



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

PRÓLOGO

Los motivos que me han impulsado a realizar un TFG de este tipo han sido varios. En primer lugar, la oferta y disponibilidad de este proyecto por parte de la profesora de Construcción y Arquitectura Industrial. En segundo lugar, mi interés por el contenido de la misma y la posibilidad de realizar un trabajo práctico, con aplicación en una empresa real de aditivos de hormigón y el interés personal por la implementación de tecnología a los procesos industriales como el estudio teórico de las bases de construcción de naves industriales o el manejo de software específico como DIALux o AutoCAD. Además de disponer de la increíble ventaja de tener contacto directo con la empresa.

Tras el resultado final, puedo decir que me siento satisfecho con el esfuerzo e inversión dedicados. Me siento reafirmado en mis habilidades y capacidad de elaborar documentos técnicos y realizar tareas que no dominaba en profundidad en un principio.

Me gustaría también aprovechar estas líneas para agradecer, en primer lugar, a mi familia, por el esfuerzo que han realizado durante tantos años para que yo pueda llegar hasta aquí, espero que se sientan tan orgullosos de mí como yo de ellos. A mi tutora M^a Cristina, por su disponibilidad, ayuda, consejos y dulce carácter que me han motivado y dado energía, aunque yo no las tuviera en ese momento. A mis amigos más cercanos, porque gracias a ellos río y disfruto de la vida a pesar de las obligaciones y responsabilidades. A todos los que rodean mi vida y generan un impacto positivo en mí, gracias de corazón.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

RESUMEN

En este proyecto se estudia un diseño de iluminación natural en una planta de procesado de productos químicos para la construcción, como son los aditivos. La industria de los aditivos está directamente relacionada con la del hormigón y cemento y resulta imprescindible para el sector de la construcción, no solo en España si no a nivel internacional, viendo como su producción no ha dejado de crecer a pesar de que los avances en tecnología permiten otro tipo de construcciones más baratas y ligeras.

Para el estudio de la luminosidad, en primer lugar, se enumerarán los objetivos que se buscan, así como una breve introducción al sector de los aditivos y sus diferentes tipologías. A continuación, se detallarán todas las características de las zonas a iluminar de la planta a estudiar y la enumeración de todos los parámetros necesarios para la correcta iluminación.

Después se plantearán varias propuestas para más tarde poder hacer una simulación de todas ellas a través del software Dialux.

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones, se comprobará si realmente se cumple con los requisitos mínimos para una iluminación correcta de las zonas a iluminar, por lo que, en ese caso, se optará por la elección de una propuesta.

Finalmente, se realizará un análisis económico para poder determinar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

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

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

RESUM

En aquest projecte s'estudia un disseny d'il·luminació natural en una planta de processament de productes químics per a la construcció, com són els additius. La indústria dels additius està directament relacionada amb la del formigó i ciment i resulta imprescindible per al sector de la construcció, no sols a Espanya si no a nivell internacional, veient com la seua producció no ha deixat de créixer a pesar que els avanços en tecnologia permeten un altre tipus de construccions més barates i lleugeres.

Per a l'estudi de la lluminositat, en primer lloc, s'enumeraran els objectius que es busquen, així com una breu introducció al sector dels additius i les seues diferents tipologies. A continuació, es detallaran totes les característiques de les zones a il·luminar de la planta a estudiar i l'enumeració de tots els paràmetres necessaris per a la correcta il·luminació.

Després es plantejaran diverses propostes per a més tard poder fer una simulació de totes elles a través del software Dialux.

Una vegada obtinguts els resultats de les simulacions, es comprovarà si realment es compleix amb els requisits mínims per a una il·luminació correcta de les zones a il·luminar, per la qual cosa, en eixe cas, s'optarà per l'elecció d'una proposta.

Finalment, es realitzarà un anàlisi econòmic per a poder determinar la rendibilitat i viabilitat del projecte.

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

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

ABSTRACT

In this project, a design of natural lighting is studied in a plant for processing chemical products for construction, such as additives. Additives industry is directly related to that of concrete and cement and is essential for the construction sector, not only in Spain but internationally, as seeing its production has not stopped growing despite the advances in technology allow other cheaper and lighter constructions.

For the study of luminosity, the objectives sought will be listed first, as well as a brief introduction to the additive sector and its different typologies. Next, all the characteristics of the areas to be illuminated of the plant to be studied and a list of all the parameters necessary for correct lighting will be detailed.

Then, several proposals will be made so that later on we can simulate all of them through the Dialux software.

Once the results of the simulations have been obtained, it will be verified whether the minimum requirements for correct lighting of the areas to be illuminated are actually met, so in that case, the choice of a proposal will be chosen.

Finally, an economic analysis will be carried out in order to determine the profitability and viability of the project.

Key words: concrete, economic viability, natural and artificial lighting system.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE
UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN.

ÍNDICE

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	OBJETIVOS	1
2	PRESENTACIÓN A LOS ADITIVOS Y TIPOLOGÍAS.....	1
2.1	Tipologías.....	1
3	HORMIGÓN, CEMENTO Y EVOLUCION HISTÓRICA	2
3.1	Presentación del hormigón	2
3.2	Evolución de la fabricación del cemento y su influencia en la economía	3
3.3	Organigrama.....	6
3.4	Diagrama de bloques del proceso productivo	7
3.5	Descripción del proceso productivo de los aditivos.....	8
3.6	Distribución en planta	8
4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	9
5	ILUMINACIÓN	10
5.1	Tipos de iluminación.....	10
5.1.1	Iluminación artificial	11
5.1.2	Iluminación natural	11
5.2	Requerimientos de la planta	13
5.3	Métodos de cálculo	14
5.3.1	Método analítico	14
5.3.2	Situación aberturas	16
5.3.3	Eficiencia energética.....	16
6	DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL.....	18
6.1	Requisitos de la planta y secciones	18
6.2	Estimación de superficies teóricas de aberturas.....	20
6.3	Propuesta de sistemas de iluminación natural	21
6.3.1	Parámetros geométricos en Dialux	21
6.3.2	Propuesta 1	23
6.3.3	Propuesta 2	24
6.3.4	Propuesta 3	24
6.4	Resultados de las simulaciones	25
6.4.1	Resultados de la propuesta 1	26
6.4.2	Resultados de la propuesta 2	28
6.4.3	Resultados de la propuesta 3	30
6.5	Selección de la propuesta más adecuada	33

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

6.5.1	Propuesta seleccionada.....	38
6.6	Iluminación artificial.....	38
6.7	Eficiencia energética.....	39
7	ANÁLISIS ECONÓMICO	39
7.1	Presupuesto.....	39
7.2	Balance económico	40
7.2.1	Sistema con el 100% de iluminación artificial	44
7.2.2	Sistema con 30% de iluminación artificial y 70% de iluminación natural	44
7.2.3	Sistema con 10% de iluminación artificial y 90% de iluminación natural	46
7.3	RENTABILIDAD.....	47
8	CONCLUSIONES	50
9	Bibliografía.....	51

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1	LUCERNARIOS.....	53
1.1	Presupuesto de lucernarios.....	53
1.2	Presupuesto de mantenimiento de lucernarios.....	55
2	LUMINARIAS.....	56
2.1	Presupuesto mantenimiento de luminarias.....	56
2.1.1	Presupuesto para luminarias al 100%.....	56
2.1.2	Presupuesto para luminarias al 30%.....	57
2.1.3	Presupuesto para luminarias al 10%.....	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Evolución de producción de cemento (European Cement Association(CEMBUREAU))	3
Ilustración 2	Producción y consumo de comento por regiones(International Cement Preview).....	4
Ilustración 3	Evolución de la producción de cemento gris del sector cementero Español.....	5
Ilustración 4	Producción del cemento gris en España por zonas(Ministerior de Energía, Turismo y Agenda digital)	5
Ilustración 5	Organigrama de la empresa	6
Ilustración 6	Diagrama de bloques del proceso productivo para la fabricación de aditivos	7
Ilustración 7	Parcela y planta a estudiar	9
Ilustración 8	Tipos de iluminación.....	11
Ilustración 9	Tipos de iluminación natural	12
Ilustración 10	Factor ventana.....	15
Ilustración 11	actor reducción ventana/muro	15
Ilustración 12	Factor de reflexión.....	15
Ilustración 13	Iluminación según UNE12464.1 para productos relacionados con el cemento.....	18

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE
UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN.

Ilustración 14 Criterio de no deslumbramiento	20
Ilustración 15 Vista alzado de la planta a estudiar.....	22
Ilustración 16 Vista 2 de la planta a estudiar	23
Ilustración 17 Vista 3 de la planta a estudiar	23
Ilustración 18 Vista de la propuesta 1	24
Ilustración 19 Vista de la propuesta 2	24
Ilustración 20 Vista de la propuesta 3	25
Ilustración 21 Plano de grises en Invierno de la propuesta 1	26
Ilustración 22 Plano de grises en verano de la propuesta 1.....	26
Ilustración 23 Plano de grises en invierno de la propuesta 2	28
Ilustración 24Plano de grises en verano de la propuesta 2	28
Ilustración 25 Plano de grises en invierno de la propuesta 3	30
Ilustración 26 Plano de grises en verano de la propuesta 3.....	30
Ilustración 27 Horario de periodos Punta, Valle y Llano	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntos mínimos dependiendo del parametro K.....	17
Tabla 2 Zonas e iluminación necesaria media.....	19
Tabla 3 Datos a introducir de las propuestas.....	21
Tabla 4 Superficies de las propuestas	21
Tabla 5 Resultados de verano e invierno para la propuesta 1	27
Tabla 6 Resultados de propuesta 1 en verano e invierno por zonas	27
Tabla 7 Resultados de verano e invierno para la propuesta 2	29
Tabla 8 Resultados en verano e invierno por zonas de la propuesta 2.....	29
Tabla 9 Resultados en verano e invierno de la propuesta 3.....	31
Tabla 10 Resultados en verano e invierno por zonas de la propuesta 3.....	31
Tabla 11 Evaluación de los resultados de todas las propuestas	32
Tabla 12 Valores óptimos	33
Tabla 13 Resultados de todas las propuestas	34
Tabla 14 Evaluación de la propuesta 1	35
Tabla 15Evaluación de la propuesta 2.....	36
Tabla 16 Evaluación de la propuesta 3.....	37
Tabla 17 Valor de eficiencia Energética	39
Tabla 18 VEEL para una iluminación artificial 100%	39
Tabla 19VEEL para una iluminación artificial al 30%.....	39
Tabla 20VEEL para una iluminación artificial al 10%.....	39
Tabla 21 Elementos de la nave.....	40
Tabla 22 Precios por periodos	41
Tabla 23Horas por periodo y por meses	42
Tabla 24 Coste total de electricidad para 100% artificial	44
Tabla 25 Coste total anual para un sistema 100% artificial	44
Tabla 26Elementos necesarios para un sistema al 30% de iluminación artificial	45
Tabla 27 Coste total de electricidad para un sistema al 30% artificial.....	45
Tabla 28 Coste total anual para un sistema al 30% de artificial.....	46
Tabla 29 Elementos para un sistema de iluminación artificial al 10%	46
Tabla 30Coste total de electricidad para un sistema al 10% de artificial.....	47
Tabla 31Coste total anual para un sistema de iluminacióna artificial al 10%	47

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE
UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN.

Tabla 32	Evaluación costes de diferentes sistemas	48
Tabla 33	Datos de VAN y TIR	49
Tabla 34	Presupuesto para hueco de la instalación.....	53
Tabla 35	Presupuesto para perfil metálico	53
Tabla 36	Presupuesto para Policarbonatos.....	53
Tabla 37	Presupuesto para Microperfiles metálicos.....	54
Tabla 38	Cálculo de metros totales necesarios para el perfil metálico	54
Tabla 39	Cálculo de metros totales necesarios para la realización del hueco	54
Tabla 40	Cálculo de metros totales para la inclusión de policarbonatos.....	54
Tabla 41	Cálculo de metros totales para el micro-perfil metálico	54
Tabla 42	Presupuesto de ejecución material de toda la instalación.....	55
Tabla 43	Presupuesto base de licitación	55
Tabla 44	Presupuesto de mantenimiento de lucernarios	55
Tabla 45	Cálculo de metros totales necesarios para la realización del hueco para lucernarios.....	55
Tabla 46	Presupuesto para el mantenimiento total	56
Tabla 47	Presupuesto base de licitación para mantenimiento.....	56
Tabla 48	Presupuesto para luminarias al 100%	56
Tabla 49	Presupuesto base licitación para 16 luminarias	57
Tabla 50	Presupuesto total anual de luminarias para 100% artificial.....	57
Tabla 51	Presupuesto para luminarias al 30%	57
Tabla 52	Presupuesto Base de licitación de luminarias para un sistema al 30% artificial	58
Tabla 53	Presupuesto total anual de luminarias para 30% artificial.....	58
Tabla 54	Presupuesto para luminarias al 30%	58
Tabla 55	Presupuesto base de licitación para luminarias al 10% artificial.....	58
Tabla 56	Presupuesto total anual de luminarias para un sistema del 10% artificial	59

ÍNDICE DE ANEJOS

ANEJO 1 Dialux Light

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

MEMORIA

1 OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- Implantar los conceptos de la asignatura de Construcción y Arquitectura Industrial al diseño y simulación de un sistema de iluminación natural energéticamente eficiente.
- Diseñar un sistema de iluminación natural partiendo de que funciona con luz artificial para una planta industrial dedicada a la fabricación de productos químicos para la construcción. Se realizará mediante el método analítico y a través del software DIALux,
- Asegurar la eficiencia energética del proyecto mediante propuestas de iluminación artificial y natural.
- Elaborar un presupuesto del proyecto, estudiando del mismo la viabilidad y rentabilidad económica
- Analizar la viabilidad económica a partir de los costes obtenidos del consumo eléctrico de la planta industrial.

Previamente a la introducción del significado de los aditivos y sus tipologías, es importante destacar que la nave industrial a estudiar está basada en la producción de estos. La producción básicamente se basa en la recepción de materias primas de las cuales, a través de un proceso de mezclado mediante unos agitadores industriales, a unas determinadas condiciones de trabajo, formarán el producto acabado.

2 PRESENTACIÓN A LOS ADITIVOS Y TIPOLOGÍAS

Aditivos:

Los aditivos son unas sustancias tanto sean orgánicas como inorgánicas, que se introducen en el hormigón realizando una mezcla para así poder mejorar algunas de sus propiedades físicas. La planta industrial en la que se centra este trabajo se dedica a la fabricación de estos aditivos sobre todo para acelerar el proceso de fraguado del hormigón. Estos aditivos pueden producirse tanto en estado líquido como en sólido. (PARRO, 2021)

2.1 Tipologías

Es importante tener en cuenta la gran variedad de tipologías de aditivos en el mercado.

Tipologías de Aditivos en los mercados

- Aditivos Plastificantes
- Retardadores
- Aceleradores
- Incorporadores de Aire
- Expansores

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- Impermeabilizantes

Aditivos Plastificantes

Una de las características más importantes de estos aditivos es la plasticidad reduciendo la fricción dinámica del hormigón y economizar el uso del cemento hasta un 15%.

Aditivos Retardadores

Aditivos que permiten el retraso del endurecimiento del cemento para aquel que se ha fabricado fuera del emplazamiento de la obra.

Aditivos Aceleradores

El caso contrario que el anterior mencionado, su característica principal es acelerar el proceso de fraguado del cemento.

Aditivos Incorporadores de Aire

Aditivos que sirven para aumentar la resistencia térmica del material creando en su interior burbujas.

Aditivos Expansores

Aditivos concretos para llenar algunos espacios donde se requiera rellenar algún vacío.

Aditivos Impermeabilizantes

Necesarios para la reducción de permeabilidad llegando a aumentar la trabajabilidad del hormigón.

Como bien se explica anteriormente, la empresa a estudiar es una nave dedicada a la fabricación de aditivos, por lo que será tanto necesario entender el significado y las tipologías de los aditivos como su uso y en qué sector están aplicados. Para ello, se va a introducir el elemento principal y su evolución histórica del sector de la construcción. (CYMPER, 2021)

3 HORMIGÓN, CEMENTO Y EVOLUCION HISTÓRICA

3.1 Presentación del hormigón

El hormigón es un producto elaborado por una mezcla de materias; agua, arena viva, grava y cemento. El producto de esta mezcla es el elemento principal en el sector de la construcción ya que le da resistencia, durabilidad, versatilidad, bajo mantenimiento, resistencia al fuego, inercia térmica.

Es aquí donde los aditivos, como se comentaba anteriormente, juegan un papel fundamental para este sector ya que son los responsables de la alteración de las características del hormigón. La planta industrial en la que se centra este trabajo se dedica a la fabricación de estos aditivos sobre todo para acelerar el proceso de fraguado del hormigón. Estos aditivos pueden producirse tanto en estado líquido como en sólido.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

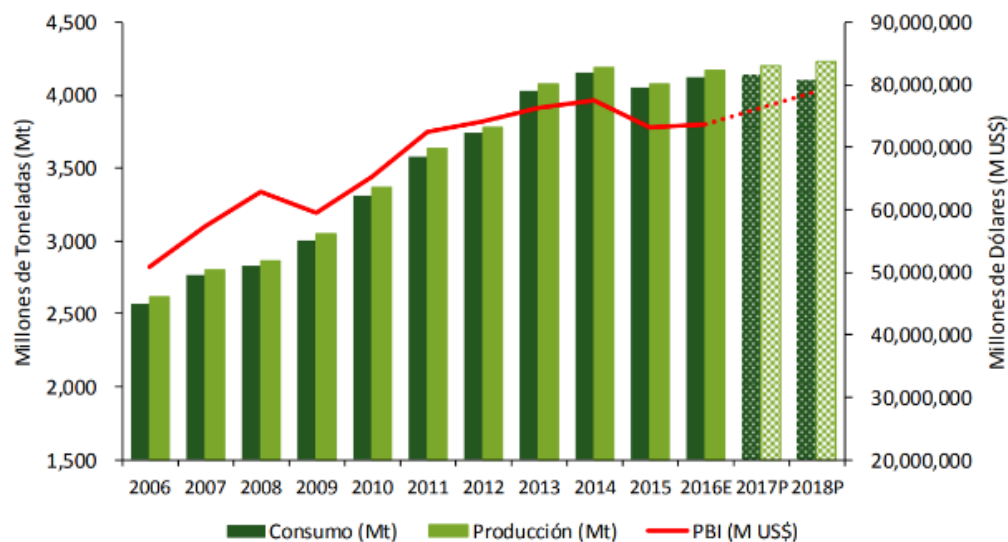
Fraguado:

El fraguado del hormigón es una parte fundamental de la producción de este material ya que determina la resistencia del mismo a medida que va endureciendo. La aceleración de este proceso sin afectar a sus cualidades resistivas implica una producción mucho más económica y los aditivos ayudan a acelerar este proceso. Además, es importante controlar la proporción agua/cemento de la mezcla para que alcance sus condiciones constructivas óptimas, ya que, si la proporción es mayor de la necesaria para la reacción química del proceso de fraguado, el agua sobrante permanecerá en el interior del hormigón y posteriormente se evaporará, produciendo una elevada porosidad en el material.

3.2 Evolución de la fabricación del cemento y su influencia en la economía

En cuanto a la fabricación de cemento a nivel mundial, Europa ha sido uno de los países que menos millones de toneladas ha producido. Analizando los valores desde el año 2006 hasta el 2018, que encontramos en la tabla 1, nuestro continente ha estado siempre por debajo en la producción de este material. En cambio, el continente asiático ha sido el continente puntero en este sector.

Ilustración 1 Evolución de producción de cemento



Fuente: Internacional Cement Review, Banco Mundial y FMI
Elaboración: ASOCEM

(Fuente: (ASOCEM, 2021))

Ilustración 2 Producción y consumo de cemento por regiones(International Cement Preview)

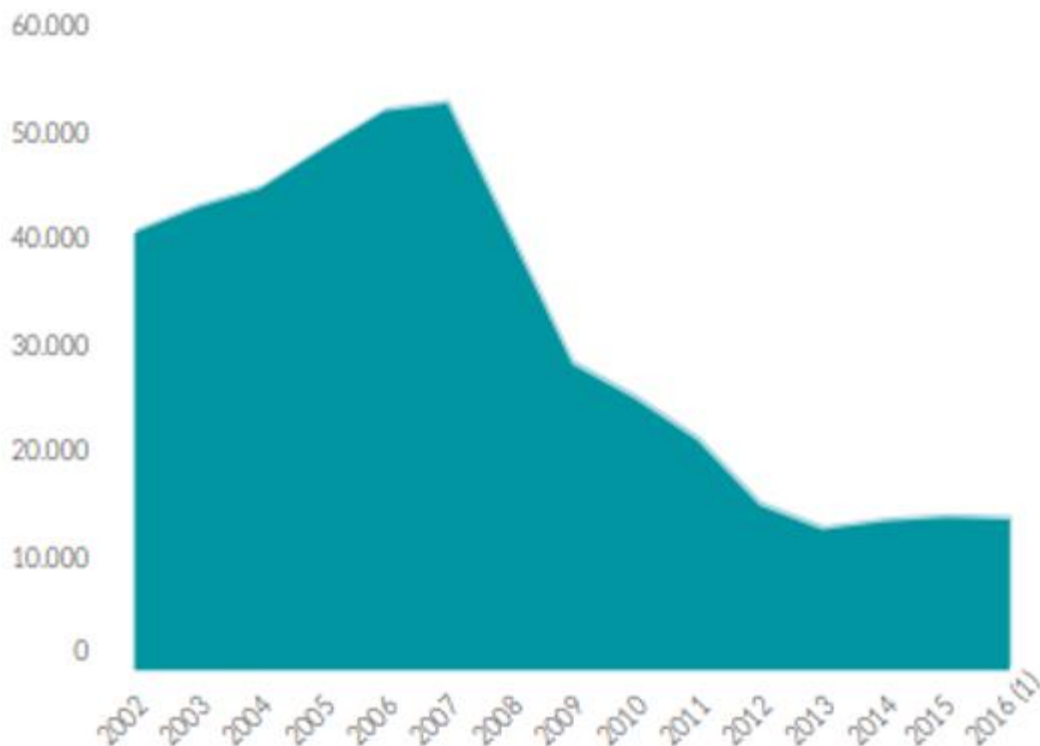
Región	2010		2011		2012E ⁽²⁾	
	Producción	Consumo	Producción	Consumo	Producción	Consumo
América Latina y el Caribe	161.150	159.390	172.460	170.370	180.110	178.120
Norte América ⁽¹⁾	77.470	79.980	79.000	81.030	86.530	90.390
Europa Occidental	243.090	221.770	253.380	230.420	230.500	207.800
Europa Central	26.990	26.520	28.170	26.540	27.290	25.280
Europa Oriental	84.900	82.820	94.500	94.470	102.210	102.870
Norte y Este de África	118.860	130.310	116.580	126.460	133.060	136.180
Centro y Sur de África	30.720	40.570	37.800	45.400	45.100	50.520
Medio Oriente	169.040	167.090	176.620	176.730	188.070	181.810
Subcontinente Indio	276.840	273.920	293.750	293.500	302.200	303.520
Norte de Asia	2.008.080	1.959.730	2.209.800	2.161.180	2.352.770	2.272.310
Sur de Asia	157.420	156.450	166.560	165.910	172.610	173.850
Australasia	10.290	13.140	10.120	13.160	10.430	13.430
Total	3.364.850	3.311.690	3.638.740	3.585.170	3.830.880	3.736.080

(Fuente: (CEMNET, 2021))

Ahora bien, haciendo un análisis de España, que es el país de interés, como se puede observar en el gráfico de la tabla 3, desde el año 2002 hasta el año 2007, este sector incrementa su importancia, pero a partir del año 2008 la producción nacional de cemento va decreciendo hasta caer en el punto de producción más bajo en el año 2013. Efecto debido a la crisis económica en el sector de la construcción, causado por la famosa “burbuja inmobiliaria”.

Algo clave para esta situación han sido los aditivos para la fabricación del hormigón ya que han permitido la reducción de costes de fabricación y al mismo tiempo dando valor añadido como es la modificación de propiedades de endurecido. Ahora bien, siempre se ha de tener en cuenta la utilización de estos mismo, ya que un mal uso en las proporciones puede dar lugar a una mala formulación del cemento, por lo que, puede llegar a causar consecuencias negativas en la estructura.

Ilustración 3 Evolución de la producción de cemento gris del sector cementero Español



(Fuente: (OFICEMEN, 2017))

Ilustración 4 Producción del cemento gris en España por zonas(Ministerio de Energía, Turismo y Agenda digital)

Zonas producción	2014	2015	2016 (1)	Variación 2015 / 2014		Variación 2016 (1) / 2015	
				Absoluta	%	Absoluta	%
Andalucía	2.624.950	2.576.489	2.611.748	-48.461	-1,8%	35.259	1,4%
Cataluña	2.248.186	2.280.328	2.533.402	32.142	1,4%	253.074	11,1%
Centro	3.135.954	3.444.276	3.338.994	308.323	9,8%	-105.282	-3,1%
Norte	1.686.297	1.688.844	1.753.101	2.547	0,2%	64.257	3,8%
Oeste	2.844.100	2.820.494	2.521.605	-23.606	-0,8%	-298.889	-10,6%
Total zonas	12.539.488	12.810.431	12.758.850	270.943	2,2%	-51.581	-0,4%

(1) Año 2016: datos provisionales.

Fuente: Oficemen, Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.

Zona Centro: está formada por las Comunidades Autónomas de Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Extremadura, Madrid y Murcia.

Zona Norte: está formada por las Comunidades Autónomas de Aragón, La Rioja, Navarra y País Vasco.

Zona Oeste: está formada por las Comunidades Autónomas de Castilla y León, Galicia, Asturias y Cantabria.

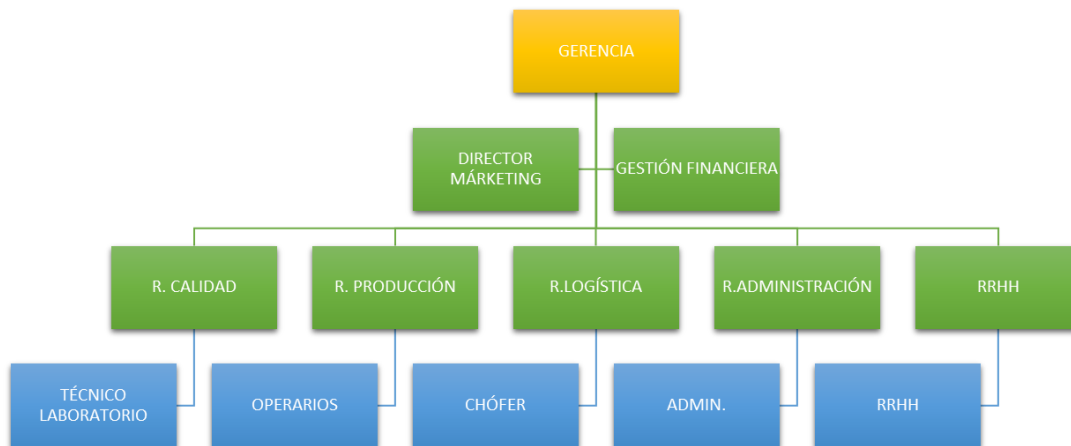
(Fuente: (OFICEMEN, 2017))

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

A continuación, se detalla el organigrama de la empresa de los cuales se ha basado este análisis y descripción, aunque por el derecho de privacidad de la empresa no se va a mostrar el nombre de ésta misma.

3.3 Organigrama

Ilustración 5 Organigrama de la empresa



(Fuente:Elaboración propia)

Las principales responsabilidades de los diferentes cargos en la empresa:

Operario de Producción

- Mano de obra encargada de llevar a cabo la producción.

Encargado de Producción

- Control del proceso en todo momento para tener una producción estable y regular.
- Dirigir grupos, así como turnos de trabajo para organizar la producción.

Técnico Calidad-MA

- Control del producto al final de cada producción para llevar a cabo en envase y la comercialización.

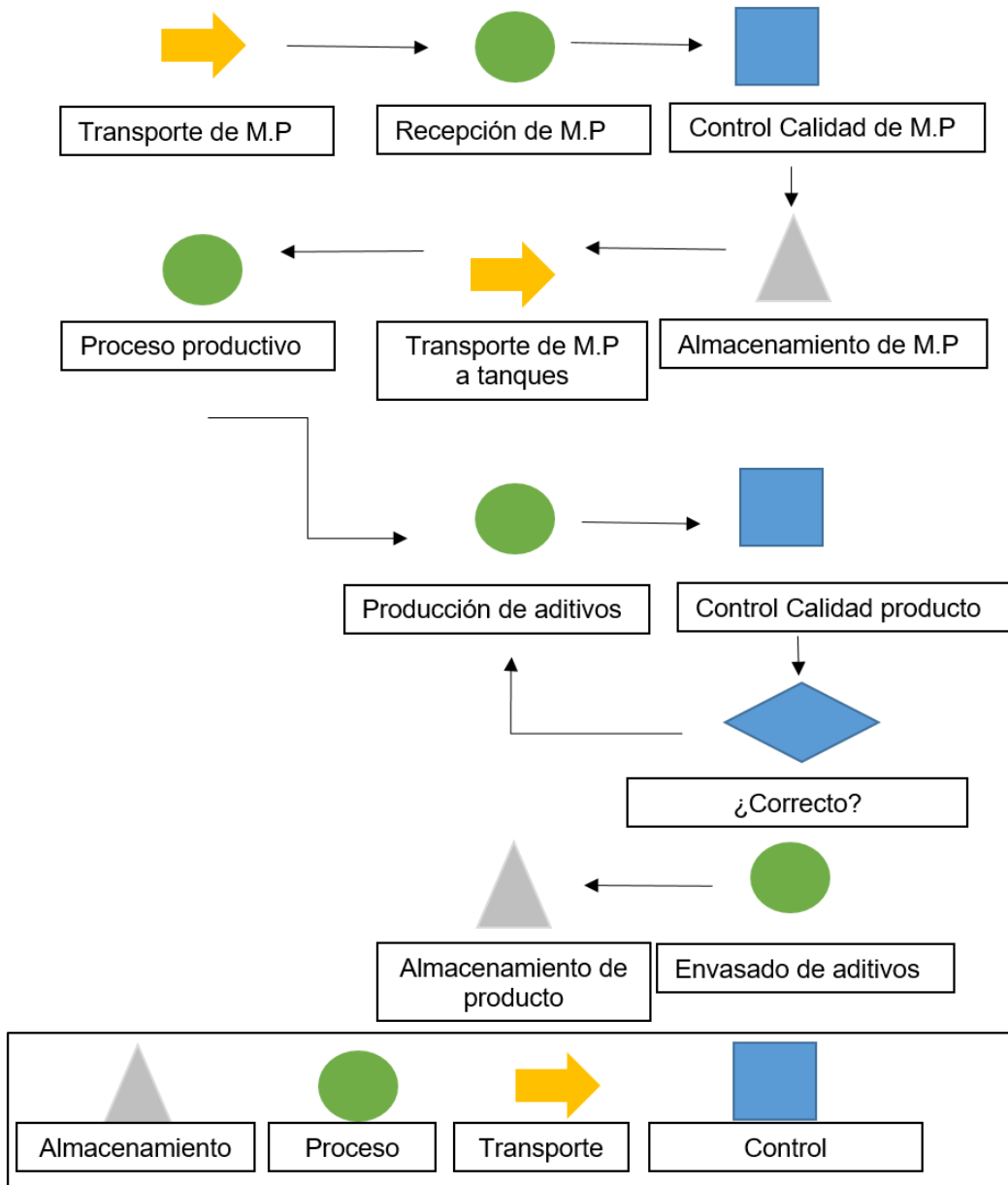
Gerente

- Líder de la empresa siempre velando por el bienestar, beneficio y los recursos necesarios de la organización.

3.4 Diagrama de bloques del proceso productivo

A continuación, se detalla el diagrama de bloques del proceso productivo de la planta de fabricación de aditivos para la construcción.

Ilustración 6 Diagrama de bloques del proceso productivo para la fabricación de aditivos



(Fuente: Elaboración propia)

3.5 Descripción del proceso productivo de los aditivos

El proceso productivo de los aditivos es un proceso sencillo y está muy normalizado sometiéndose a procesos que siguen unas pautas reglamentarias. Sin embargo, como toda empresa en la búsqueda de maximizar sus beneficios debe mejorar el proceso todo lo posible.

En primer lugar, el transporte, como pueden ser furgones o camiones cisterna donde llevan almacenadas las materias primas con las que se fabricarán los propios aditivos. Se encargan de transportar hasta la nave 1 las materias primas. Estos camiones se vacían con mangueras y llevan las materias con las que se va a realizar la producción hasta unos depósitos donde se almacenan las sustancias evitando su vertido o degradación. Cabe destacar que en el sistema productivo no se requiere ninguna fuente de refrigeración ni de calefacción para conservar bien el producto ya que son materiales que no pierden sus propiedades físicas y químicas ni con el paso del tiempo ni diferencias de temperatura.

Seguidamente desde los depósitos de almacenamiento se bombea a partir de unas bombas la materia prima hacia unos tanques de agitación. Dichos tanques están digitalizados para mandar la orden a las válvulas de la cantidad exacta que se necesita para realizar cada tipología de producto. Con la programación automática de este proceso conseguimos obtener siempre la cantidad exacta de componente para su aplicación y efecto óptimo del aditivo para después poder introducir el cliente final como producto el hormigón y además evitar errores de formulación ya que evitamos el factor humano, además de evitar el sobre exceso de material consiguiendo de nuevo una producción más económica.

Una vez en los tanques de agitación, estos realizan la mezcla de producto durante un cierto tiempo para conseguir la formación del material deseado. Una vez finalizado ese tiempo se procede al vaciado de estos con un sistema de purga integrado en los tanques para mejorar la calidad del producto y eliminar impurezas.

Finalmente, el producto es almacenado en estado líquido en camiones cisterna habitualmente para su transporte al lugar de empleo. Los aditivos en estado sólido se podrán almacenar en sacos en el stock o tanques siempre bien sellados para evitar cualquier desperdicio de material para así también poder hacer una buena previsión de stock para poder dar servicio “just in time” a los clientes y que no se repercutan demoras en servicio.

3.6 Distribución en planta

La distribución en planta se podrá encontrar en la ilustración 7 del capítulo 4 descripción del proyecto.

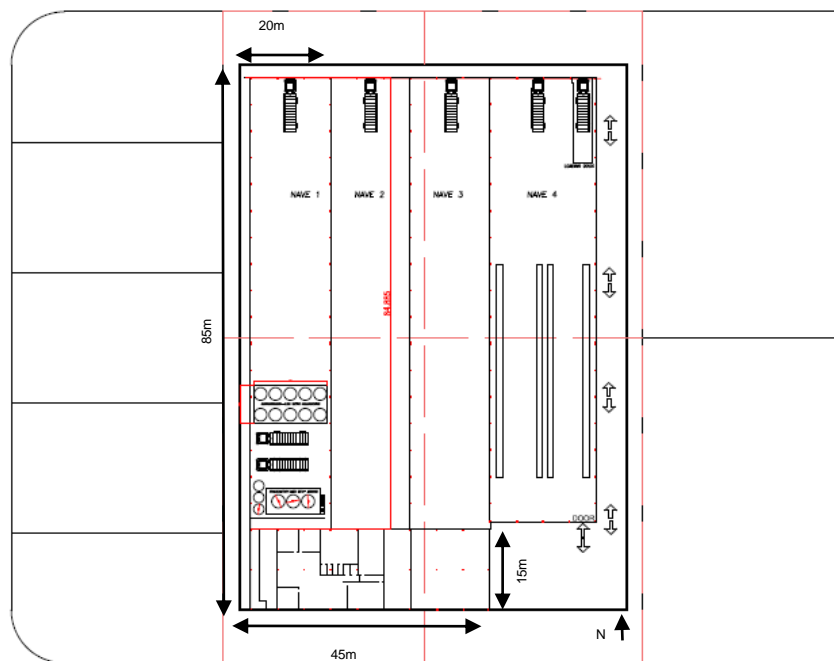
4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto que se va a realizar está enfocado a la implementación de un sistema de iluminación natural para una nave industrial dedicada a la fabricación de productos químicos para la construcción.

La planta industrial a estudiar está formada por cuatro naves de dimensiones 85 x 15 m² las tres primeras, y la ultima de dimensiones de 85 x 20 m². Fuera de las naves industriales hay un edificio anexo de oficinas con dimensiones de 45 x 15m². La superficie total de la nave es de 5525 m² sin contar el edificio de oficinas. El proyecto se realizará en base solo a la nave 1, señalada en el plano de la parcela, el resto de las naves no tienen ningún proceso productivo, por lo que se opta a no estudiar dichas naves anexas.

La planta industrial se ubicará en el polígono " Nuevo Tollo", en Utiel, Valencia.

Ilustración 7 Parcela y planta a estudiar



(Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se mencionan los puntos a seguir para el desarrollo del proyecto:

- Estudio minucioso de las distintas zonas de trabajo de la nave industrial a analizar
- Planteamiento de las propuestas de iluminación
- Simulación de dichas propuestas
- Selección de la propuesta idónea

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- Elaboración de un estudio económico

En primer lugar, será necesario realizar como se ha comentado anteriormente un estudio de la nave industrial ya que todas sus características, serán clave para adaptar dicho estudio.

A continuación, una vez obtenido el estudio de la nave industrial se optará por plantear las diferentes propuestas de iluminación.

Una vez, se hayan planteado las propuestas se llevará a cabo la simulación de dichas propuestas para finalmente poder analizarlas y poder optar a una propuesta óptima.

Finalmente, una vez obtenida la propuesta idónea para dicho proyecto, se buscará la elaboración de un estudio económico siempre teniendo en cuenta la eficiencia energética.

5 ILUMINACIÓN

La iluminación en una planta Industrial es esencial ya que ésta es la que permite que los operarios que trabajan en la planta desarrollen sus actividades de forma segura y eficiente. Dependiendo de los niveles de iluminación el operario realizara una actividad con mayor o menor confort. Una iluminación mal orientada o excesiva puede causar a los operarios problemas de iluminación como deslumbramientos dependiendo del grado en que inciden los haces de luz o falta de luz así como dolores de cabeza, fatiga y trastornos oculares.

La normativa por la cual se rige la Unión Europea es la DIN 5035, pero en este trabajo se opta por la regla UNE 12464.1 que no es de obligado cumplimiento. En España el RD 486/97 es el que rige la legalidad de estos factores.

De este modo en función de la posición del sol la iluminación natural estará sujeta a constantes variaciones para estudiar el provecho de la iluminación natural nos valdremos del programa Dialux.

5.1 Tipos de iluminación

Definimos por tanto dos tipos de iluminación:

- **Iluminación natural:** La iluminación natural, proveniente de la luz del sol es la más eficiente y económica. Sin embargo, contamos con todas las limitaciones y la variabilidad de la luz del día.
- **Iluminación artificial:** La iluminación artificial es la luz que es procedente de otro tipo de fuentes diferentes a la luz solar, significarán un coste adicional al proceso.
- **Iluminación mixta:** Iluminación en las que las fuentes luminosas distribuyen del 40% al 60% de su luz hacia abajo y el resto hacia arriba

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

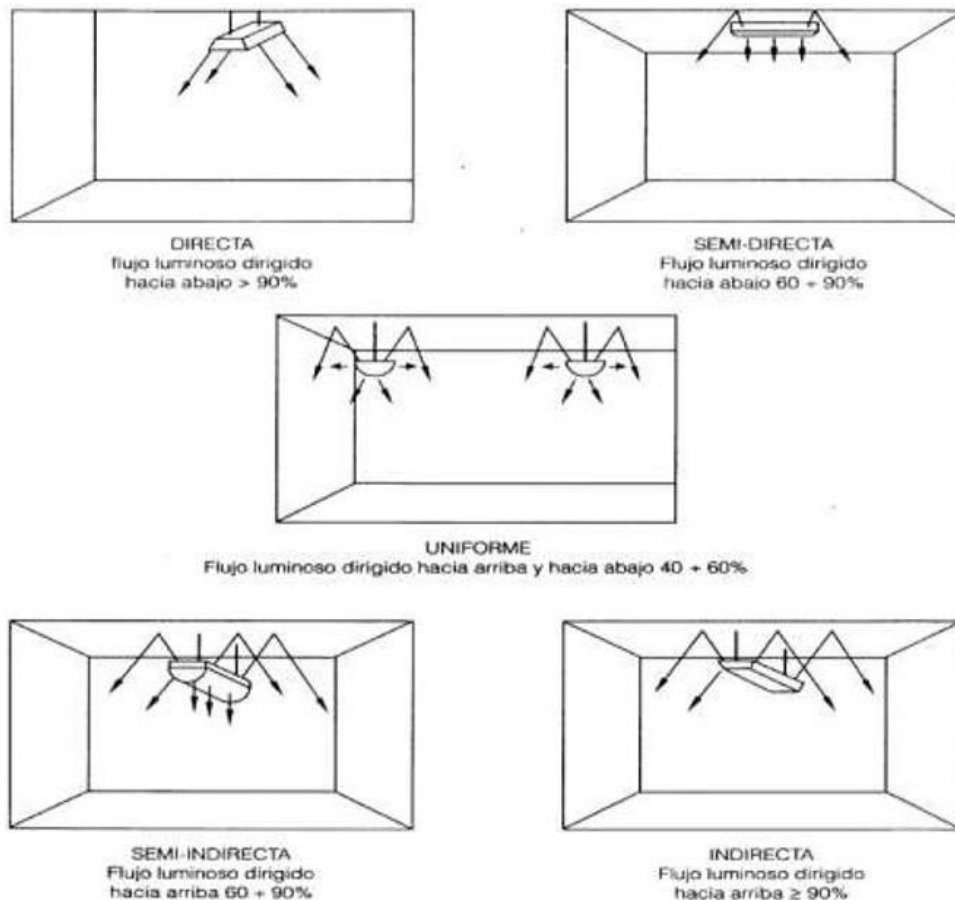
También clasificará la iluminación, según la cantidad de sector al que ilumina:

- **Iluminación general:** aquella luz que ilumina de forma uniforme a diversas zonas.
- **Iluminación localizada:** aquella luz que incide sobre una zona concreta creando diferentes zonas y niveles de iluminación.

5.1.1 Iluminación artificial

La iluminación artificial es la luz que es procedente de otro tipo de fuentes diferentes a la luz solar, significarán un coste adicional al proceso.

Ilustración 8 Tipos de iluminación



(Fuente: (UPV, 2018))

5.1.2 Iluminación natural

La iluminación natural, proveniente de la luz del sol es la más eficiente y económica. Sin embargo, contamos con todas las limitaciones y la variabilidad de la luz del día.

Algunos factores que pueden crear variaciones en la iluminación en espacios abiertos son:

- El movimiento de translación de la Tierra, ya que este movimiento nos diferencia las estaciones, y

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

dependiendo de la estación en la que estemos, la intensidad de la luz irá cambiando.

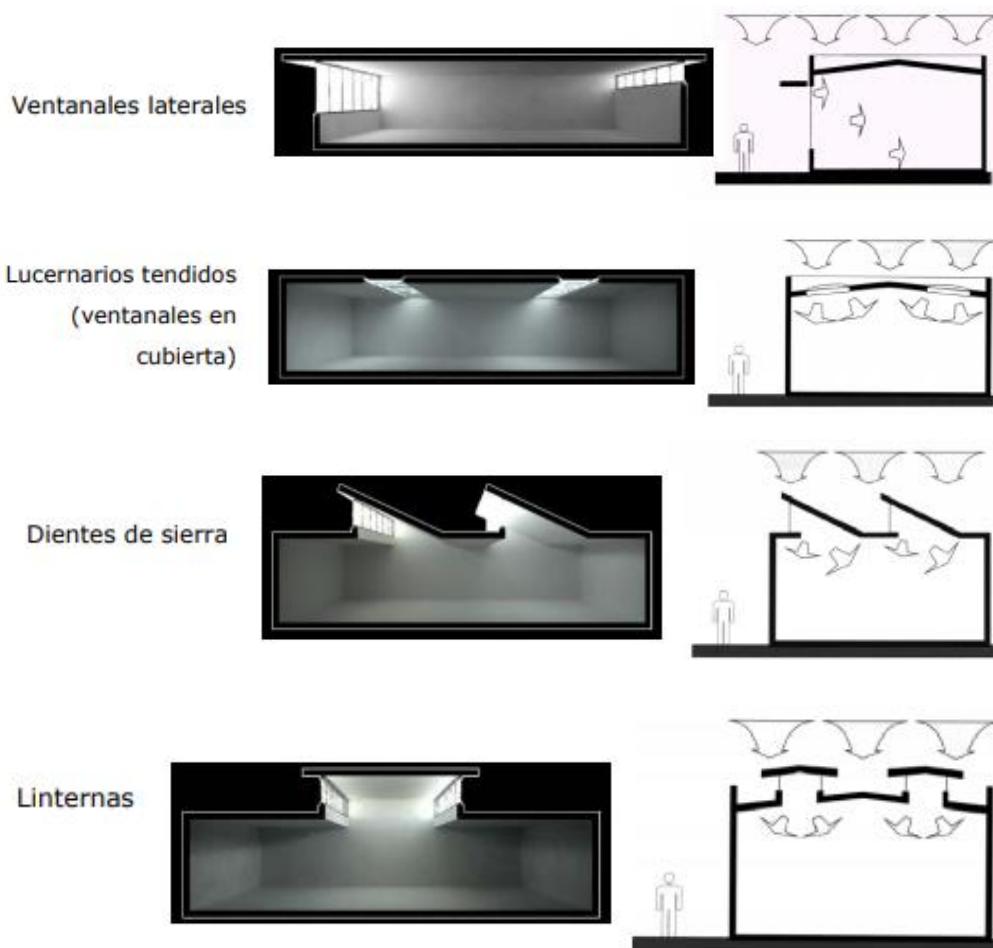
-El movimiento de rotación de la Tierra, este movimiento nos diferenciará el día de la noche, por tanto, el análisis que se debe hacer a la planta industrial se realizará siempre de día.

-Cambios meteorológicos, dictaminarán el grado de intensidad de la radiación solar.

-Ubicación de la planta Industrial, según donde esté la planta ubicada, la iluminación será distinta en un lugar o en otro.

TIPOS DE ILUMINACION NATURAL

Ilustración 9 Tipos de iluminación natural



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.



(Fuente: (UPV, 2018))

También se puede optar por claraboyas.

El RD 486/1997 enuncia tres puntos que marcan la idoneidad de la iluminación, la iluminación debe ser siempre:

- 1) Lo más uniformemente posible
- 2) Los niveles de contraste de iluminación han de ser adecuados para cada trabajo
- 3) Se evitarán los deslumbramientos directos, así como los deslumbramientos indirectos producidos por reflexiones.

Que serán las 3 condiciones que marcarán la idoneidad de las alternativas propuestas.

5.2 Requerimientos de la planta

Antes de realizar cualquier análisis substancial de la iluminación en dicha planta, será necesario determinar los parámetros a cumplir. Los parámetros a cumplir son:

- **Iluminación media en el plano de trabajo (E_m):** Se mide en luxes(lúmenes/m²) y dependiendo de las actividades que se vayan a llevar a cabo se necesitará un valor de iluminación u otro. Estos valores se encuentran en la Norma Europea de Iluminación UNE-EN 12464.1.

Otro parámetro importante a destacar es la iluminación Interior(E_i). Es la iluminación en el plano de trabajo, situado a 0,85m del suelo.

- **Uniformidad de la iluminación (E_{min}/E_{max}):** Calculo más que necesario para poder garantizar una uniformidad lumínica en el plano de trabajo. Dicho parámetro debe tender a 1 ya que en ese caso asegurará la uniformidad en todo el plano de trabajo.
- **Deslumbramientos:** Cuando un haz de luz incide con un ángulo inferior a 30°, desde el lucernario hasta el ojo humano, se produce un deslumbramiento, y esto se debe en todo momento evitar ya que puede causar problemas de visión importantes en los trabajadores.

5.3 Métodos de cálculo

En cuanto a los métodos de cálculo, tanto el método analítico, la posición y ubicación de las aberturas, así como el balance eficiente energético serán clave para describir dicho método.

5.3.1 Método analítico

Una vez definidos los parámetros del nivel medio de iluminación interior de la nave y el nivel medio de iluminación exterior, solo queda definir la superficie de aberturas.

Se calcula la superficie de las aberturas necesarias a partir del método de Dr. Fruhling, fundamentado en la norma DIN 5034.

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

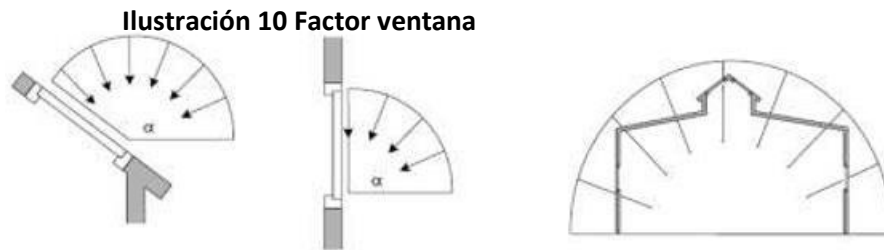
$$E_m = E_a \cdot f \cdot f' \cdot \eta \cdot \frac{S_v}{S_s} \quad (1)$$

Donde:

- **Em:** nivel de iluminación horizontal media deseada en el interior.
 - **Ea:** nivel de iluminación horizontal en el exterior.
 - **f:** factor de ventana.
 - **f':** factor característico de reducción de ventana-muro.
 - **η:** rendimiento del recinto.
 - **Ss:** superficie de suelo del recinto.
 - **Sv:** superficie de ventanas
- **Nivel de iluminación horizontal interior (Em):** se obtiene a partir de la ecuación (1).
 - **Nivel de iluminación horizontal exterior (Ea):** se asume un valor de 3000 luxes para los sistemas de iluminación de edificaciones. Cabe destacar que el día de máxima oscuridad del año (10 de diciembre a las 9:00), se alcanzan valores en torno a 2998,6 luxes con cielo cubierto, por lo tanto, al asumir un valor de 3000 luxes se están considerando condiciones conservadoras de iluminación.
 - **Factor de ventanas (f):** Dicho parámetro puede tomar valores de 0,5 a 1, 1 para lucernarios horizontales y 0,5 para ventanas en fachadas verticales. Este factor tiene en cuenta la reducción de bóveda celeste que es captada por una ventana dependiendo de la disposición de la nave.

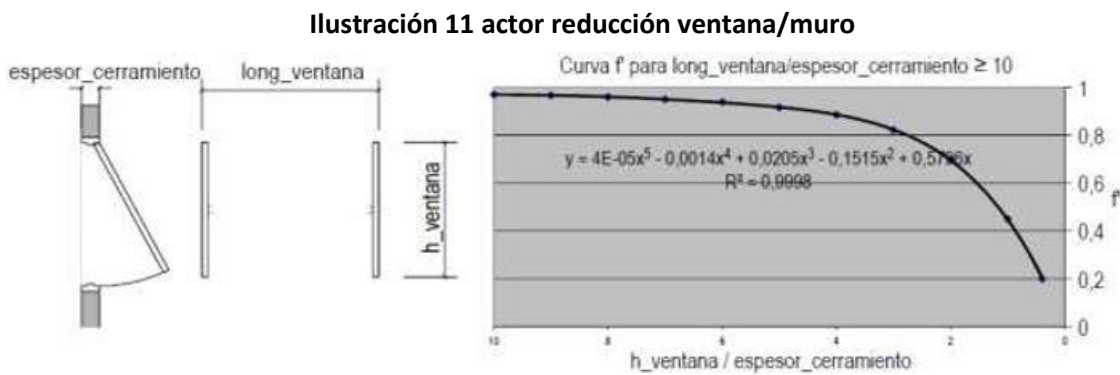
$$f = \frac{\alpha}{180} \quad (2)$$

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.



(Fuente: (UPV, 2018))

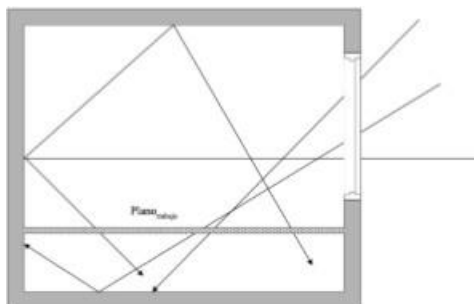
- **Factor característico de reducción de ventana-muro (f'):** para este factor se asumen valores en torno a 1 en el caso de edificios industriales. El factor característico tiene en cuenta la posibilidad de reducción de la radiación del sol debido al grosor de cerramiento de la fachada.



(Fuente: (UPV, 2018))

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

Ilustración 12 Factor de reflexión



(Fuente: (UPV, 2018))

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

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

5.3.2 Situación aberturas

La posición y colocación de las aberturas y lucernarios será clave para poder lograr una correcta iluminación de las plantas, siempre teniendo en cuenta el diseño y la uniformidad del plano de trabajo.

Condiciones óptimas y a tener en cuenta para la distribución correcta de ventanas como de lucernarios:

- Evitar la colocación de las ventanas de forma adyacente a las paredes y colocarlas lo más centradas posibles.
- Colocar las ventanas a una altura que nos facilite conseguir la máxima uniformidad posible para poder eliminar en la mayor medida los deslumbramientos.
- Respetar una distancia mínima de 1,5 metros entre ventanas para no alterar la uniformidad de la iluminación en el plano de trabajo.
- Intentar dar la máxima uniformidad y simetría al sistema de iluminación natural ya que las empresas cambian o adaptan los procesos productivos a medio plazo, por lo que esto ayudará a poder reutilizar y rentabilizar el sistema implantando.

5.3.3 Eficiencia energética

Una vez se hayan utilizado los métodos analíticos para calcular los niveles, medios de iluminación que se necesitan para la planta y planteado la situación de las aberturas para poder marcar la máxima uniformidad posible en planta y asegurarse de que tiene los niveles medios de iluminación requeridos, se tiene en cuenta otro factor que marcará la eficiencia energética del proyecto, y para llevarlo a cabo es necesario el uso de Código Técnico de la Edificación (CTE).

Para llevarlo a cabo se calcula el VEEI en cada zona, que es el valor de la eficiencia energética de la instalación, y se comprueba que no se supere el valor máximo.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Aquí se muestra la ecuación para calcular el valor de eficiencia energética de la instalación:

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

Donde:

- **P**: potencia de la lámpara más el equipo auxiliar (W)
- **S**: superficie iluminada (m²)
- **E_m**: iluminación media mantenida (lux)
- **VEEI**: eficiencia de la instalación por cada 100 lux (W/m²)

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

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

Donde:

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

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

Tabla 1 Puntos mínimos dependiendo del parámetro K

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

6 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL

Para el diseño del sistema de iluminación natural, el sol va a marcar grandes diferencias a la hora de la iluminación natural para la planta, ya que según esté ubicada la planta, afectará la incidencia de los rayos de sol.

La nave industrial está ubicada en el polígono industrial *Nuevo Tollo* de Utiel con coordenadas 39°33'53.4"N 1°13'52.9"W.

El diseño de la planta industrial estará adaptado a la fabricación de aditivos para la construcción donde el proceso productivo se encuentra en los reactores y mezcladores de materias primas.

6.1 Requisitos de la planta y secciones

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

Donde:

- **Em:** nivel de iluminación media horizontal requerida en el interior.
- **Em_zona:** nivel de iluminación medio requerido en cada zona de actividad.
- **Szona:** superficie ocupada por cada zona de actividad.
- **Ss:** superficie a iluminar.

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

Ilustración 13 Iluminación según UNE12464.1 para productos relacionados con el cemento

2.3 Cemento, artículos de cemento, hormigón, ladrillos

	lux
2.3.1 Secado	50
2.3.2 Preparación de materiales, trabajo en hornos y mezcladores	200
2.3.3 Trabajo en máquinas en general	300
2.3.4 Encofrado	300

(Fuente: (12464-1, 2021))

Según la UNE 12464.1 (Norma Europea para iluminación de Interiores), para la planta Industrial a estudiar dedicada a la fabricación de aditivos para hormigón y cementos y más concretamente para la zona de producción donde se realiza una preparación o mezcla de materia prima, son necesarios 200 luxes.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Para las zonas de tráfico y circulación como pueden ser pasillos o zonas donde hay tránsito de personal son necesarios 100 luxes.

En zonas de almacenamiento en estanterías son necesarios 20 luxes.

En el caso de esta planta industrial , el almacenamiento de materia prima en depósitos , serán necesarios 200 luxes , es decir , se considerará como una zona de producción , ya que estos depósitos tienen un cubeto, este cubeto está por debajo del suelo , y necesitaremos más iluminación en esta zona concreta ya que si se quieren manipular algunas válvulas o bombas de los depósitos , serán necesario al menos 200 luxes para una manipulación de elementos satisfactoria y eficientemente sin lugar a tropiezos o incidentes de cualquier tipo.

En el altillo, donde se realiza la actividad de mezcla y preparación de aditivos, hay una distancia desde el suelo de 3 metros, por tanto, vamos a necesitar 200 luxes a una altura de 3 metros.

Cabe destacar que más adelante para el estudio de la implementación y análisis del sistema de iluminación natural para dicha planta simulado con el programa Dialux, se utilizarán las zonas más importantes ya que son las más restrictivos por luxes ya que son de producción y almacenamiento.

Tabla 2 Zonas e iluminación necesaria media

ZONAS	Em(Lux)
1.Producción(Mezclado de MP)	200
2.Producción(Almacenamiento MP)	200
3.Almacenamiento Producto Acabado	20
3.1Pasillos	100
1.1Altillo	50

Una vez aclarada la cantidad de luz necesaria por zona usamos las fórmulas siguientes obtenidas de la norma UNE 12464.1 para evaluar el nivel de iluminación media necesario.

$$Em = \frac{S1 * lx1 + S2 * lx2 + S3 * lx3 + S4 * lx4 + S5 * lx5}{Superficie\ total}$$

Una vez obtenidas las necesidades de iluminación en cada zona de trabajo, se calcula la iluminación media de la planta industrial atendiendo a la fórmula:

$$Em = \frac{150 * 200 + 225 * 200 + 60 * 20 + 645 * 100 + 50 * 50}{1275}$$

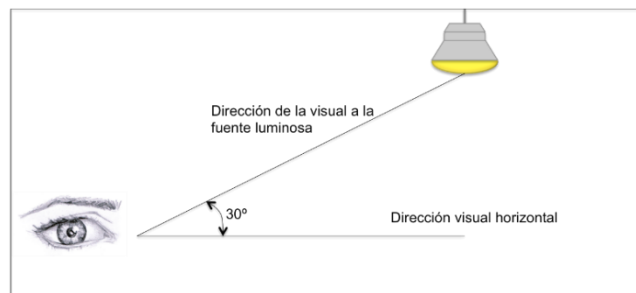
$$Em = 113\ luxes$$

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Además de la iluminación en las zonas de trabajo, la iluminación media en la nave Industrial juega un papel esencial, ya que esta iluminación está basada y complementada en la uniformidad de dicha iluminación. La uniformidad debe ser en torno al 30 % o 40% de los puestos de trabajo.

Por ultimo será necesario aplicar el criterio de no deslumbramiento en cualquier zona de trabajo. Para facilitar y asegurar la correcta jornada laboral y la seguridad de los trabajadores para que puedan trabajar con total normalidad sin que se produzca algún deslumbramiento, la luz deberá incidir con ángulos superiores a 30º. Es importante recalcar que no hay ningún método para prevenir los deslumbramientos, aunque sí que habrá que comprobar en el estudio si se producen o no.

Ilustración 14 Criterio de no deslumbramiento



(Fuente: (MONTSERRAT, 2021))

6.2 Estimación de superficies teóricas de aberturas

Para la implementación de un sistema de iluminación natural, previamente será necesario introducir una serie de parámetros atendiendo a la ecuación siguiente:

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

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

Aunque si se van a proponer varias propuestas tanto cenitales como aberturas laterales habrá que ampliar y desglosar la fórmula para poder sacar la superficie necesaria para el diseño y la implementación del sistema de iluminación natural.

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

A continuación, se expresan las propuestas por las que se han optado para hacer el estudio.

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

Tabla 3 Datos a introducir de las propuestas

<i>Propuesta</i>	<i>Em(lux)</i>	<i>Ea(lux)</i>	<i>f_{lat}</i>	<i>f_{cen}</i>	<i>f'</i>	<i>η</i>	<i>S_{lat}(m2)</i>	<i>S_{cen}(m2)</i>
1	113	3000	0,5	0,5	0,95	0,45	101,1	50,5
2	113	3000	0	0,98	0,95	0,45	0	101,1
3	113	3000	0,5	0	0,95	0,45	202,21	0

Tabla 4 Superficies de las propuestas

<i>Propuesta</i>	<i>S_v(m2)</i>
1	151,6
2	101,1
3	202,21

6.3 Propuesta de sistemas de iluminación natural

Mediante el programa Dialux se evaluarán una serie de propuestas de iluminación, mediante la norma UNE 12464.1 se evaluarán los luxes obtenidos según cada propuesta de iluminación, para finalmente seleccionar la más conveniente a nuestro proceso.

Para realizar los cálculos en DIALux se introducirán los siguientes valores de la planta en el programa

Las escenas de luz estudiadas:

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

Con estas escenas de luz se consigue que el sistema sea lo más óptimo posible ya que si a los niveles de mínima cantidad de luz solar la planta puede estar correctamente iluminada, será más que suficiente para el resto del año.

6.3.1 Parámetros geométricos en Dialux

Se procede a introducir los valores característicos para Dialux:

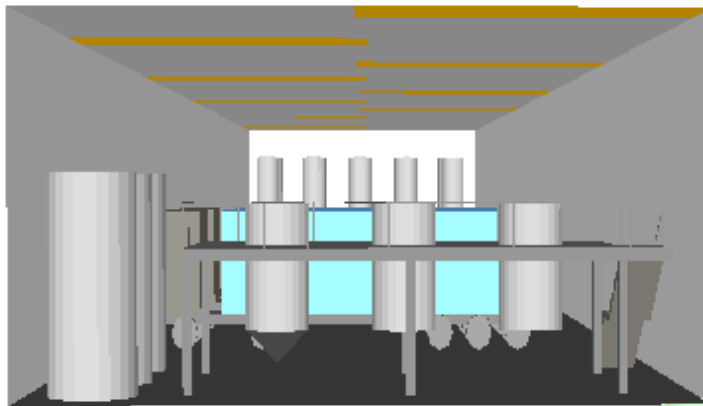
- Características geométricas de la nave:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- **Largo:** 85 m
- **Alto:** 8,5m
- **Ancho:** 15 m
- Factores de reflexión de la nave:
 - **Paredes:** 70%
 - **Cubierta:** 70%
 - **Suelo:** 20%
- Factores de luz diurna:
 - **Material típico de vidrio:** 50%
 - **Entorno típico(Contaminación):** 0,5
 - **Tipo de ventana típico:** 0,9
 - **Factor de reducción por luz de incidencia no vertical:** 0,95
- Método del plan de mantenimiento:
 - **Factor de degradación:** 0,5
- Factor de reflexión de los objetos:
 - **Metálicos:** 78%
 - **Plásticos:** 50%

A continuación, se muestra la planta y el sistema productivo detallado a estudiar:

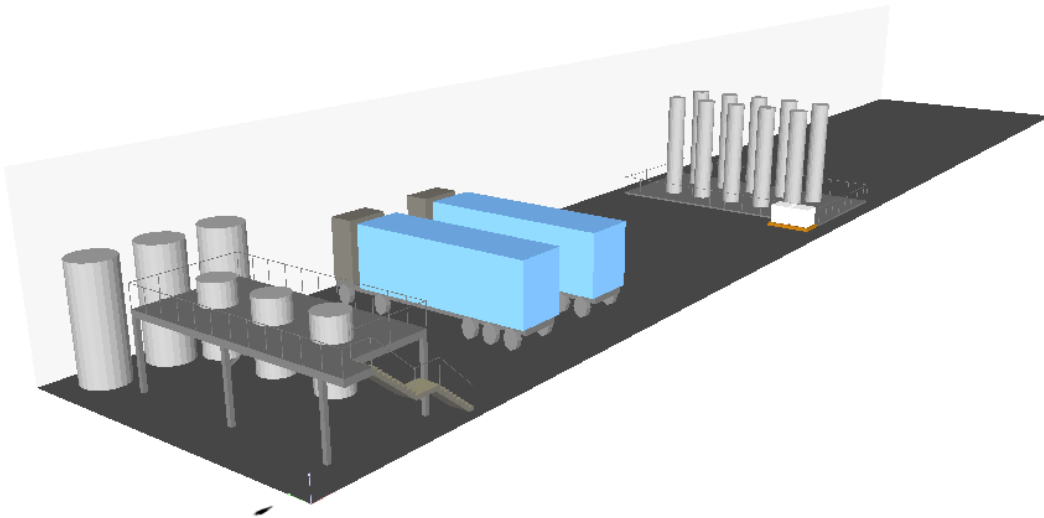
Ilustración 15 Vista alzado de la planta a estudiar



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

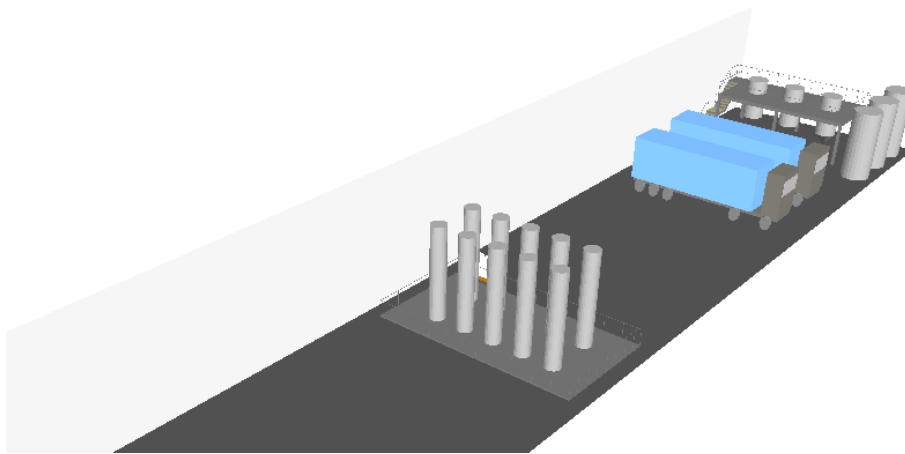
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Ilustración 16 Vista 2 de la planta a estudiar



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Ilustración 17 Vista 3 de la planta a estudiar



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Se han diseñado estas tres alternativas ya que se quiere ver la influencia de la iluminación en dos puestas en escena totalmente distintas y una que será la fusión de estas dos primeras.

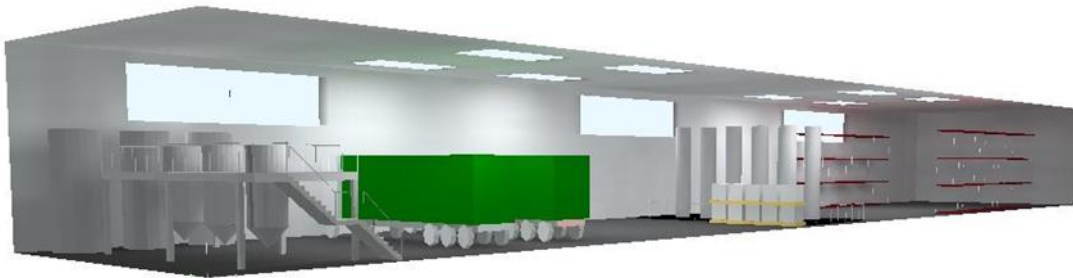
6.3.2 Propuesta 1

Se ha elegido una estructura mixta de aberturas laterales y cenitales dando la posibilidad de entrada de la iluminación con diferentes grados para que podamos llegar a iluminar zonas donde solo con cenitales o laterales no podamos. Aberturas laterales y cenitales. Compuesta por 6 aberturas laterales en cada una de las 2 paredes. En total 12 aberturas laterales de dimensiones 5m de largo y 2.5m de ancho. Y 8

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

aberturas cenitales de dimensiones 2.5m de ancho y 5m de largo

Ilustración 18 Vista de la propuesta 1



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

6.3.3 Propuesta 2

Se han querido diseñar aberturas cenitales ya que es una estructura bastante uniforme y al mismo tiempo sencillo intercaladas manteniendo una estructura simétrica.

Aberturas cenitales. En total 9 aberturas cenitales 5 de ellas de dimensiones 2m de ancho y 7.5m de largo y 4 de ellas 5m de largo y 2m de ancho.

Ilustración 19 Vista de la propuesta 2



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

6.3.4 Propuesta 3

Otra disposición de aberturas que se ha elegido es la de aberturas laterales, donde se puede respetar la misma estructura simétrica y al mismo tiempo aporta a la iluminación general.

Se han elegido aberturas cenitales y laterales por la disposición de la nave industrial la cual no tiene techos curvos, no tiene segundas plantas que impidan aberturas cenitales y tampoco tiene construcciones contiguas que impidan las aberturas laterales. Lo que condicionará la viabilidad de una u otra abertura será la simulación de iluminación.

Aberturas Laterales. Compuesta por 8 aberturas laterales en cada una de las dos paredes de 2.5m de

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

ancho y 5 m de largo. Y 1 abertura lateral en cada una de las dos paredes restantes de 2.5m de ancho y 5 m de largo. En total 16 aberturas de 2.5 x 5 m y 2 aberturas de 2.5 x 5 m.

Ilustración 20 Vista de la propuesta 3



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

6.4 Resultados de las simulaciones

Para poder comentar los resultados de las simulaciones y una vez planteadas todas las propuestas para poder analizar mediante el software DiaLux se procede a introducir los parámetros característicos y geométricos con las diferentes escenas de luz.

Una vez reunidos todos los resultados se realizará una comparación exhaustiva de todas las propuestas, así como de las distintas zonas de producción para ver si dichas propuestas cumplen con los requisitos mínimos y necesarios de iluminación.

Todo esto se contrastará con los parámetros que DiaLux proporciona como son los valores máximos, mínimos y medios de iluminación, así como las relaciones entre dichas para ver la uniformidad del sistema.

Como se ha comentado anteriormente, el estudio se realizará no solo a las distintas escenas horarias sino también a las distintas zonas de producción para asegurarse de que cumplen los requisitos.

Como se observa, en la tabla anterior se va a centrar el análisis en las zonas 1, 2 y 3 ya que son las imprescindibles para llevar a cabo las labores en la planta industrial. Tanto la zona 1 como la zona 2 tienen el mismo requerimiento, aunque la zona 3, solo se necesitan 20 luxes.

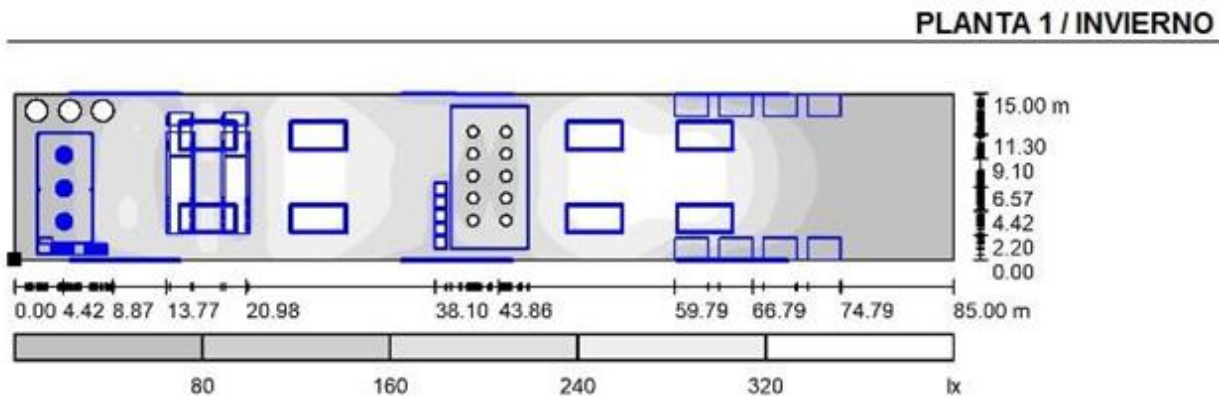
Finalmente, se tendrá en cuenta la posibilidad de deslumbramientos, ya en caso de haber aberturas laterales a menos de 10 metros podrán generar deslumbramientos pudiendo ocasionar el impedimento laboral de los trabajadores.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

6.4.1 Resultados de la propuesta 1

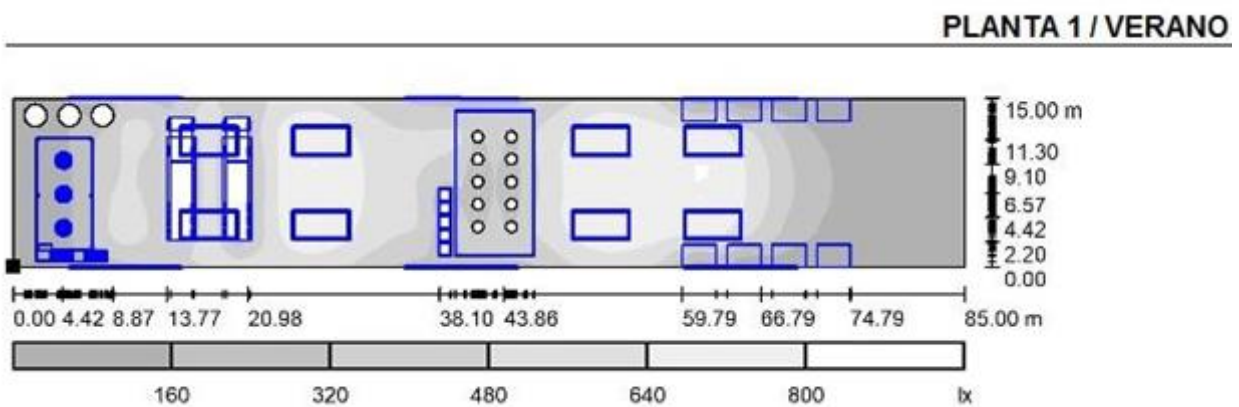
Tras el estudio efectuado por Dialux se obtienen los siguientes valores totales de las aberturas laterales y cenitales:

Ilustración 21 Plano de grises en Invierno de la propuesta 1



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Ilustración 22 Plano de grises en verano de la propuesta 1



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Tabla 5 Resultados de verano e invierno para la propuesta 1

	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Deslumbram
Invierno	190	20	371	0,106	0,054	Posibles
Verano	419	44	819	0,106	0,054	Posibles

En la tabla que se muestra se observa que el valor de la uniformidad es muy pequeño ya que la relación entre E_{\min}/E_{\max} está por debajo de 0,3, por lo que se puede decir que no hay una buena uniformidad. Ya que en esta tabla con estas escenas no se puede identificar si hay unos buenos niveles de iluminación en las zonas productivas.

Puesto que el análisis de Dialux se realiza en toda la amplitud de la planta los valores de interés son los referidos a las zonas de producción y almacenamiento, por tanto, analizamos los valores de luxes de estas zonas más detalladamente.

Tabla 6 Resultados de propuesta 1 en verano e invierno por zonas

	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Escenas
Zona1	27,02	20	39	0,74	0,51	invierno
Zona2	177,38	58	237	0,33	0,24	invierno
Zona3	232,58	95	362	0,41	0,26	invierno
Zona1	59,56	44	86	0,74	0,51	verano
Zona2	391,39	128	524	0,33	0,24	verano
Zona3	513,11	210	799	0,41	0,26	verano

Como se puede observar, en cuanto a la uniformidad de esta propuesta solo se cumple en la zona 1. En el resto de zonas la uniformidad es bastante baja ya que está por debajo de 0,3.

En cuanto a los valores medios de iluminación, solo en la zona 2 y 3 en verano se podrían iluminar perfectamente, aunque en invierno la zona 2 y la zona 1 no llegarían a los valores mínimos necesarios para tener una iluminación natural.

Donde:

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores
- Zona 2 Zona cubeto

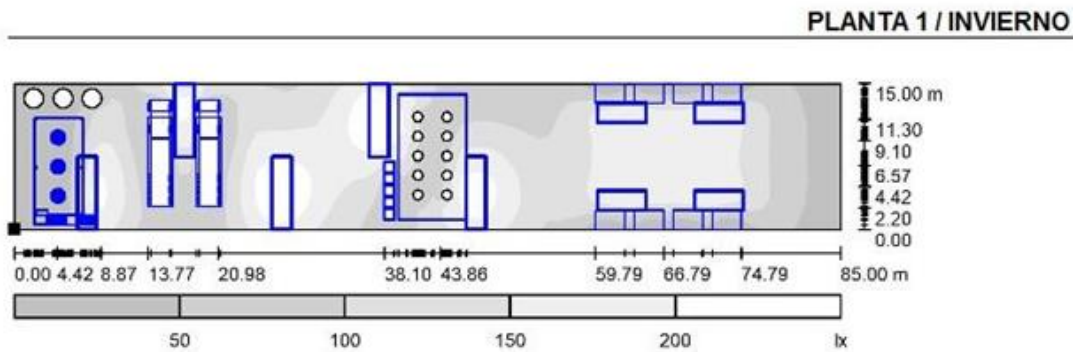
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

6.4.2 Resultados de la propuesta 2

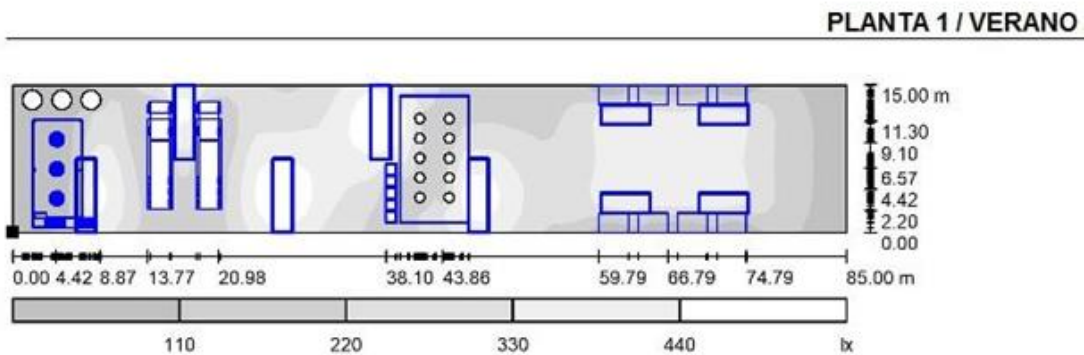
Tras el estudio efectuado por Dialux se obtienen los siguientes valores totales de las cenitales:

Ilustración 23 Plano de grises en invierno de la propuesta 2



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Ilustración 24 Plano de grises en verano de la propuesta 2



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Tabla 7 Resultados de verano e invierno para la propuesta 2

	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Deslumbramientos
Invierno	112	12	245	0,102	0,051	No
Verano	269	28	541	0,102	0,051	No

En la tabla que se muestra se observa que el valor de la uniformidad es muy pequeño ya que la relación entre Emin/Emax está por debajo de 0,3, por lo que se puede decir que no hay una buena uniformidad. Ya que en esta tabla con estas escenas no se puede identificar si hay unos buenos niveles de iluminación en las zonas productivas.

Puesto que el análisis de Dialux se realiza en toda la amplitud de la planta los valores de interés son los referidos a las zonas de producción y almacenamiento, por tanto, analizamos los valores de luxes de estas zonas más detalladamente.

Tabla 8 Resultados en verano e invierno por zonas de la propuesta 2

	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Escenas
Zona1	65,11	36	109	0,55	0,33	invierno
Zona2	140,09	38	242	0,27	0,16	invierno
Zona3	125,74	45	224	0,36	0,20	invierno
Zona1	143,66	80	240	0,56	0,33	verano
Zona2	309,13	85	533	0,27	0,16	verano
Zona3	277,44	100	495	0,36	0,20	verano

Como se puede observar, en cuanto a la uniformidad de esta propuesta solo se cumple en la zona 1. En el resto de zonas la uniformidad es bastante baja ya que está por debajo de 0,3.

En cuanto a los valores medios de iluminación, solo en la zona 2 y 3 en verano se podrían iluminar perfectamente, aunque en invierno solo la zona 3 llegaría a los valores mínimos necesarios para tener una iluminación natural.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

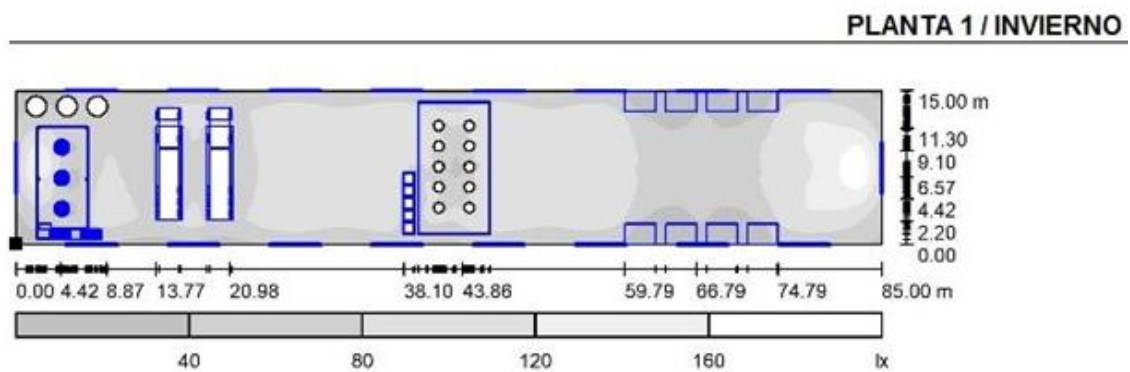
Donde:

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores
- Zona 2 Zona cubeto
- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

6.4.3 Resultados de la propuesta 3

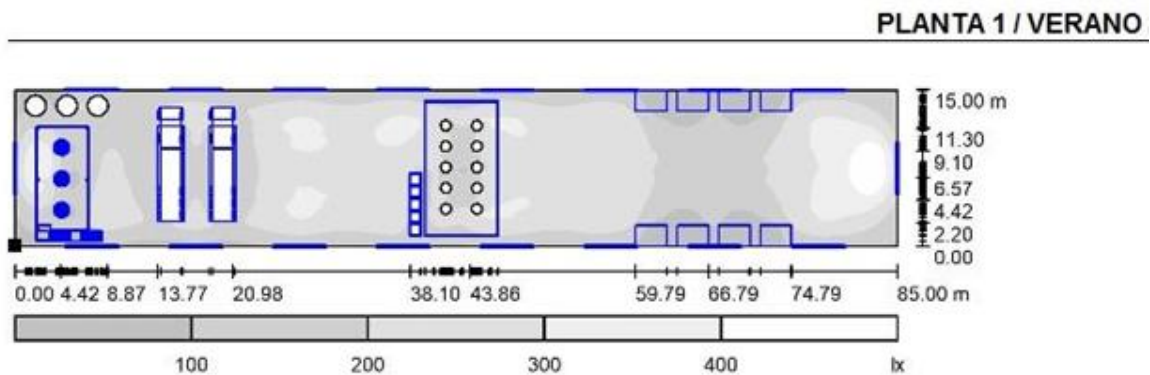
Tras el estudio efectuado por Dialux se obtienen los siguientes valores totales de las laterales:

Ilustración 25 Plano de grises en invierno de la propuesta 3



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Ilustración 26 Plano de grises en verano de la propuesta 3



(Fuente: Elaboración propia Dialux)

Tabla 9 Resultados en verano e invierno de la popuesta 3

	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Deslumbra mientos
Invierno	79	6.16	195	0.078	0.032	Si
Verano	209	16	515	0.078	0.032	Si

En la tabla que se muestra se observa que el valor de la uniformidad es muy pequeño ya que la relación entre E_{min}/E_{max} está por debajo de 0,3, por lo que se puede decir que no hay una buena uniformidad. Ya que en esta tabla con estas escenas no se puede identificar si hay unos buenos niveles de iluminación en las zonas productivas.

Puesto que el análisis de Dialux se realiza en toda la amplitud de la planta los valores de interés son los referidos a las zonas de producción y almacenamiento, por tanto, analizamos los valores de luxes de estas zonas más detalladamente.

Tabla 10 Resultados en verano e invierno por zonas de la propuesta 3

	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Escenas
Zona1	116,40	53	195	0,46	0,27	invierno
Zona2	80,65	22	122	0,27	0,18	invierno
Zona3	71,06	36	115	0,51	0,31	invierno
Zona1	307,39	140	515	0,46	0,27	verano
Zona2	212,99	58	322	0,27	0,18	verano
Zona3	187,66	94	305	0,50	0,31	verano

Como se puede observar, en cuanto a la uniformidad de esta propuesta solo se cumple en la zona 3. En el resto de zonas la uniformidad es bastante baja ya que está por debajo de 0,3.

En cuanto a los valores medios de iluminación, en la zona 1,2 y 3 en verano se podrían iluminar perfectamente, aunque en invierno solo la zona 3 llegaría a los valores mínimos necesarios para tener una iluminación natural.

Donde:

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- Zona 2 Zona cubeto
- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

Tabla 11 Evaluación de los resultados de todas las propuestas

ZONAS	Em	Emin/Emax	Escenas
Propuesta 1			
Zona1	NO	SI	invierno
Zona2	NO	PRÓXIMO	invierno
Zona3	SI	PRÓXIMO	invierno
Zona1	NO	SI	verano
Zona2	SI	PRÓXIMO	verano
Zona3	SI	PRÓXIMO	verano
Propuesta 2			
Zona1	NO	SI	invierno
Zona2	NO	NO	invierno
Zona3	SI	NO	invierno
Zona1	NO	SI	verano
Zona2	SI	NO	verano
Zona3	SI	NO	verano
Propuesta 3			
Zona1	NO	PRÓXIMO	invierno
Zona2	NO	NO	invierno
Zona3	SI	SI	invierno

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Zona1	SI	PRÓXIMO	verano
Zona2	SI	NO	verano
Zona3	SI	SI	verano

6.5 Selección de la propuesta más adecuada

Para la selección de la propuesta debemos comparar los datos enunciados anteriormente con los valores de luxes mínimos requeridos según la regla UNE 12464.1. Estos son los valores óptimos, los valores guía para el análisis de los datos obtenidos por Dialux.

Aquellas propuestas que no cumplan los requisitos de la regla no serán válidas para la planta o deberán contar con una medida de luz artificial para compensar los déficits en luxes.

Los valores óptimos de la regla son los siguientes.

Tabla 12 Valores óptimos

	Em(lux)	E _{max}	E _{min} /E _{max}	Deslumbramientos
Zona 1	200	<2000	>0,3	No
Zona 2	200	<2000	>0,3	No
Zona 3	20	<2000	>0,3	No

Según la tabla anterior y con los valores óptimos, si a las 9:00 am de día 21 de diciembre se alcanza el valor mínimo requerido de luxes según las zonas de trabajo, así como si la iluminación en verano es menor a 2000 luxes, se podrá garantizar siempre y cuando no haya deslumbramientos un lugar íntegro y seguro de trabajo.

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

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Tabla 13 Resultados de todas las propuestas

ZONAS	Em	Emin	Emax	Emin/Em	Emin/Emax	Escenas
Propuesta 1						
Zona1	27,02	20	39	0,74	0,51	invierno
Zona2	177,38	58	237	0,33	0,24	invierno
Zona3	232,58	95	362	0,41	0,26	invierno
Zona1	59,56	44	86	0,74	0,51	verano
Zona2	391,39	128	524	0,33	0,24	verano
Zona3	513,11	210	799	0,41	0,26	verano
Propuesta 2						
Zona1	65,11	36	109	0,55	0,33	invierno
Zona2	140,09	38	242	0,27	0,16	invierno
Zona3	125,74	45	224	0,36	0,20	invierno
Zona1	143,66	80	240	0,56	0,33	verano
Zona2	309,13	85	533	0,27	0,16	verano
Zona3	277,44	100	495	0,36	0,20	verano
Propuesta 3						
Zona1	116,40	53	195	0,46	0,27	invierno
Zona2	80,65	22	122	0,27	0,18	invierno
Zona3	71,06	36	115	0,51	0,31	invierno
Zona1	307,39	140	515	0,46	0,27	verano

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Zona2	212,99	58	322	0,27	0,18	verano
Zona3	187,66	94	305	0,50	0,31	verano

Donde:

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores
- Zona 2 Zona cubeto
- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

Propuesta 1 Aberturas laterales y cenitales

- En la primera propuesta es posible alcanzar el nivel medio de iluminación 113 Luxes donde se había indicado anteriormente, aunque en las zonas no es posible llegar al nivel medio de iluminación, solo se llega en la zona 3 en invierno y en las zonas 2 y 3 en verano que se requerían 200 luxes y 20 luxes respectivamente.
- En cuanto a la iluminación máxima en verano, no se superan los 2000 luxes en todas las zonas con un valor máximo de 799 luxes.
- En cuanto a los valores de uniformidad están por debajo del valor óptimo fijado en 0,3 excepto en la zona 1, por lo que no se garantiza totalmente la uniformidad lumínica en la planta.
- Finalmente, como la propuesta es una combinación de aberturas laterales con cenitales, en cuanto a las cenitales no habrá problemas de deslumbramientos, aunque en las laterales como están por debajo de los 10 metros sí que puede haber problemas de deslumbramientos.

Tabla 14 Evaluación de la propuesta 1

ZONAS	Em	Emin/Emax	Escenas
Propuesta 1			
Zona1	NO	SI	invierno
Zona2	NO	PRÓXIMO	invierno
Zona3	SI	PRÓXIMO	invierno
Zona1	NO	SI	verano
Zona2	SI	PRÓXIMO	verano

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Zona3	SI	PRÓXIMO	verano
-------	----	---------	--------

Donde:

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores
- Zona 2 Zona cubeto
- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

Propuesta 2 Cenitales

- En la segunda propuesta también es posible alcanzar el nivel medio de iluminación 113 Luxes donde se había indicado anteriormente, aunque en las zonas no es posible llegar al nivel medio de iluminación, solo se llega en la zona 3 en invierno y en las zonas 2 y 3 en verano que se requerían 200 luxes y 20 luxes respectivamente.
- En cuanto a la iluminación máxima en verano, no se superan los 2000 luxes en todas las zonas con un valor máximo de 533 luxes.
- En cuanto a los valores de uniformidad están por debajo del valor óptimo fijado en 0,3 excepto en la zona 1, por lo que no se garantiza totalmente la uniformidad lumínica en la planta.
- Finalmente, en cuanto a los deslumbramientos, no habrá deslumbramientos ya que están puestas a más de 10 metros.

Tabla 15 Evaluación de la propuesta 2

ZONAS	Em	Emin/Emax	Escenas
Propuesta 2			
Zona1	NO	SI	invierno
Zona2	NO	NO	invierno
Zona3	SI	NO	invierno
Zona1	NO	SI	verano
Zona2	SI	NO	verano
Zona3	SI	NO	verano

Donde:

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores
- Zona 2 Zona cubeto
- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

Propuesta 3 Aberturas Laterales

- En la última propuesta también no es posible alcanzar el nivel medio de iluminación 113 Luxes donde se había indicado anteriormente, aunque en las zonas no es posible llegar al nivel medio de iluminación, solo se llega en la zona 3 en invierno y en verano se llega al nivel de iluminación.
- En cuanto a la iluminación máxima en verano, no se superan los 2000 luxes en todas las zonas con un valor máximo de 515 luxes.
- En cuanto a los valores de uniformidad están por debajo del valor óptimo fijado en 0,3 excepto en la zona 3 y en la zona 1 prácticamente podemos decir que también cumple los requisitos de uniformidad, por lo que no se garantiza totalmente la uniformidad lumínica en la planta.
- Finalmente, en cuanto a los deslumbramientos, no deslumbramientos ya que están puestas a menos de 10 metros.

Tabla 16 Evaluación de la propuesta 3

ZONAS	Em	Emin/Emax	Escenas
Propuesta 3			
Zona1	NO	PRÓXIMO	invierno
Zona2	NO	NO	invierno
Zona3	SI	SI	invierno
Zona1	SI	PRÓXIMO	verano
Zona2	SI	NO	verano
Zona3	SI	SI	verano

Donde:

- Zona 1 Zona mezcladores y agitadores
- Zona 2 Zona cubeto
- Zona 3 Almacenamiento en estanterías

6.5.1 Propuesta seleccionada

A continuación, después de analizar y contrastar todos los resultados, se procede a elegir una propuesta.

En primer lugar, la Propuesta 2 a pesar de llegar al nivel medio de iluminación y garantizar la inexistencia de deslumbramientos, observamos que los peores niveles de iluminación media por zonas, así como la uniformidad lumínica en la planta son los de esta propuesta, por lo que esta propuesta queda descartada.

A continuación, se abre un debate ya que las otras dos propuestas son mejores que la anterior ya que tienen niveles medios de iluminación por zonas e incluso en verano la propuesta numero 3 cumple con los requisitos. Cabe destacar que ambas propuestas, la numero 1 y la numero 3 genera deslumbramientos, aunque como la propuesta 1 está conformada por cenitales y esto hará que se generen bastante menos deslumbramientos ya que hay más ventanas cenitales que laterales. En cuanto a la uniformidad de la iluminación en la planta la propuesta 3 está un poco mejor que la propuesta 1 pero claro está que la propuesta 1 es la que cumple con el requisito fundamental de que tiene que cumplir con la iluminación media, y la cumple tanto en invierno como en verano, aunque por zonas no las cumpla.

Por lo tanto, después de un análisis exhaustivo, se opta por la propuesta número 1 en conclusión debido al valor medio más alto obtenido en la simulación y el grado más alto de uniformidad con 0,51 en zonas.

6.6 Iluminación artificial

Además del sistema de iluminación natural la nave contará con un sistema de iluminación artificial para las situaciones de trabajo en las que el sistema de iluminación natural no cubra los requisitos de iluminación.

La planta cuenta con una iluminación actual cuyos valores son parte de la definición del problema al que nos enfrentamos, partimos de esta base. Para evaluar numéricamente este punto inicial. Se utilizará el Software DIALux Light para simular dicha iluminación artificial. Para ello se introducen las dimensiones de la nave y se selecciona el tipo de luminaria DIAL 24 SDK 102 400 GESCHLOSSEN.

Para la iluminación debida en su totalidad a luminarias artificiales el programa DIALux Light proporciona unos valores de luxes disponibles en el anexo. Estas luminarias deben generar los 200 luxes mínimos necesarios para iluminar las zonas de trabajo según la norma.

Se necesitarán 16 luminarias tipo DIAL 24 SDK 102 400 GESCHLOSSEN.

Tabla 17 Valor de eficiencia Energética

Superficie(m2)	VEEI
1275	2.43 (W/m2)/100lx

6.7 Eficiencia energética

Una gran parte de la iluminación natural puede ser aprovechada debido a la zona geográfica. A continuación, se muestra la eficiencia energética con iluminación natural para diferentes casos:

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

Tabla 18 VEEI para una iluminación artificial 100%

Superficie(m2)	VEEI
1275	2.43 (W/m2)/100lx

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

Tabla 19 VEEI para una iluminación artificial al 30%

Superficie(m2)	VEEI
1275	0.729(W/m2)/100lx

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

Tabla 20 VEEI para una iluminación artificial al 10%

Superficie(m2)	VEEI
1275	0.243 (W/m2)/100lx

7 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para poder dimensionar la propuesta seleccionada correctamente y ver la viabilidad del proyecto será necesario hacer un balance económico para justificar dicha inversión.

7.1 Presupuesto

El montaje e instalación de la propuesta seleccionada, mencionada anteriormente, se detallará a través de un presupuesto que se adjunta en el Anexo, concretamente en el punto 1.

7.2 Balance económico

El objetivo de este apartado es estudiar y analizar la viabilidad económica del sistema implantado y para hacerlo será necesario calcular el consumo eléctrico de la nave con el fin de ver si existe un ahorro energético o no a través del balance económico.

A continuación, se van a detallar todos los elementos necesarios de la nave para su correcto funcionamiento, así como la demanda de la potencia que requiere dicha:

Tabla 21 Elementos de la nave

Descripción	Cantidad	Potencia unitaria(kW)	Potencia total(kW)
Luminarias	16	0,42	6,72
Bombas	6	1,5	9
Mezcladores/agitadores	3	20	60
			75,72 kW

(Fuente: (AIGUAPRES, 2020))

Una vez obtenido la potencia necesaria para que la nave funcione correctamente, será necesario calcular las horas de funcionamiento de la fábrica, ya que, según el horario y el número de horas de trabajo en la fábrica, se podrá obtener un coste energético y dependerá directamente del periodo en el que trabaje la dicha fábrica.

En cuanto a los periodos se van a destacar 3, Punta(P1), Llano(P2) y Valle(P3), de los cuales cada uno tiene su coste reflejado en €/kW.

Para poder diferenciar estos 3 periodos, será necesario el horario de trabajo de la fábrica, en el cual en esta se trabaja desde las 8:00h hasta las 20:00h de lunes a sábado los 12 meses del año.

La tarifa contratada será la 3.0, donde aquí se muestra la tabla con los precios unitarios tanto para el coste de potencia como el de energía.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Tabla 22 Precios por periodos

Periodos	Precio Potencia(€/kW año)	Precio Energía(€/kW h)
Punta	42,20	0,01278
Llano	25,601	0,011017
Valle	18,2114	0,00831

(Fuente: (Energia, 2021))

Ilustración 27 Horario de periodos Punta, Valle y Llano



(Fuente: (PROJECTS, 2014))

Como se ha comentado anteriormente , la empresa funciona 12 horas de lunes a sabado, de 8:00h a 20:00h durante los 12 meses del año, por lo que ahora se procede a calcular y diferenciar las horas de funcionamiento en cuanto a tipología P1, P2 o P3.

Cabe destacar que los sábados, domingo y festivos, desde las 8:00h hasta las 18:00 es P3 y de las 18:00h hasta las 20:00 es P2.

En la siguiente tabla se muestra la clasificiación:

Tabla 23 Horas por periodo y por meses

Mes	P1 Punta(h)	P2 Llano(h)	P3 Valle(h)
Enero	40	208	40
Febrero	40	208	40
Marzo	40	208	40
Abril	80	168	40
Mayo	80	168	40
Junio	80	168	40
Julio	80	168	40
Agosto	80	168	40
Septiembre	80	168	40
Octubre	80	168	40
Noviembre	40	208	40
Diciembre	40	208	40
Total	760	2216	480

Una vez obtenidos los periodos en el que la fábrica trabaja, así como el total de horas necesarias para trabajar, será necesario calcular el termino de potencia y energía para poder sacar una facturación total anual.

En cuanto a la facturación anual habrá que tener en cuenta tanto los impuestos que se le aplican como el alquiler del equipo.

Potencia

A partir del cálculo de la potencia que se necesita en la fábrica para el correcto funcionamiento, se procede a calcular el término de potencia siguiendo la ecuación:

$$T. Potencia(€) = \sum (PT(kW) * Pi(\frac{€}{kW * año})) \quad (8)$$

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Siendo:

P_T : Potencia total de demanda

P_i : Precio anual por período

i : Número de periodos

El termino de Potencia no cambia ya que es un término fijo.

Energía

Para el término de energía se usa la ecuación siguiente:

$$T.Energía(€) = \sum (PT(kW) * Pi \left(\frac{€}{kW * hr} \right) * hi) \quad (9)$$

Siendo:

P_T : Potencia total de demanda

P_i : Precio por hora por período

i : Número de periodos

h_i : Horas por cada periodo.

Impuesto sobre la electricidad

El impuesto sobre la electricidad se calcula como el 5.113% de la cantidad en € a pagar, es decir la suma del término de potencia y el término de energía.

Es decir:

$$Impuesto(€) = (T.Energía + T.Potencia) * 0.05113 \quad (10)$$

Alquiler del equipo de medida PAE

Además de los impuestos habrá que tener en cuenta el alquiler del equipo a medida, como es el contador por lo que se repercutirán 10 €/mes.

Tabla 24 Coste total de electricidad para 100% artificial

Descripcion	P1	P2	P3	Total
T.Potencia(€)	3.195,38	1.938,51	1.378,97	6.512,86
T.Energía(€)	735,45	1.848,60	302,32	2.886,37
Alquiler PAE(€)				120,00
Impuesto elect.(€)				480,58
IVA(€)				2099,96

12.099,77 €

7.2.1 Sistema con el 100% de iluminación artificial

Ahora que ya se ha obtenido el coste anual de electricidad habrá que sumar el coste de las luminarias si el sistema funciona al 100% con luz artificial. Dicho coste se encuentra en el apartado 2.4 del Anexo 2. Presupuestos.

Tabla 25 Coste total anual para un sistema 100% artificial

Coste electricidad anual	12.099,77€
Coste de luminarias anual	4.223,20€
Coste total anual	16.322,97€

7.2.2 Sistema con 30% de iluminación artificial y 70% de iluminación natural

A continuación, se va a estudiar el caso para un sistema de iluminación artificial que funciona al 30% de su rendimiento y el 70% viene dado por un sistema de iluminación natural, por lo que nuestras luminarias puestas en el sistema de iluminación artificial van a disminuir, de tal forma que pasaremos de tener 16 luminarias a 5 luminarias y como consecuencia, la potencia total(kW) disminuirá.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Tabla 26 Elementos necesarios para un sistema al 30% de iluminación artificial

Descripción	Cantidad	Potencia unitaria(kW)	Potencia total(kW)
Luminarias	5	0,42	2,52
Bombas	6	1,5	9
Mezcladores/agitadores	3	20	60
			71,52 kW

Como la potencia total ha cambiado, se necesitará calcular ahora el coste total anual para la potencia demandada.

Tabla 27 Coste total de electricidad para un sistema al 30% artificial

Descripcion	P1	P2	P3	Total
T.Potencia(€)	3.195,38	1.938,51	1.378,97	6.512,86
T.Energía(€)	694,66	1.746,06	285,27	2.725,99
Alquiler PAE(€)				120,00
Impuesto elect.(€)				472,38
IVA(€)				2.064,56
				11.895,79€

Una vez obtenido el gasto anual de electricidad, se procede a incluir el coste del mantenimiento de luminarias para el sistema del 30% de iluminación artificial como ya se ha hecho en el caso anterior. Además, habrá que incluir el gasto de mantenimiento de los lucernarios, ya que como no es un sistema integro con iluminación artificial, los lucernarios con el paso del tiempo habrá que darles un mantenimiento, por lo que queda tal que así.

Tabla 28 Coste total anual para un sistema al 30% de artificial

Coste electricidad anual	11.895,79€
Coste de luminarias anual	1.319,76€
Coste mantenimiento lucernarios	116,42€
Coste total anual	13.331,97€

Como se puede observar, el gasto del mantenimiento de lucernarios ha disminuido respecto al calculado en el apartado de Presupuesto para mantenimiento de lucernarios, ya que como ahora se implanta un sistema que funciona al 70% con iluminación natural, el gasto total anual de mantenimiento de lucernarios debe extrapolarse al 70%.

Como también se puede observar es que el coste de luminarias anual ha disminuido debido al simple hecho que la cantidad de luminarias ha bajado notablemente, por lo que el coste de luminarias es directamente proporcional a la cantidad de luminarias.

7.2.3 Sistema con 10% de iluminación artificial y 90% de iluminación natural

Ahora, el caso es diferente, se parte de un sistema de iluminación artificial que funciona al 10% con el 90% restante aportado por iluminación natural, de tal modo que se procede a realizar los mismos cálculos hechos anteriormente, pero para este caso.

Tabla 29 Elementos para un sistema de iluminación artificial al 10%

Descripción	Cantidad	Potencia unitaria(kW)	Potencia total(kW)
Luminarias	2	0,42	0,84
Bombas	6	1,5	9
Mezcladores/agitadores	3	20	60
			69,84 kW

La potencia total necesaria y el coste para este sistema será:

Tabla 30 Coste total de electricidad para un sistema al 10% de artificial

Descripcion	P1	P2	P3	Total
T.Potencia(€)	3.195,38	1.938,51	1.378,97	6.512,86
T.Energía(€)	678,34	1.705,05	278,58	2.661,97
Alquiler PAE(€)				120,00
Impuesto elect.(€)				469,11
IVA(€)				2.050,43

11.814,37€

Una vez obtenido el gasto de electricidad, se procede a calcular el gasto total anual incluyendo el gasto de mantenimiento de lucernarios y el gasto de las luminarias calculados en el apartado de Presupuesto para mantenimiento de lucernarios y Presupuesto para luminarias.

Tabla 31 Coste total anual para un sistema de iluminación artificial al 10%

Coste electricidad anual	11.814,37€
Coste de luminarias anual	527,91€
Coste mantenimiento lucernarios	149,68€
Coste total anual	12.491,96€

7.3 RENTABILIDAD

Un factor clave en todo el sistema es la rentabilidad, ya que, como toda empresa, el objetivo es ser rentable y sobre todo financieramente, y como todo empresario, su visión es sacar beneficios de la empresa por lo que, a continuación, se estudia la viabilidad del proyecto para ver si hay ahorros y es rentable hacer la inversión para poder instaurar el sistema de iluminación en dicha planta. Con todos los datos obtenidos anteriormente se procede a hacer el balance.

Tabla 32 Evaluación costes de diferentes sistemas

SISTEMAS	COSTES	DIFERENCIA BENEFICIO
100% SIST. ARTIFICIAL	16.322,97€	-
30% ARTIFICIAL Y 70% NATURAL	13.331,97€	3.001,00€
10% ARTIFICIAL Y 90% NATURAL	12.491,96€	3.841,01€

Para realizar el estudio de viabilidad del proyecto se calculan dos parámetros determinantes en cuanto a la valoración de rentabilidad de una inversión.

El **VAN** (Valor actual Neto) y el **TIR** (Tasa Interna de Retorno).

El **VAN** es el valor en el periodo de tiempo actual de todos y cada uno de los flujos de caja netos. Dependiendo del valor que se obtenga del VAN, el proyecto podrá ser o no rentable de tal manera que:

- VAN < 0 Se obtendrán pérdidas.
- VAN = 0 La inversión no generará ni beneficios ni pérdidas
- VAN > 0 Se obtendrán beneficios

La ecuación del Van sigue la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{r}{(1+i)^t} - I_0 \quad (11)$$

Donde:

r: cantidad recuperada por año.

n: horizonte temporal

i: interés tanto por 1

i₀: valor inversión inicial

El **TIR** indica directamente a partir de qué interés la inversión será rentable. Es la tasa de interés a partir de la cual el VAN es igual a 0. Por tanto, la ecuación para hallar el TIR es la siguiente.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{r}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (12)$$

A partir de los datos obtenidos se procede a calcular el VAN para los diferentes propuestas de sistemas implantados, aunque será necesario considerar que la vida útil del proyecto será de 25 años, por lo que

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

t=25, los flujos de caja se suponen los beneficios obtenidos de ahorro en el sistema del 30% y 10% de iluminación artificial respecto al sistema del 100% de iluminación artificial y por último, la inversión inicial del proyecto se considerará el coste que supondría instalar un sistema de iluminación natural, donde se muestra reflejado en el apartado de Presupuesto de lucernarios.

Se van a realizar varios cálculos del VAN ya que habrá que ver si el proyecto es rentable a varios intereses por lo que se realizarán al 3%, 5% y 10%.

Tabla 33 Datos de VAN y TIR

SISTEMAS	INVERSION INICIAL	FLUJO DE CAJA	VAN 3%	VAN 5%	VAN 10%	TIR(%)
30% ARTIFICIAL	35.321,41€	3.001,00€	16.934,66€	6.973,84€	-8.081,68€	6,89%
10% ARTIFICIAL	35.321,41€	3.841,01€	31.562,66€	18.813,57€	-456,41€	9,83%

Una vez obtenidos los resultados, se puede llegar a la conclusión de que según la TIR que se ha obtenido, tanto el sistema con un 30% de iluminación artificial como el del 10%, serán rentables.

8 CONCLUSIONES

Después de estudiar minuciosamente todos y cada uno de los parámetros necesarios para estudiar la viabilidad del sistema de iluminación, se procede a enumerar las siguientes conclusiones:

- De todas y cada una de las propuestas expuestas para la implantación del sistema de iluminación natural, la propuesta número 1, basada en la composición de aberturas laterales y cenitales, cumple con los requisitos de iluminación media necesaria y grado de uniformidad, teniendo el valor más alto que las restantes propuestas.
- El uso de ventanales no asegura que sea la mejor opción ya que no hay un considerable aumento de la iluminación en el plano de trabajo. Ya que solo recibe 23 luxes en el caso del sistema de iluminación natural y 213 luxes en el caso del sistema de iluminación artificial.
- Debido a que el sistema de iluminación natural no es perfecto en este caso, se ha propuesto el sistema de iluminación completamente artificial, la fusión de ambas con un 30% de iluminación artificial con el 70% de iluminación natural restante y el 10% de iluminación artificial con el 90% de iluminación natural restante.
- Tras las comparaciones de los sistemas propuestos se descarta la opción de 100% iluminación artificial. Evidentemente no era el objetivo del trabajo una iluminación artificial pero además el precio obliga a descartar la opción de manera incuestionable.
- Después de hacer un balance económico en las propuestas mixtas expuestas del 10% y 30% con iluminación artificial, el ahorro es considerable respecto al sistema de iluminación completamente artificial con más de 3.450,47€ en el caso del 30% de iluminación artificial y 4.474,28€ en el caso del 10% de iluminación artificial, por lo que son opciones viables para una futura posible inversión, gracias a la implementación del sistema natural en estos anteriores.
- En cuanto a la rentabilidad del proyecto, la opción del 10% de iluminación artificial es mucho más rentable que la del 30% debido a que tiene un VAN y TIR mayor con un valor del TIR de 9,83% y, por lo tanto, el beneficio con el paso del tiempo será mayor, aunque ambas propuestas sean rentables.

9 Bibliografía

- 12464-1, U. (2021). *ARQUITECTOS DE CADIZ*. Obtenido de ARQUITECTOS DE CADIZ: https://www.arquitectosdecadiz.com/wp-content/uploads/2017/12/inventario_de_requisitos_de_iluminacion.pdf
- AIGUAPRES. (2020). *AIGUAPRES*. Obtenido de AIGUAPRES: https://www.aiguapres.es/catalogo/?gclid=Cj0KCQjwvaeJBhCvARIsABgTDM4YKRnB0Vt1IOsQf0rKIZWYDN8mHIRLVG2nhJ6KaPzP1TznRIhWDRaAAlaiEALw_wcB
- ASOCEM. (2021). *PANORAMA MUNDIAL DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO*.
- CEMNET. (26 de MARZO de 2021). *CEMNET*. Obtenido de CEMNET: <https://www.cemnet.com/>
- CYMPER. (2021). *CYMPER*. Obtenido de CYMPER: <https://fosroc-online.com/es/3-aditivos-para-hormigon-y-mortero>
- Energía, O. (16 de Marzo de 2021). *Oppidum Energía*. Obtenido de Oppidum Energía: <https://www.oppidumenergia.com/tarifas/>
- IVE. (2020). *IVE*. Obtenido de IVE: <https://www.five.es/productos/herramientas-online/visualizador-2020/>
- MONTSERRAT, C. M. (2021). *CURSO ONLINE DE ILUMINACIÓN*. Obtenido de CURSO ONLINE DE ILUMINACIÓN: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/disenioProyecto-requisitosDiseno.php>
- OFICEMEN. (2017). *OFICEMEN*. Obtenido de OFICEMEN: <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/07/Anuario-2016.pdf>
- PARRO. (2021). *PARRO*. Obtenido de PARRO: <https://www.parro.com.ar/definicion-de-aditivo>
- PROJECTS, I. (26 de DICIEMBRE de 2014). *IRC PROJECTS*. Obtenido de IRC PROJECTS: <https://ircprojects.com/2014/12/29/industria-publica-la-orden-que-congela-los-peajes-para-2015/>
- UPV. (2018). *Apuntes Poliformat Construcción y Arquitectura Industrial*. VALENCIA.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

PRESUPUESTOS

1 LUCERNARIOS

1.1 Presupuesto de lucernarios

Se adjunta aquí a continuación el presupuesto para la instalación de lucernarios. Cabe destacar que todos los datos han sido sacados de la base de datos del IVE (Institut Valencià d'Educació) para el año 2020. (IVE, 2020)

Tabla 34 Presupuesto para hueco de la instalación

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
Hueco para instalación						
02.01	h	Oficial 1ª vidrio	0,9	15,27 €	13,74 €	
	h	Oficial 2ª vidrio	0,9	15,27 €	13,74 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	28,49 €	0,57 €	

Tabla 35 Presupuesto para perfil metálico

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
Perfil metálico						
02.02	m	Aluminio	5,28	1,12 €	5,91 €	
	h	Oficial 1ª	0,9	15,27 €	13,74 €	
	h	Oficial 2ª	0,9	15,27 €	13,74 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	34,40 €	0,69 €	

Tabla 36 Presupuesto para Policarbonatos

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
Policarbonatos						
02.03	m	Placa policarbonato	1,05	33,76 €	35,45 €	
	h	Oficial 1ª	0,9	15,27 €	13,74 €	
	h	Oficial 2ª	0,9	15,27 €	13,74 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	63,94 €	1,28 €	

Tabla 37 Presupuesto para Microperfiles metálicos

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
02.04	Microperfil metálico					
	h	Especialista metal	1	17,16 €	17,16 €	
	h	Oficial 2ª	0,9	15,27 €	13,74 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes directos	0,02	31,91 €	0,64 €	
						32,55 €

Como se observa en las tablas anteriores, toda la instalación necesaria para los lucernarios se ha dividido en 4 apartados, para, por una parte, simplificar el presupuesto y por otra, para poder identificar claramente cuál es la mano de obra y el material necesario para llevar a cabo dicha instalación.

Una vez calculado el coste unitario de cada bloque de instalación, se procede a calcular la superficie que se desea instalar, ya que los bloques están expresados en coste por metro cuadrado.

Tabla 38 Cálculo de metros totales necesarios para el perfil metálico

Item	Unidad	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Subtotal	Total
02.02	m2	Perfil metálico				
	m2	Laterales	12	2,5m x 5m	150	
	m2	Cenitales	8	2,5m x 5m	100	
						250

Tabla 39 Cálculo de metros totales necesarios para la realización del hueco

Item	Unidad	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Subtotal	Total
02.01	m2	Realización del hueco				
	m2	Laterales	12	2,5m x 5m	150	
	m2	Cenitales	8	2,5m x 5m	100	
						250

Tabla 40 Cálculo de metros totales para la inclusión de policarbonatos

Item	Unidad	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Subtotal	Total
02.03	m2	Policarbonatos				
	m2	Laterales	12	2,5m x 5m	150	
	m2	Cenitales	8	2,5m x 5m	100	
						250

Tabla 41 Cálculo de metros totales para el micro-perfil metálico

Item	Unidad	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Subtotal	Total
02.04	m2	Microperfil metálico				
	m2	Laterales	12	2,5m x 5m	150	
	m2	Cenitales	8	2,5m x 5m	100	
						250

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Tabla 42 Presupuesto de ejecución material de toda la instalación

Item	Descripción	Subtotal	Total
02.01	Hueco para instalación	2.592,50 €	24.125,00 €
02.02	Perfil metálico	4.100,00 €	
02.03	Policarbonatos	11.632,50 €	
02.04	Microperfil metálico	5.800,00 €	

Se puede observar que el Presupuesto de Ejecución Material es de 24.125,00€. Para poder calcular el Presupuesto de Ejecución por contrata habrá que sumar el 15% del PEM y finalmente, lo que interesa es conocer el presupuesto Base de Licitación que resultará la suma del IVA (21%).

Tabla 43 Presupuesto base de licitación

PEM	24.125,00€
PEC	29.191,25€
Presupuesto Base Licitación	35.321,41€

En conclusión, para poder llevar a cabo la instalación de la propuesta 1, se van a necesitar 35.321,41€.

1.2 Presupuesto de mantenimiento de lucernarios

Tabla 44 Presupuesto de mantenimiento de lucernarios

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
3	Mantenimiento					
	h	Peón	0,1	12,23 €	1,22 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	2,23 €	0,04 €	
						2,27 €

Una vez obtenido el coste por mantenimiento habrá que ligarlo al hueco creado para los lucernarios y de ahí sustraer la superficie que se necesita con el fin de calcular el coste total para el mantenimiento de lucernarios.

Tabla 45 Cálculo de metros totales necesarios para la realización del hueco para lucernarios

Item	Unidad	Descripción	Cantidad	Dimensiones	Subtotal	Total
02.01	m2	Realización del hueco				
	m2	Laterales	12	2,5m x 5m	150	250
	m2	Cenitales	8	2,5m x 5m	100	

Tabla 46 Presupuesto para el mantenimiento total

Item	Descripción	Subtotal	Total
3	Mantenimiento	567,95 €	567,95 €

A continuación, se detalla el PEM, PEC y el presupuesto Base de Licitación:

Tabla 47 Presupuesto base de licitación para mantenimiento

PEM	567,95€
PEC	687,22€
Presupuesto Base Licitación	831,53€

El mantenimiento se deberá hacer cada 5 años, por lo que el presupuesto anual asciende a **166,31€**.

2 LUMINARIAS

2.1 Presupuesto mantenimiento de luminarias

Antes de realizar cualquier cálculo, se plantea la hipótesis que una luminaria como la que se ha optado de unos 400W, tiene una vida útil de unas 24.000 hr , por lo que como nuestra empresa está funcionando 12 hr durante todo el año, se estima que trabaja con un total de 3456 hr, con lo que se supone que a los 7 años hará falta reemplazar las luminarias.

2.1.1 Presupuesto para luminarias al 100%

Tabla 48 Presupuesto para luminarias al 100%

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
4	Luminarias					
	h	Oficial 1ª electricidad	0,3	18,83 €	5,65 €	
	h	Especialista	0,35	16,01 €	5,60 €	
	Ud	Luminaria	1	1.225,00 €	1.225,00 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	1.237,26 €	24,75 €	
					1.262,00 €	

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Como en la instalación hay 16 luminarias, en el caso en que la fábrica funcione con el 100% de las luminarias el presupuesto ascenderá a 20.192,00€.

Tabla 49 Presupuesto base licitación para 16 luminarias

PEM	20.192,00€
PEC	24.432,32€
Presupuesto Base Licitación	29.563,11€

Tabla 50 Presupuesto total anual de luminarias para 100% artificial

Presupuesto total	29.563,11€
Presupuesto total anual	4.223,20€

2.1.2 Presupuesto para luminarias al 30%

En este caso, como ahora la fábrica funcionará solo con el 30% de iluminación artificial y el 70% la iluminación será natural, por lo que ahora se reducirá el coste notablemente de las luminarias.

Tabla 51 Presupuesto para luminarias al 30%

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
4	Luminarias					
	h	Oficial 1ª electricidad	0,3	18,83 €	5,65 €	
	h	Especialista	0,35	16,01 €	5,60 €	
	Ud	Luminaria	1	1.225,00 €	1.225,00 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	1.237,26 €	24,75 €	
					1.262,00 €	

El PEM será de 6.310,00€

Tabla 52 Presupuesto Base de licitación de luminarias para un sistema al 30% artificial

PEM	6.310,00€
PEC	7.635,00€
Presupuesto Base Licitación	9.238,37€

Tabla 53 Presupuesto total anual de luminarias para 30% artificial

Presupuesto total	9.238,37€
Presupuesto total anual	1.319,76€

2.1.3 Presupuesto para luminarias al 10%

Tabla 54 Presupuesto para luminarias al 30%

Item	Unidad	Personal	Rendimiento	Coste unitario(€)	Subtotal	Total
4	Luminarias					
	h	Oficial 1ª electricidad	0,3	18,83 €	5,65 €	
	h	Especialista	0,35	16,01 €	5,60 €	
	Ud	Luminaria	1	1.225,00 €	1.225,00 €	
	d	Grúa	0,013	77,25 €	1,00 €	
	%	Costes Directos	0,02	1.237,26 €	24,75 €	

Ahora como la iluminación estará limitada al 10% , las luminarias se reducirán a 2 luminarias, por lo que el PEM ascenderá a 2.524€.

Tabla 55 Presupuesto base de licitación para luminarias al 10% artificial

PEM	2.524,00€
PEC	3.054,04€
Presupuesto Base Licitación	3.695,39€

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Tabla 56 Presupuesto total anual de luminarias para un sistema del 10% artificial

Presupuesto total	3.695,39€
Presupuesto total anual	527,91€

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

ANEXOS

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Anexo1.Dialux Light

ILUMINACION ARTIFICIAL



Proyecto elaborado por VICENTE JOSÉ GINER BLASCO
Teléfono
Fax
e-Mail

DIAL 24 SDK 102-400 GESCHLOSSEN / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 70 97 100 100 70

SDK 102-400 W-IC Hallen-Reflektorleuchte mit Natriumdampf-Lampe

1 x SON 400 W Hochdruck-Natriumdampf-Lampe, KVG kompensiert, Industrie-Reflektorleuchte, tiefreitstrahlend, Abmessungen D x H: 424 x 484 mm.

Leuchtenkörper aus schwarzem Phenol-Kunststoff, bis 140°C hitzebeständig, mit dem Vorschaltgeräte-Gehäuse aus Aluminium-Druckguß wieder lösbar verschraubt. Mit integriertem Tragegriff. Asymmetrische Anordnung von Leuchtenkörper und Reflektor für optimale Wärmeableitung und beste Betriebsbedingungen.

Integrierte Universal-Aluminium-Montageschiene, Anschlußfertig verdrahtet mit wärmebeständigen Leitungen, fest montierte Schraubanschlußklemme, 5 x 4 mm², Leitungseinführung durch Kabelverschraubung PG16. Durchgangsverdrahtung über ausbrechbare Öffnung für zweite PG16-Verschraubung möglich.

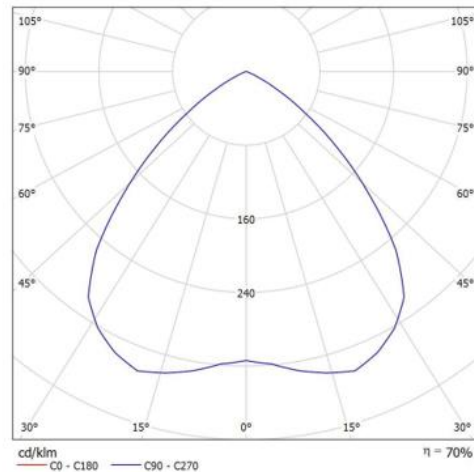
Aluminium-Reflektor semihochglänzend eloxiert, tiefreitstrahlend, Bajonetverschlußartige Aufnahme des rotationssymmetrischen Reflektors.

Offene Ausführung:
Zwangsventilation im Reflektor/Leuchtenkörper durch ausbrechbare Öffnungen im Kunststoffgehäuse oberhalb der Keramikfassung E 40 erlaubt den Einsatz in Umgebungstemperaturen bis 45°C. Gleichzeitiger Selbstreinigungseffekt durch vertikale Staubableitung.

Geschlossene Ausführung:
Für Umgebungstemperaturen bis 40°C auch wahlweise mit Abdeckung aus temperaturwechselbeständigem Sicherheitsglas mit umlaufender Profilmidichtung und werkzeuglos bedienbaren Verschlüssen aus rostfreiem Stahl zur Erhöhung der Schutzart auf IP 54.

IP 22 (IP54), Schutzklasse I, VDE

Emission de luz 1:



Emission de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
h	Techo	70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30
p	Paredes	50	30	50	30	30	20	20	20	50	30	30
ρ	Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	26.5	27.5	26.8	27.7	27.9	26.5	27.5	26.8	27.7	27.9	
	3H	26.4	27.3	26.7	27.5	27.8	26.4	27.3	26.7	27.5	27.8	
	4H	26.3	27.2	26.6	27.4	27.7	26.3	27.2	26.6	27.4	27.7	
4H	2H	26.5	27.3	26.8	27.5	27.8	26.5	27.3	26.8	27.5	27.8	
	3H	26.4	27.0	26.7	27.4	27.7	26.4	27.0	26.7	27.4	27.7	
	4H	26.3	26.9	26.7	27.2	27.6	26.3	26.9	26.7	27.2	27.6	
8H	2H	26.2	26.9	26.6	27.2	27.6	26.2	26.9	26.6	27.2	27.6	
	3H	26.2	26.9	26.6	27.2	27.6	26.2	26.9	26.6	27.2	27.6	
	4H	26.2	26.7	26.6	27.0	27.5	26.2	26.7	26.6	27.0	27.5	
12H	2H	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	
	3H	26.2	26.7	26.6	27.0	27.4	26.2	26.7	26.6	27.0	27.4	
	4H	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	
12H	2H	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	
	3H	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	
	4H	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	
12H	2H	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	26.2	26.6	26.6	27.0	27.4	
	3H	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	
	4H	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	26.0	26.3	26.5	26.8	27.3	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+1.1	-2.2		+1.1	-2.2						
S = 1.5H		+2.6	-6.8		+2.6	-6.8						
S = 2.0H		+4.4	-11.9		+4.4	-11.9						
Tabla estándar		BK00			BK00							
Sumando de corrección		6.8			6.8							
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 55500lm Flujo luminoso total												

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN NATURAL ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE DE UNA PLANTA INDUSTRIAL DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

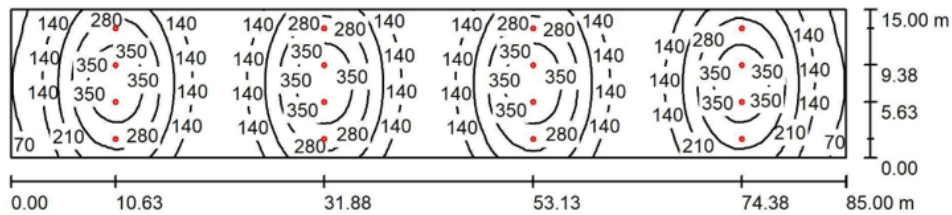
ILUMINACION ARTIFICIAL



31.07.2019

Proyecto elaborado por VICENTE JOSÉ GINER BLASCO
Teléfono
Fax
e-Mail

PLANTA INDUSTRIAL / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 10.000 m, Factor mantenimiento: 0.50

Valores en Lux, Escala 1:608

Superficie	θ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m
Plano útil	/	213	53	400	0.250
Suelo	20	207	69	353	0.331
Techo	70	41	27	56	0.670
Paredes (4)	50	83	28	567	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Porcentaje de puntos con menos de 400 lx (para IEQ-7): 99.95%

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	8 (Luminaria) [lm]	8 (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	DIAL 24 SDK 102-400 GESCHLOSSEN (1.000)	38934	55500	420.0
			Total: 622951	Total: 888000	6720.0

Valor de eficiencia energética: $5.27 \text{ W/m}^2 = 2.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 1275.00 m^2)