro de mediciones del presupuesto de instalación de lucernarios.

Nº	Ud	Descripción					Medición	
1.1	M2	Realización Aberturas						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		<i>Lucernarios</i>	20	14,100	1,265		356,730	
							356,730	356,730
						Total m2 :	356,730	
1.2	M2	Carpintería Metálica						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		<i>Perfiles Metálicos Longitudinales</i>	40	14,100	0,300		169,200	
		<i>Perfiles Metálicos Trasnversales</i>	40	2,000	0,300		24,000	
					193,200	193,200		
						Total m2 :	193,200	
1.3	M2	Instalación de lucernarios						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		<i>Policarbonatos</i>	20	14,100	1,265		356,730	
							356,730	356,730
						Total m2 :	356,730	
1.4	M2	Sellado						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		<i>Sellado</i>	20	14,100	1,265		356,730	
							356,730	356,730
						Total m2 :	356,730	

1.8. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.

Tabla 8. Presupuesto de instalación de lucernarios.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
1.1	M2	Realización Aberturas				
			Total m2 :	356,730	10,10	3.602,97
1.2	M2	Carpintería Metálica				
			Total m2 :	193,200	19,54	3.775,13
1.3	M2	Instalación de lucernarios				
			Total m2 :	356,730	50,81	18.125,45
1.4	M2	Sellado				
Total Presupuesto parcial nº 1 Presupuesto Instalación Lucernarios:					29.627,35	

1.9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.

Tabla 9. Resumen del presupuesto de instalación de lucernarios.

Capítulo	Importe (€)
1 presupuesto Instalación Lucernarios	29.627,35
Presupuesto de ejecución material (PEM)	29.627,35
13% de gastos generales	3.851,56
6% de beneficio industrial	1.777,64
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	35.256,55
21% IVA	7.403,88
Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA)	42.660,43

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS SESENTA EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

CAPÍTULO 2: PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUCERNARIOS

2.1. CUADRO DE MANO DE OBRA.

Tabla 10. Cuadro de mano de obra del presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

Num.	Código	Descripción	Precio	Horas	Total
1	MOOV.12a	Medidas las horas trabajadas	12,140	39,240 h	<u>476,37</u>
			Total mano de obra:		476,37

2.2. CUADRO DE MAQUINARIA.

Tabla 11. Cuadro de maquinaria del presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

Num. Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1 MMAR.1aaaa.1.1	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	4,637 d	286,57
			Total maquinaria:	286,57

2.3. ANEJO DE JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.

Tabla 12. Anejo de justificación de precios del presupuesto de mantenimiento lucernarios.

Código	Ud	Descripción		Total
1.1	m2	Tareas de mantenimiento de lucernarios incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente		
	0,110 h	Peón Ordinario vidrio	12,140 €	1,34 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	2,000 %	Costes Directos	2,140 €	0,04 €
			Precio total por m2	2,18 €

2.4. CUADRO DE PRECIOS Nº1

Tabla 13. Cuadro de precios nº1 del presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	m2 Tareas de mantenimiento de lucernarios incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente	2,18	DOS EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS

2.5. CUADRO DE PRECIOS Nº2

Tabla. 14. Cuadro de precios nº2 del presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1	1.1 m2 Tareas de mantenimiento de lucernarios incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente		
	(Mano de obra)		
	Peón Ordinario vidrio 0,110 h 12,140	1,34	
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera 0,013 d 61,800	0,80	
	(Medios auxiliares)	0,04	
	Total por m2:		2,18
	Son DOS EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS por m2		

2.6. MEDICIONES.

Tabla 15. Cuadro de mediciones del presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

N°	Ud	Descripción					Medición	
1.1	M2	Mantenimiento de lucernarios						
	<i>Lucernarios</i>		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			20	14,100	1,265		356,730	
							356,730	356,730
							Total m2 :	356,730

2.7. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.

Tabla 16. Presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M2	Mantenimiento de lucernarios			
			Total m2 :	356,730	2,18
					777,67
			Total Presupuesto parcial nº 1 Instalación Lucernarios :		777,67

2.8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.

Tabla 17. Resumen del presupuesto de mantenimiento de lucernarios.

Capítulo	Importe (€)
1 Instalación Lucernarios	777,67
Presupuesto de ejecución material (PEM)	777,67
13% de gastos generales	101,10
6% de beneficio industrial	46,66
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	925,43
21% IVA	194,34
Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA)	1.119,77

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de MIL CIENTO DIECINUEVE EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

CAPÍTULO 3: PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS

3.1. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 100% ARTIFICIAL.

3.1.1. Cuadro de mano de obra.

Tabla 18. Cuadro de mano de obra del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial

Num.	Código	Descripción	Precio	Horas	Total
1	MOOE.12a	Medidas las horas trabajadas	15,890	9,000 h	143,01
			Total mano de obra:		143,01

3.1.2. Cuadro de maquinaria.

Tabla 19. Cuadro de maquinaria del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial

Num. Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1 MMAR.1aaaa	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	0,390 d	24,10
			Total maquinaria:	24,10

3.1.3. Cuadro de materiales

Tabla 20. Cuadro de materiales del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial

Num. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1 M	Unidad de luminaria modelo PHILIPS BY481X ACW 1xLED350S/840 WB	1.100,000	30,000 ud	33.000,00
				<hr/>
			Total materiales:	33.000,00

3.1.4. Anejo de justificación de precios.

Tabla 21. Anejo de justificación de precios del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial

Código	Ud	Descripción		Total
1.1	Ud	Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	0,300 h	Peón Electricidad	15,890 €	4,77 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	1,000 ud	Recambio Luminaria	1.100,000 €	1.100,00 €
	2,000 %	Costes directos	1.105,570 €	22,11 €
		Precio total por Ud		1.127,68 €

3.1.5. Cuadro de precios nº1.

Tabla 22. Cuadro de precios nº1 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.	1.127,68	MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

3.1.6. Cuadro de precios nº2.

Tabla 23. Cuadro de precios nº2 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1	1.1 Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	(Mano de obra) Peón Electricidad	0,300 h	15,890
	(Maquinaria) Plataforma Elevadora de Tijera	0,013 d	61,800
	(Materiales) Recambio Luminaria	1,000 ud	1.100,000
	(Medios auxiliares)		22,11
	Total por Ud:		1.127,68
	Son MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS por Ud		

3.1.7. Mediciones.

Tabla. 24. Cuadro de mediciones del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial.

N°	Ud	Descripción						Medición
1.1	Ud	Colocación luminarias						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		<i>Unidades de luminaria</i>	30				30,000	
							30,000	30,000
							Total Ud :	30,00

3.1.8. Desarrollo del presupuesto.

Tabla 25. Presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Colocación luminarias			
			Total Ud :	30,000	1.127,68
					33.830,40
Total Presupuesto parcial nº 1 Presupuesto de mantenimiento de lumin...					33.830,40

3.1.9. Resumen del presupuesto.

Tabla 26. Resumen del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 100% Artificial.

Capítulo	Importe (€)
1 Presupuesto de mantenimiento de luminarias- Iluminación 100% A...	33.830,40
Presupuesto de ejecución material (PEM)	33.830,40
13% de gastos generales	4.397,95
6% de beneficio industrial	2.029,82
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	40.258,17
21% IVA	8.454,22
Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA)	48.712,39

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de CUARENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS DOCE EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

3.2. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 50% ARTIFICIAL.

3.2.1. Cuadro de mano de obra.

Tabla 27. Cuadro de mano de obra del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial

Num.	Código	Descripción	Precio	Horas	Total
1	MOOE.12a	Medidas las horas trabajadas	15,890	4,500 h	71,51
				Total mano de obra:	71,5

3.2.2. Cuadro de maquinaria.

Tabla 28. Cuadro de maquinaria del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial

Num. Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1 MMAR.1aaaa	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	0,195 d	12,05
Total maquinaria:				12,05

3.2.3. Cuadro de materiales

Tabla 29. Cuadro de materiales del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial

Num.	Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1	M	Unidad de luminaria modelo PHILIPS BY481X ACW 1xLED350S/840 WB	1.100,000	15,000 ud	16.500,00
			Total materiales:		16.500,00

3.2.4. Anejo de justificación de precios.

Tabla 30. Anejo de justificación de precios del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial

Código	Ud	Descripción		Total
1.1	Ud	Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	0,300 h	Peón Electricidad	15,890 €	4,77 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	1,000 ud	Recambio Luminaria	1.100,000 €	1.100,00 €
	2,000 %	Costes directos	1.105,570 €	22,11 €
		Precio total por Ud		1.127,68 €

3.2.5. Cuadro de precios nº1.

Tabla 31. Cuadro de precios nº1 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.	1.127,68	MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

3.2.6. Cuadro de precios nº2.

Tabla 32. Cuadro de precios nº2 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1	1.1 Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	(Mano de obra)		
	Peón Electricidad	0,300 h	15,890
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera	0,013 d	61,800
	(Materiales)		
	Recambio Luminaria	1,000 ud	1.100,000
	(Medios auxiliares)		22,11
	Total por Ud:		1.127,68
	Son MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS por Ud		

3.2.7. Mediciones.

Tabla 33. Cuadro de mediciones del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial.

Nº	Ud	Descripción						Medición
1.1	Ud	Colocación luminarias						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Unidades de luminaria	15				15,000	
							15,000	15,000
							Total Ud :	15,000

3.2.8. Desarrollo del presupuesto.

Tabla 34. Presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Colocación luminarias			
			Total Ud :	15,000	1.127,68
Total Presupuesto parcial nº 1 Presupuesto de mantenimiento de lumin...					16.915,20

3.2.9. Resumen del presupuesto.

Tabla 35. Resumen del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 50% Artificial.

Capítulo	Importe (€)
1 Presupuesto de mantenimiento de luminarias- Iluminación 100% A...	16.915,20
Presupuesto de ejecución material (PEM)	16.915,20
13% de gastos generales	2.198,98
6% de beneficio industrial	1.014,91
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	20.129,09
21% IVA	4.227,11
Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA)	24.356,20

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de VEINTICUATRO MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.

3.3. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 30% ARTIFICIAL.

3.3.1. Cuadro de mano de obra.

Tabla 36. Cuadro de mano de obra del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial

Num.	Código	Descripción	Precio	Horas	Total
1	MOOE.12a	Medidas las horas trabajadas	15,890	2,700 h	42,90
			Total mano de obra:		42,90

3.3.2. Cuadro de maquinaria.

Tabla 37. Cuadro de maquinaria del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial

Num. Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1 MMAR.1aaaa	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	0,117 d	7,23
			Total maquinaria:	7,23

3.3.3. Cuadro de materiales

Tabla 38. Cuadro de materiales del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial

Num. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1 M	Unidad de luminaria modelo PHILIPS BY481X ACW 1xLED350S/840 WB	1.100,000	9,000 ud	9.900,00
				<hr/>
			Total materiales:	9.900,00

3.3.4. Anejo de justificación de precios.

Tabla 39. Anejo de justificación de precios del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial

Código	Ud	Descripción		Total
1.1	Ud	Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	0,300 h	Peón Electricidad	15,890 €	4,77 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	1,000 ud	Recambio Luminaria	1.100,000 €	1.100,00 €
	2,000 %	Costes directos	1.105,570 €	22,11 €
		Precio total por Ud		1.127,68 €

3.3.5. Cuadro de precios nº1.

Tabla 40. Cuadro de precios nº1 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.	1.127,68	MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

3.3.6. Cuadro de precios nº2.

Tabla 41. Cuadro de precios nº2 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial.

Nº	Designación	Parcial (Euros)	Total (Euros)	
1	1.1 Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.			
	(Mano de obra)			
	Peón Electricidad	0,300 h	15,890	4,77
	(Maquinaria)			
	Plataforma Elevadora de Tijera	0,013 d	61,800	0,80
	(Materiales)			
Recambio Luminaria	1,000 ud	1.100,000	1.100,00	
(Medios auxiliares)			22,11	
	Total por Ud:		1.127,68	
Son MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS por Ud				

3.3.7. Mediciones.

Tabla 42. Cuadro de mediciones del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial.

Nº	Ud	Descripción						Medición
1.1	Ud	Colocación luminarias						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Unidades de luminaria	9				9,000	
							9,000	9,000
							Total Ud :	9,000

3.3.8. Desarrollo del presupuesto.

Tabla. 43. Presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Colocación luminarias			
			Total Ud :	9,000	1.127,68
Total Presupuesto parcial nº 1 Presupuesto de mantenimiento de lumin...					10.149,12

3.3.9. Resumen del presupuesto.

Tabla. 44. Resumen del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 30% Artificial.

Capítulo	Importe (€)
1 Presupuesto de mantenimiento de luminarias- Iluminación 100% A...	10.149,12
Presupuesto de ejecución material (PEM)	10.149,12
13% de gastos generales	1.319,39
6% de beneficio industrial	608,95
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	12.077,46
21% IVA	2.536,27
Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA)	14.613,73

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de CATORCE MIL SEISCIENTOS TRECE EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

3.4. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIAS – SITUACIÓN 10% ARTIFICIAL.

3.4.1. Cuadro de mano de obra.

Tabla 45. Cuadro de mano de obra del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial

Num.	Código	Descripción	Precio	Horas	Total
1	MOOE.12a	Medidas las horas trabajadas	15,890	0,900 h	14,30
			Total mano de obra:		14,30

3.4.2. Cuadro de maquinaria.

Tabla 46. Cuadro de maquinaria del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial

Num. Código	Descripción	Precio	Cantidad	Total
1 MMAR.1aaaa	Alquiler de plataforma elevadora móvil de personal PEMP de tijera diesel, para una altura de trabajo de 8m y una carga máxima en plataforma de 600 kg con un peso total de 2000 kg, incluso manual de instrucciones y formación del operador, conforme UNE EN 280:2001	61,800	0,039 d	2,41
			Total maquinaria:	2,41

3.4.3. Cuadro de materiales

Tabla 47. Cuadro de materiales del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial

Num. Código	Denominación del material	Precio	Cantidad	Total
1 M	Unidad de luminaria modelo PHILIPS BY481X ACW 1xLED350S/840 WB	1.100,000	3,000 ud	3.300,00
				<hr/>
			Total materiales:	3.300,00

3.4.4. Anejo de justificación de precios.

Tabla 48. Anejo de justificación de precios del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial

Código	Ud	Descripción		Total
1.1	Ud	Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	0,300 h	Peón Electricidad	15,890 €	4,77 €
	0,013 d	Plataforma Elevadora de Tijera	61,800 €	0,80 €
	1,000 ud	Recambio Luminaria	1.100,000 €	1.100,00 €
	2,000 %	Costes directos	1.105,570 €	22,11 €
		Precio total por Ud		1.127,68 €

3.4.5. Cuadro de precios nº1.

Tabla 49. Cuadro de precios nº1 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	Ud Tareas de mantenimiento de luminarias inlcuidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.	1.127,68	MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

3.4.6. Cuadro de precios nº2.

Tabla 50. Cuadro de precios nº2 del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1	1.1 Ud Tareas de mantenimiento de luminarias incluidos medios auxiliares necesarios según la normativa vigente.		
	(Mano de obra)		
	Peón Electricidad	0,300 h	15,890
	(Maquinaria)		
	Plataforma Elevadora de Tijera	0,013 d	61,800
	(Materiales)		
	Recambio Luminaria	1,000 ud	1.100,000
	(Medios auxiliares)		22,11
	Total por Ud:		1.127,68
	Son MIL CIENTO VEINTISIETE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS por Ud		

3.4.7. Mediciones.

Tabla. 51. Cuadro de mediciones del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial.

N°	Ud	Descripción					Medición	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
1.1	Ud	Colocación luminarias						
		<i>Unidades de luminaria</i>	3				3,000	
							3,000	3,000
							Total Ud :	3,000

3.4.8. Desarrollo del presupuesto.

Tabla 52. Presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Colocación luminarias			
			Total Ud :	3,000	1.127,68
Total Presupuesto parcial nº 1 Presupuesto de mantenimiento de lumin...					3.383,04

3.4.9. Resumen del presupuesto.

Tabla 53. Resumen del presupuesto de mantenimiento de luminarias – 10% Artificial.

Capítulo	Importe (€)
1 Presupuesto de mantenimiento de luminarias- Iluminación 100% A...	3.383,04
Presupuesto de ejecución material (PEM)	3.383,04
13% de gastos generales	439,80
6% de beneficio industrial	202,98
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	4.025,82
21% IVA	845,42
Presupuesto base de licitación (PBL = PEC + IVA)	4.871,24

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de CUATRO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.