

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor:

Rafael Javier Gómez Linares

Tutores:

Manuel Burgos Payán

Profesor titular

Juan Manuel Roldán Fernández

Profesor sustituto interino

Dep. Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2015

Índice

Índice	9
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras	15
1 Objeto y Alcance	17
2 Antecedentes	19
3 Metodología utilizada	21
3.1 Fase I	21
3.2 Fase II	21
3.3 Fase III	22
3.4 Fase IV	22
4 Descripción del edificio	23
4.1 Localización	23
4.2 Historia	23
4.3 Detalles constructivos	23
4.4 Actividad	26
4.5 Organigrama de la empresa	26
4.6 Horarios de trabajo	26
4.7 Maquinaria de trabajo	27
5 Instalación Eléctrica	31
5.1 Descripción	31
5.2 Facturación eléctrica	32
5.2.1 Término de Potencia	33
5.2.2 Término de Energía	35
5.2.3 Término de Energía Reactiva	36
6 Instalación de Iluminación	39
6.1 Condiciones de iluminación	39
6.2 Iluminación actual	40
6.3 Conclusiones	50
7 Instalación de Aire Comprimido	53
8 Instalación de Climatización	57
8.1 Zona taller	57
8.2 Zona oficinas	58
8.3 Conclusiones	59
9 Análisis de Resultados	61
9.1 Consumo por zonas	61
9.2 Consumo por sectores	61

10	Propuestas de Mejora	63
10.1	<i>Instalación de una batería de condensadores</i>	63
10.2	<i>Renovación Iluminación</i>	68
10.3	<i>Renovación Climatización y Uso eficiente</i>	77
10.4	<i>Instalación aire comprimido</i>	79
10.5	<i>Instalación Fotovoltaica</i>	80
10.6	<i>Tarifa eléctrica I</i>	87
10.7	<i>Maquinaria y uso eficiente</i>	89
10.8	<i>Revisión tarifa eléctrica II</i>	92
10.9	<i>Resumen de las medidas</i>	94
11	Análisis económico de las Medidas y Presupuesto	95
11.1	<i>Instalación Batería de Condensadores</i>	97
11.2	<i>Instalación Fotovoltaica</i>	97
11.3	<i>Instalación Aire Comprimido</i>	97
11.4	<i>Revisión tarifa eléctrica</i>	98
11.5	<i>Uso eficiente de la maquinaria.</i>	98
11.6	<i>Renovación Iluminación</i>	98
11.7	<i>Renovación Climatización</i>	99
11.8	<i>Renovación conjunta Climatización e Iluminación</i>	99
11.9	<i>Conclusiones</i>	100
Planos		101
Anexos		103
	<i>Tabla detalle maquinaria</i>	103
	<i>Facturas eléctricas 2013</i>	105
	<i>Facturas eléctricas 2014</i>	105
	<i>Estimación Consumo energético diario actual iluminación</i>	106
	<i>Estimación Consumo energético diario nuevo iluminación sin regulación</i>	108
	<i>Estimación Consumo energético diario nuevo iluminación con regulación</i>	109
	<i>Resultados Dialux Iluminación Actual</i>	111
	<i>Resultados Dialux Iluminación Nueva</i>	113
Referencias		115

1 OBJETO Y ALCANCE

El continuo incremento del precio de la energía está haciendo que las industrias cada vez tengan que ser más eficientes sin tener que bajar la calidad de sus servicios. Es por eso la necesidad de conocer los puntos de mayor consumo en un edificio, para adoptar medidas de ahorro y conseguir así un mejor aprovechamiento de los recursos. Una inversión en ahorro de energía supone un ahorro económico en mayor o menor medida que repercute sobre la propia empresa.

Con este proyecto se pretende la realización de un estudio energético de una instalación industrial ya existente, dedicada a la fabricación de maquinaria industrial, especialmente destinada a alimentación, y así conocer el edificio desde el punto de vista energético.

Para conseguir este ahorro potencial el proyecto buscará una serie de objetivos:

- Descripción de la industria, así como su modo de funcionamiento.
- Evaluación de los puntos de consumo.
- Detectar ineficiencias en el uso de la energía.
- Propuesta de mejora de la instalación.
- Inclusión de energías renovables.

2 ANTECEDENTES

El sector de la construcción de maquinaria es muy competitivo, es por ello que el empresario necesita realizar numerosas inversiones en maquinaria y en tecnología a fin de mejorar sus productos.

La dirección se da cuenta que para mejorar sus productos tienen que realizar una reforma interna y reducir sus costes, para así poder invertirlos en sí mismos.

Para el estudio energético se encarga un proyecto de auditoría el cual solventa posibles ineficiencias energéticas.

3 METODOLOGÍA UTILIZADA

Según la Agencia Andaluza de la Energía [1] se define auditoría energética como:

Procedimiento mediante el cual se evalúa energéticamente el funcionamiento de una instalación o edificio, se analizan las mejoras energéticas del proceso o equipos e instalaciones y se determinan las inversiones a realizar y sus periodos de retorno, para terminar proponiendo la implantación de aquellas medidas de eficiencia energética y energías renovables más interesantes.

En particular las auditorías cumplen las siguientes funciones:

- Conocer la situación energética actual, así como su funcionamiento y eficiencia de los equipos e instalaciones.
- Inventariar equipos e instalaciones existentes.
- Realizar mediciones y registros de parámetros eléctricos, térmicos y de confort.
- Analizar las posibilidades de optimización del suministro de combustibles, energía eléctrica y consumo de agua.
- Analizar la posibilidad de instalar energías renovables.
- Proponer medidas de mejora y realizar su evaluación técnica y económica.

El estudio energético llevará asociado cuatro fases, que según las condiciones podrán estar más o menos desarrolladas (equipos, información facilitada,...).

3.1 Fase I

Esta fase primera es dónde se recopilan el mayor número de datos de la instalación a estudiar, y así poder organizar el trabajo de las siguientes fases. Cuantos más datos se puedan recopilar más reales y fiables serán los datos con los que se trabajen, a la vez que facilitará el trabajo al equipo auditor.

Los documentos que se consideran como imprescindibles para poder hacer un pre-estudio son los siguientes:

- Planos de la instalación industrial.
- Facturas eléctricas, combustibles, agua,...
- Listado de maquinaria y puntos de consumo (oficinas, iluminación,...).

Una vez que se pide esta información el cliente indica que sólo dispone de las facturas eléctricas y accede a dar los datos de consumos y tarifas de los dos últimos años 2013 y 2014.

Los demás documentos tendrán que elaborarlos esta auditoría para poder realizar el estudio.

3.2 Fase II

En esta fase se procederá a visitar la instalación y recopilación de toda la información mínima necesaria que no pudo ser recopilada en la fase anterior. Se llegará a un acuerdo con el empresario para realizar diferentes visitas para medición de datos, bien sean para detalles constructivos o para analizar los procesos de producción.

En esta fase se identificará lo siguiente:

- Estado actual de la instalación.
- Identificación de las diferentes zonas de trabajo (almacenes, oficinas, taller,...).
- Limpieza y mantenimiento de la instalación.
- Hábitos de trabajo, tiempo y frecuencia de funcionamiento de los principales puntos de consumo.
- Tecnologías horizontales tal como instalación de iluminación, sistemas de control, climatización,...

3.3 Fase III

Una vez recopilada la información se procesarán los datos para conocer la instalación energéticamente y valorar las medidas de ahorro económico aplicables en cada zona.

3.4 Fase IV

En este apartado se valorarán las inversiones necesarias que suponen la puesta en marcha de las medidas adoptadas en el apartado anterior. Se tendrán en cuenta la inversión que necesita cada medida y su tiempo de amortización.

Se detallarán los costes de inversión y amortización por cada medida por separado de forma que el cliente pueda elegir qué medidas decide aplicar según sus intereses.

4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

En este capítulo se hará una descripción global de la instalación industrial.

4.1 Localización

La instalación objeto de estudio es una nave industrial situada en el polígono industrial de Lora de Estepa, en la provincia de Sevilla.



Figura 4-1. Vista aérea de la instalación

4.2 Historia

La empresa fue fundada en el año 1996 como un pequeño taller. Con el paso de los años fue ganando carga de trabajo y es por lo que fue ampliando sus instalaciones hasta llegar a la zona marcada en rojo de la Figura 1.

Las naves anexionadas ya estaban edificadas en el momento de la compra por lo que hubo que ir haciendo pequeñas reformas para la adaptación al propósito de la empresa.

4.3 Detalles constructivos

La industria actual dispone de unos 61 m de largo y 40 m de ancho y unos 6 m en la parte más alta. La fachada está orientada unos 13,3° oeste respecto al norte. Se dispone de una gran superficie de única planta y dos plantas en algunos sitios para aprovechar espacio. En la Figura 4-1 se puede observar las diferentes ampliaciones que ha experimentado la nave por la heterogeneidad de la cubierta.

Se disponen de 4 accesos de puerta de cochera de 5'6x4 m para entrada de personal y carga/descarga de material y maquinaria, y otro acceso a recepción para la atención de los clientes.



Figura 4-2. Zona 2: Maquinaria

Se pueden diferenciar dos grandes zonas dentro del edificio, una zona de taller, donde se desarrolla la actividad de producción, e incluye la instalación de maquinaria y zonas de almacén, y otra zona dedicada a oficinas donde se encuentra la dirección de la industria, así como la administración y el departamento técnico.

Tras la visita a la instalación y elaborado el plano de planta se decide clasificar las siguientes zonas, según grado de utilización y finalidad.

Tabla 4-1. Superficie total por zonas.

Zona	Superficie Útil m ²
Oficinas	146,79
Taller	2276,729
Zonas comunes	326,31
Almacenes	104,44
TOTAL	2854,27

Tabla 4-2. Superficie ocupada por cada zona.

OFICINAS		TALLER	
Lugar	Superficie Útil (m ²)	Lugar	Superficie Útil (m ²)
Oficina Técnica	38,5	Zona 1: Montaje	691,9
Oficina Administración	46	Zona 2: Maquinaria	653,2
Oficina Gerente	19,22	Zona 3: Maquinaria	397
Oficina Administrador	15,88	Zona 4: Electricidad	52,54
Oficina Jefe de Taller	8,01	Zona 5: Montaje	104,089
Sala de reuniones	19,18	Zona 6: Almacén General	312,4
		Zona 7: Pulido y Pintura	65,6
ZONAS COMUNES		ALMACENES	
Lugar	Superficie Útil (m ²)	Lugar	Superficie Útil (m ²)
Archivo	40,36	Almacén Motores	13,95
Recepción	12,7	Almacén Neumática	14,16
Servicios dirección	2,17	Almacén Electricidad	32,68
Servicios recepción	3,32	Almacén Personal	4,46
Servicios Taller	32,46	Almacén Tornillos	25,03
Cochera	235,3	Almacén Varios	14,16

Hay disponible un total de superficie construida de 2854,27 m².

4.4 Actividad

La actividad se basa en la construcción de máquinas que abarcan desde la elaboración de productos de alimentación, hasta su transporte y posterior empaquetado. Entre las máquinas más construidas se encuentran:

- Amasadoras: Fase inicial donde se elabora la masa que lleve el producto.
- Batidoras: Batidoras industriales de 200 y 300 litros.
- Dosificadoras: Para el dosificado del producto.
- Bañadoras: El producto pasa por una cinta y es “bañado” por una cortina de chocolate, almíbar,... o lo que se desee.
- Hornos: Para el cocido del producto.
- Túneles de frío: Para el enfriado del producto
- Envolvedoras: El producto pasa por ella y la máquina lo mete en un envoltorio y lo cierra.
- Cintas transportadoras: Para transportar el producto a las distintas partes.
- Tolvas y Silos: Para almacenaje de azúcar, harina,...

Los trabajos de fabricación de piezas y posterior ensamblaje se realizan en las instalaciones, dejando para el final la instalación en fábrica y conexión eléctrica y neumática. Los propios montadores se desplazan después a las distintas instalaciones para su puesta en marcha.

4.5 Organigrama de la empresa

Actualmente la empresa es propiedad de 3 socios, y cuentan con 41 empleados. La empresa se divide en los siguientes sectores:

- Dirección: Gerente, Administrador y Jefe de Taller.
- Oficina Administrativa: 4 Administrativos.
- Oficina Técnica: 5 Técnicos.
- Responsables de taller: 2 encargados.
- Operarios Maquinaria: 8 operarios.
- Montadores: 16 operarios.
- Electricistas: 3 electricistas.
- Responsables de almacén: 2 operarios.
- Limpieza: 1 limpiadora.

4.6 Horarios de trabajo

El horario de trabajo oficial es de 08:00-13:00 – Hora Comida – 15:00-18:00 horas y de lunes a viernes. Este horario se mantiene durante todo el año por política de empresa. Por norma general este horario lo cumple el personal del taller, trabajando las oficinas una hora más todos los días. Aun así, según la carga de trabajo, puede darse que el taller trabaje una hora más por las tardes según disponga la dirección.

En el año se da un mes de vacaciones, por lo que se puede estimar unos 220 días de trabajo al año.

4.7 Maquinaria de trabajo

El mayor porcentaje de potencia demandada de la red es consumida por la siguiente maquinaria:

- Tornos: Máquina donde la pieza a tornear gira mientras la herramienta de corte se desplaza perpendicular y paralelamente a la dirección de giro. Se disponen de 6 tornos de los cuales 4 son los más utilizados y los otros 2 son para determinadas piezas con grandes dimensiones.
- Torno automático: Máquina similar al torno con la salvedad de que es programable. Es utilizado para la realización de piezas en serie.
- Fresas: Máquina donde la herramienta gira y es la pieza la que se mueve perpendicular y paralelamente a la dirección de giro. Se disponen de 2 fresas.
- Centros de mecanizado: Máquina con funcionamiento similar a la fresa pero que permite una programación por puntos de diferentes operaciones con una mínima intervención humana. Se disponen de 3 centros, de los cuales 2 se tienen en funcionamiento prácticamente las 24 horas siempre que se necesite y sean programas de larga duración.



Figura 4-3. Torno Automático y Centros de Mecanizado.

- Taladros de columna: Máquina que permite abrir agujeros manualmente. Se disponen de 4 taladros estáticos y 1 portátil.
- Entalladora: Máquina para la realización de chavetas. Se dispone de 1 máquina.
- Sierra de corte: Máquina la cual dispone de una hoja de corte que gira a gran velocidad y permite cortar a la medida deseada barras, pletinas, tubos,... Son muy utilizadas, hay 2 disponibles.
- Lijadora: Máquina donde una lija gira y permite quitar las rebabas producidas al cortar con la sierra. Hay 2 disponibles.
- Cilindro: Cuenta con dos rulos que combinando su posiciones permiten el curvado de chapas, pletinas al radio que se desee. Se dispone de 1 cilindro.
- Cizalla: Máquina que permite cortar chapas de diferentes grosores. Se disponen de 2 cizallas. En los inicios de construcción de una máquina es utilizada con frecuencia ya que las chapas de encargan por medidas estándar de 3 y 6 metros y se va cogiendo de ahí lo necesario.
- Plegadora: Máquina utilizada para doblar chapas y pletinas un ángulo deseado.



Figura 4-4. Cizallas y Plegadoras.

- Máquinas de soldar: Hay de tres tipos, soldadura por TIG, por electrodos y por hilo. Son todas portátiles para el manejo de los montadores. Debido al método de soldadura por arco introducen muchos armónicos en la red. Hay disponibles 10 estaciones de soldadura.
- Punzonadora: Cuando una chapa necesita que se le realicen numerosos agujeros se utiliza esta máquina. Consta de un punzón que golpea a la chapa y abre el agujero. El operario programa las dimensiones de los agujeros y su disposición en la chapa. Hay 1 disponible.
- Talladora de engranajes: Dispone de un eje donde se coloca la fresa madre y otro eje perpendicular donde se coloca el material. El giro simultáneo de éstos permite el tallado de piñones. Se dispone de 1 talladora.



Figura 4-5. Talladora de engranajes.

- Prensa: Las pletinas al cortarlas se suelen deformar, se utiliza esta máquina para volver a dejarlas rectas. Una base hace presión sobre el material introducido y hace que se elimine cualquier posible irregularidad. Se dispone de 1 prensa.
- Pulidora: Máquina pulidora de superficies mediante chorro de arena. Funciona con aire comprimido.
- Corte por plasma: Es un método de corte por arco eléctrico. Se basa en calentar a una alta temperatura un chorro de gas, calentando el material y consiguiendo atravesar el grosor de la

chapa a cortar. Se utiliza para cortar formas irregulares o bien cuando el grosor de la chapa es mayor de 6 mm.

- Puente grúa: Se dispone de un puente grúa emplazado en la zona 1 de montaje.
- Máquinas de mano: Entran en este grupo los taladros y radiales. Hay disponibles 40 taladros y radiales para uso de los montadores.

La industria cuenta con una potencia en maquinaria de 367,5 kW.

Hay que destacar que no existe un operario encargado de cada máquina sino que son los distintos trabajadores los que cambian de función y dejan parada una máquina para utilizar otra, esto produce que la simultaneidad sea baja.

En la tabla 4-3 se resume los datos técnicos de interés de la maquinaria.

Tabla 4-1. Cantidad y potencia instalada en maquinaria

Máquina	Potencia media (kW)	Cantidad	Total (kW)
Tornos	12,2	7	73,22
Centros de Mecanizado	15,57	3	46,7
Fresas	8,5	2	17
Talladora	17,9	1	17,9
Entalladora	1,47	1	1,47
Sierra de Corte	1	2	2
Prensa	3	1	3
Lijadora	1,47	2	2,94
Cilindro Curvador	4,1	1	4,1
Cizalla	10,25	2	20,5
Plegadora	8,6	2	17,2
Punzonadora	5,5	1	5,5
Corte PLASMA	19,5	1	19,5
Taladro	1,5	1	1,5
Taladros Columna	1,12	4	4,48
Taladro de Mano	1,3	20	26
Rotaflex	1,45	20	29
Soldadura	7	10	70
Puente Grúa	5,5	1	5,5
	Total	82	367,5

5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En este apartado se detallarán las características principales con las que cuenta la instalación eléctrica de la nave, así como del histórico de consumos de años atrás.

5.1 Descripción

El suministro eléctrico se realiza en baja tensión por parte de la compañía distribuidora “Endesa Distribución”

La corriente que llega a la instalación cumple las siguientes características:

- Sistema de corriente trifásica (3 fases + 1 neutro).
- Frecuencia 50 Hz.
- Tensión entre fases 400 V.
- Tensión entre fase y neutro 230 V.

La medición se realiza mediante contador del tipo estático multifunción para tensión de medida indirecta 3x230/400V. El transformador de intensidad corresponde a uno de relación de transformación 200/5A.

La instalación presente en la nave industrial sigue el siguiente esquema de la figura 5-1.

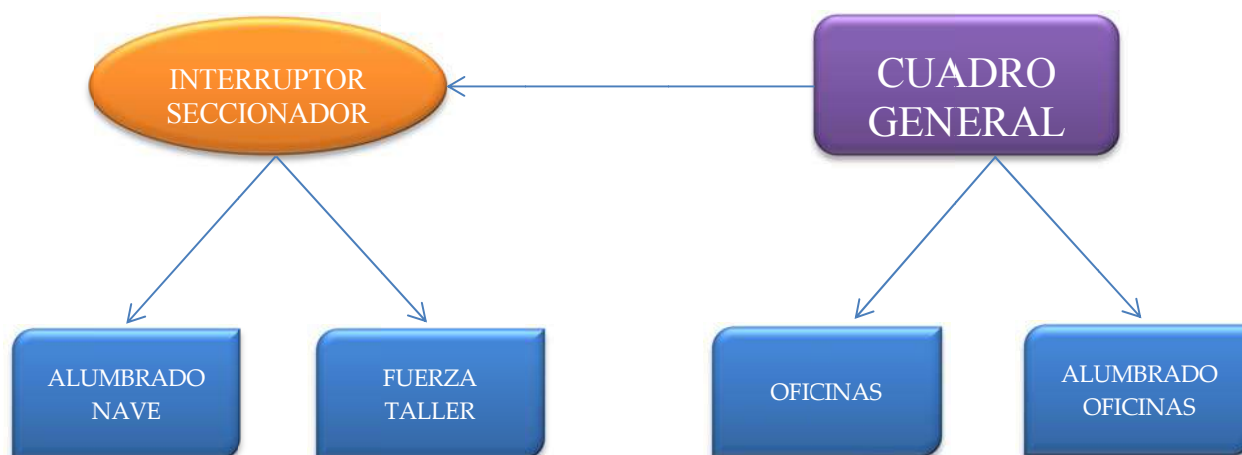


Figura 5-1. Esquema Instalación Eléctrica.

Desde el cuadro general se distribuyen los cuadros secundarios, que sectorizan las 4 naves principales, y uno más para la zona de oficinas. Los cuadros secundarios del taller disponen de un interruptor aguas arriba que corta la corriente. Éste seccionador es activado al finalizar la jornada para evitar que nada quede encendido, exceptuando los días en que algunos de los centros de mecanizado trabajen de noche. La zona de oficinas es independiente y no se corta nunca, ya que tendría que hacerse a través del cuadro cortando el interruptor general.

La dirección informa de la ausencia de batería de condensadores. Esta será una de las primeras medidas que se tomen tras comprobar las facturas eléctricas.

5.2 Facturación eléctrica

La empresa ha proporcionado las facturas de los dos últimos años, en el período de enero a diciembre. De esta documentación se tomarán los principales datos como son consumos energéticos y potencias registradas, además con el consumo de reactiva se estimará el valor del factor de potencia de la instalación. Debido al tipo de empresa objeto de estudio, hay que tener en cuenta que una empresa de este tipo funciona bajo pedido, es decir puede ser que un año la carga de trabajo sea mayor en mayo y al año siguiente lo sea en septiembre.

La tarifa contratada es del tipo 3.0A, tarifa aprobada por el RD 1164/2001 [2] por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

A modo de resumen esta tarifa es de tipo 3 períodos, es decir, diferencia entre tres períodos a lo largo del día, los cuales tienen diferentes condiciones restrictivas y económicas. En la siguiente tabla se resumen los horarios de cada período:

Tabla 5-1. Discriminación horaria tarifa 3.0A. [3]

	P1 (Punta)	P2 (Llano)	P3 (Valle)
INVIERNO	18:00-22:00	08:00-18:00 22:00-00:00	00:00-08:00
VERANO	11:00-15:00	08:00-11:00 15:00-00:00	00:00-08:00

En total corresponden 4 horas para el período de punta, 12 horas para el período de llano y 8 para el valle.

Tabla 5-2. Costes actuales por los términos de potencia y energía en Endesa. [3]

Período	Término de Potencia (€/kW año)	Término de Energía (€/kWh consumido)
P1	40,728885	0,169890
P2	24,437330	0,134476
P3	16,291555	0,093506

La energía reactiva se factura según el factor de potencia, 0,062332 €/kvarh si el factor de potencia es inferior a 0,8 y 0,041554 €/kvarh si se mantiene entre 0,8 y 0,95 y sólo para los períodos P1 y P2. Para factores mayores de 0,95 no se paga nada por este término.

El cambio de horario corresponde con la fecha del cambio oficial de hora. Se considera pues período de invierno los meses que van desde noviembre a marzo y los de verano desde abril a octubre.

La potencia contratada para los 3 períodos es de 160 kW, teniendo que cumplir además la restricción de que $P3 > P2 > P1$ en la contratación de cada período. El control de la potencia lo lleva un maxímetro, que refleja cual es la potencia máxima demandada en cada uno de los períodos. Esta información se obtiene a partir de las facturas eléctricas.

En los subapartados siguientes se estudiarán por separado cada uno de los términos de la tarifa.

5.2.1 Término de Potencia

El primer término a analizar será el término de potencia. Este término se factura según las siguientes condiciones:

- Si $P_m < 0,85 * P_c \rightarrow P_f = 0,85 * P_c$
- Si $0,85 * P_c < P_m < 1,05 * P_c \rightarrow P_f = P_m$
- Si $P_m > 1,05 * P_c \rightarrow P_f = P_m + 2 * (P_m - 1,05 * P_c)$

Donde: P_m : Potencia medida por el maxímetro.

P_c : Potencia contratada.

P_f : Potencia facturada.

Lo ideal sería que la demanda se mantuviera en la zona de entre el 85% y el 105% de la potencia contratada, ya que por debajo del 85% se paga de más, y por encima del 105% los excesos se pagan el doble.

A su vez cada período lleva asociado un coste diferente por el término de potencia, siendo P1 el más caro y P3 el más barato.

Las figuras 5-2 y 5-3 indican los meses con mayor carga de trabajo. Es destacable la gran diferencia entre los periodos P1 y P2 y el periodo P3, esto es debido a que corresponde a horas de noche y el taller funciona sólo con un centro de mecanizado o dos, más el compresor.

Pese a la potencia instalada en maquinaria (367,5 kW) en ningún momento del año se han sobrepasado los 160 kW contratados (línea discontinua), lo que nos indica baja simultaneidad de utilización de las máquinas.

Se observa también una tendencia de que la potencia en P1 permanece inferior a P2 desde noviembre a marzo, y cambia a ser superior el resto del año. Bien esto, es debido al horario de trabajo y los cambios de horario comentados por la tarifa 3.0A.

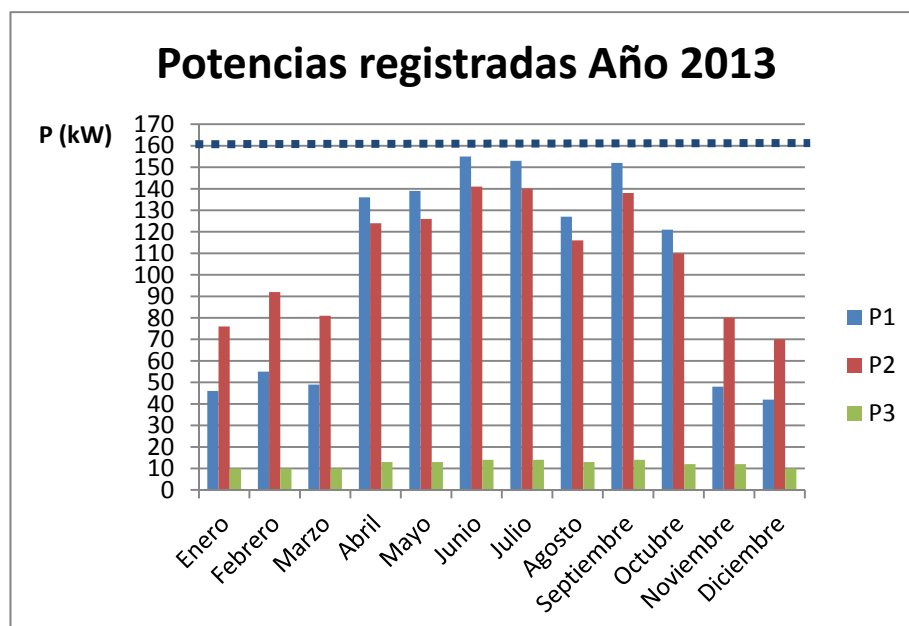


Figura 5-2. Evolución potencias registradas año 2013

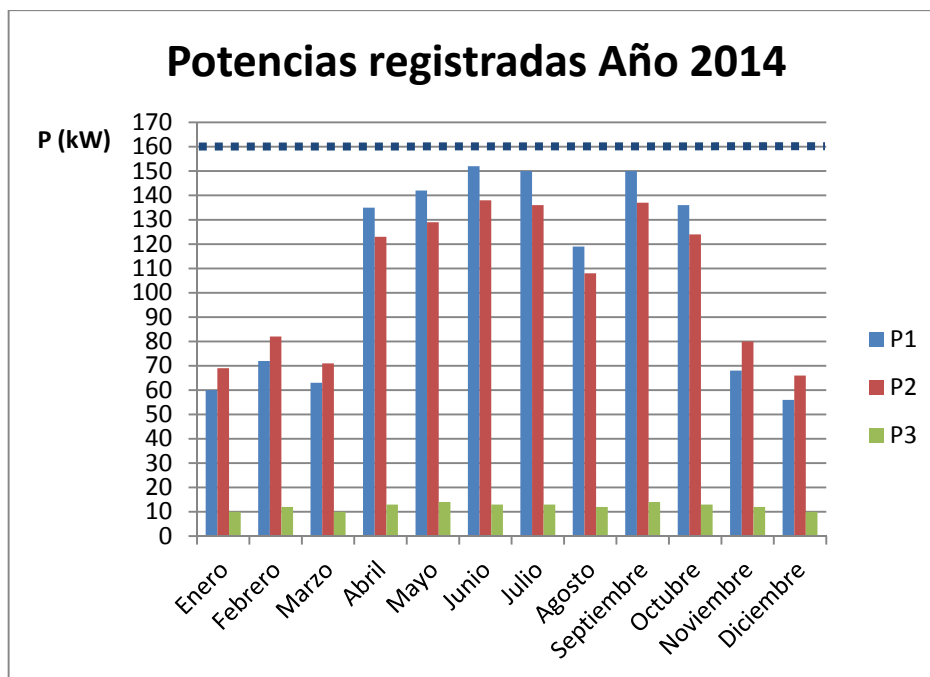


Figura 5-3. Evolución potencias registradas año 2014

Los rangos de potencias máximas y mínimas registradas se muestran en la tabla 5-3.

Tabla 5-3. Potencias máximas registradas en 2013 y 2014

Período	Año 2013		Año 2014	
	Pmin (kW)	Pmax (kW)	Pmin (kW)	Pmax (kW)
P1	42	155	56	152
P2	70	141	66	138
P3	10	14	10	14

5.2.2 Término de Energía

El segundo término por el que factura la comercializadora es por la cantidad de energía que se consume de la red. De nuevo cada período tiene un precio por el kWh diferente, siendo el más caro P1 y el más barato P3.

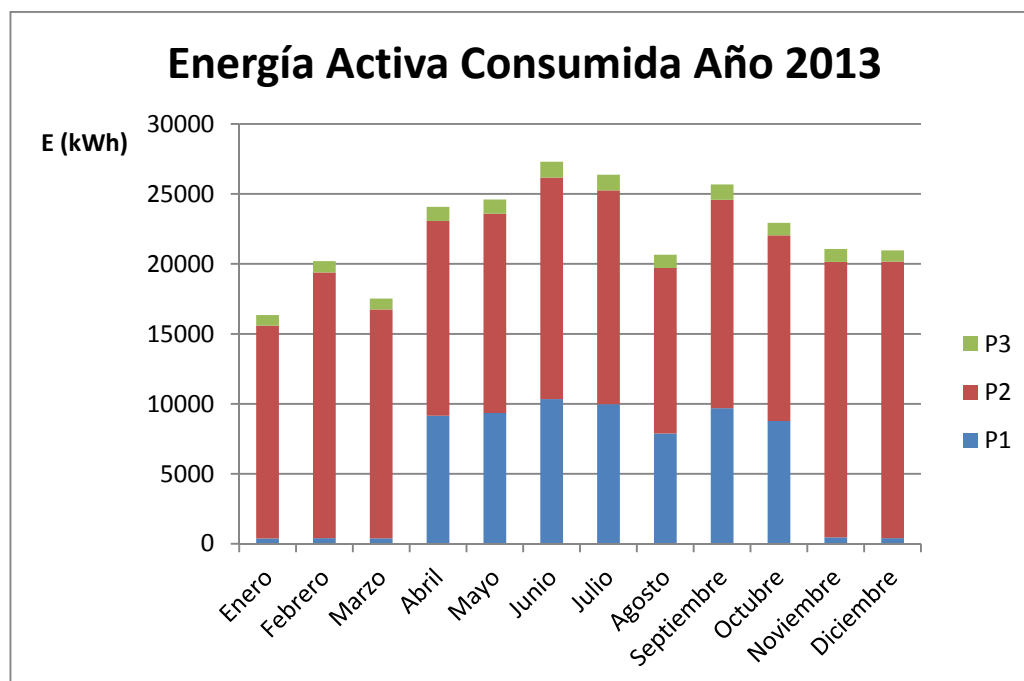


Figura 5-4. Energía activa consumida en el año 2013.

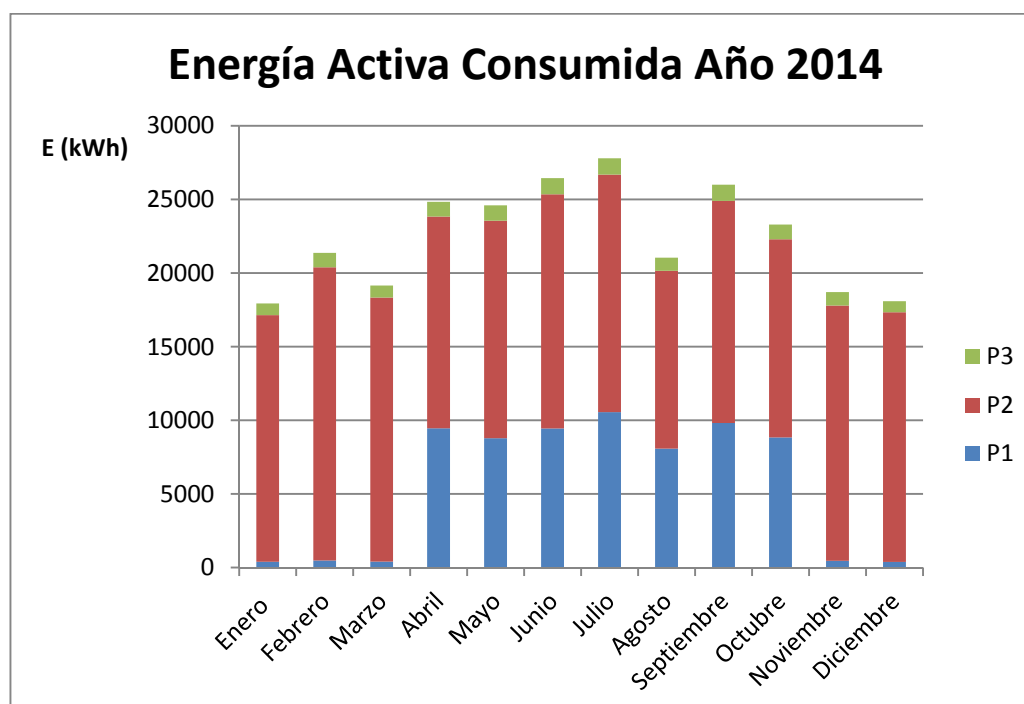


Figura 5-5. Energía activa consumida en el año 2014.

De nuevo se observa que en el período de horario de verano el consumo en P1 aumenta considerablemente, reduciéndose el de P2. Aun así se observa una clara predominancia del consumo en las horas del período 2.

Un resumen de los datos de consumo se recoge en la tabla 5-4.

Tabla 5-4. Energía consumida en los años 2013 y 2014.

Período	Energía Activa 2013 (kWh)	Energía Activa 2014 (kWh)
P1	67192	67129
P2	189244	190692
P3	11302	11474
Total	267738	269295

5.2.3 Término de Energía Reactiva

Este término se aplica cuando el factor de potencia es menor de 0,95. A medida que el factor de potencia va bajando los costes de transporte se van incrementando, es por lo que las compañías eléctricas necesitan cubrir esas pérdidas de energía.

Los motores de inducción son los principales causantes de bajar el factor de potencia, ya que su funcionamiento implica un consumo de reactiva. Existen formas de corregir este desfase de intensidad con la instalación de baterías de condensadores. En este caso la empresa no dispone de tal batería, por lo que está pagando todos los meses un término extra de energía reactiva.

Actualmente en el P3 no se cobra la energía reactiva, pero sí para P1 y P2. Aunque se sepa que en el tercer período no se factura la reactiva, se indicará en los gráficos a modo de comparación con el resto de períodos.

Tabla 5-5. Energía reactiva consumida en 2013 y 2014.

Período	Energía Reactiva 2013 (kvarh)	Energía Reactiva 2014 (kvarh)
P1	79402	81449
P2	204340	209060
P3	6495	6646
Total	290237	297155

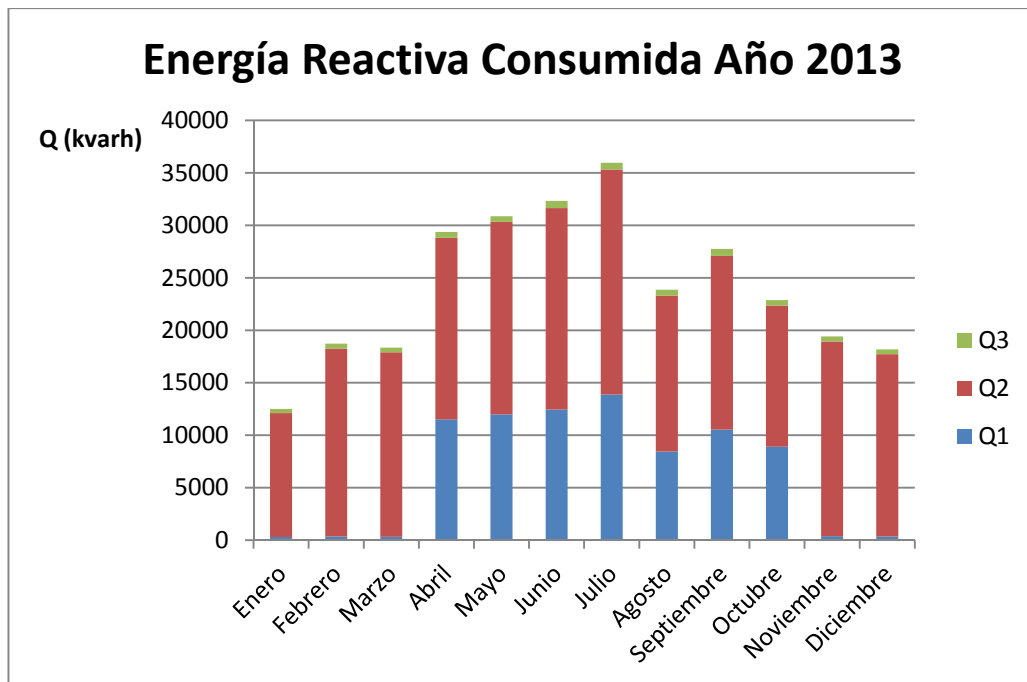


Figura 5-6. Energía reactiva consumida en 2013.

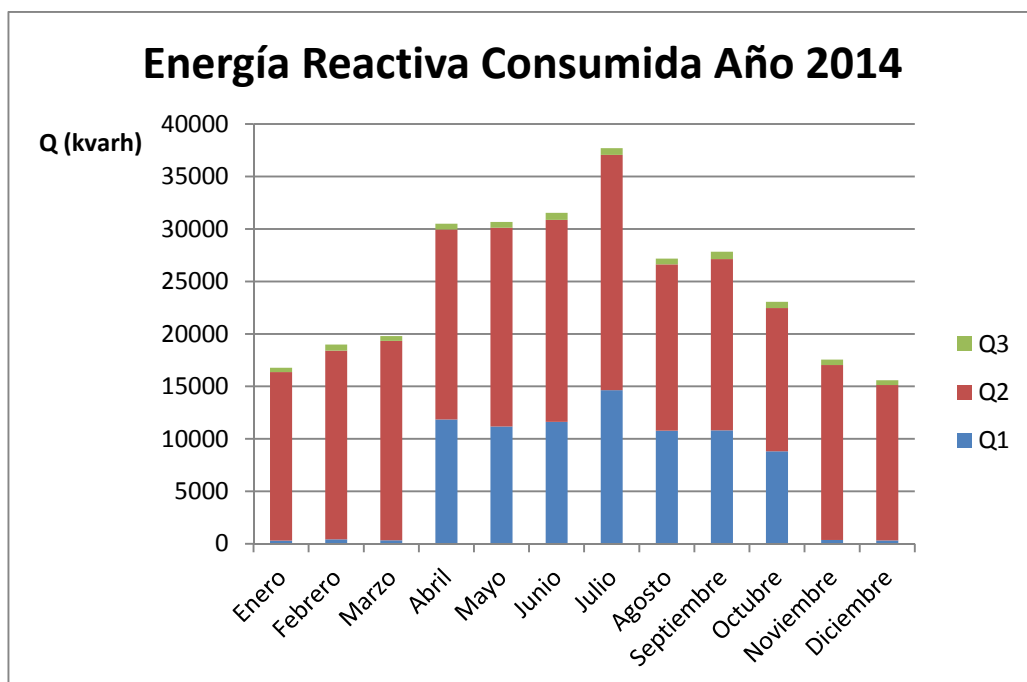


Figura 5-7 Energía reactiva consumida en 2014.

Esta industria tiene unos consumos importantes de reactiva, los cuales repercuten considerablemente sobre la factura final de mes. Se podrían ahorrar sólo con la instalación de la batería de condensadores. Esta medida será una de las primeras que se propondrán.

El factor de potencia se representa en las figuras. El factor de potencia en el período 3 no se muestra en las facturas, así que lo hemos calculado a partir de la ecuación 5-1.

$$FP3i = \frac{Eai}{\sqrt{Eai^2 + Eri^2}} \quad (5-1)$$

Donde:

- FP3i: Factor de potencia en el período 3 durante el mes (i).
- Eai: Energía activa medida en el mes (i).
- Eri: Energía reactiva medida en el ms (i).

El factor de potencia es inferior a 0,95, incluso menor de 0,8, margen a partir del cual se incrementa el coste de la energía reactiva. El período 3, al solo funcionar con los centros y el compresor, que son máquinas relativamente nuevas se ve cómo tienen un mayor rendimiento energético.

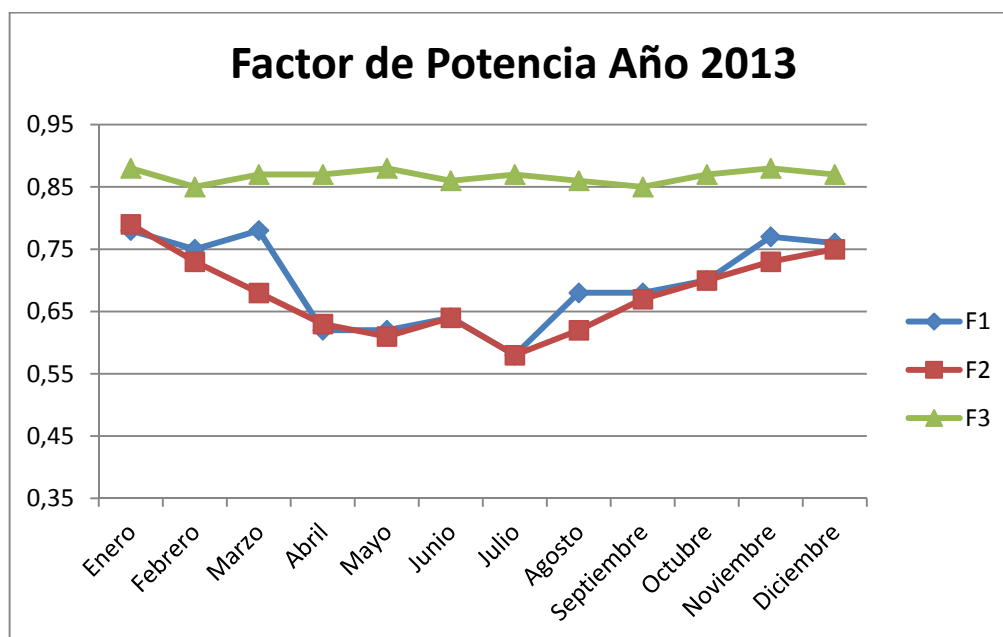


Figura 5-8. Factor de potencia registrado en 2013.

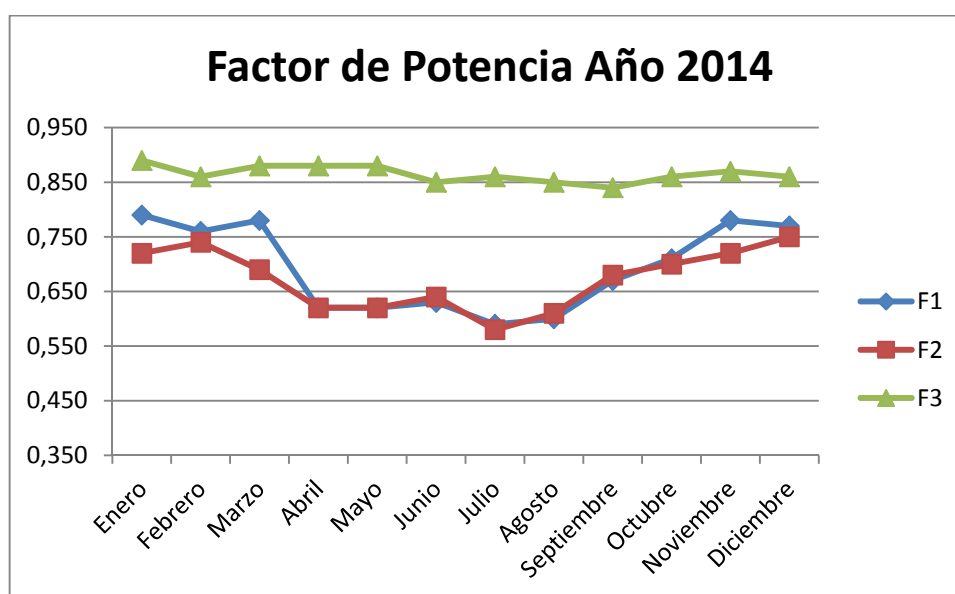


Figura 5-9. Factor de potencia registrado en 2014.

6 INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

El objetivo de este apartado será el estudio de la iluminación, potencia y flujo luminoso. A partir de éste se estudiará la posible sustitución por otro tipo de luminarias de menor consumo, sin perder calidad en iluminación. La herramienta de trabajo será el programa Dialux [4].

6.1 Condiciones de iluminación

Según el RD 486/1997 [5] por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, junto con la norma UNE-EN 12464-1 [6], se pueden detallar las condiciones mínimas de iluminación de cada una de las zonas de la instalación industrial.

Los niveles de iluminación mínimos dependerán de las tareas que se lleven a cabo en la zona.

Tabla 6-1. Valores de iluminancia media horizontal mantenida mínimos (Em)

Zona	Em (lux)
Oficinas, trabajos CAD	500
Oficinas, proceso de datos, mecanografiado	500
Pasillos	200
Escaleras y rampas	150
Vestuarios y servicios	200
Almacenes	200
Montaje	300
Mecanizado de precisión	500
Pulido y pintura	750
Recepción	100
Archivos	200
Cochera	150

Los valores de reflectancia para paredes, techo y suelo se pueden tomar de la tabla 6-2.

Tabla 6-2. Valores de reflexión de diseño.

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

Para las zonas de oficinas, aseos, recepción tomaremos 0,7 para el techo, 0,5 para las paredes y 0,3 para el suelo, y para el resto, zonas de taller, 0,3 para el techo, 0,5 para las paredes y 0,1 para el suelo.

La superficie de cálculo se calculará a una altura de 0,85 m, altura generalmente a la que se trabaja en el taller.

6.2 Iluminación actual

El sistema actual está basado en tecnología fluorescente, instalada a lo larga de cada nave, con posibilidad de encendido y apagado independiente. La maquinaria dispone a su vez de propia iluminación, en la mayoría de los casos fluorescente, que garantiza las condiciones mínimas de trabajo. Para el caso que nos ocupa consideraremos este consumo despreciable, aunque si se puedan dar soluciones que mejoren lo actual.

Las naves cuentan con lucernarios en el techo que permiten la entrada de luz diurna al interior, exceptuando la cochera. Además las zonas 1 y 5, al ser la altura de la nave mayor que las colindantes se aprovechó esa diferencia de nivel también como lucernario para la entrada de la luz exterior. En la Figura 6-2 se puede observar el mal estado de mantenimiento de las lucernarias, no dejando pasar toda la luz que podrían aportar.



Figura 6-1. Detalle diferencias entre alturas de naves.

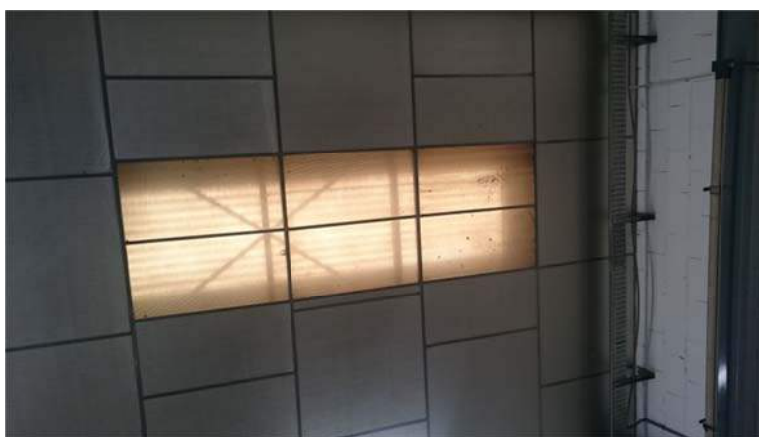


Figura 6-2. Lucernarias instaladas.

Para aprovechar la luz natural se abren las puertas de acceso de 4 m de altura de las zonas 1 y 3, y se fabricaron unas puertas translúcidas de metacrilato de 2 m de altura para dejar pasar la luz natural y los trabajadores no queden expuestos al exterior. Con esta medida se mejora la iluminación en esas zonas.



Figura 6-3. Puertas translúcidas instaladas en zona 1.

La iluminación de la zona de oficinas es la que más horas permanece activa, ya que el personal técnico, administrativo así como la dirección suelen necesitar más horas de trabajo. Se puede afirmar que esta iluminación permanece encendida a lo largo de toda la jornada.

Se observa que en las zonas de accesos, tales como puertas de entrada a la instalación industrial no dispone de iluminación propia. Pasillos y escaleras no disponen tampoco de iluminación.

No existe ningún sistema de regulación de luz, y aunque existen avisos de que se apague la luz tras dejar de utilizar una zona se ha observado almacenes vacíos con la luz encendida.

En cuanto al tipo de luminarias, siempre se ha primado el no tener muchos tipos de luminarias, así podemos encontrar varios tipos de sistemas de iluminación.

Tabla 6-3. Resumen luminarias actuales.

Tipo	P (W)	Flujo Luminoso (lm)	Nº	Potencia Total (W)
DownLight 2x26W	52+10	3600	34	2108
Pantalla Fluorescente 2X58W	116+10	10400	12	1512
Pantalla Fluorescente 2x80W	160+12	12300	95	16340
Pantalla Fluorescente 2x36W	72+10	6500	4	328
Pantalla Fluorescente 4x14W	56+10	4800	5	330
		Total	150	20618

Se cuenta con un total de 150 luminarias que consumen una potencia total de 20,618 kW. En la Tabla 6-3 se observa un sumando extra en cada término de potencia cuyo significado es una estimación del balastro electromagnético de cada luminaria.

En general, los operarios comentan que no tienen una buena iluminación, mayoritariamente en días nublados. Esto dificulta que puedan trabajar en condiciones óptimas.

Tras estas observaciones es interesante realizar un primer análisis lumínico para calcular la iluminancia media de cada zona de estudio. El modo de proceder sería mediante un luxómetro medir valores de iluminancia media en cada zona, pero a falta de instrumentación haremos una primer cálculo con Dialux para estimar los valores actuales de iluminancia.

Considerando que la maquinaria dispone de iluminación propia se fijará como mínimo que las zonas de maquinaria (2 y 3) tengan 300 lux de media. Para su cálculo se dispone de las posiciones de las luminarias actuales en los planos correspondientes.

Una vez simulado cada local en Dialux se obtienen los documentos recogidos en los anexos. Los resultados se resumen a continuación.

- Oficina Técnica

Dispone de 6 luminarias tipo DownLight 2x26W, empotradas en el techo.

Tabla 6-4. Condiciones actuales iluminación Oficina Técnica.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	250	500	NO
Mesa 1	255	500	NO
Mesa 2	267	500	NO
Mesa 3	244	500	NO
Mesa 4	221	500	NO
Mesa 5	197	500	NO
		P. Total (W)	372

- Oficina Administración

Dispone de 12 luminarias tipo DownLight 2x26W, empotradas en el techo.

Tabla 6-5. Condiciones actuales iluminación Oficina Administración.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	466	500	NO
Mesa 1	202	500	NO
Mesa 2	360	500	NO
Mesa 3	473	500	NO
Mesa 4	475	500	NO
		P. Total (W)	744

- Oficina Gerente

Dispone de 2 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 4x14W, empotradas en el techo.

Tabla 6-6. Condiciones actuales de iluminación Oficina Gerente.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	167	500	NO
Mesa 1	172	500	NO
P. Total (W)			132

- Oficina Administrador

Dispone de 1 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 4x14W, empotrada en el techo.

Tabla 6-7. Condiciones actuales de iluminación Oficina Administrador.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	114	500	NO
Mesa 1	124	500	NO
P. Total (W)			66

- Oficina Jefe de Taller

Dispone de 2 luminarias DownLight 2x26W, empotradas en el techo.

Tabla 6-8. Condiciones actuales de iluminación Oficina Jefe de Taller.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	365	500	NO
Mesa 1	347	500	NO
P. Total (W)			124

- Sala de Juntas

Dispone de 1 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 4x14W, empotrada en el techo.

Tabla 6-9. Condiciones actuales de iluminación Sala de Juntas.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	168	500	NO
Mesa 1	185	500	NO
		P. Total (W)	132

- Archivo

Dispone de 4 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosadas en el techo.

Tabla 6-10. Condiciones actuales de iluminación Archivo.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	255	200	SI
		P. Total (W)	504

- Recepción

Dispone de 3 luminarias tipo DownLight 2x26W, empotradas en el techo.

Tabla 6-11. Condiciones actuales de iluminación Recepción.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	378	200	SI
		P. Total (W)	186

- Servicios dirección

Dispone de 1 luminaria tipo DownLight 2x26W, empotrada en el techo.

Tabla 6-12. Condiciones actuales de iluminación Servicios dirección.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	338	200	SI
		P. Total (W)	62

- Servicios recepción

Dispone de 1 luminaria tipo DownLight 2x26W, empotrada en el techo.

Tabla 6-13. Condiciones actuales de iluminación Servicio recepción.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	277	200	SI
P. Total (W)			62

- Servicios personal

Dispone de 9 luminarias tipo DownLight 2x26W, empotradas en el techo.

Tabla 6-14. Condiciones actuales de iluminación Servicios personal.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	396	200	SI
P. Total (W)			558

- Almacén motores

Dispone de 1 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosada en el techo.

Tabla 6-15. Condiciones actuales de iluminación Almacén motores.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	211	200	SI
P. Total (W)			126

- Almacén neumática

Dispone de 1 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosada en el techo.

Tabla 6-16. Condiciones actuales de iluminación Almacén neumática.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	207	200	SI
P. Total (W)			126

- Almacén electricidad

Dispone de 2 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosadas en el techo.

Tabla 6-17. Condiciones actuales de iluminación Almacén electricidad.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	176	200	NO
P. Total (W)			252

- Almacén personal

Dispone de 1 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosada en el techo.

Tabla 6-18. Condiciones actuales de iluminación Almacén personal.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	380	200	SI
P. Total (W)			377

- Almacén tornillos

Dispone de 2 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosada en el techo.

Tabla 6-19. Condiciones actuales de iluminación Almacén tornillos.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	174	200	NO
P. Total (W)			232

- Almacén varios

Dispone de 1 luminaria tipo Pantalla Fluorescente 2x58W, adosada en el techo.

Tabla 6-20. Condiciones actuales de iluminación Almacén varios.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	211	200	SI
P. Total (W)			126

- Zona 1: Montaje

Dispone de 24 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 2x80W, suspendidas del techo

Tabla 6-21. Condiciones actuales de iluminación Zona 1: Montaje.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	252	300	NO
		P. Total (W)	4128

- Zona 2: Maquinaria

Dispone de 26 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 2x80W, suspendidas del techo

Tabla 6-22 Condiciones actuales de iluminación Zona 2: Maquinaria.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Pequeño Almacén	55	200	NO
Zona tránsito taller	312	300	SI
Zona pasillo	193	200	NO
		P. Total (W)	4472

- Zona 3: Maquinaria

Dispone de 16 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 2x80W, suspendidas del techo

Tabla 6-23. Condiciones actuales de iluminación Zona 3: Maquinaria.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Zona tránsito taller	335	300	SI
Zona pasillo 1	268	200	SI
Zona pasillo 2	85	200	NO
		P. Total (W)	2752

Zona 4: Electricidad

Dispone de 7 luminarias, 3 de ellas suspendida del techo tipo pantalla fluorescente 2x80W y las otras 4 en una estructura a escuadra sobre pared tipo pantalla fluorescente 2x36W.

Tabla 6-24. Condiciones actuales de iluminación Zona 4: Electricidad.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Zona 4	344	500	NO
Mesa 1	310	500	NO
Banco de Trabajo	390	500	NO
Pasillo	31	200	NO
P. Total (W)			580

- Zona 5: Montaje

Dispone de 9 luminarias tipo pantalla fluorescente 2x80W, suspendida del techo.

Tabla 6-25. Condiciones actuales de iluminación Zona 5: Maquinaria.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Zona 5	336	300	SI
Almacén	322	200	SI
P. Total (W)			1548

- Zona 6: Almacén general

Dispone de 11 luminarias tipo pantalla fluorescente 2x80W, suspendidas del techo.

Tabla 6-26. Condiciones actuales de iluminación Zona 6: Almacén general.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Almacén	228	200	SI
Pasillo	221	200	SI
Punzonadora	108	300	NO
P. Total (W)			1892

- Zona 7: Pulido y pintura

Dispone de 2 luminarias tipo pantalla fluorescente 2x80W, suspendidas del techo.

Tabla 6-27. Condiciones actuales de iluminación Pulido y pintura.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Pulido	157	750	NO
Pintura	201	750	NO
Pasillo	56	200	NO
P. Total (W)			344

- Cochera

Dispone de 4 luminarias tipo Pantalla Fluorescente 2x80W, suspendidas del techo.

Tabla 6-28. Condiciones actuales de iluminación Cochera.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	110	150	NO
P. Total (W)			688

6.3 Conclusiones

Una vez determinadas las zonas de estudio se puede comprobar que en la mayoría de los casos los mínimos no se cumplen. Estos mínimos se imponen para garantizar la seguridad de los trabajadores y prevenir riesgos en la salud.

La empresa está consumiendo una potencia por una iluminación que no le satisface las condiciones mínimas.

Tabla 6-29. Resumen potencias actuales iluminación por zonas.

Zona	Potencia (W)
Oficinas	1570
Taller	15980
Almacenes	1008
Zonas comunes	2060
Total	20618

En la Tabla 6-29 se observa un claro predominio de consumo por parte del taller, sería un buen punto para comenzar a reducir consumos.

En cuanto al consumo de energía, es necesario hacer una estimación a partir de las horas de uso de

cada zona. El cálculo detallado se encuentra en los anexos. En la tabla 6-30 se resume el consumo de cada zona.

Tabla 6-30. Resumen consumo actuales iluminación por zonas.

Lugar	Energía diaria (kWh)	Energía anual (kWh)
Oficinas	13,338	2934,36
Taller	121,43	26714,6
Almacenes	1,57	345,4
Zonas comunes	6,814	1499,08
TOTAL	143,152	31493,44

7 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Se dispone de una instalación de aire comprimido que cumple dos funciones, en primera necesidad para alimentar a algunas máquinas tales como los centros de mecanizado que necesitan una presión constante de aire para funcionar, y por otro existen diferentes tomas de aire por el taller que se utilizan para la conexión de ensayos de pistones neumáticos o cualquier actividad que necesite de aire comprimido puntualmente.

Siempre que los centros de mecanizado estén funcionando, el compresor ha de estar activo.



Figura 7-1. Compresor aire comprimido AtlasCopco GA30C.

La instalación tiene una potencia nominal de 30 kW y cuenta con los siguientes elementos:

- Compresor
- Tanque de aire
- Deshumidificador
- Filtro de aire

El conjunto se encuentra ubicado en la zona 6 y a través de una tubería llega a las diferentes zonas. En los planos adjuntos se detalla los puntos de consumo.

El compresor alimenta al tanque donde se almacena aire a una determinada presión, cuando el aire en el interior del depósito se descarga o baja de un cierto nivel de presión el grupo compresor vuelve a iniciarse para mantener la presión. De forma que si no se utiliza aire, el depósito permanece cargado y el motor del compresor no funciona. El filtro sirve para que el aire que entre a la instalación no contenga partículas y el deshumidificador extrae la humedad del aire para proteger a la instalación de corrosiones.

Se han detectado numerosos puntos de fuga en los ramales de tuberías, esto produce que el depósito de aire se descargue más rápidamente haciendo que el compresor arranque un mayor número de veces a lo largo del día. Algunas fugas son fácilmente detectables porque se escucha el aire salir y produce un leve pitido. Para hacer una prueba, se visitaron las instalaciones un día no laboral y se comprobó que todas las llaves de aire estuvieran cerradas. Se arrancó el compresor y se dejó que se

estabilizara, es decir que llegara a la presión necesaria y acto seguido se parara. Tras intervalos de media hora aproximadamente el compresor arrancaba y funcionaba unos segundos en los que volvía a estabilizarse.

En la figura 7-2 se observa una tubería donde por deterioro se ha producido un orificio por el que se pierde aire constantemente.



Figura 7-2. Estado actual tubería.

En la figura 7-3 por otro lado se decidió hacer una ampliación del circuito mediante un colector de aire de fabricación en el propio taller, pero de nuevo se producen pérdidas.



Figura 7-3. Colector de aire.

Se puede estimar un consumo de energía a la semana bajo las siguientes hipótesis:

- Horas de funcionamiento en continuo: 30 h entre semana y 5 h los fines de semana.
- Factor de carga: 0,6

A partir de estas suposiciones se obtiene la tabla 7-1.

Tabla 7-1. Resumen consumo energético instalación aire comprimido

Potencia (kW)	Factor Carga	Lunes – Viernes		Sábado – Domingo	
		Horas	Energía (kWh)	Horas	Energía (kWh)
30	0,6	30	405	5	9,375
		Total Semana (kWh)		414,375	
		Total Año (kWh)		18232,5	

8 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

La climatización en las instalaciones se diferencia según la zona:

8.1 Zona taller

En el taller hay instalados 4 grupos de aire, que funcionan por el principio de refrigeración evaporativa, una bomba hace pasar una cortina de agua por unos paneles de paja para que se humedezca, a su vez una turbina introduce aire al interior de la nave y obliga a éste a pasar por estos paneles, absorbiendo el agua el calor del aire. En la figura 8-1 se puede observar el funcionamiento básico de este sistema.

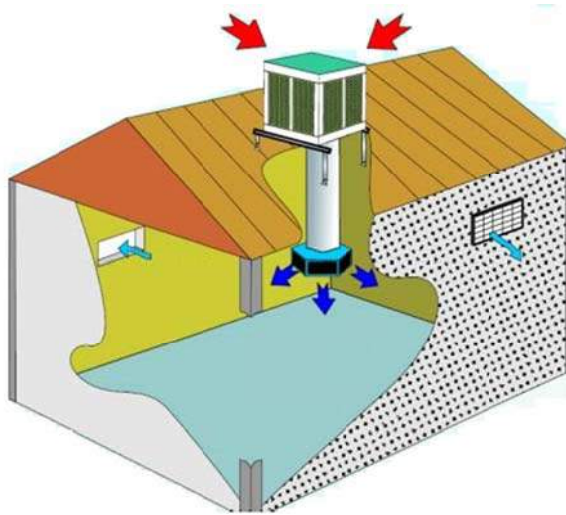


Figura 8-1. Esquema funcionamiento refrigeración evaporativa [7]



Figura 8-2. Conjunto motor-turbina equipo refrigeración.

Los cuatro grupos se instalan sobre la cubierta de la nave.



Figura 8-3. Instalación actual grupos en cubierta.

Este sistema se usa en la mayoría de las industrias y ofrece un buen resultado en cuanto a sensación térmica, aun así este sistema es anticuado y tienen un gran consumo de potencia durante los meses de verano. Actualmente existen equipos que funcionan bajo el mismo principio y tienen un consumo menor de potencia.

8.2 Zona oficinas

Las oficinas por otro lado disponen de aparatos de aire acondicionado/bomba de calor. Se observan que no se respetan unos niveles adecuados de temperatura. Según el IDAE [8] se definen unos niveles de confort de 19/21° para el invierno y de 26 para el verano. Tras varias observaciones en las oficinas no se suelen respetar estos niveles llegando a ver 30° en los meses de frío y 18° en los meses de calor.

8.3 Conclusiones

En la tabla 8-1 se resumen el número total de equipos, potencias, horas de utilización y consumo estimado. Se ha considerado un factor de carga de 0,8. Para realizar la estimación se espera que la climatización de las oficinas se utilice durante 10 meses, alternando frío y calor, la zona de taller sólo se utilicen 4 meses, desde mayo hasta septiembre.

Tabla 8-1. Resumen equipos climatización y consumos.

Zona	Potencia/ud (kW)	Cantidad	Horas utilización/día	Energía diaria (kWh)	Energía anual (kWh)
Oficina Técnica	1,6	1	11	14,08	2816
Administración	1,6	1	11	14,08	2816
Gerente	1,6	1	11	14,08	2816
Administrador	1,6	1	11	14,08	2816
Sala Juntas	1,6	1	5	6,4	1280
Zona 1	7,5	2	8	96	7680
Zona 2	4	2	8	51,2	4096
Total Oficinas					12544
Total Taller					11776
Total					24320

El porqué de las 11 horas de utilización diarias de la zona oficinas es debido a que durante las dos horas de comida se suele dejar la climatización encendida.

9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez estudiados todos los puntos de consumo objeto de este documento se pasa a hacer una valoración energética y comparar unas zonas con otras, a fin de determinar los mayores consumos. Es importante tener en cuenta la diferencia entre potencia instalada y la energía consumida por la misma, así podemos encontrarnos zonas con una alta potencia instalada pero debido bien a su baja utilización o bien por un bajo factor de carga de la maquinaria el consumo de energía sería muy inferior al esperado.

9.1 Consumo por zonas

En el apartado 4.3 de este documento se definieron 4 grandes zonas, en la tabla 9-1 se muestran la suma de todos los consumos en cada una de ellas durante un año.

Tabla 9-1. Resumen consumo energético anual por zonas.

Zona	Potencia instalada (kW)	Consumo estimado (kWh)
Oficinas	19,493	21606,997
Taller	436,48	244827,632
Almacenes	1,008	221,76
Zonas comunes	2,06	1423,4
Total	459,041	268079,789

Era de esperar que el taller fuera el mayor punto de consumo de la instalación ya que posee la mayor parte de la potencia instalada tanto en maquinaria como en iluminación.

9.2 Consumo por sectores

Tabla 9-2. Resumen consumo energético anual por sectores

Sector	Potencia instalada (kW)	Consumo estimado (kWh)
Maquinaria	367,5	187905,212
Equipos	9,923	6128,6368
Iluminación	20,618	31493,44
Climatización	31	24320
Aire comprimido	30	18232,5
Total	459,041	268079,789

La tabla 9-2 muestra el consumo por sector estudiado, de nuevo se ve un claro predominio por parte de la maquinaria seguido por la iluminación.

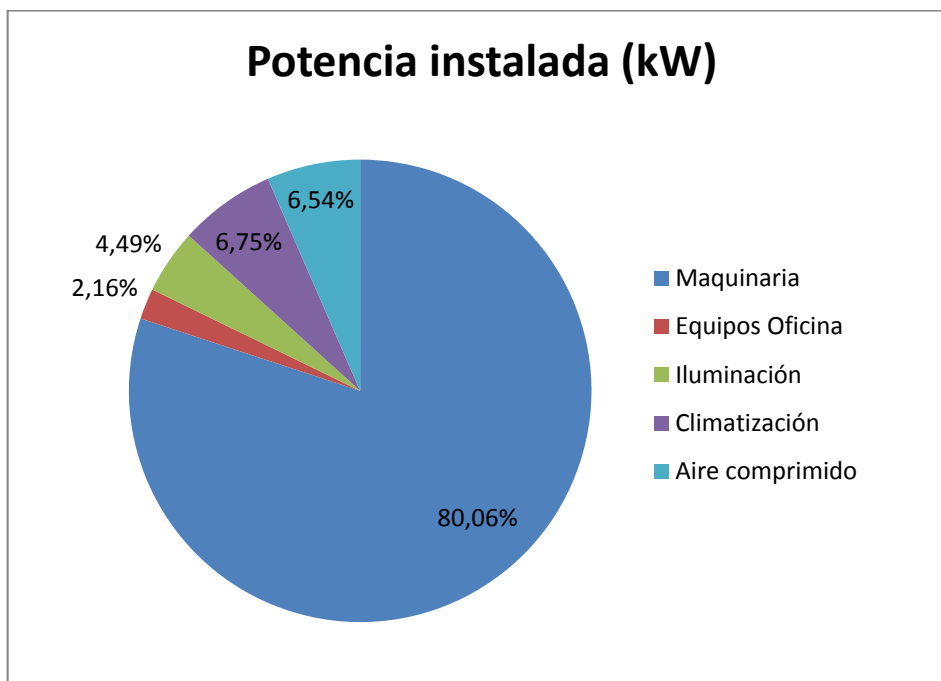


Figura 9-1. Proporciones entre potencias instaladas en la instalación

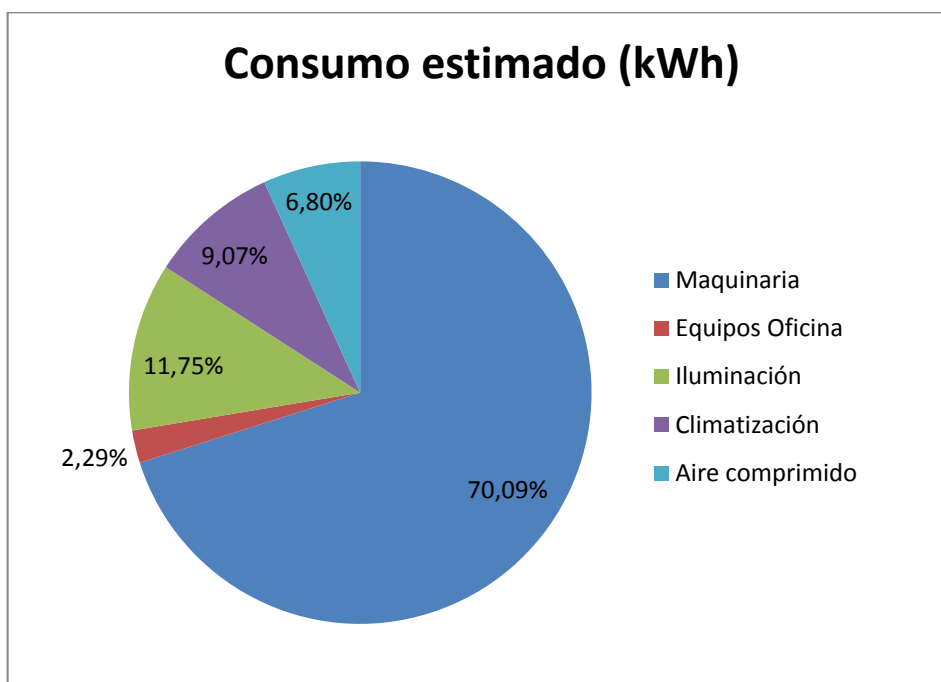


Figura 9-2. Proporciones entre consumos estimados en la instalación.

En las figuras 9-1 y 9-2 se observa la distribución de potencia instalada y consumos durante el año en porcentajes.

10 PROPUESTAS DE MEJORA

A continuación se proponen una serie de medidas cuyo objetivo es el de reducir el consumo energético actual de la instalación. En cada propuesta se explicará la solución adoptada así como el estudio de ahorro energético.

10.1 Instalación de una batería de condensadores

Ya se comentó que la instalación no dispone de baterías de condensadores, por eso se viene pagando una penalización en las facturas de media de 5876€ al año sin impuestos sólo por este término.

La solución es sencilla, instalar una batería de condensadores en paralelo que inyecten la energía reactiva que demande la maquinaria y así dejar de consumirla de la red.

Para la adquisición de una batería tenemos que tener en cuenta varios aspectos.

1) Localización

Se pueden hacer 3 tipos de compensaciones:

- *Compensación global*: La batería se conecta al principio de la instalación pero la corriente reactiva circula por toda la instalación, y no hay reducción de pérdidas por efecto Joule.
- *Compensación parcial*: La batería sólo abarca a una parte de la instalación optimizando un poco más la instalación.
- *Compensación individual*: Cada receptor lleva su propia batería por lo que se consigue la máxima optimización, no circula nada de reactiva por los ramales.

Como es de esperar la mejor solución es la más cara, porque habría que instalar una batería en paralelo para máquina. Vamos a buscar una solución entre global y parcial.

2) Tipo de batería

Según la demanda de reactiva se pueden elegir dos tipos de batería:

- *Fija*: Se suministra una potencia reactiva constante a la instalación. Es recomendable para instalaciones donde la demanda se mantenga constante a lo largo de la jornada.
- *Variable*: Se suministra la potencia reactiva necesaria según las necesidades de la instalación. La batería dispone de varios escalones y mediante contactores conecta unos u otros para cumplir su función. Cuanto más pequeños sean los escalones mayor precisión.

3) Factor de potencia

Según el RD 1164/2001 [2] en su artículo 9, se establece que será penalizada la energía reactiva que exceda el 33% de la energía activa ($\cos \psi < 0,95$) y únicamente a esos excesos. Si se corrige a factor 1, es mejor para la instalación, pero no por ello se va a incentivar ni hacer descuento en la factura a

final de mes. Así que como parámetro de diseño podemos elegir factor de potencia 0,95 como objetivo.

4) Dimensionado

Se necesita la potencia máxima que tendrá que corregir nuestra batería. Como se dispone de los valores del maxímetro (que mide potencia activa) y los datos de consumos activos y reactivos, podemos calcular la potencia reactiva a partir de la ecuación 10-1.

$$\frac{Q}{P} = \frac{Ea}{Er} \rightarrow Q = P * \frac{Ea}{Er} \quad (10-1)$$

Donde: Q: Potencia reactiva en kva.

P: Potencia activa en kW.

Ea: Energía activa en kWh.

Er: Energía reactiva en kvahr.

Se construye la tabla 10-1 a partir de los datos de las facturas, donde se ha hecho una media entre los datos de 2013 y 2014. Aunque no se facture la reactiva en el período 3 se calculará también a modo de comparación con el resto de períodos.

Tabla 10-1. Relación potencias reactivas mensuales.

Mes	Q1 (kva)	Q2 (kva)	Q3 (kva)
Enero	42	63	5
Febrero	55	80	7
Marzo	45	81	6
Abril	170	154	7
Mayo	179	164	7
Junio	187	169	8
Julio	210	193	8
Agosto	148	144	8
Septiembre	165	151	9
Octubre	129	119	7
Noviembre	47	76	7
Diciembre	41	60	6

Estos serían los valores de reactiva que se necesitan compensar para llegar a factor de potencia unidad. Pero como sólo se va a compensar los excedentes de reactiva, a partir del 33% se resta a cada celda de la tabla 10-1 el valor $0,33 * P_{ij}$, siendo el valor P_{ij} el término asociado a cada período (i) y mes (j) correspondiente a las potencias máximas de la tabla 10-41.

Tabla 10-2. Relación potencias reactivas a compensar para llegar a f.p. 0,95.

Mes	Q1 (kva)	Q2 (kva)	Q3 (kva)
Enero	25	39	2
Febrero	34	51	3
Marzo	27	56	3
Abril	125	113	3
Mayo	133	122	3
Junio	137	123	4
Julio	160	148	4
Agosto	108	107	4
Septiembre	115	106	4
Octubre	87	81	3
Noviembre	28	50	3
Diciembre	25	38	3

De la tabla 10-2 se obtiene un valor máximo de potencia reactiva de 160 kva.

Una vez sabido el valor máximo de potencia reactiva buscamos en el catálogo la batería que más se acerque. Para ello se accede al catálogo de CIRCUTOR.

Hay que tener cuidado con las especificaciones a la hora de elegir una batería ya que los fabricantes acostumbran a dar las características para una tensión de 440 V, cuando en nuestra instalación disponemos de 400 V.



OPTIM, baterías automáticas de condensadores de 2,5 a 1600 kvar

Tipo	Código	kvar		Composición	Interruptor (A) opcional	Sección cable (mm²)	Peso (kg)	Dimensiones (mm) ancho x alto x fondo	EURO
		440 V	400 V						
OPTIM 4, baterías automáticas con regulador computer Max									
OPTIM 4-52,5-440	[1] R3J204	52,5	43	7,5+15+30	125	35	40	460 x 930 x 230	1294,36
OPTIM 4-55-440	[*] R3J205	55	45	5+10+20+20	125	35	40	460 x 930 x 230	1390,40
OPTIM 4-70-440	[*] R3J210	70	58	10+3x20	125	50	41	460 x 930 x 230	1453,35
OPTIM 4-75-440	[1] R3J220	75	62	15+30+30	200	70	42	460 x 930 x 230	1370,88
OPTIM 4-90-440	[1] R3J230	90	74	15+15+30+30	200	70	43	460 x 930 x 230	1633,28
OPTIM 4-105-440	[*] R3J240	105	87	15+30+30+30	200	70	46	460 x 930 x 230	1675,04
OPTIM 4-120-440	[1] R3J250	120	99	4x30	250	95	48	460 x 930 x 230	1738,23
OPTIM 6, baterías automáticas con regulador computer Max									
OPTIM 6-135-440	[*] R3J320	135	112	15+4x30	250	95	81	615 x 1330 x 400	2933,47
OPTIM 6-150-440	[1] R3J330	150	124	5x30	400	120	82	615 x 1330 x 400	2999,87
OPTIM 6-165-440	[*] R3J340	165	136	15+5x30	400	120	83	615 x 1330 x 400	3236,56
OPTIM 6-180-440	[1] R3J350	180	149	6x30	400	150	87	615 x 1330 x 400	3287,97
OPTIM 12, baterías automáticas con regulador computer Max									
OPTIM 12-195-440	[1] R3J520	195	161	15+6x30	400	150	117	1180 x 1340 x 360	3699,23
OPTIM 12-210-440	[1] R3J530	210	173	7x30	400	185	119	1180 x 1340 x 360	3765,64
OPTIM 12-225-440	[*] R3J540	225	186	15+7x30	400	185	121	1180 x 1340 x 360	4037,67
OPTIM 12-240-440	[1] R3J545	240	198	8x30	630	185	124	1180 x 1340 x 360	4395,22
OPTIM 12-255-440	[1] R3J550	255	210	15+8x30	630	240	127	1180 x 1340 x 360	4474,64

figura 10-1. Catálogo baterías de condensadores de Circutor [9]

Entrando por la columna de 400V se llega al valor de 161 kvar que corresponde con la batería OPTIM 12-195-440 de 7 escalones, 1 escalón de 15 kvar y 6 de 30 kvar.

Una vez elegida la batería se comprueba cómo se comportaría mes a mes y si con los escalones que dispone se adapta a la demanda. El valor de los escalones se proporciona a 440 V y a partir de la proporción entre capacidad total a 400 V y 440 V se deducen las expresiones 10-3 y 10-4.

$$\text{Escalón 15 kva (440V)} \rightarrow * \frac{400}{440} \rightarrow \text{Escalón 12,385 kva (400V)} \quad 10-3$$

$$\text{Escalón 30 kva (440V)} \rightarrow * \frac{400}{440} \rightarrow \text{Escalón 24,77 kva (400V)} \quad 10-4$$

A partir de la batería elegida se construyen las Tablas 10-3 y 10-4. La batería compensa perfectamente tanto en los períodos 1 y 2 llegando a compensar a factor de potencia 1 algunos meses. El ahorro de energía reactiva en el período 1 sería de 80425,5 kvarh/año y de 206700 kvarh/año para el segundo período.

Tabla 10-3. Resumen potencia reactiva compensada y penalizaciones para P1.

Mes	Potencia (kvar)	Escalones (kvar)	Potencia sin compensar (kvar)	Factor potencia inicial	Factor potencia corregido	Penalización (€)
Enero	42	1x15+1x30	4,845	0,785	0,996	0
Febrero	55	2x30	5,46	0,755	0,996	0
Marzo	45	1x15+1x30	7,845	0,780	0,990	0
Abril	170	1x15+6x30	8,995	0,620	0,998	0
Mayo	179	1x15+6x30	17,995	0,620	0,992	0
Junio	187	1x15+6x30	25,995	0,635	0,986	0
Julio	210	1x15+6x30	48,995	0,585	0,951	0
Agosto	148	1x15+6x30	11,765	0,640	0,995	0
Septiembre	165	1x15+6x30	3,995	0,675	1,000	0
Octubre	129	5x30	5,15	0,705	0,999	0
Noviembre	47	1x15+1x30	9,845	0,775	0,986	0
Diciembre	41	1x15+1x30	3,845	0,765	0,997	0

Tabla 10-4 . Resumen potencia reactiva compensada y penalizaciones para P1.

Mes	Potencia (kvar)	Escalones (kvar)	Potencia sin compensar (kvar)	Factor potencia inicial	Factor potencia corregido	Penalización (€)
Enero	63	1x15+2x30	1,075	0,755	1,000	0
Febrero	80	3x30	5,69	0,735	0,998	0
Marzo	81	3x30	6,69	0,685	0,996	0
Abril	154	6x30	5,38	0,625	0,999	0
Mayo	164	1x15+6x30	2,995	0,615	1,000	0
Junio	169	1x15+6x30	7,995	0,640	0,998	0
Julio	193	1x15+6x30	31,995	0,580	0,974	0
Agosto	144	1x15+5x30	7,765	0,615	0,998	0
Septiembre	151	6x30	2,38	0,675	1,000	0
Octubre	119	1x15+4x30	7,535	0,700	0,998	0
Noviembre	76	3x30	1,69	0,725	1,000	0
Diciembre	60	2x30	10,46	0,750	0,988	0

10.2 Renovación Iluminación

Tras el estudio de la iluminación actual se necesita una solución que consuma menos energía y a la vez cumpla los mínimos requeridos por la legislación vigente.

Para satisfacer la condición anterior hay que recurrir a la tecnología LED. Un LED, cuyas siglas significan “Light Emitting Diode”, no es más que un componente eléctrico semiconductor que al ser atravesado por una pequeña corriente son capaces de emitir luz. Son más eficientes que las lámparas tradicionales de descarga a la vez que mucho más duraderas.

Para que el ahorro sea mayor se ha decidido incluir un sistema de regulación, este permite controlar la cantidad de luz necesaria en la zona según el aporte de luz natural que tenga, para las zonas con lucernarios y ventanas supondría un gran ahorro debido a la buena iluminación natural que tenemos. El sistema permite además trabajar a modo detector de presencia, apagando la habitación cuando no se encuentra nadie en ella. La regulación permite bajar la intensidad hasta llegar a un 10% de la intensidad nominal.

Para la zona de almacenes se aprovechará una norma que hay en la empresa de que los lugares donde se almacene material ha de estar siempre cerrados bajo llave que sólo pueden abrir los encargados, luego se puede colocar un simple final de carrera o micro que cuando la puerta se abra se encienda la luz y cuando se cierre se apague, con esto podemos evitar dejar la luz encendida.

Aun así se estudiarán por separado el sistema con regulación y sin ella para comparar consumos y coste económico.

Se ha optado por elegir la casa Philips Lighting [10] para la elección de las luminarias y sistema de regulación, por la cantidad de información suministrada y la posibilidad de integrar sus luminarias en el software Dialux.

En la tabla 10-5 se recoge un listado con las luminarias propuestas para su sustitución.

Tabla 10-5. Resumen nuevas luminarias.

Tipo	P (W)	Flujo Luminoso (lm)	Nº	Potencia Total (W)
Pantalla LED RC461B	35	4000	27	945
DownLight LED DN131B 20S	22	2100	22	484
Pantalla LED 4MX850 66S	48	6600	138	6624
Pantalla LED LL121X 80S	70	8000	10	700
Pantalla LED LL121X 45S	37	4500	12	444
Tubo LED TL-D 32-W	32.2	2550	8	257,6
Tubo LED TL-D 51W	51,4	4300	8	411,2
Total			225	9865,8

Con la nueva instalación la potencia instalada en iluminación pasaría de 9,8658 kW frente a los 20,618 kW que existen actualmente instalados. Destacar que se ha mejorado la iluminación con un menor consumo siempre que se ha podido, habría zonas las cuales con la modificación tendrían un mayor consumo, pero ahora cumplirían la normativa.

Los resultados calculados por el programa Dialux muestran los siguientes resultados:

- Oficina Técnica

Sustitución por 6 luminarias tipo RC461B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-6. Condiciones nuevas de iluminación Oficina Técnica.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	523	500	SI
Mesa 1	534	500	SI
Mesa 2	574	500	SI
Mesa 3	564	500	SI
Mesa 4	531	500	SI
Mesa 5	511	500	SI
		P. Total (W)	210

- Oficina Administración

Sustitución por 7 luminarias tipo RC461B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-7. Condiciones nuevas de iluminación Oficina Administración.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	528	500	SI
Mesa 1	510	500	SI
Mesa 2	556	500	SI
Mesa 3	582	500	SI
Mesa 4	582	500	SI
		P. Total (W)	245

- Oficina Gerente

Sustitución por 4 luminarias tipo RC461B, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-8. Condiciones nuevas de iluminación Oficina Gerente.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	706	500	SI
Mesa 1	672	500	SI
P. Total (W)			140

- Oficina Administrador

Sustitución por 4 luminarias tipo RC461B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-9 Condiciones nuevas de iluminación Oficina Administrador.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	666	500	SI
Mesa 1	779	500	SI
P. Total (W)			140

- Oficina Jefe de Taller

Sustitución por 2 luminarias tipo RC461B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-10. Condiciones nuevas de iluminación Oficina Jefe de Taller.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	733	500	SI
Mesa 1	748	500	SI
P. Total (W)			70

- Sala de Juntas

Sustitución por 4 luminarias tipo RC461B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-11. Condiciones nuevas de iluminación Sala de Juntas

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	668	500	SI
Mesa 1	676	500	SI
		P. Total (W)	140

- Archivo

Sustitución por 8 luminarias tipo DN131B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-12. Condiciones nuevas de iluminación Archivo.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	293	200	SI
		P. Total (W)	176

- Recepción

Sustitución por 3 luminarias tipo DN131B, empotradas en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-13. Condiciones nuevas de iluminación Recepción.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	351	200	SI
		P. Total (W)	66

- Servicios dirección

Sustitución por 1 luminaria tipo DN131B, empotrada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-14. Condiciones nuevas de iluminación Servicios dirección.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	324	200	SI
		P. Total (W)	22

- Servicio recepción

Sustitución por 1 luminaria tipo DN131B, empotrada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-15. Condiciones nuevas de iluminación Servicios recepción

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	272	200	SI
P. Total (W)			22

- Servicios personal

Sustitución por 9 luminaria tipo DN131B, empotrada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-16. Condiciones nuevas de iluminación Servicios personal

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	256	200	SI
P. Total (W)			198

- Almacén motores

Sustitución por tubos LED equivalentes a los tradicionales, instalados sobre la misma luminaria, adosada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-17. Condiciones nuevas de iluminación Almacén motores.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	373	200	SI
P. Total (W)			102.8

- Almacén neumática

Sustitución por tubos LED equivalentes a los tradicionales, instalados sobre la misma luminaria, adosada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-18. Condiciones nuevas de iluminación Almacén neumática.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	205	200	SI
P. Total (W)			102,8

- Almacén electricidad

Sustitución por 2 pantalla tipo 4MX850 66S, adosada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-19. Condiciones nuevas de iluminación Almacén electricidad.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	331	200	SI
P. Total (W)			96

- Almacén personal

Sustitución por tubos LED equivalentes a los tradicionales, instalados sobre la misma luminaria, adosada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-20. Condiciones nuevas de iluminación Almacén personal.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	380	200	SI
P. Total (W)			377

- Almacén tornillos

Sustitución por 2 pantalla tipo 4MX850 66S, adosada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-21. Condiciones nuevas de iluminación Almacén tornillos.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	320	200	SI
P. Total (W)			96

- Almacén varios

Sustitución por tubos LED equivalentes a los tradicionales, instalados sobre la misma luminaria, adosada en el techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-22. Condiciones nuevas de iluminación Almacén varios.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	206	200	SI
P. Total (W)			102,8

- Zona 1: Montaje

Sustitución por 40 pantalla tipo 4MX850 66S, suspendidas del techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-23. Condiciones nuevas de iluminación Zona 1: Montaje.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	301	300	SI
		P. Total (W)	1920

- Zona 2: Maquinaria

Sustitución por 36 pantalla tipo 4MX850 66S, suspendidas del techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-24. Condiciones nuevas de iluminación Zona 2: Maquinaria.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Pequeño Almacén	203	200	SI
Zona tránsito taller	317	300	SI
Zona pasillo	274	200	SI
		P. Total (W)	1728

- Zona 3: Maquinaria

Sustitución por 24 pantalla tipo 4MX850 66S, suspendidas del techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-25. Condiciones nuevas de iluminación Zona 3: Maquinaria.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Zona tránsito taller	343	300	SI
Zona pasillo 1	291	200	SI
Zona pasillo 2	222	200	SI
		P. Total (W)	1152

- Zona 4 : Electricidad

Sustitución por 9 pantalla tipo 4MX850 66S, suspendidas del techo, y sustitución por tubos LED equivalentes a los tradicionales en las luminarias sobre estructura a escuadra sobre la pared, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-26. Condiciones nuevas de iluminación Zona 4: Electricidad.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Zona 4	517	500	SI
Mesa 1	527	500	SI
Banco de Trabajo	522	500	SI
Pasillo	247	200	SI
P. Total (W)			689,6

- Zona 5: Montaje

Sustitución por 9 pantalla tipo 4MX850 66S, suspendidas del techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-27. Condiciones nuevas de iluminación Zona 5: Maquinaria.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Zona 5	325	300	SI
Almacén	254	200	SI
P. Total (W)			576

- Zona 6: Almacén general

Sustitución por 13 pantalla tipo 4MX850 66S, suspendidas del techo, con posibilidad de regulación.

Tabla 10-28. Condiciones nuevas de iluminación Zona 6: Almacén general.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Almacén	254	200	SI
Pasillo	272	200	SI
Punzonadora	344	300	SI
P. Total (W)			1892

- Zona 6: Pulido y pintura

Sustitución por 10 pantalla tipo LL121X 80S, suspendidas del techo.

Tabla 10-29. Condiciones nuevas de iluminación Zona 6: Pulido y pintura.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Pulido	841	750	SI
Pintura	748	750	SI
Pasillo	685	200	SI
		P. Total (W)	700

- Cochera

Sustitución por 12 pantalla tipo LL121X 45S, suspendidas del techo.

Tabla 10-30. Condiciones nuevas de iluminación Cochera.

Zona	Em (lux)	Em. Mínimas (lux)	Cumple
Plano útil	152	150	SI
		P. Total (W)	540

Se puede observar como ahora se consigue tener una iluminación adecuada para cada zona.

Tabla 10-31. Comparación consumo potencia actual y nueva de iluminación.

Lugar	Potencia Nueva (W)	Potencia Actual (W)	Ahorro (W)
Oficinas	945	1570	625
Taller	7389,6	15980	8590,4
Almacenes	603,2	1008	404,8
Zonas comunes	928	2060	1132
		Total	10752,2

En la tabla 10-31 se hace una comparación de lo que supondría hacer una inversión en la renovación completa de la iluminación, el ahorro en potencia supone una diferencia de 10,752 kW, potencia que podríamos bajar en nuestra potencia contratada en la tarifa eléctrica.

En cuanto al consumo de energía los ahorros en el caso de no elegir regulación se resumen en la tabla 10-32.

Tabla 10-32. Comparación consumo energía actual y nueva de iluminación sin regulación.

Lugar	Energía Actual (kWh)	Energía Nuevo (kWh)	Ahorro (kWh)
Oficinas	2934,36	1686,3	1248,06
Taller	26714,6	11521,752	15192,848
Almacenes	345,4	207,768	137,632
Zonas comunes	1499,08	912,12	586,96
		Total	17165,5

Si bien se decide colocar regulación se pueden llegar a los ahorros mostrados en la tabla 10-33. Esta estimación depende del número de horas de luz disponible durante el día. En este caso y a modo de media anual, he supuesto que tenemos 3 horas de luz donde las luminarias bajarían al mínimo su consumo (10% Intensidad nominal), quedando el resto del tiempo en condiciones nominales.

Tabla 10-33. Comparación consumo energía actual y nueva de iluminación con regulación.

Lugar	Energía Actual (kWh)	Energía Nuevo (kWh)	Ahorro (kWh)
Oficinas	2934,36	1149,225	1785,135
Taller	26714,6	6789,1472	19925,4528
Almacenes	345,4	207,768	137,632
Zonas comunes	1499,08	737,88	761,2
		Total	22609,42

10.3 Renovación Climatización y Uso eficiente

Para cada zona se propondrá una serie de medidas atendiendo al equipo instalado y el uso que se le da.

a) Zona taller

Actualmente solo dos zonas están climatizadas, Zona 1 y 2 por el sistema de refrigeración evaporativa. Como se comentó anteriormente el sistema es anticuado, actualmente existen unos equipos con el mismo modo de funcionamiento que consumen menos potencia. El equipo Breezair TBA 550 tiene un consumo de 1,05 kW y ofrece las mismas prestaciones que los equipos instalados actualmente. Además son equipos más compactos.



Figura 10-2. Equipo Breezair TBA 550.

Se propone retirar los equipos actuales y sustituir en su lugar el equipo de Breezair, así como de instalar 2 equipos más adicionales, en la zona 3 y zona 4-5.

En la tabla 10-34 se resume el ahorro conseguido.

Tabla 10-34. Ahorros estimados en Zona Taller.

Lugar	Potencia actual (kW)	Potencia nueva (kW)	Consumo diario actual (kWh)	Consumo diario nuevo (kWh)	Ahorro diario (kWh)	Ahorro anual (kWh)
Zona 1	15	2,1	96	13,44	82,56	6604,8
Zona 2	8	2,1	51,2	13,44	37,76	3020,8
Zona 3	0	1,05	0	6,72	-6,72	-537,6
Zona 4-5	0	1,05	0	6,72	-6,72	-537,6
					Total	8550,4

b) Zona oficinas

En este apartado no se cree necesaria la sustitución del equipo actual y se procede a dar una serie de recomendaciones que supondrá un ahorro energético a coste cero cambiando el hábito de consumo.

En primer lugar hay que procurar no dejar la climatización encendida durante las horas de comida, esto reducirá en 2 horas el total de horas de utilización. Además se propone no encender la climatización en las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde durante el verano que es cuando se puede abrir la ventana para que refresque durante los meses de verano. Caso contrario se puede hacer invierno, encender por la mañana y apagar en las horas de más incidencia solar.

En total ahorrando una hora de la mañana y otra de la tarde más las dos de comida haría un total de 4 horas de ahorro.

Como segunda medida se recomienda ajustar el control de temperatura a las indicaciones del IDAE [8], 20° para el invierno y 26° para el verano. Se puede afirmar que en cada estación existe una variación de 5 grados respecto a lo indicado recomendable. Se estima que cada grado supone un 7% del consumo nominal.

A partir de estas medidas se calculan los ahorros potenciales en la zona de oficinas, resumidos en la tabla 10-35.

Tabla 10-35. Ahorros estimados en Zona Oficinas.

Lugar	Potencia (kW)	Consumo actual (kWh)	Horas utilización nuevas	Consumo estimado (kWh)	Ahorro diario (kWh)	Ahorro anual (kWh)
Oficina Técnica	1,6	14,08	7	5,824	8,256	1816,32
Administración	1,6	14,08	7	5,824	8,256	1816,32
Gerente	1,6	14,08	7	5,824	8,256	1816,32
Administrador	1,6	14,08	7	5,824	8,256	1816,32
Sala Juntas	1,6	6,4	3	2,496	3,904	858,88
Total						8124,16

10.4 Instalación aire comprimido

El principal problema de la instalación de aire comprimido es la cantidad de fugas. Con un simple mantenimiento e inspección de fugas se puede ahorrar, ya que así evitamos que el aire se escape y el compresor necesite de arrancar con tanta frecuencia.

Estas fugas son pérdidas de presión que hacen que el compresor trabaje más para llegar a la presión requerida. Además al tener menos pérdidas de carga podemos bajar en el monitor del compresor la presión constante que deseamos.

Debido a la gran instalación de tuberías se aconseja utilizar un equipo por ultrasonidos para la detección de fugas, este equipo no es más que un amplificador de onda que aprovecha la turbulencia producida por la fuga. Sólo hay que colocar el puntero sobre la tubería e ir desplazándolo por toda la tubería. Conforme nos acerquemos al punto de fuga el pitido irá incrementándose.

Además se recomienda revisar y sustituir los enchufes de aire deteriorados, situados en los finales de tubería para pruebas en el taller, ya que son utilizados con frecuencia y es algo que no se suele comprobar.

Las máquinas necesitan una presión de 5 bar y actualmente está calibrado el compresor para que trabaje a 7 bar a su salida. Realizamos una estimación de cómo mejoraría el consumo al necesitar menos presión a la salida del compresor.

Suponiendo un factor de carga de 0,6 y 35 horas a la semana de funcionamiento en continuo se puede estimar un consumo de 414,375 kWh/semana para 7 bares de presión. Una aproximación sencilla sería hacer una proporción, y se obtiene 355,179 kWh/semana para 6 bares.

Suponiendo que con las medidas propuestas consigamos bajar la presión a 6 bares y que la correlación potencia-presión es proporcional podemos conseguir un ahorro de 59,196 kWh/semana, es decir **2604,643 kWh/año**.

No está de más, una vez llevadas a cabo las medidas comprobar con un nivel de presión lo presión que llega a cada punto para ajustar más aun el compresor.



Figura 10-3. Detector de fugas por ultrasonido [17]

10.5 Instalación Fotovoltaica

Dada la zona geográfica de la industria y su orientación es conveniente estudiar la posibilidad de realizar una instalación fotovoltaica sobre la cubierta de la nave. Con ella se consigue reducir el consumo por parte de la red eléctrica y generarlo nosotros mismos.

Destacar que la situación en España en cuanto al autoconsumo ha generado algo de controversia, ya que se pretende pagar un impuesto por el Sol o peaje de respaldo. Éste consiste en que los autoconsumidores paguen un impuesto por la energía que han dejado de consumir de la red. La explicación es que frente al incremento de estaciones de autoconsumo la red tiene que estar preparada para inyectar la energía cuando el sistema renovable no cumpla su función. Este impuesto hace que no sea viable o que tenga una larga amortización la instalación de paneles fotovoltaicos. Aun así este real decreto de autoconsumo no está aprobado, sólo se publicó el RD 1699/11 [11] donde se especifica los trámites para realizar la instalación fotovoltaica según la modalidad.

1) Principio de funcionamiento

El funcionamiento de una instalación fotovoltaica es relativamente sencillo, la luz solar incide sobre unos paneles que están compuestos por células fotovoltaicas que producen electricidad cuando la luz incide sobre ellas. Esta electricidad se genera en corriente continua de forma que si queremos utilizarla para cualquier dispositivo cotidiano a 230 V o 400 V necesitamos transformarla. Esta función la cumple el inversor. Seguidamente se conecta a nuestra red y la consumimos.

Existen varias formas de realizar una instalación fotovoltaica:

- Estación generadora conectada a la red: Toda la electricidad producida se vierte a la red.
- Estación autoconsumo asistida: La electricidad generada cubre primero los consumos a los que se conecte y en el caso de que la generación supere a la demanda se vierte a la red lo restante.
- Estación aislada: No hay ningún punto de conexión con la red eléctrica, la electricidad generada pasa por un regulador de carga que distribuye la corriente a los consumos conectados y en caso de haber excedentes los destina a almacenamiento en baterías.
- Estación autoconsumo asistida con inyección cero: La instalación fotovoltaica está conectada a la red pero en el caso de haber excedentes nunca se vierten a la red.

Se considera oportuno diseñar una instalación de autoconsumo conectada a la red con inyección cero. Las otras opciones en las que la instalación queda conectada a la red necesitan de un contrato con la distribuidora de estación generadora y necesita de la instalación de un contador además del pago de peajes por el vertido a la red. El caso de inyección cero es algo especial, ya que a efectos legales se tramita como una instalación aislada ya que todo lo generado se autoconsume.

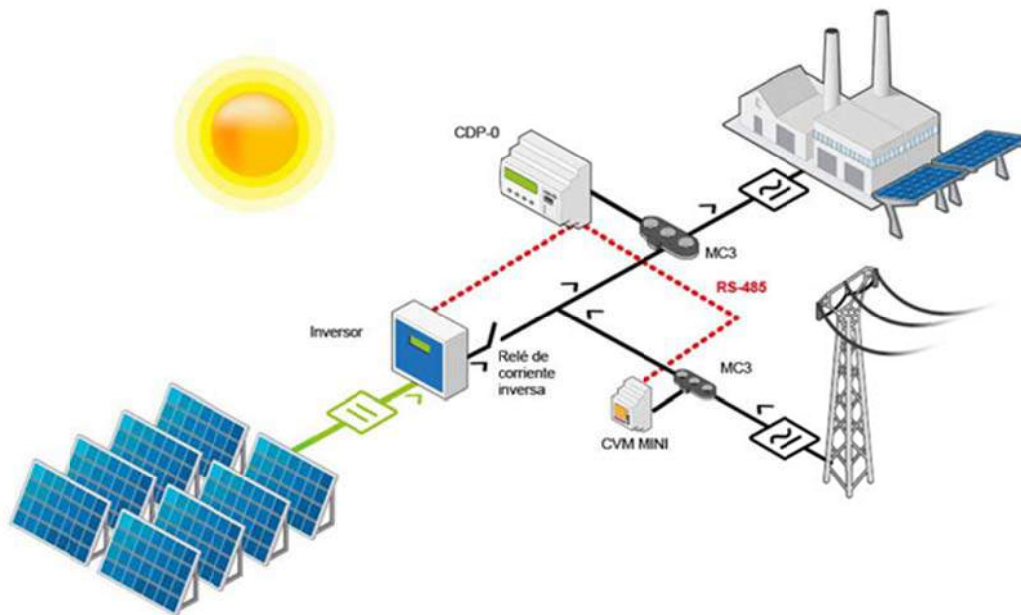


Figura 10-4. Esquema de conexión instalación fotovoltaica de inyección cero.

La condición que tiene que cumplir es que tenga instalado un dispositivo que impida el vertido de excedentes a la red. En la figura 10-4 se observa el esquema principal de una instalación de estas características. El CDP-0 es el controlador dinámico de potencia que ajusta el nivel de producción de energía del inversor al consumo del usuario. Trabaja en conjunto con un analizador de red CVM-Mini.

2) Dimensionado

La idea principal sería instalar paneles sobre la cubierta de la zona 2, justo encima de las oficinas y sobre la cubierta de la cochera. Estas dos zonas no disponen de lucernarios con lo que se puede aprovechar mejor el espacio. Existen empresas que se dedican a la venta de kit de autoconsumo, dónde ya incluyen los paneles fotovoltaicos, inversor y estructura de montaje. En nuestro caso utilizaremos un kit de la empresa Revosolar [12] que cuenta con paneles de 245 Wp.

Tabla 10-36. Características panel fotovoltaico OSM-P245 [12].

Características	Valores
Potencia pico (Wp)	245
Tensión en el punto de máxima potencia (Vmp)	30,2 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imp)	8,12 A
Tensión de circuito abierto (Uo)	37,4 V
Intensidad de cortocircuito (Icc)	8,69 A
Eficiencia del módulo (%)	15,06 %
Dimensiones (mm)	1640x991x40
Peso (kg)	22

El panel fotovoltaico es el **OSM-P245** cuyas especificaciones se detallan en la Tabla 10-36 para unas condiciones de radiación estándar de 1000 W/m^2 y 25° C de temperatura.

El siguiente paso será de comprobar cuantos paneles pueden instalarse sobre las cubiertas. Para que la irradiación solar sea máxima y debido a la zona se decide colocar los paneles con una pendiente de 33° y orientados al Sur (acimut 0°). A partir de los planos de la cubierta se hace una disposición de los paneles tal y como se observa en las Figuras 10-5 y 10-6.

Sobre la cubierta de la zona 2 se pueden instalar un total de 32, 16 a cada lado. Se instalará el kit de 10 kW. Por otro lado sobre la cubierta de la cochera podemos instalar 42 paneles, 21 en cada pendiente. Se instalará el kit 8 kW.

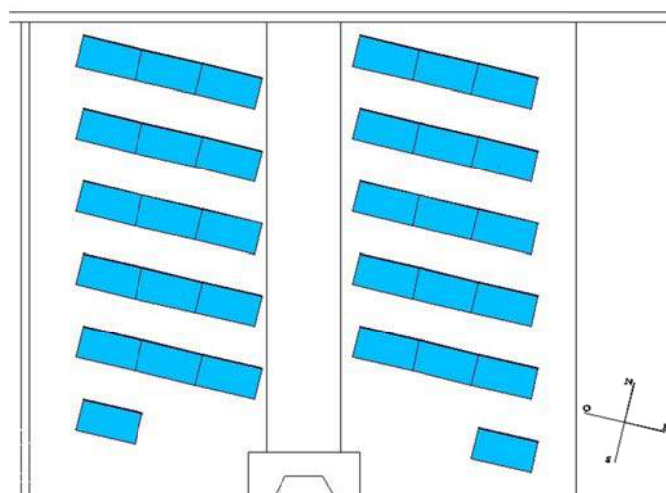


Figura 10-5. Distribución paneles sobre cubierta Zona 2.

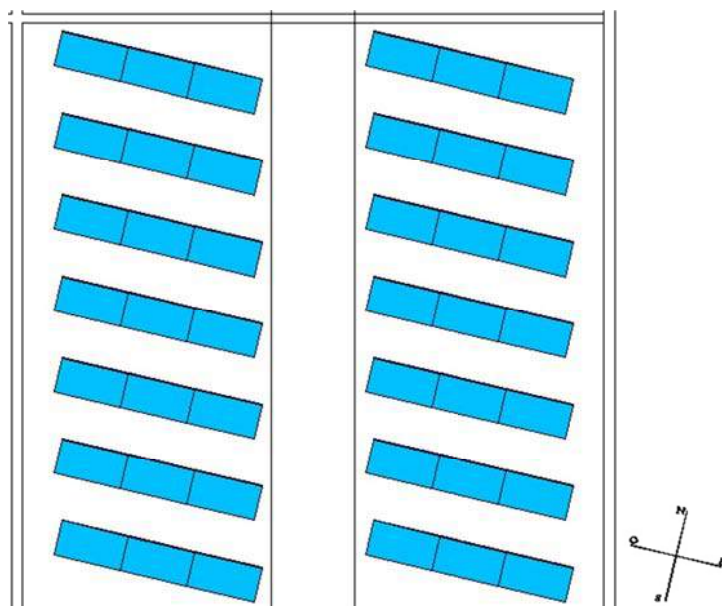


Figura 10-6. Distribución paneles sobre cubierta Cochera.

Una vez definido el número de paneles, un total de 74, hay que estudiar la conexión serie – paralelo para cumplir las características del inversor.

El primer grupo dispone de un inversor AURORA PVI-8.0-OUTD [12] que contralará 32 paneles. Se detallan las características técnicas en la Tabla 10-37.

Tabla 10-37. Características técnicas inversor AURORA PVI-8.0-OUTD [12].

Características	Datos
Máxima tensión entrada (V)	900
Rango tensión entrada (V)	270-750
Máxima corriente entrada (A)	34
Máxima corriente cortocircuito (A)	22
Potencia salida (kW)	8
Tensión salida (V)	3x400
Frecuencia (Hz)	50
Dimensiones LxWxH (mm)	645x645x211
Rendimiento máximo (%)	97

La distribución para la conexión se muestra en la Figura 10-7.

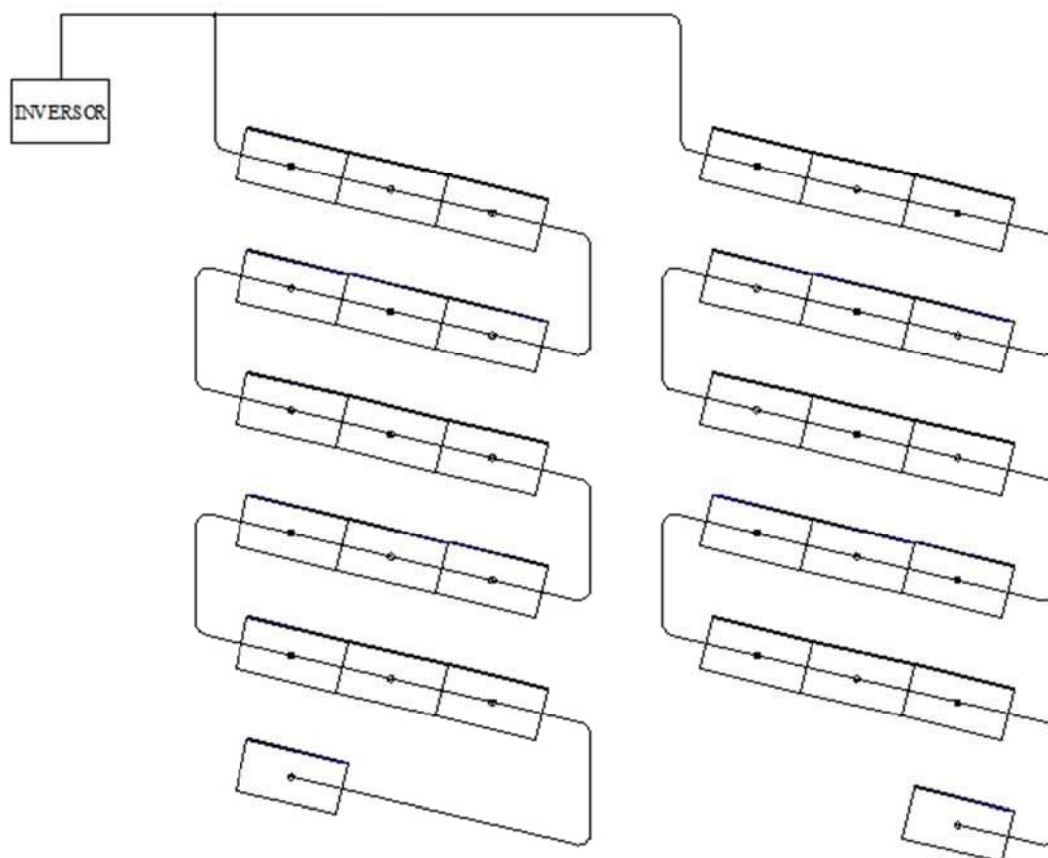


Figura 10-7. Esquema conexión paneles grupo 1.

Con esta disposición tenemos 2 líneas en paralelo de 16 módulos cada una. La tensión en el punto de máxima potencia será de $16 \times 30,2 \text{ V} = 483,2 \text{ V}$, siendo ésta máxima cuando las placas estén trabajando en vacío con $16 \times 37,4 \text{ V} = 598,4 \text{ V}$. Por otro lado la intensidad en el punto de máxima potencia será de $2 \times 8,12 \text{ A} = 16,24 \text{ A}$, alcanzando un valor en cortocircuito de $2 \times 8,69 \text{ A} = 17,38 \text{ A}$. Se cumplen las condiciones del inversor.

El segundo grupo dispone de un inversor AURORA PVI-10.0-OUTD [12] que contralará 42 paneles. Se detallan las características técnicas en la Tabla 10-38.

Tabla 10-38. Características técnicas inversor AURORA PVI-10.0-OUTD [12].

Características	Datos
Máxima tensión entrada (V)	900
Rango tensión entrada (V)	300 – 750
Máxima corriente entrada (A)	34
Máxima corriente cortocircuito (A)	30
Potencia salida (kW)	10
Tensión salida (V)	3x400
Frecuencia (Hz)	50
Dimensiones LxWxH (mm)	645x645x211
Rendimiento máximo (%)	97

La distribución para la conexión se muestra en la figura 10-8.

Con esta disposición tenemos 3 líneas en paralelo de 14 módulos cada una. La tensión en el punto de máxima potencia será de $14 \times 30,2 \text{ V} = 422,8 \text{ V}$, siendo ésta máxima cuando las placas estén trabajando en vacío con $14 \times 37,4 \text{ V} = 523,6 \text{ V}$. Por otro lado la intensidad en el punto de máxima potencia será de $3 \times 8,12 \text{ A} = 24,36 \text{ A}$, alcanzando un valor en cortocircuito de $3 \times 8,69 \text{ A} = 26,07 \text{ A}$. Se cumplen las condiciones del inversor.

El siguiente paso será determinar cuanta energía es capaz de aprovechar nuestra instalación fotovoltaica. Para ello necesitamos saber que promedio de irradiación solar incidirán sobre las placas. El IET (Institute for Energy and Transport) [13] dispone de una aplicación web donde obtener datos de irradiación solar. El programa pide los datos de localización, así como la pendiente respecto al plano horizontal y la coordenada acimutal de incidencia. Las coordenadas son $37^{\circ}16'N$, $4^{\circ}48'O$. La pendiente de las placas tal y como se ha comentado anteriormente es de 33° y el ángulo acimutal será 0° .

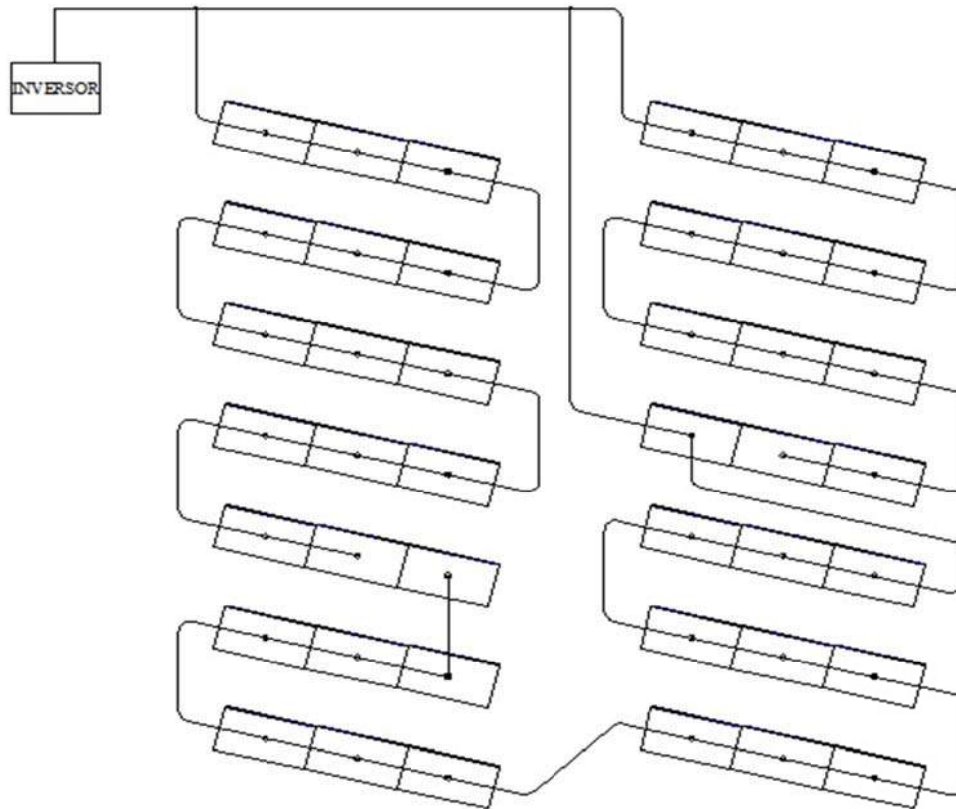


Figura 10-8. Esquema conexión paneles grupo 2.

Una vez introducidos estos datos en el programa, éste nos devuelve el valor de irradiación media diaria para cada mes. Los datos han sido recogidos en la tabla 10-39.

El IDAE en su pliego de condiciones [14] propone la ecuación 10-4 para la energía generada por los módulos fotovoltaicos.

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P_{mp} * PR}{G_{cem}} \text{ (kWh/día)} \quad (10-4)$$

Donde:

- E_p : Energía generada (kWh/día).
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador ($\text{kWh/m}^2\text{día}$).
- α : Ángulo acimut.
- β : Pendiente de la placa respecto al plano horizontal.
- PR: Rendimiento energético de la instalación.
- G_{cem} : Constante de valor 1 kW/m^2 .

Tabla 10-39. Datos obtenidos del IET [13]

Mes	Gdm ($\alpha=0^\circ, \beta=33^\circ$) (kWh/m ²)
Enero	4,09
Febrero	5,08
Marzo	6,08
Abril	6,1
Mayo	6,58
Junio	7,22
Julio	7,52
Agosto	7,36
Septiembre	6,34
Octubre	5,59
Noviembre	4,47
Diciembre	3,98
Promedio	5,87

Así para cada mes podemos construir una tabla con los valores máximos que producirán las placas aplicando la ecuación 10-4.

El rendimiento de la instalación depende de varios factores como son pérdidas por dispersión de potencia, temperatura, suciedad, sombras, degradación,... las cuáles disponen de métodos de cálculo que no se estudiaran en este proyecto. Para nuestra estimación aproximaremos este valor a 0,8.

Tabla 10-40. Estimación energía generada por los paneles fotovoltaicos.

Mes	Ep1 (kWh/día)	Ep2 (kWh/día)	Ep1 (kWh/mes)	Ep2 (kWh/mes)	Total (kWh/mes)
Enero	25,652	16,834	384,787	252,517	637,304
Febrero	31,862	20,909	637,235	418,186	1055,421
Marzo	38,134	25,025	762,675	500,506	1263,181
Abril	38,259	25,108	765,184	502,152	1267,336
Mayo	41,270	27,083	825,395	541,666	1367,061
Junio	45,284	29,718	905,677	594,350	1500,027
Julio	47,165	30,952	943,309	619,046	1562,355
Agosto	46,162	30,294	461,619	302,938	764,557
Septiembre	39,764	26,095	795,289	521,909	1317,198
Octubre	35,060	23,008	701,210	460,169	1161,378
Noviembre	28,036	18,399	560,717	367,970	928,687
Diciembre	24,963	16,382	374,438	245,725	620,164
Total (kWh/año)					13444,669

Con las placas ahorraríamos una media de 13444,669 kWh/año. Aunque el inversor es trifásico y se puede alimentar a diferentes máquinas del taller vamos a utilizar esta energía para alimentar a la zona de oficinas, ya que es una de las zonas que más tiempo permanece en funcionamiento. En la tabla 9-1 se resumía un consumo de 21606,997 kWh/año en esta zona, con lo que ahorraríamos unos **8162,328 kWh** al año.

10.6 Tarifa eléctrica I

En este apartado se estudiará la posibilidad de mejorar el contrato de la tarifa eléctrica reduciendo el término de potencia. A medida que la empresa fue creciendo se realizaron sucesivos aumentos de potencia según la potencia de la nueva maquinaria. La idea del cliente a la hora de ajustar el término de potencia fue ver su histórico de facturas y ver la potencia máxima registrada y contratar la más cercana posible, y así no tener que pagar penalizaciones. Esto estaría bien si la demanda eléctrica fuera algo constante, pero en empresas de este tipo los consumos fluctúan a menudo, según sea la carga de trabajo, es decir, habrá meses que me quede muy lejos del límite y otros incluso me pase.

Antes de continuar, decir que en este apartado se tratará las medidas oportunas de ahorro sin tener en cuenta otras medidas estudiadas en este proyecto, dejando el estudio del conjunto de medidas para un apartado posterior.

Como se disponemos de la facturación de 2013 y 2014 se decide hacer una media y hacer el estudio con el resultado. Los datos se muestran en la tabla 10-41.

Tabla 10-41. Valores medios del maxímetro anuales.

Mes	Potencias Máximo		
	P1max (kW)	P2max (kW)	P3max (kW)
Enero	53	73	10
Febrero	64	87	11
Marzo	56	76	10
Abril	136	124	13
Mayo	141	128	14
Junio	154	140	14
Julio	152	138	14
Agosto	123	112	13
Septiembre	151	138	14
Octubre	129	117	13
Noviembre	58	80	12
Diciembre	49	68	10

El procedimiento a seguir es ir reduciendo el término de potencia e ir haciendo un barrido de cómo varía el coste asociado por este término. Al reducir la potencia contratada las penalizaciones serán cada vez mayores pero se irán equilibrando con los meses que nos quedamos cortos. Una vez encontrado el mínimo, seguir reduciendo significaría que las penalizaciones serían excesivas y

volveríamos a pagar de más.

Al tener que contratar una potencia para cada período lo ideal sería buscar el óptimo para cada uno de ellos, pero hay satisfacer la condición de que $P3 > P2 > P1$ la cual nos restringe esa solución ideal.

A partir de la tabla 5-2 y de las condiciones descritas de facturación en el apartado 5.2 se puede construir la tabla 10-42 y valorar qué potencia sería la más económica. Como las potencias registradas en P1 y P2 son similares vamos a suponer una solución imponiendo que $P1 = P2 = P3$.

Las celdas resaltadas indican cual sería la potencia con la que se pagaría menos cada mes en el intervalo estudiado. Como es de esperar esta potencia óptima mensual varía en el rango estudiado cada mes. El problema reside que las compañías eléctricas sólo permiten hacer un cambio de potencia al año, luego hay que irse directamente a la fila del total. Contratando 130 kW para los 3 períodos se consigue el mayor ahorro, pagando 10353,283 € frente a los 11277,828 €, una diferencia de **924,546 €** al año.

Tabla 10-42. Facturación anual según potencia contratada.

Mes	Coste Asociado a cada Potencia Contratada					
	160	140	135	130	125	120
Enero	923,188	807,790	778,940	750,090	721,241	692,391
Febrero	923,188	807,790	778,940	750,090	721,241	692,391
Marzo	923,188	807,790	778,940	750,090	721,241	692,391
Abril	923,188	875,671	869,901	864,131	890,605	920,473
Mayo	940,158	900,787	895,017	919,794	949,662	987,675
Junio	992,427	1016,864	1046,732	1090,855	1142,106	1193,356
Julio	981,566	992,427	1022,295	1058,272	1109,523	1160,773
Agosto	923,188	821,366	806,941	795,571	789,801	784,031
Septiembre	978,172	982,245	1012,113	1048,090	1099,340	1150,591
Octubre	923,188	841,730	831,887	826,118	820,348	834,942
Noviembre	923,188	807,790	778,940	750,090	721,241	692,391
Diciembre	923,188	807,790	778,940	750,090	721,241	692,391
Total	11277,828	10470,039	10379,587	10353,283	10407,588	10493,797

Es interesante estudiar cómo afectaría una desviación de la demanda a la contratación de 130 kW. Suponiendo que se compra nueva maquinaria o bien se contrata a más personal y se utilizan más máquinas simultáneamente; también puede ocurrir el caso contrario, que se deje de utilizar alguna máquina y/o se disponga de menos personal.

En la tabla 10-43 se resume para cada variación cual sería la potencia óptima, así como lo que dejaría de ahorrar ante esta variación. Se ha supuesto una variación del tanto por ciento indicado respecto al valor de 130 kW sobre las potencias indicadas por el maxímetro. Esta variación se ha aplicado sobre los períodos P1 y P2, ya que P3 seguiría siendo inferior al 85% de la potencia contratada.

La variación está aplicada a todos los meses del año con lo que se podría decir que es el caso más extremo. A la vista de los resultados, se afirma que siendo el ahorro por haber bajado la potencia a 130 kW de 924,546 €, hasta un 10% en la variación de la potencia es capaz de absorber, pero a partir de este porcentaje se empezaría a perder dinero siendo la diferencia de 1000 € para el caso de un 20% de desvío de la demanda.

Tabla 10-43. Estudio variaciones de potencia contratada.

Variación	Potencia Óptima (kW)	Coste (€)	Diferencia respecto 130 kW
20%	155	12254,982	1901,669
10%	145	11303,284	950,001
0%	130	10353,283	0
-10%	120	9405,657	947,625
-20%	105	8458,201	1895,081

10.7 Maquinaria y uso eficiente

Como bien se ha detallado en apartados anteriores esta industria dispone de gran cantidad de maquinaria, y destacar que la mayoría de ella está fabricada a principios de la década pasada incluso se ha llegado a encontrar algunas del año 90, como es el caso de la talladora de engranajes.

En principio este apartado detallaría una sustitución de la actual maquinaria por otras con nuevas tecnologías que fueran más eficientes, pero la dirección de la industria no pretende hacer un cambio en sus máquinas así que se darán una serie de recomendaciones sobre qué puntos podrían mejorarse en un futuro.

Tras hacer varias medidas a pie de fábrica se detecta que en general la maquinaria trabaja a factores de carga muy bajos, es por lo que nos encontramos factores de potencia en las facturas eléctricas generalmente bajos (menores de 0,6). Esto se debe a que la carga de los motores de inducción y el factor de potencia van relacionados como se puede ver en la figura 10-9.

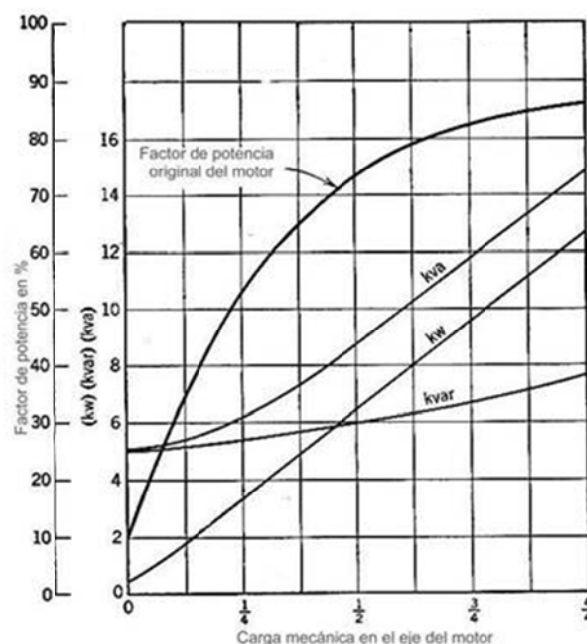


Figura 10-9. Variación factor potencia respecto a la carga [15].

A la hora de comprar nueva maquinaria es necesario adquirir un equipo que se adapte a la carga con la que va a trabajar, al igual que cuando se dimensiona un motor para realizar una tarea. Por ejemplo, se ha observado el torno Travis, con una potencia nominal de 12 kW dejando a medida casquillos de plástico, un torno preparado para torneear piezas de hierro y con gran pasada, para este tipo de operaciones la carga de este torno ronda por el 20% de su carga nominal. Hay que intentar que esta

labor la realice otro de los tornos de menor potencia.

Por otro lado, este tipo de máquinas no funcionan en continuo, es decir, si el mecanizado de una pieza tarda 2 minutos, se necesita pasar de estado reposo a unas ciertas de revoluciones y a los 2 minutos volver a parar. Cada arranque de motor produce un pico en la corriente, esto al cabo de un día puede hacerse notar sobre la factura. Cada vez más se está incorporando variadores de velocidad en el arranque y control de la maquinaria, esto hace reducir estos picos de corriente.

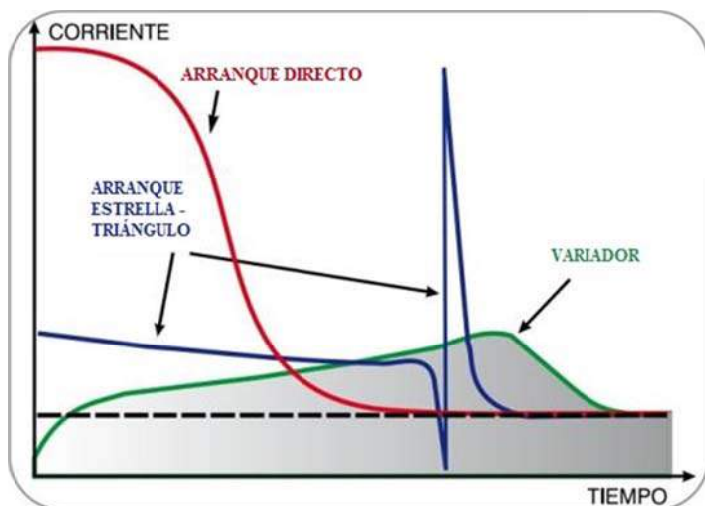


Figura 10-10. Comparación entre diferentes arranques de motores.

En la figura 10-10 se comparan 3 ejemplos de arranque a modo de ejemplo para hacernos una idea cualitativa.

Por último y en acorde al apartado de tarifa eléctrica es necesaria una buena planificación de la producción, así como en qué horas del día o meses del año resulta más beneficioso realizar una tarea u otra.

Analizando la tabla 10-41 donde se detallaban los valores máximos de potencia de la media de años atrás registrados por el máxímetro, se observa como la potencia es relativamente baja durante los primeros y últimos meses del año, siendo ésta más del doble durante los meses del horario de verano. Este hecho afecta a la factura de la luz considerablemente, ya que es en estos meses donde el horario de trabajo se solapa con dos horas del período 1, período dónde la energía es más cara.

Tabla 10-44. Coste término de energía Invierno-Verano.

	P1 (€)	P2 (€)	P3 (€)	Total (€)
Verano	11056,441	13517,864	675,674	25249,979
Invierno	353,456	12028,273	389,172	12770,901
Total (€)	11409,897	25546,137	1064,846	38020,880

En la tabla 10-44 se puede observar el contraste de los meses de verano e invierno. Llama especialmente la atención la energía pagada en el período 1 en relación al 2, siendo el primero consumida durante 2 horas al día y la segunda durante el resto de la jornada. A la vista de estos datos se propone trasladar el consumo de esas horas a la tarde. Es decir, los operarios de la principal maquinaria apagarían sus máquinas a partir de las 11 y recuperarían las horas por la tarde. En esas dos horas sólo trabajarían los empleados de oficinas así como los montadores. Los operarios de las

máquinas pueden aprovechar esas horas para organizar su trabajo así como para preparar piezas en bruto para su mecanizado más tarde. Hay que tener en cuenta que deberemos considerar el coste asociado a esas horas extra de los empleados.

Según las facturas la energía consumida durante los meses citados asciende a 65080 kWh durante el período 1, de los cuales el 70,08% pertenecería a la maquinaria, donde sólo el 14% pertenece al consumo durante el período 1, es decir un total de unos 6385,12 kWh que pasarían a consumirse en el período 2. Esto equivale según el precio actual de la energía a **226,123 €/año** de ahorro.

En cuanto a la potencia, dejando de utilizar tornos, fresas y centros de mecanizado se reduciría el pico de potencia en unos 60 kW durante esos meses.

Tabla 10-45. Facturación anual según potencia contratada.

Mes	Coste Asociado a cada Potencia Contratada					
	160	100	95	90	85	80
Enero	923,188	576,993	548,143	519,293	491,971	471,776
Febrero	923,188	581,065	560,871	540,676	520,481	512,505
Marzo	923,188	576,993	548,143	519,293	498,080	477,886
Abril	923,188	733,799	734,987	736,175	750,090	765,703
Mayo	923,188	758,236	760,273	775,885	791,498	807,111
Junio	931,334	862,095	877,707	893,320	941,177	992,427
Julio	927,261	843,088	858,701	874,313	908,594	959,844
Agosto	923,188	660,487	661,675	662,863	664,051	665,238
Septiembre	927,261	839,694	855,307	870,919	898,411	949,662
Octubre	923,188	691,033	692,221	693,409	694,597	699,179
Noviembre	923,188	576,993	548,143	526,421	506,226	486,031
Diciembre	923,188	576,993	548,143	519,293	490,444	461,594
Total	11094,548	8277,467	8194,312	8131,861	8155,620	8248,957

De tener un contratado de 160 kW se pasaría a sólo 90 kW, el ahorro sería de **2221,422 €/año** respecto al punto de partida actual sin desplazamiento de la carga.

10.8 Revisión tarifa eléctrica II

En este apartado se introducirán las medidas de ahorro de iluminación y climatización en el estudio de la potencia a contratar. El ahorro en potencia es del orden de 10 kW para cada sector. La iluminación es utilizada durante todo el año con lo que se puede restar 10 kW a la potencia máxima, por otro lado la climatización del taller sólo funcionaba 4 meses al año, siendo despreciable la climatización de las oficinas.

Así se puede reducir 20 kW desde junio a septiembre y 10 kW el resto.

A continuación se estudiarán los diferentes casos por separado y en conjunto.

a) Caso 1: Iluminación.

Tabla 10-46. Facturación anual según potencia contratada.

Mes	Coste Asociado a cada Potencia Contratada					
	160	90	85	80	75	70
Enero	923,188	519,293	490,444	461,594	432,744	411,022
Febrero	923,188	520,312	500,117	479,922	459,727	453,788
Marzo	923,188	519,293	490,444	461,594	437,326	417,132
Abril	923,188	1056,915	1108,165	1159,416	1210,666	1261,917
Mayo	923,188	699,519	700,707	712,077	727,689	743,302
Junio	923,188	798,286	813,899	829,512	880,762	932,013
Julio	923,188	779,279	794,892	810,505	848,179	899,430
Agosto	923,188	601,769	602,957	604,145	605,333	606,521
Septiembre	923,188	775,885	791,498	807,111	837,997	889,247
Octubre	923,188	632,316	633,504	634,692	635,880	637,068
Noviembre	923,188	519,293	490,444	465,667	445,472	425,277
Diciembre	923,188	519,293	490,444	461,594	432,744	403,895
Total	11078,257	7941,454	7907,513	7887,827	7954,521	8080,611

b) Caso 2: Climatización

Tabla 10-47. Facturación anual según potencia contratada.

Mes	Coste Asociado a cada Potencia Contratada					
	160	135	130	125	120	115
Enero	923,188	778,940	750,090	721,241	692,391	663,541
Febrero	923,188	778,940	750,090	721,241	692,391	663,541
Marzo	923,188	778,940	750,090	721,241	692,391	663,541
Abril	923,188	869,901	864,131	890,605	920,473	963,578
Mayo	923,188	840,712	834,942	829,172	857,343	887,211
Junio	950,341	924,546	954,414	984,281	1030,441	1081,691
Julio	943,553	900,108	929,976	959,844	997,858	1049,108
Agosto	923,188	778,940	758,575	744,151	729,726	723,956
Septiembre	940,158	895,017	919,794	949,662	987,675	1038,926
Octubre	923,188	831,887	826,118	820,348	834,942	864,810
Noviembre	923,188	778,940	750,090	721,241	692,391	663,541
Diciembre	923,188	778,940	750,090	721,241	692,391	663,541
Total	11142,744	9935,811	9838,402	9784,266	9820,413	9926,987

c) Caso 3: Iluminación y Climatización

Tabla 10-48. Facturación anual según potencia contratada.

Mes	COSTE ASOCIADO A CADA POTENCIA CONTRATADA					
	160	85	80	75	70	65
Enero	923,188	490,444	461,594	432,744	411,022	390,828
Febrero	923,188	500,117	479,922	459,727	453,788	454,976
Marzo	923,188	490,444	461,594	437,326	417,132	396,937
Abril	923,188	1108,165	1159,416	1210,666	1261,917	1313,167
Mayo	923,188	700,707	712,077	727,689	743,302	777,582
Junio	923,188	718,865	734,478	750,090	769,097	820,348
Julio	923,188	700,707	715,471	731,083	746,696	787,765
Agosto	923,188	541,864	543,052	544,240	545,428	546,616
Septiembre	923,188	700,707	712,077	727,689	743,302	777,582
Octubre	923,188	633,504	634,692	635,880	637,068	650,983
Noviembre	923,188	490,444	465,667	445,472	425,277	412,210
Diciembre	923,188	490,444	461,594	432,744	403,895	380,645
Total	11078,257	7566,409	7541,632	7535,353	7557,923	7709,638

En cada caso la potencia que reduce la factura de la luz varía entre 75, 125 y 80 kW. Según la medida que se decida adoptar habrá que elegir una u otra. Para el caso más favorable, donde se tienen en cuenta ambas medidas el término de potencia se reduciría a **7535,353 €/año**, frente a los 11277,828 €/año actuales.

Para finalizar este apartado, no se considerará el ahorro de potencia por la instalación de placas solares ya que se considera una energía variable dependiente del clima. Aunque no se tengan en cuenta el ahorro por potencia si se considerará el ahorro de energía en el estudio económico.

10.9 Resumen de las medidas

Como se ha comprobado las posibilidades de ahorro son muchas, medidas que abarcan desde el cambio de concienciación y hábitos de uso de las instalaciones hasta otras de renovación integral de éstas. En la tabla 10-49 se resumen las medidas adoptadas.

Tabla 10-49. Resumen medidas propuestas

Nº	Mejora	Ahorro Energía anual	Ahorro Potencia anual
1	Instalación de una batería de condensadores	287125,5 kvarh	-
2	Renovación de la instalación de iluminación	22609,42 kWh	10,752 kW
3	Renovación climatización y uso eficiente de la misma	8550,4 kWh	16,7 kW
4	Mantenimiento instalación aire comprimido	2604,643 kWh	-
5	Instalación Fotovoltaica sobre cubierta de la nave	13444,669 kWh	-
6	Revisión tarifa I	-	Potencia contratada se reduce a 130 kW
7	Maquinaria y uso eficiente de la misma	6385,12 kWh pasan de P1 a P2	Potencia contratada se reduce a 90 kW
8	Revisión tarifa II	-	Potencia contratada se reduce a 75 kW

Se han estudiado las medidas potenciales de ahorro energético, ahora falta por determinar cuáles de ellas son factibles de realizar debido a la inversión que necesitan.

11 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS MEDIDAS Y PRESUPUESTO

El objetivo de este apartado será el de determinar la viabilidad económica de las mejoras, así como los años de amortización. Para todos los casos que se estudie el VAN se considerará un tipo de interés del 2% y un incremento del coste de la electricidad del 10% cada año. El VAN se puede calcular con la ecuación 11-1.

$$VAN = -I_o + A_o * \sum_{i=0}^n \left(\frac{1+a}{1+i} \right)^n \quad (11-1)$$

Donde:

- I_o : Inversión inicial.
- A_o : Ahorro del primer año.
- a : Variación coste de la energía.
- i : Tipo de interés.

Cuando $VAN > 0$ la amortización será factible frente a poner a plazo fijo la inversión en un banco. Si se impone la condición de $VAN = 0$, y despejamos n , se tiene el número de años en los que se amortiza la inversión.

En primer lugar se detallará un presupuesto orientativo del coste de cada mejora.

Tabla 11-1. Presupuesto Batería de condensadores

Batería Condensadores	Unidades	Precio unitario	Total (€)
- Batería OPTIM 12-195-440	1	4384,03	4384,03
- Instalación (horas)	6	33,92	203,52
		Total	4587,55

Tabla 11-2. Presupuesto Climatización.

Climatización			
- BreeZair TBA 550	4	3716,9	14867,6
- Instalación	4	550	2200
		Total	17067,6

Tabla 11-3. Presupuesto Iluminación.

Iluminación			
- RC461B G2 LED40S/840 PSD 600x600 W	27	446	12042
- DN131B LED20S/840 PSU PI6 ALU	22	68	1496
- 4MX850 G3 581 LED66S/840 PSD WB WH	138	375	51750
- LL121X LED80S/840 PSU WB 7 EL3 WH	10	240	2400
- LL121X LED45S/840 PSD WB 7 WH	12	210	2520
- MASTER TL-D Eco 32W/865 1SL	8	6	48
- MASTER TL-D Eco 51W/865 1SL	8	6	48
- LRM1080/00 SENSR MOV DET ST IR	12	132,98	1595,76
- Interruptor de posición	6	20	120
- Módulo control alumbrado LRC5141/10	4	500	2000
- Instalación (horas)	40	33,92	1356,8
			Total 75376,56

Tabla 11-4. Presupuesto Aire comprimido.

Aire comprimido			
- Colector de aire	5	25	125
- Acoplamiento rápido	16	17,95	287,2
- Alquiler equipo ultrasonido	1	200	200
- Instalación	8	12	96
			Total 708,2

Tabla 11-5. Presupuesto Instalación Fotovoltaica.

Instalación Fotovoltaica			
- Kit Autoconsumo 10 kW	1	14745	14745
- Kit Autoconsumo 8 kW	1	11470	11470
- Instalación	35	32,92	1152,2
			Total 27367,2

Tabla 11-6. Presupuesto tarifa cambio de potencia contratada.

Tarifa Luz		
- Cambio potencia contratada por kW	1	10

Tabla 11-7. Presupuesto coste de horas extras por operario.

Sueldos		
- Horas extras/día x operario	1	10

Así para cada mejora se puede estudiar la rentabilidad de la misma

11.1 Instalación Batería de Condensadores

Con la instalación de la batería de condensadores se consiguen cubrir los excedentes de reactiva por lo que se dejaría de pagar el término por reactiva que pagado actualmente, unos **5876,6 €/año**.

- Coste de inversión : 4857,85 €
- Ahorro primer año: 5876,6 €
- Período amortización: **10 meses**

En menos de un año se ha conseguido amortizar la compra de la batería.

11.2 Instalación Fotovoltaica

Esta instalación supone el ahorro de **13444,669 kWh/año** que cubrirá la demanda de la zona de oficinas. Considerando que siempre se consume en los periodos 1 y 2 y siendo las horas de invierno de 1h para P1 y 8h para P2 y en verano 2h para P1 y 7 para P2, se distribuye el consumo de energía en un 17,6% de consumo en P1 y 82,4% en P2.

- Coste de inversión: 27367,2 €
- Ahorro primer año: 1891,784 €
- Período amortización: **11 años**

Ya se comentó que la regularización de las instalaciones renovables estaba en proceso de cambio, a expensas de la publicación del real decreto de autoconsumo [16]. Aunque se haya hecho el estudio de una posible instalación sería conveniente esperar a la aprobación de dicho decreto.

11.3 Instalación Aire Comprimido

La actuación en el sistema de aire comprimido es sencilla. Con la corrección de fugas se propuso bajar la presión de salida del compresor y se estimó una reducción del consumo en **2604,643 kWh/año**. Como el compresor funciona durante toda la jornada se puede estimar la proporción entre periodos en 16,7% para P1, 50% para P2 y 33,3% para P3.

- Coste de inversión: 708,1 €

- Ahorro primer año: 330,131 €
- Período de amortización: **2 años y 1 mes**

11.4 Revisión tarifa eléctrica

Esta primera revisión de la tarifa es sin tener en cuenta ninguna otra medida, tal y como se ha estudiado en el apartado 11.4. Por cada kilovatio modificado la comercializadora cobra unos 10 €, y hay que mantener el cambio durante al menos 12 meses. En este apartado se pasa de 160 a 130 kW.

- Coste de inversión: 300€
- Ahorro primer año: 924,545 €
- Período de amortización: **4 meses**

11.5 Uso eficiente de la maquinaria.

Un uso eficiente de la maquinaria, en adelante UEM, supone cambiar la demanda en el período 1 la potencia contratada se puede reducir a 90 kW. 6385,12 kWh pasarán de facturarse en período 1 al período 2, lo que conlleva un ahorro de **226,123€** al año.

- Coste de inversión: 700 €
- Horas extras 7 trabajadores: 7840 €
- Ahorro potencia: 3145,964 €
- Ahorro energía: 226,123 €
- Período de amortización: **2 años y 5 meses**

Esta medida se mantendrá presente en los siguientes apartados.

11.6 Renovación Iluminación

Esta es la propuesta que necesitaría de mayor presupuesto ya que ha supuesto una renovación integral de la instalación actual incluyendo un sistema de regulación. Esta medida lleva asociada un cambio de potencia contratada por lo que se estudiarán las dos en conjunto. Para la proporción de períodos se ha tomado para P1 un 14,6% y P2 un 85,4% según las horas de utilización del taller.

- Coste de inversión iluminación: 75376,56 €
- Cambio de potencia 160 a 80 kW: 800 €
- Horas extras 7 trabajadores: 7840 €
- Ahorro energía UEM: 226,123 €
- Ahorro energía iluminación: 3383,448 €
- Ahorro potencia: 3390,001 €
- Período de amortización: **8 años y 10 meses**

11.7 Renovación Climatización

Con esta propuesta se reducía la potencia instalada de la instalación, así como de la energía consumida por la industria.

- Coste de inversión: 17067,6 €
- Cambio de potencia 160 a 125 kW: 350 €
- Horas extras 7 trabajadores: 7840 €
- Ahorro energía UEM: 226,123 €
- Ahorro energía climatización: 1420,156 €
- Ahorro potencia: 1493,562 €
- Período de amortización: **6 años y 6 meses**

11.8 Renovación conjunta Climatización e Iluminación

En este último apartado se contempla la renovación simultánea de ambas instalaciones buscando una reducción aún mayor de potencia ya que observando la tabla de potencias máximas, éstas se dan en los meses de verano que es precisamente cuando funcionan en conjunto el sistema de climatización y la iluminación y así reducir la potencia a 75 kW.

- Coste inversión iluminación: 75376,56 €
- Coste inversión climatización: 17067,6 €
- Cambio de potencia 160 a 70 kW: 900 €
- Horas extras 7 trabajadores: 7840 €
- Ahorro energía UEM: 226,123 €
- Ahorro energía iluminación: 3383,448 €
- Ahorro energía climatización: 1420,156 €
- Ahorro potencia: 3742,475 €
- Período de amortización: **8 años y 7 meses**

A la vista de los resultados, es aconsejable tomar la decisión de renovar ambas instalaciones en conjunto.

11.9 Conclusiones

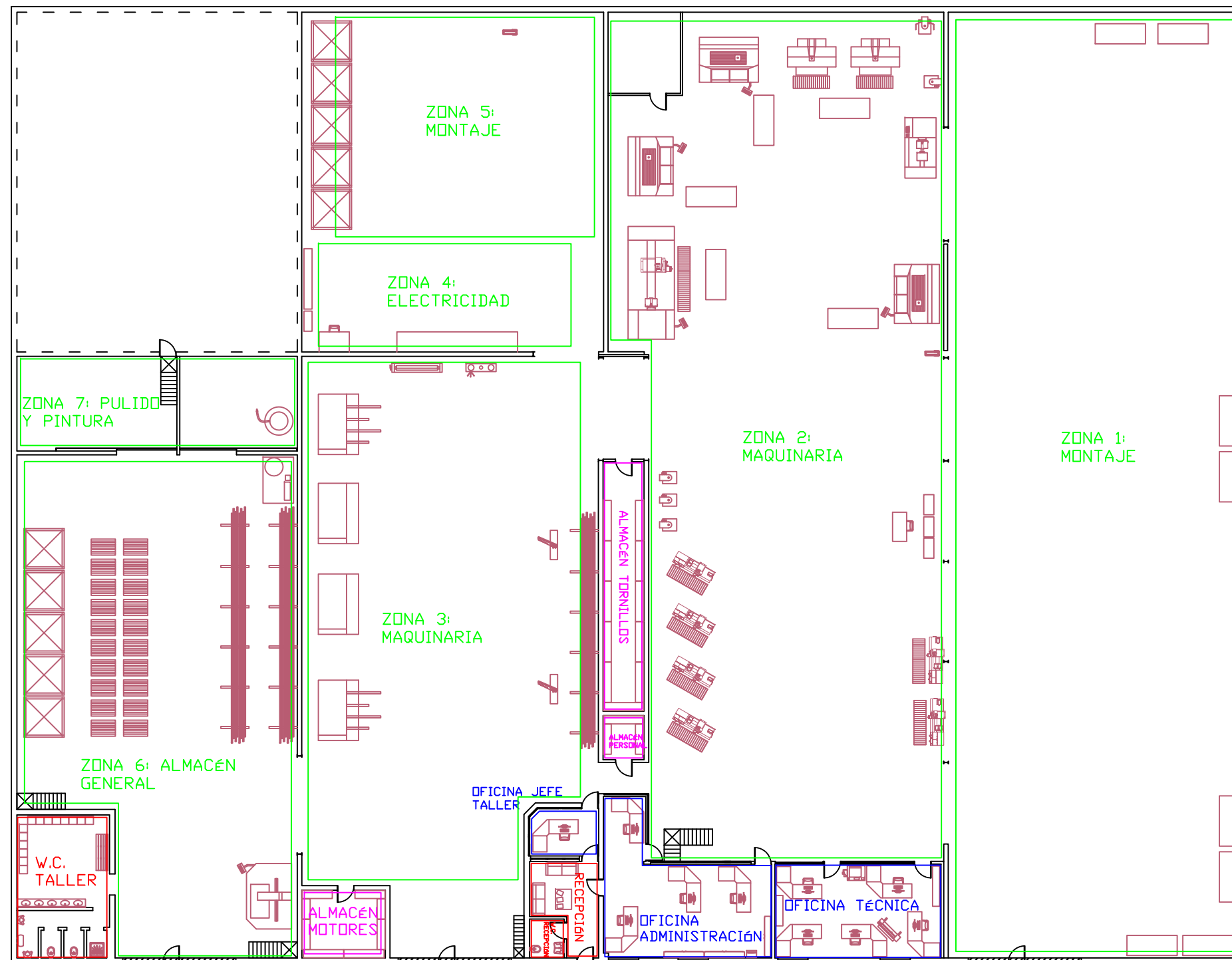
La tabla 11-8 resume las medidas recomendadas que deberían llevarse a cabo, teniendo en cuenta el coste económico y el período de amortización de las mismas.

Por último merece la pena recordar que el ahorro energético comienza desde la misma persona en el uso que da a las instalaciones, por eso una buena concienciación por parte de la dirección de los empresarios y que ésta sea transmitida a sus empleados siempre va a contribuir a la reducción de costes en todas las áreas.

Tabla 11-8. Resumen medidas recomendadas.

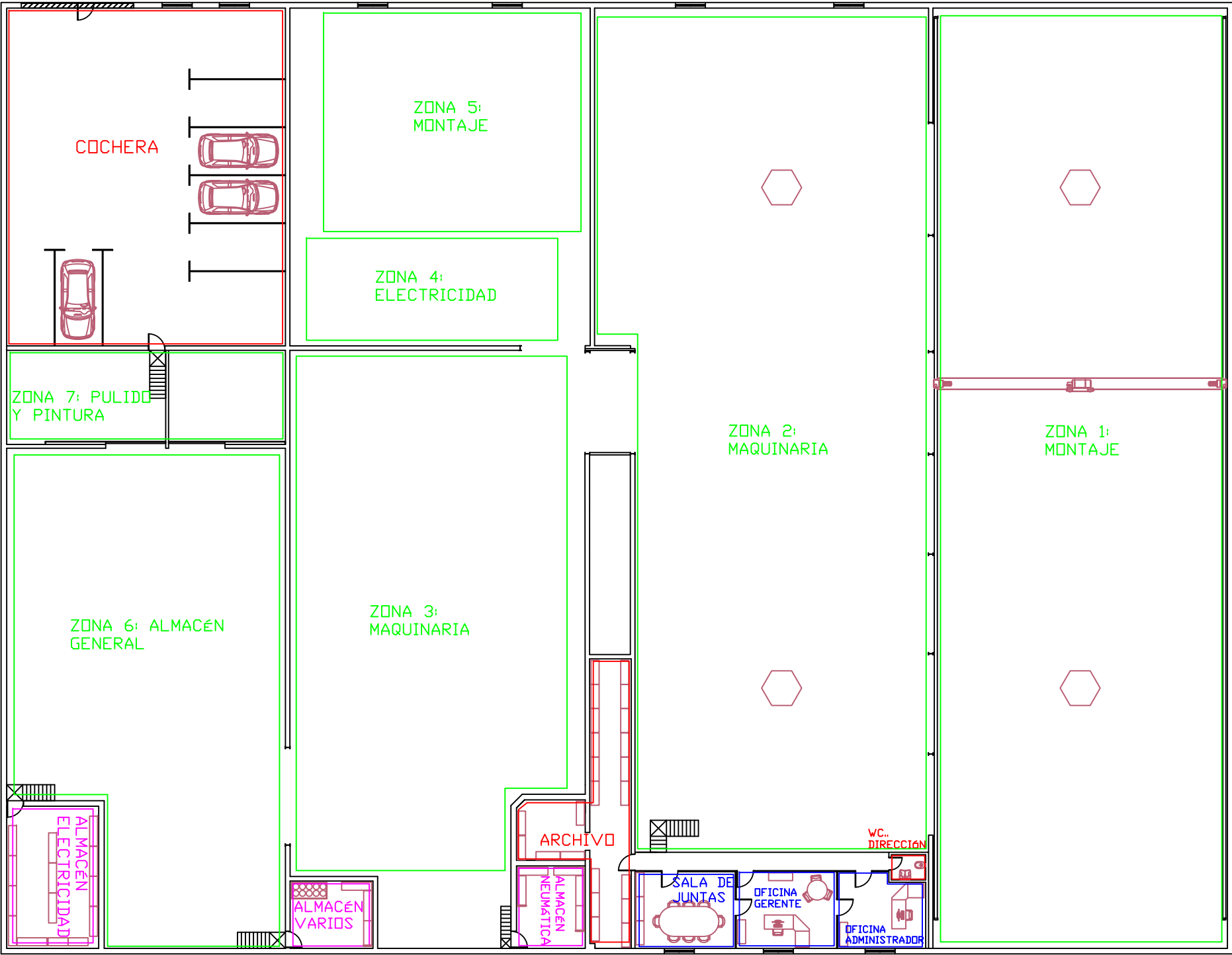
Nº	Mejora	Ahorro energía (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Inversión (€)	Período de amortización (años)
1	Instalación batería de condensadores	-	5876,6	4857,85	0,83
2	Mantenimiento instalación aire comprimido	2604,643	330,131	708,1	2,08
3	UEM + Renovación iluminación y climatización	31159,82	8319,956	101184,16	8,58

PLANOS



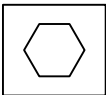
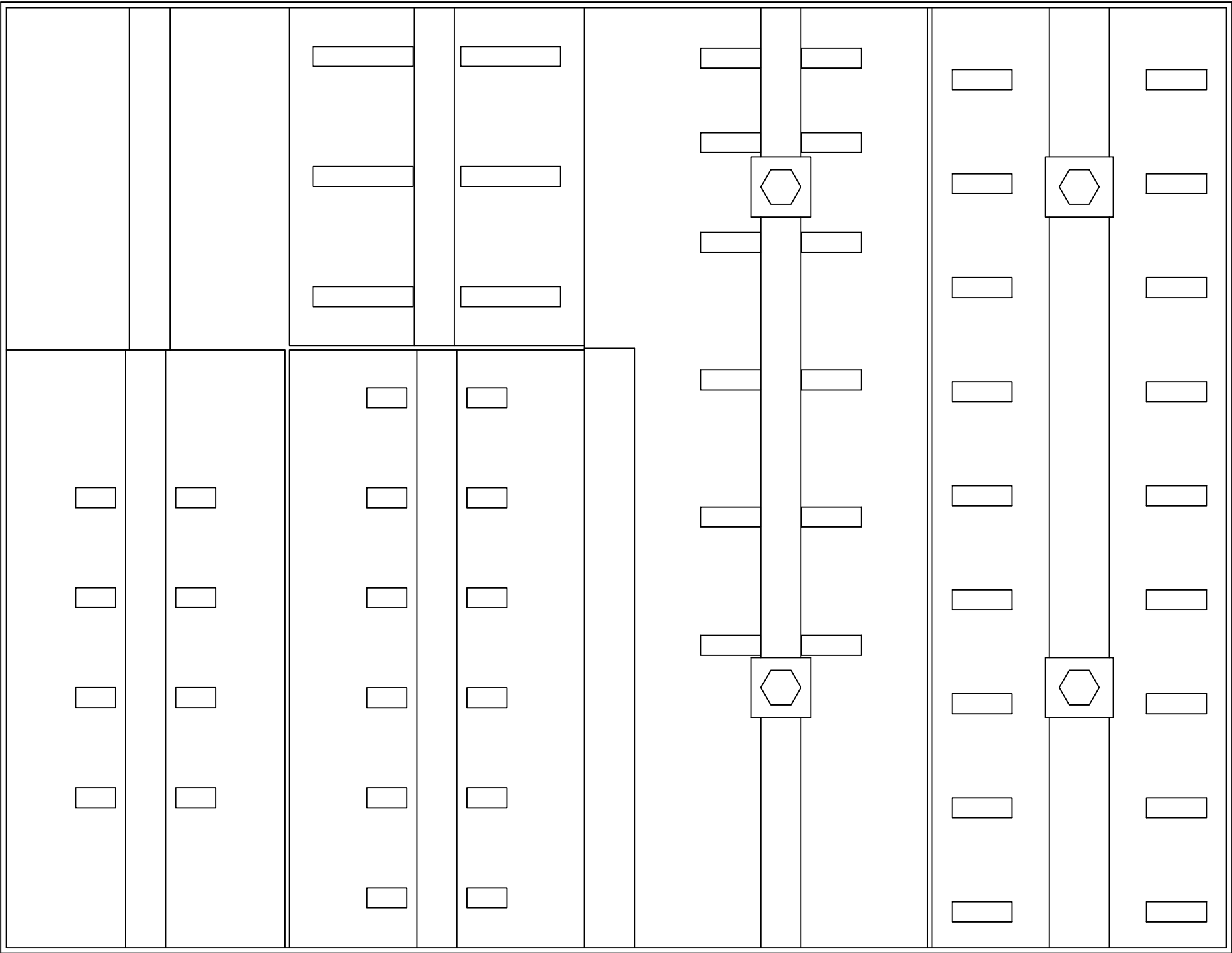
- ZONA OFICINAS
- ZONA TALLER
- ZONAS COMUNES
- ALMACENES

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
ZONAS NAVE – PLANTA BAJA		Escala: 1: 250
		Plano: 1/20



- ZONA OFICINAS
- ZONA TALLER
- ZONAS COMUNES
- ALMACENES

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
ZONAS NAVE – PRIMERA PLANTA		Escala: 1: 250
		Plano: 2/20

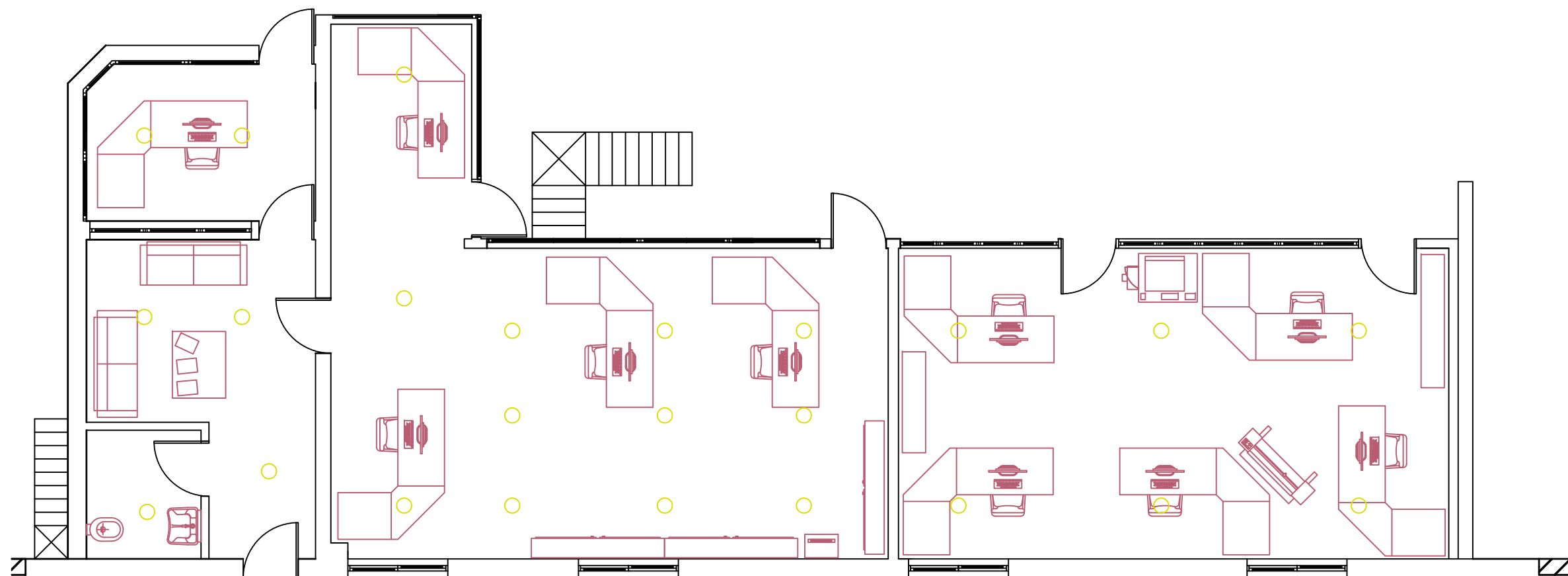


Grupos Aire



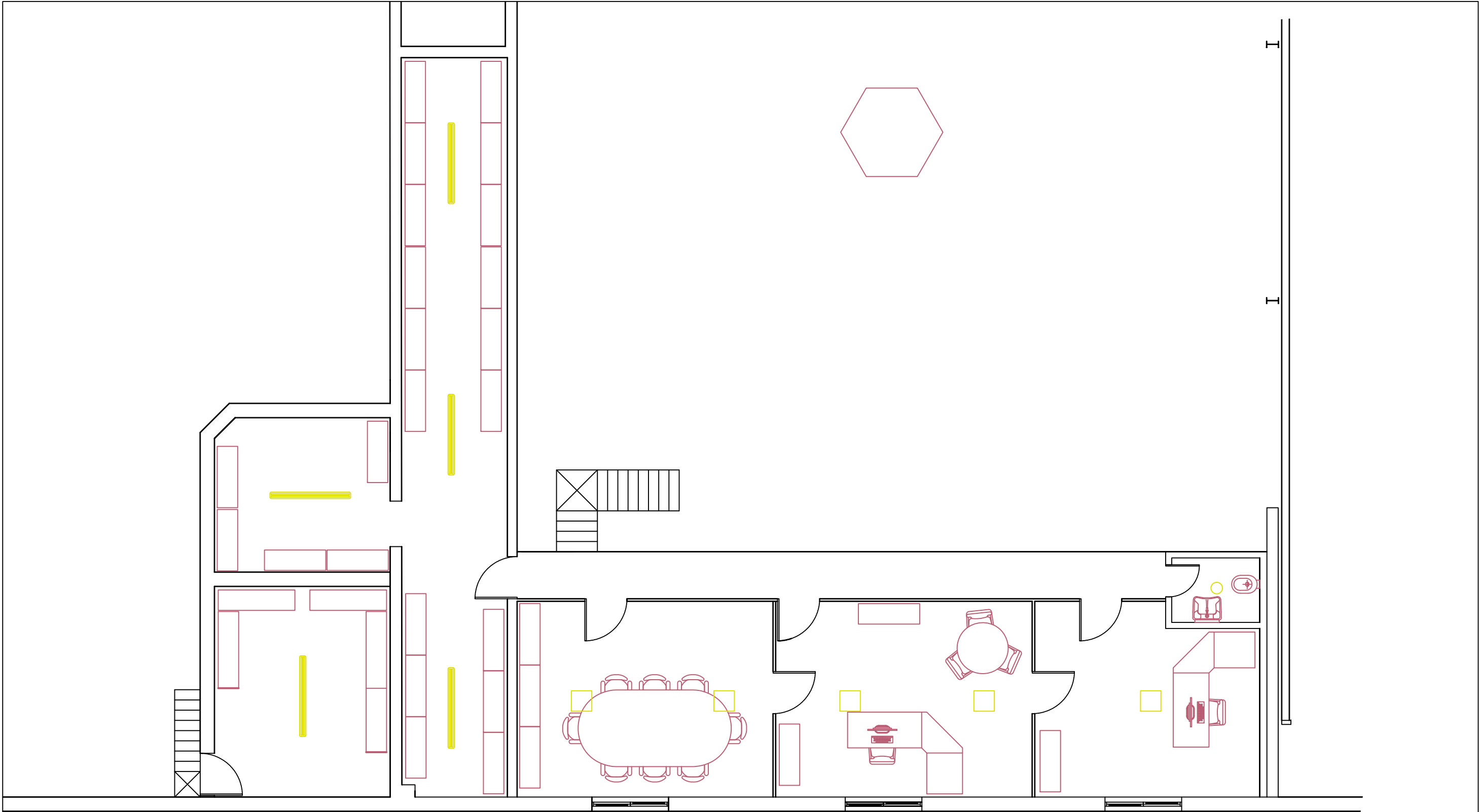
Lucernarias

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
CUBIERTA NAVE		Escala: 1:250
		Plano: 3/20



○ DownLight 2x26W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS - OFICINA TÉCNICA - OFICINA ADMINISTRACIÓN - OFICINA JEFE TALLER		Escala: 1:75
		Plano: 4/20



DownLight 2x26W



Pantalla Fluorescente 2x58W



Pantalla Fluorescente 4x14W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

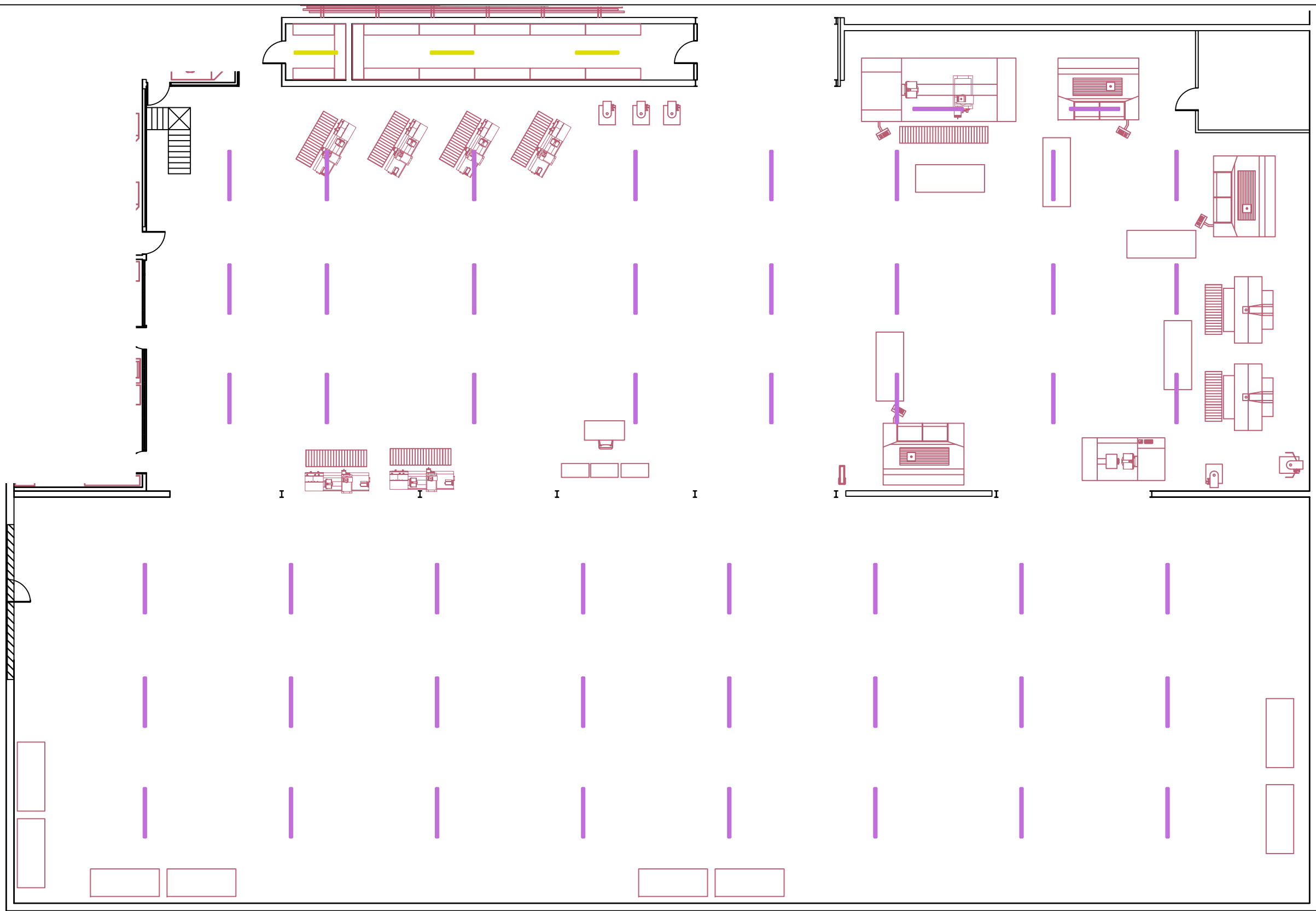
Fecha: 18/09/2015

SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS

- OFICINA ADMINISTRADOR
- OFICINA GERENTE
- SALA DE JUNTAS
- ARCHIVO
- ALMACÉN NEÚMÁTICA

Escala: 1:75

Plano: 5/20



 Pantalla Fluorescente 2x80W

 Pantalla Fluorescente 2x58W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

Fecha: 18/09/2015

SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS

- ZONA 1: MONTAJE

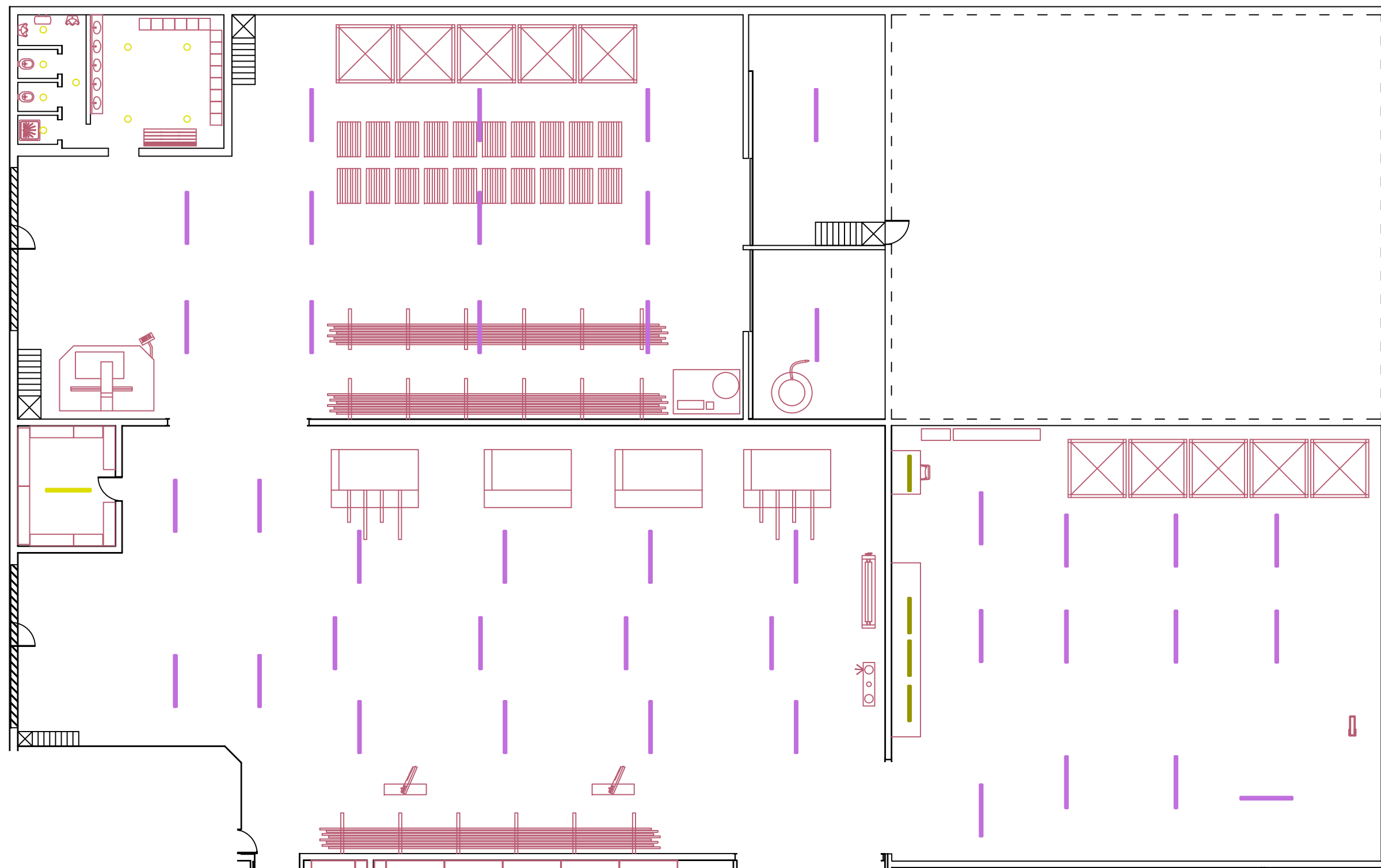
- ALMACÉN PERSONAL

- ZONA 2: MAQUINARIA

- ALMACÉN TORNILLOS

Escala: 1:150

Plano: 6/20



○ DownLight 2x26W

— Pantalla Fluorescente 2x80W

— Pantalla Fluorescente 2x58W

— Pantalla Fluorescente 2x36W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

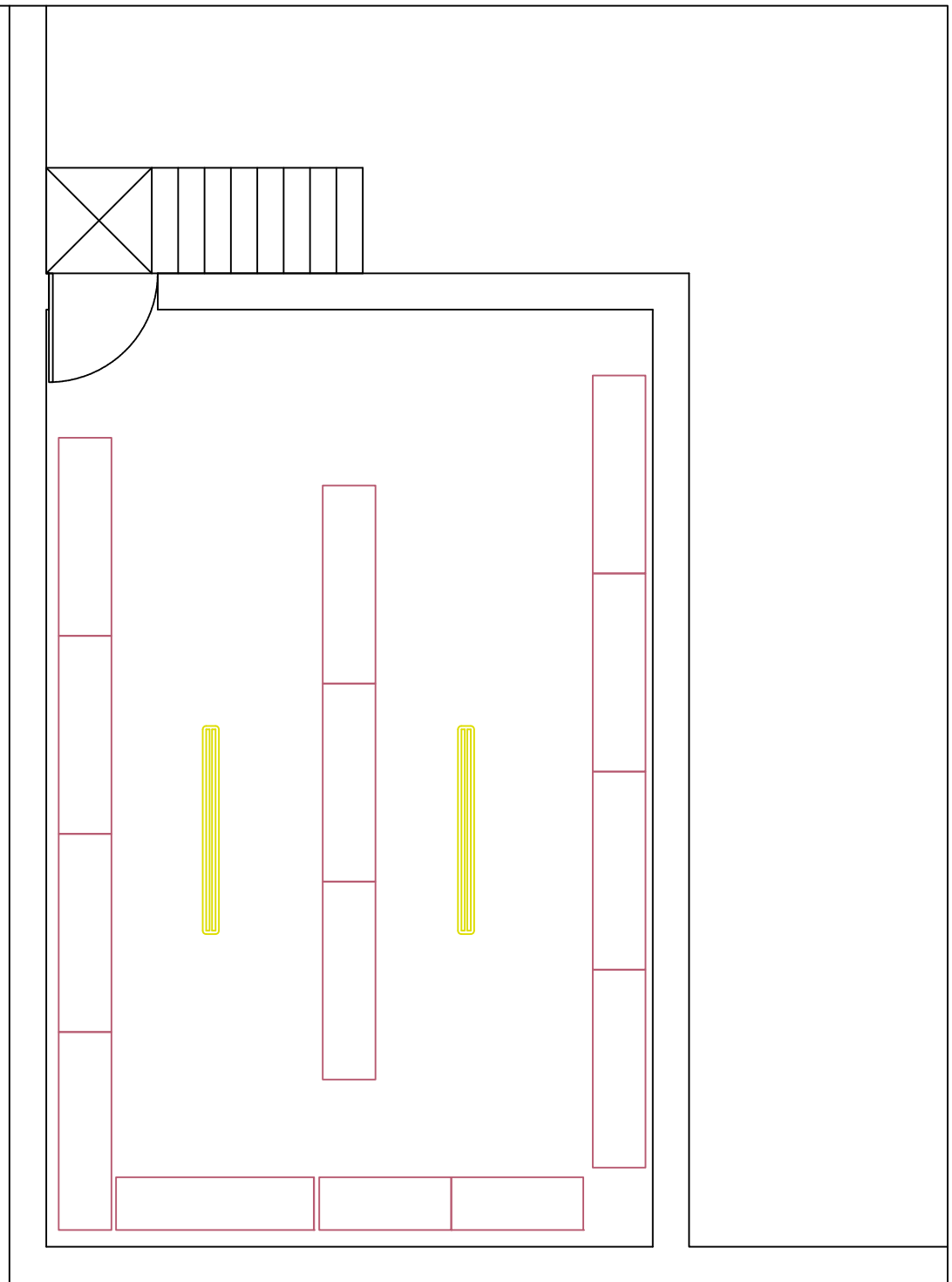
Fecha:
18/09/2015

SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS

- ZONA 3: MAQUINARIA
- ZONA 4: ELECTRICIDAD
- ALMACÉN MOTORES
- SERVICIOS PERSONAL
- ZONA 5: MONTAJE
- ZONA 6: ALMACÉN GENERAL
- ZONA 7: PULIDO Y PINTURA

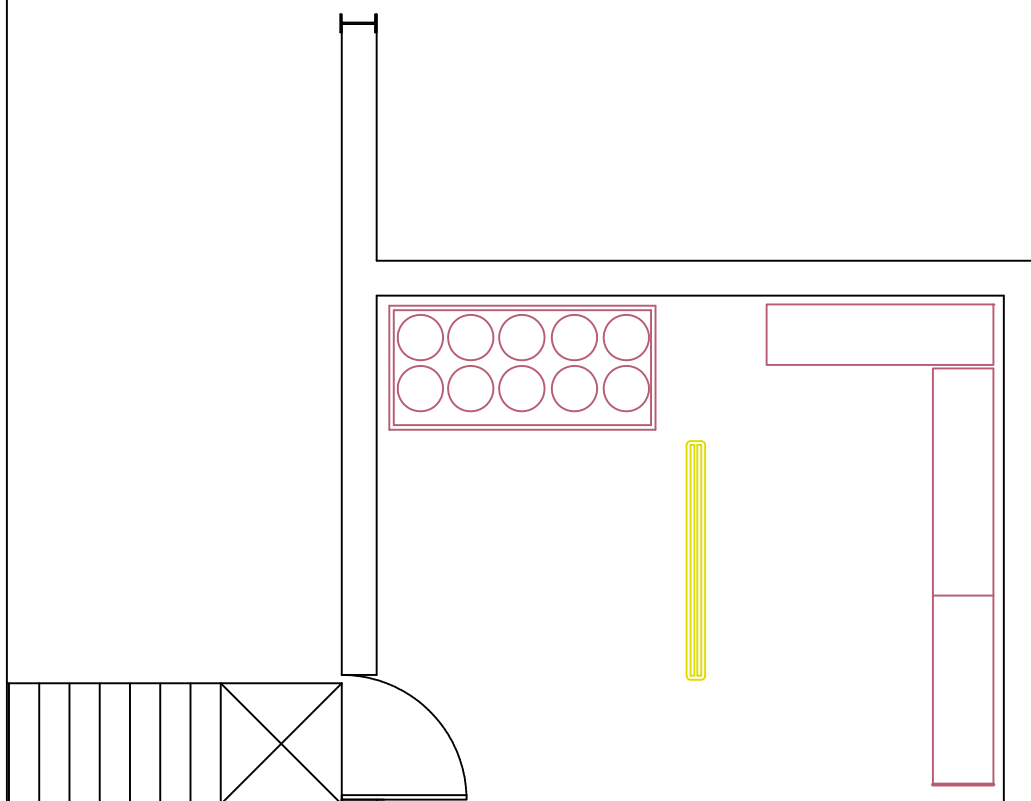
Escala:
1:150

Plano:
7/20



 Pantalla Fluorescente 2x58W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS – ALMACÉN ELECTRICIDAD		Escala: 1: 50
		Plano: 8/20



 Pantalla Fluorescente 2x58W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

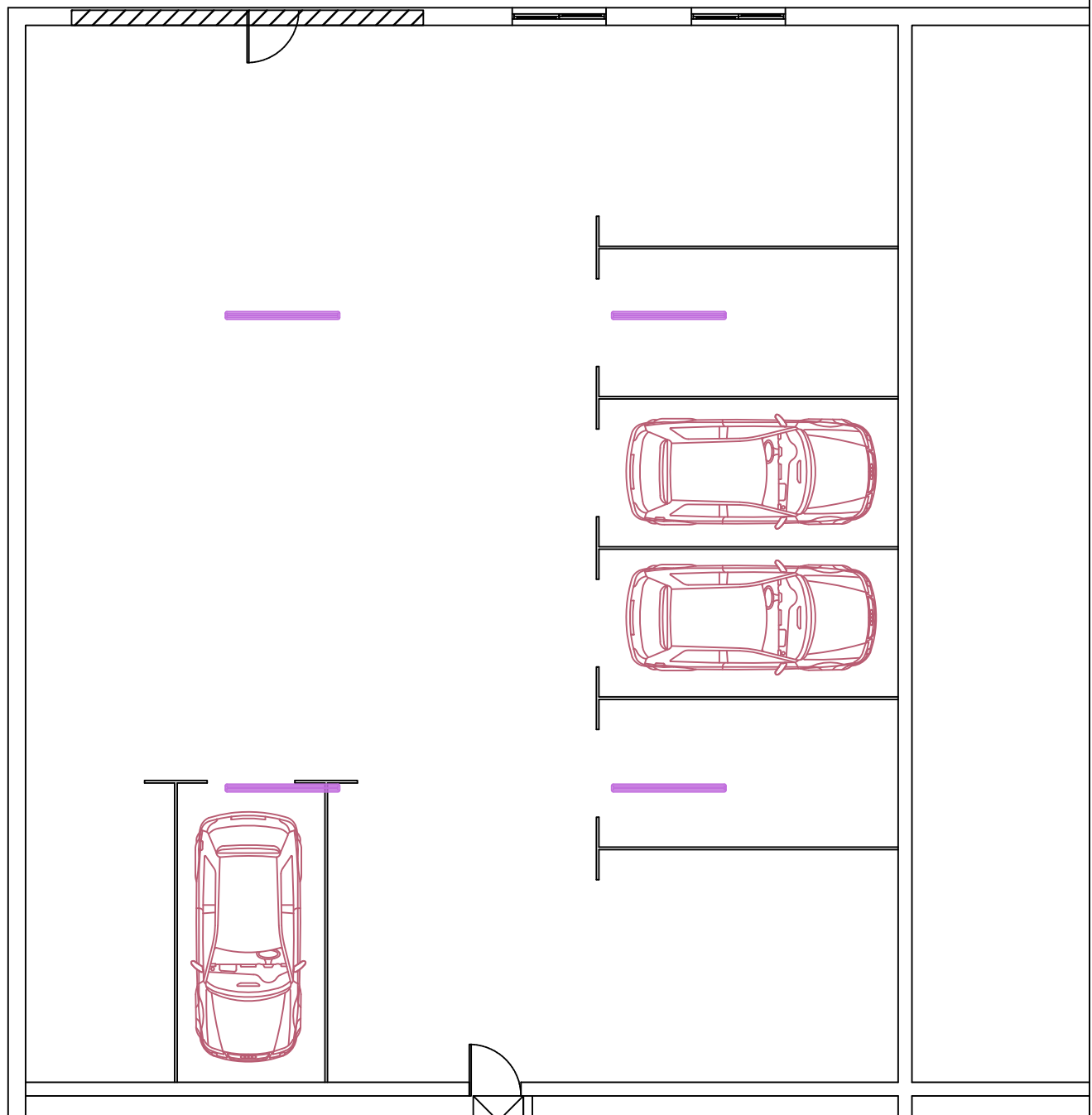
Autor Rafael Javier Gómez Linares

Fecha:
18/09/2015

SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS
- ALMACÉN VARIOS

Escala:
1:50

Plano:
9/20



 Pantalla Fluorescente 2x80W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

Fecha:

18/09/2015

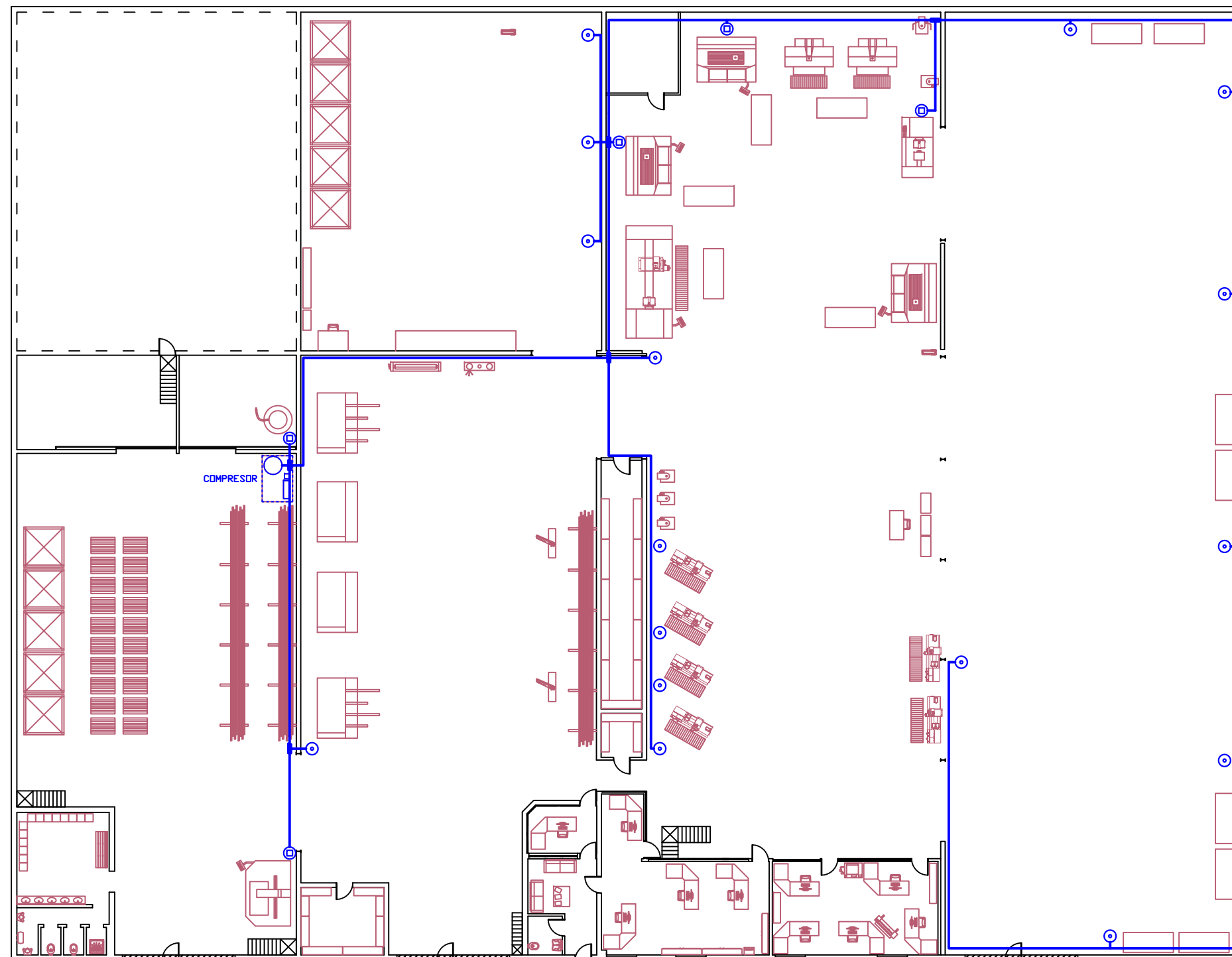
SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS
- COCHERA

Escala:

1:100

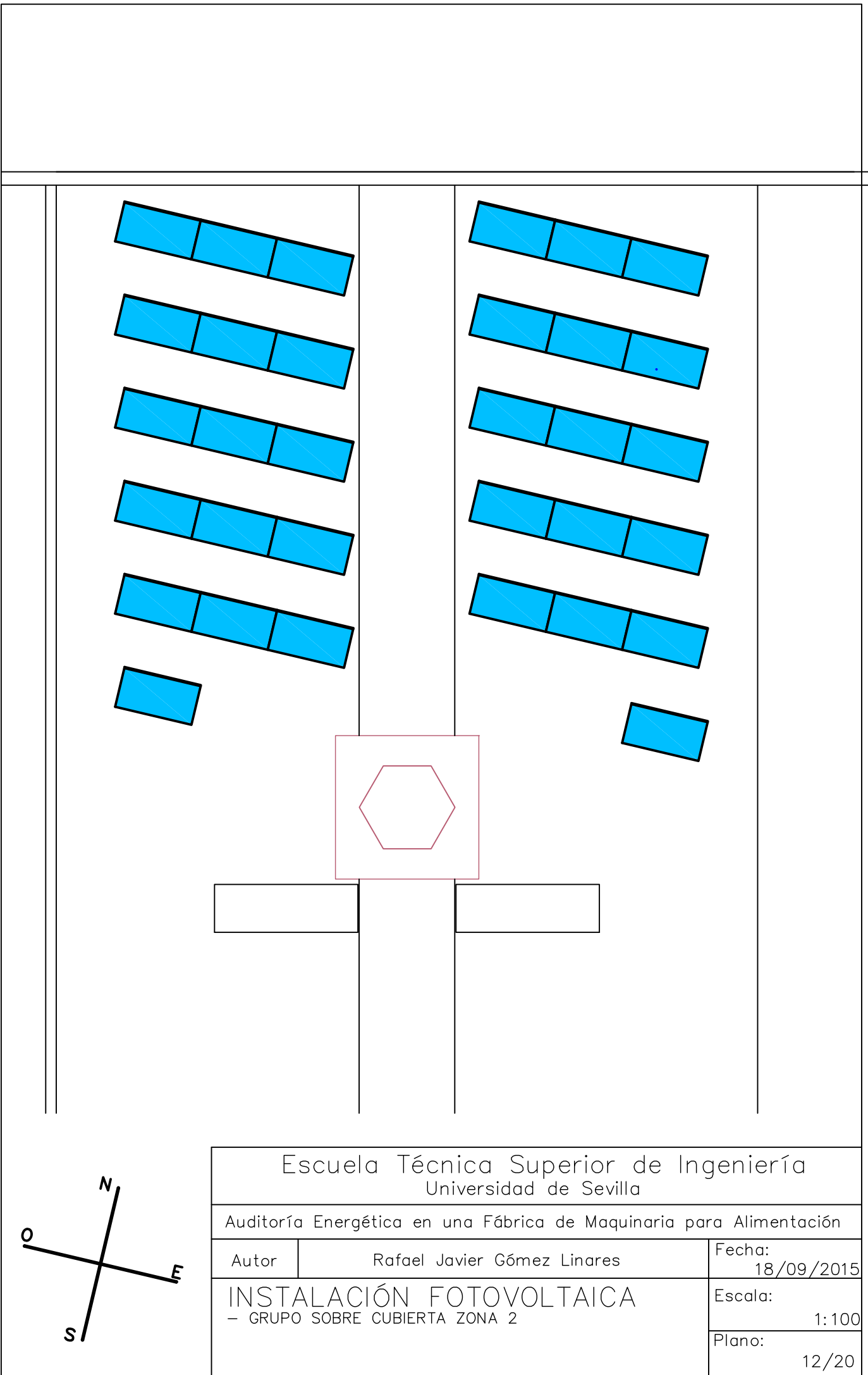
Plano:

10/20



- COLECTOR DE AIRE
- CONEXIÓN A MAQUINARIA
- ENCHUFES RÁPIDOS

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
INSTALACIÓN AIRE COMPRIMIDO		Escala: 1:250
		Plano: 11/20



Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

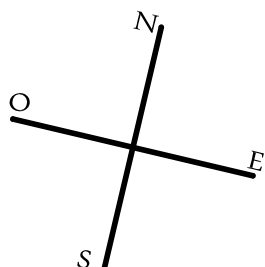
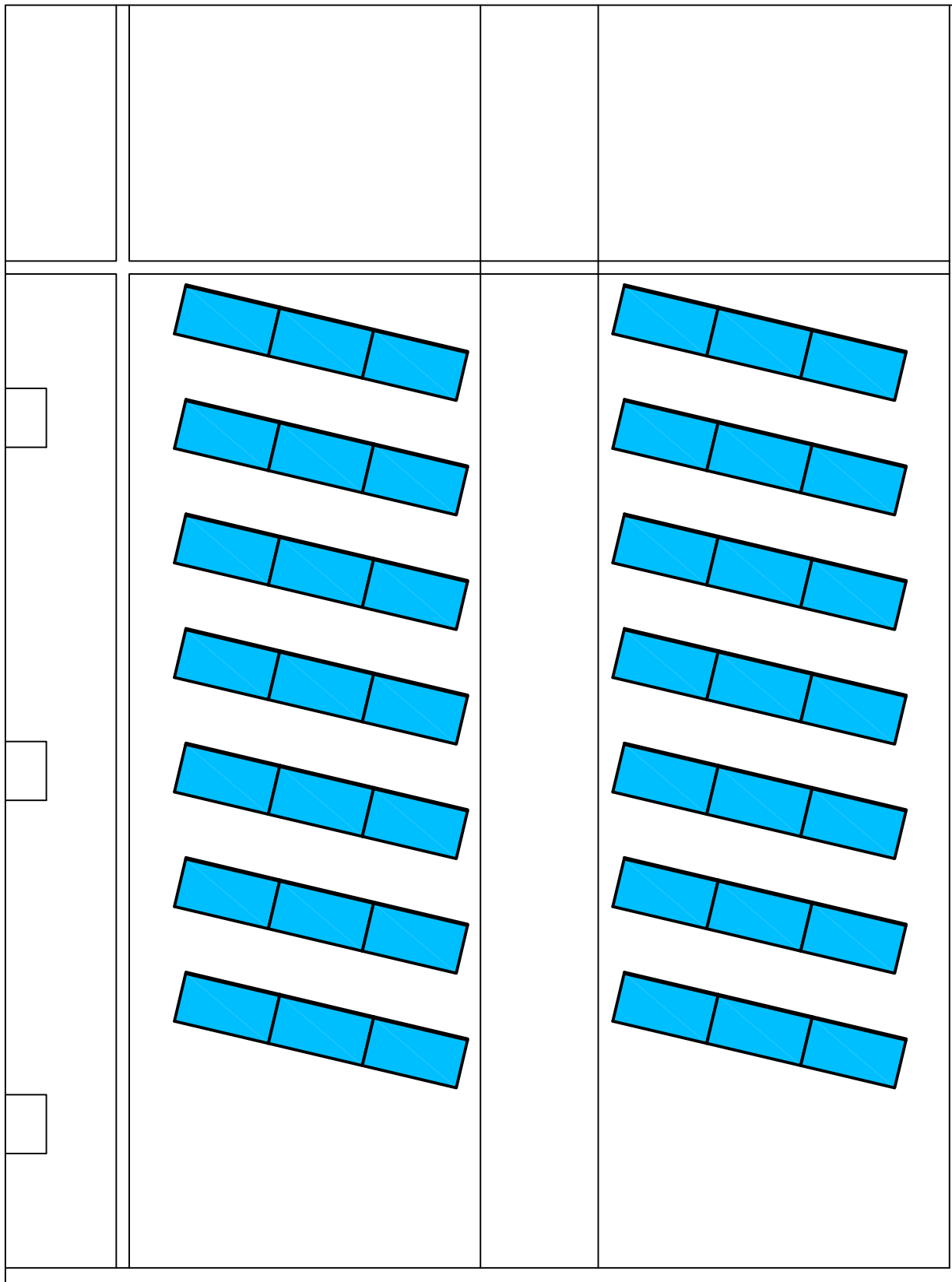
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
-------	-----------------------------	----------------------

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
– GRUPO SOBRE CUBIERTA ZONA 2

Escala: 1:100

Plano: 12/20



Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

Fecha:

18/09/2015

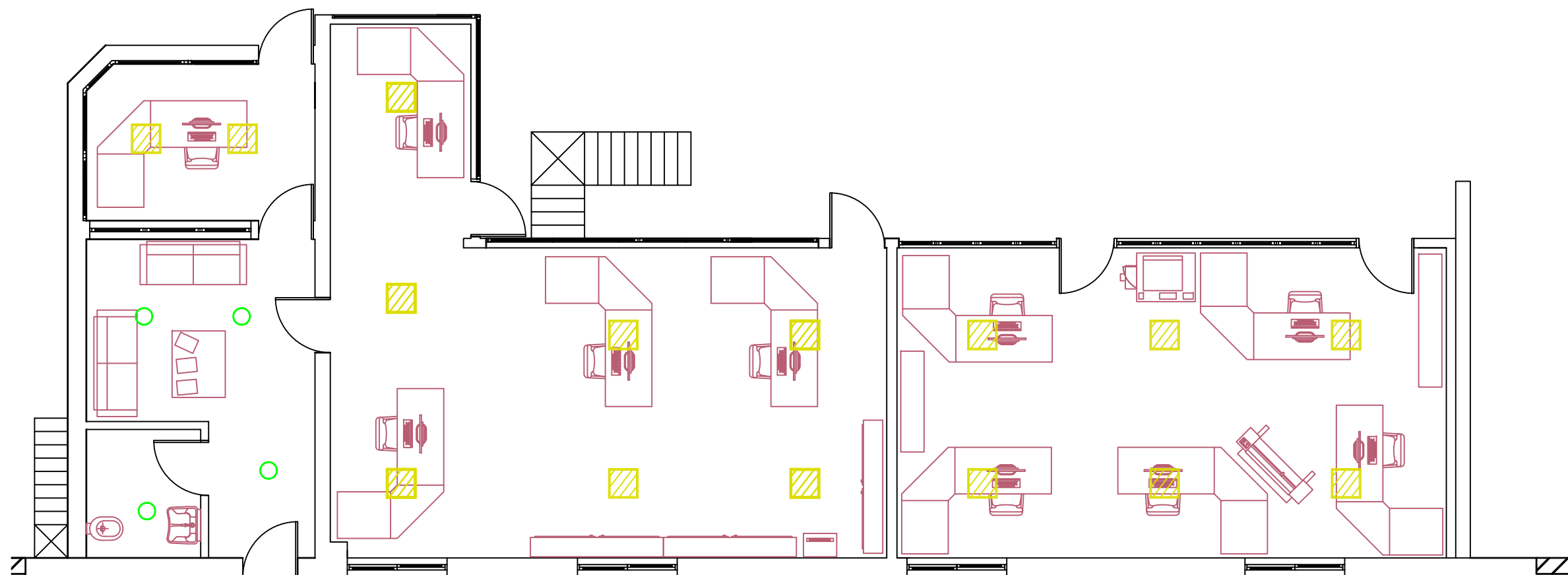
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
– GRUPO SOBRE CUBIERTA COCHERA

Escala:

1:100

Plano:

13/20



○ DownLight DN131B

▨ Pantalla LED RC461B

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

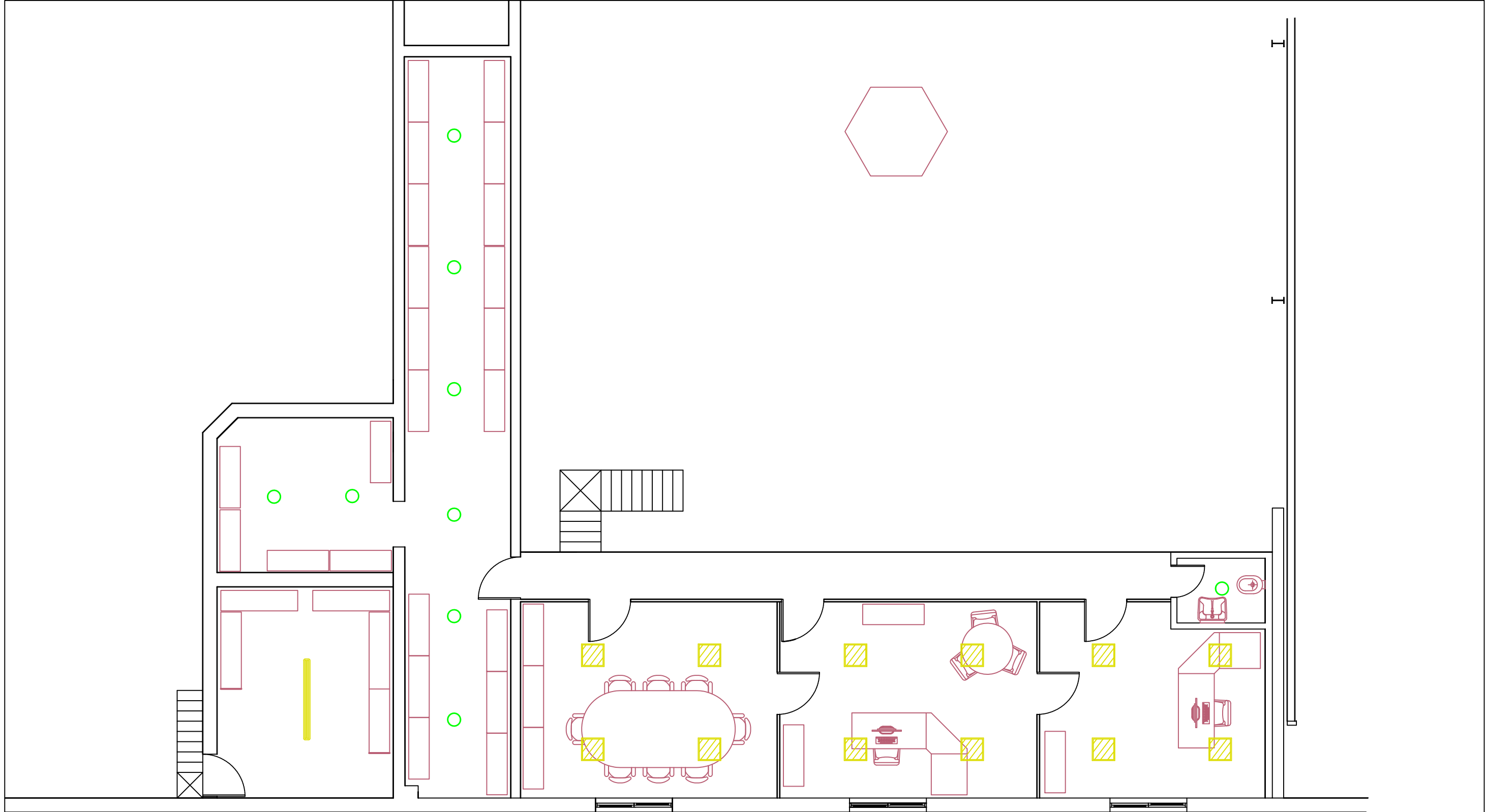
Fecha: 18/09/2015

SITUACIÓN NUEVA LUMINARIAS

- OFICINA TÉCNICA
- OFICINA ADMINISTRACIÓN
- OFICINA JEFE TALLER
- RECEPCIÓN
- SERVICIOS RECEPCIÓN

Escala: 1:75

Plano: 14/20



DownLight DN131B



Pantalla Fluorescente con LED TL-D 51 W



Pantalla LED RC461B

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

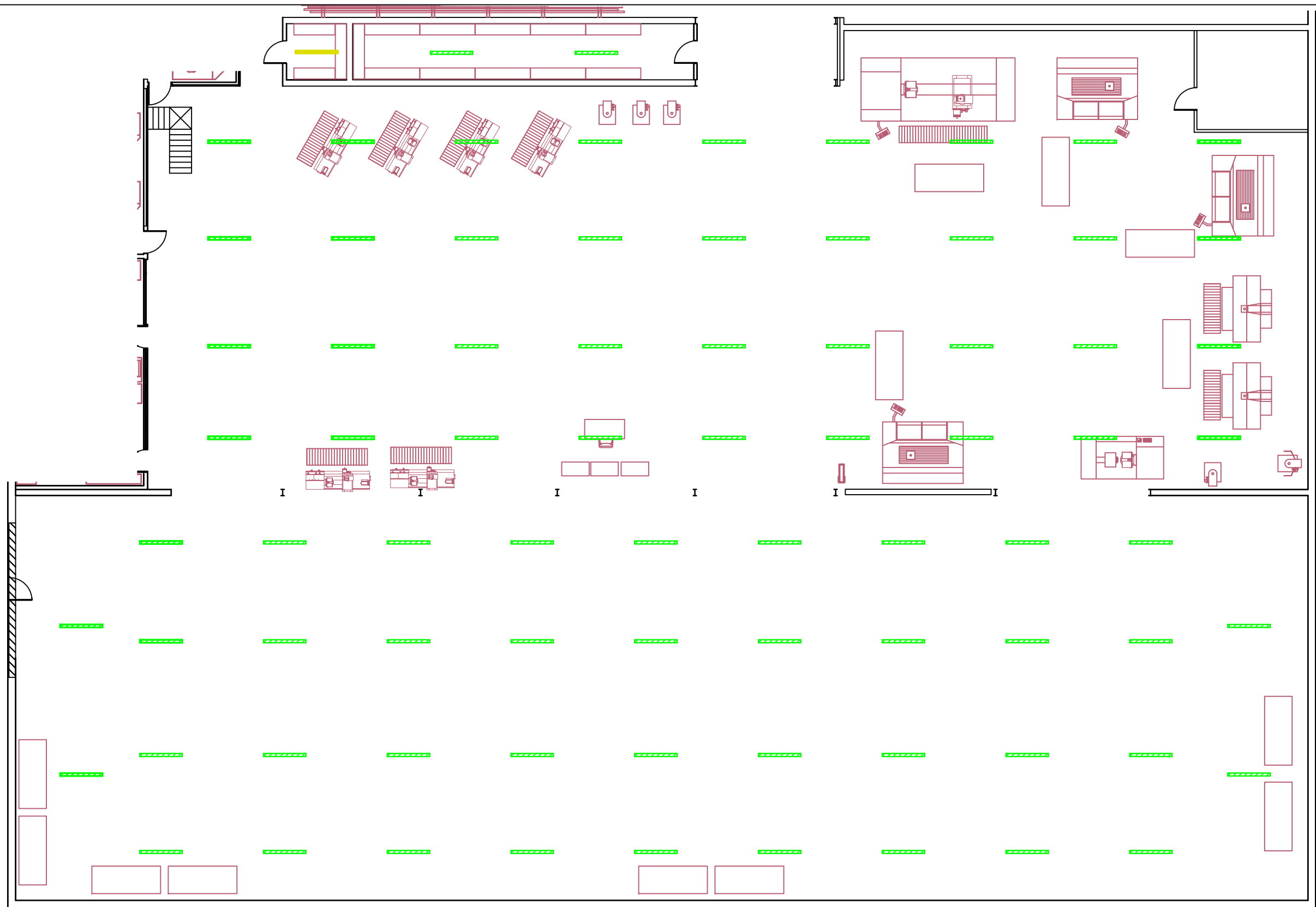
Fecha: 18/09/2015

SITUACIÓN NUEVA LUMINARIAS

- OFICINA ADMINISTRADOR
- OFICINA GERENTE
- SALA DE JUNTAS
- ARCHIVO
- ALMACÉN NEÚMÁTICA

Escala: 1:75

Plano: 15/20



 Pantalla Fluorescente con LED TL-D 51 W

 Pantalla 4MX850-66S

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

Fecha: 18/09/2015

SITUACIÓN NUEVO LUMINARIAS

- ZONA 1: MONTAJE

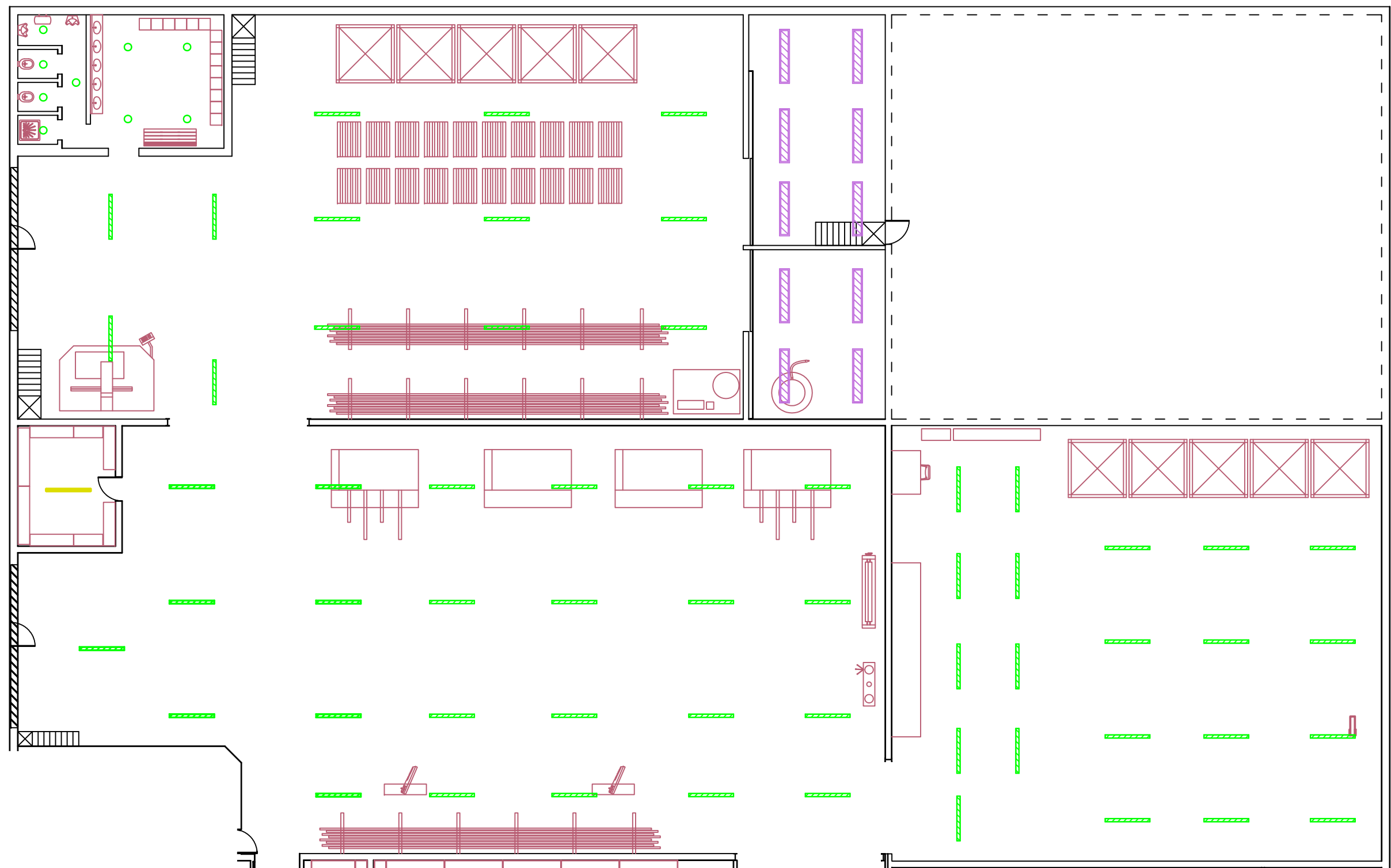
- ALMACÉN PERSONAL

- ZONA 2: MAQUINARIA

- ALMACÉN TORNILLOS

Escala: 1:150

Plano: 16/20



DownLight DN131B



Pantalla LED LL121X-80S



Pantalla 4MX850-66S



Pantalla Fluorescente con LED TL-D 51 W



Pantalla Fluorescente con LED TL-D 32 W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

Autor

Rafael Javier Gómez Linares

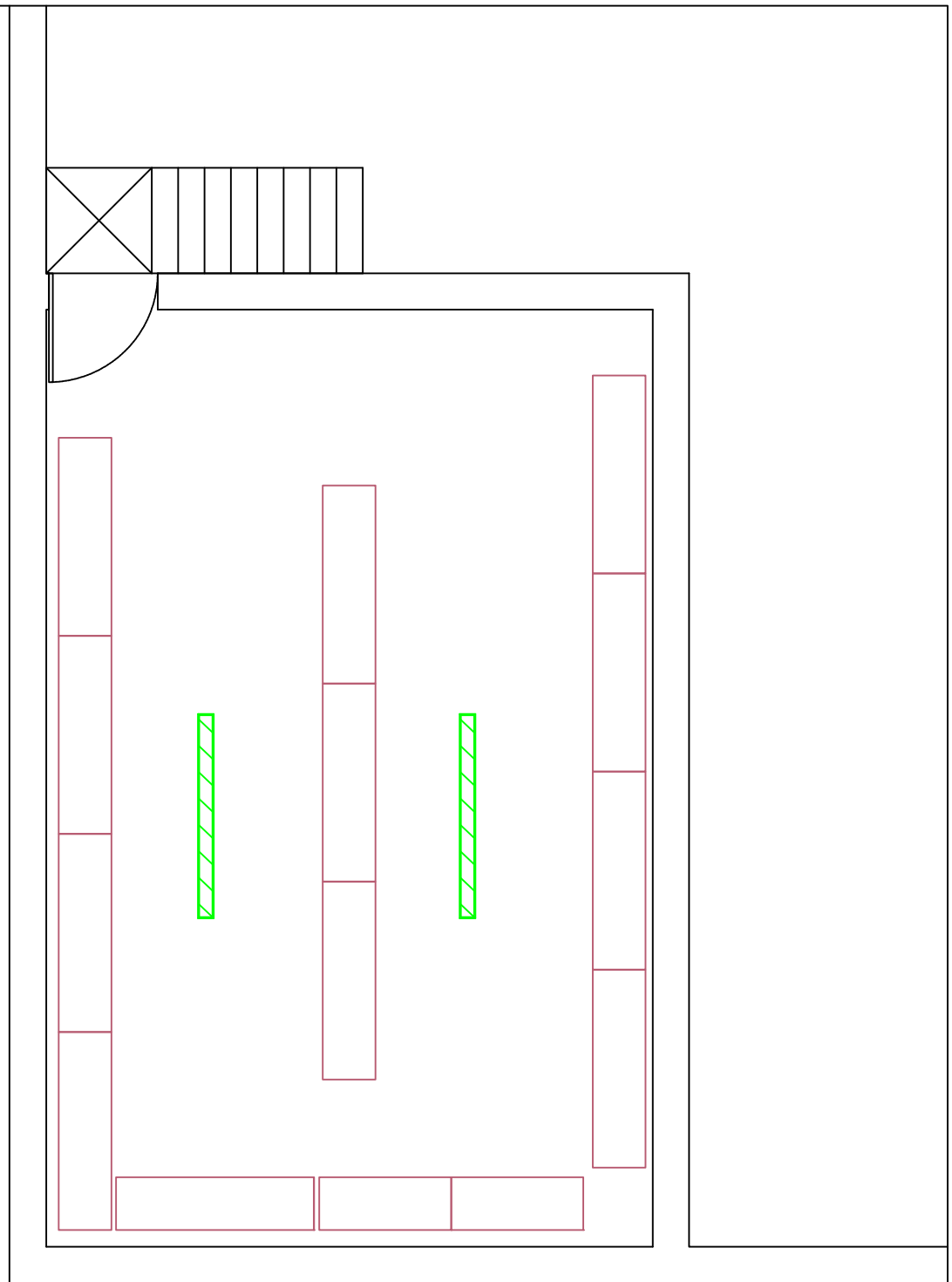
Fecha:
18/09/2015

SITUACIÓN NUEVA LUMINARIAS

- ZONA 3: MAQUINARIA
- ZONA 4: ELECTRICIDAD
- ALMACÉN MOTORES
- SERVICIOS PERSONAL
- ZONA 5: MONTAJE
- ZONA 6: ALMACÉN GENERAL
- ZONA 7: PULIDO Y PINTURA

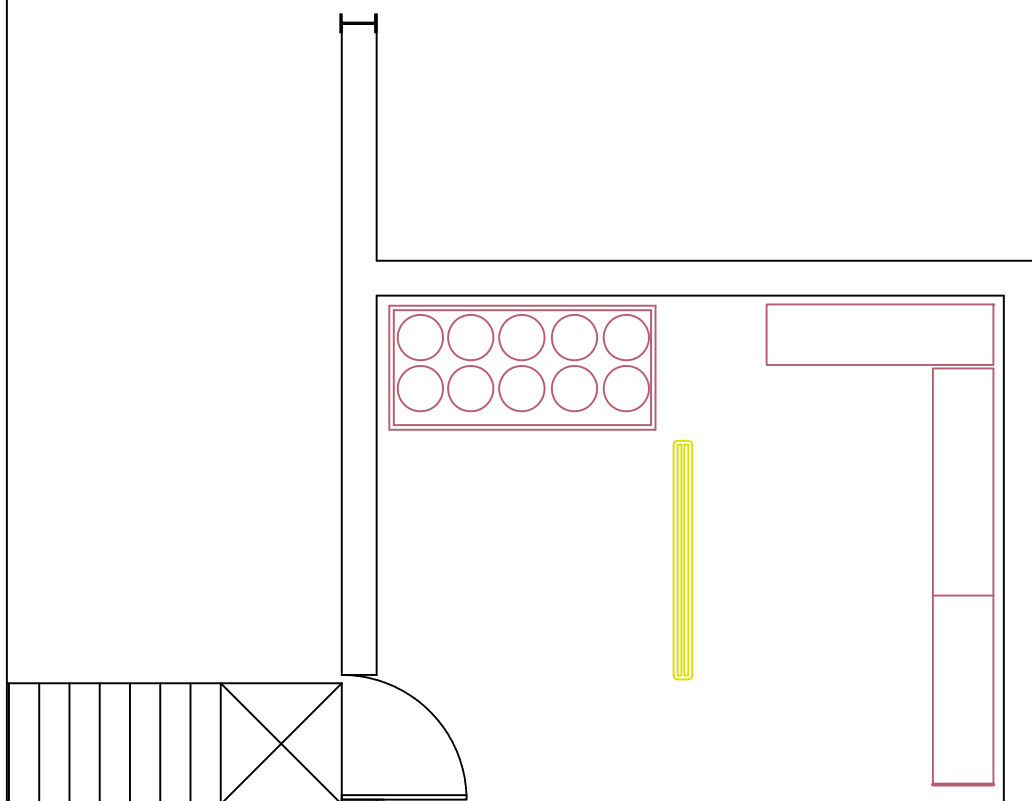
Escala:
1:150

Plano:
17/20



 Pantalla 4MX850-66S

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
SITUACIÓN ACTUAL LUMINARIAS - ALMACÉN ELECTRICIDAD		Escala: 1: 50
		Plano: 18/20



 Pantalla Fluorescente con LED TL-D 51 W

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación

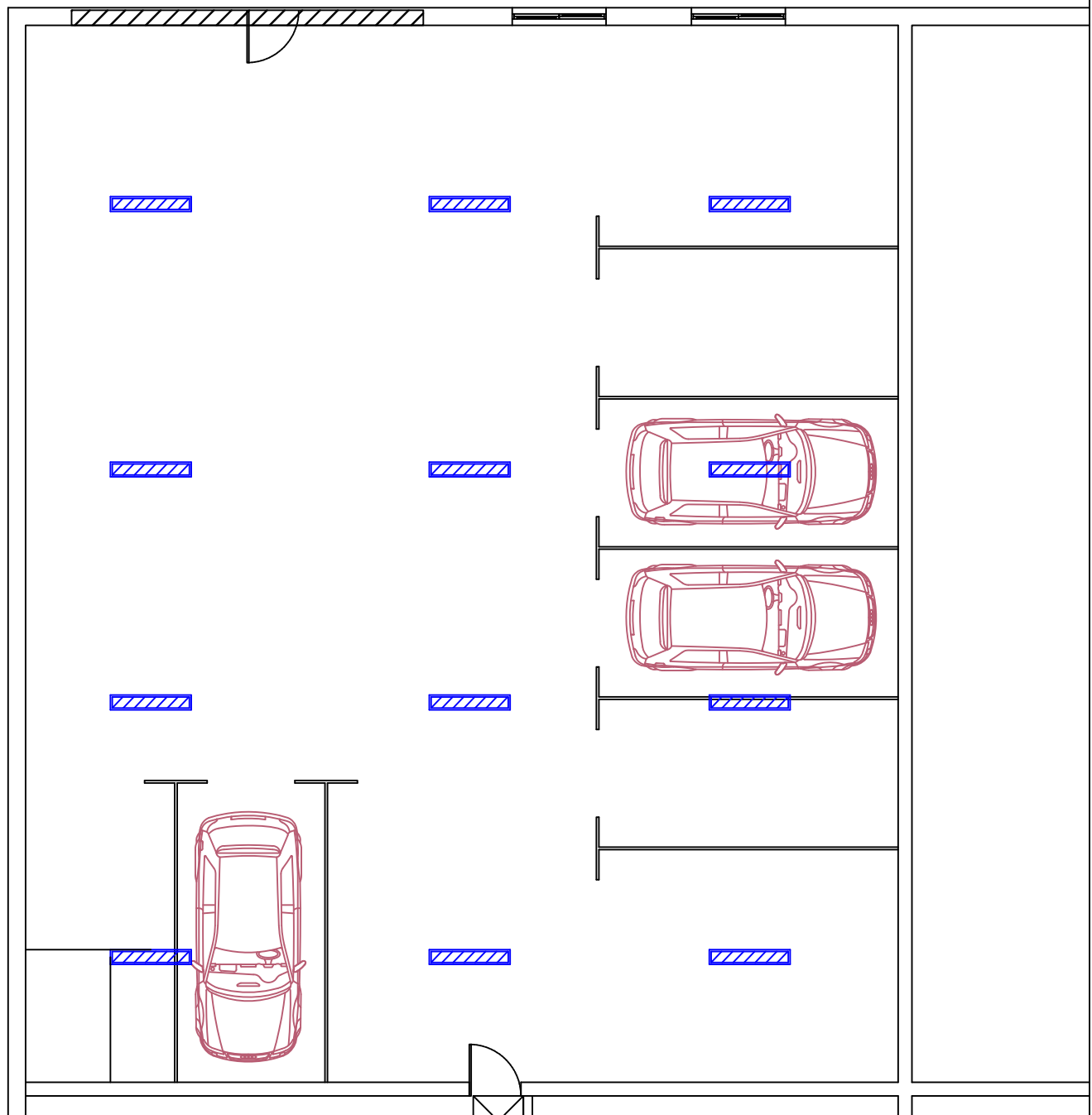
Autor Rafael Javier Gómez Linares

Fecha:
18/09/2015

SITUACIÓN NUEVA LUMINARIAS
- ALMACÉN VARIOS

Escala:
1: 50

Plano:
19/20



 Pantalla LED LL121X-45S

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla		
Auditoría Energética en una Fábrica de Maquinaria para Alimentación		
Autor	Rafael Javier Gómez Linares	Fecha: 18/09/2015
SITUACIÓN NUEVA LUMINARIAS - COCHERA		Escala: 1:100
		Plano: 20/20

Tabla detalle maquinaria

Máquina	Marca	Modelo	Tensión (V)	Potencia Nominal (kW)	Cantidad	Total (kW)
Tornos	Pinacho	S-90/260	400	5,5	2	11
	Travis	T-2680A	400	12	1	12
	Pinacho	S-90 VS/260	400	7,5	1	7,5
	Géminis	GHT4 720x2000	400	28	1	28
	PR	600-2000	400	7,36	1	7,36
	HEDER	RE-800	400	7,36	1	7,36
Centros de Mecanizado	Lagun	GVC 1000	400	15	1	15
	Micron	VCE 1600 Pro	400	16,7	1	16,7
	DMC	1035V ecoline	400	17	1	17
Fresas	Lagun	GMR 152	400	9.9	1	9,9
	Fexac	Mode-UM	400	7.09	1	7,09
Talladora	STANKO	53A80H	400	17,9	1	17,9
Entalladora		MEC 70/340x600	400	1,47	1	1,47
Sierra de Corte	MG	K-300M	400	1	2	2
Prensa	Prenon MECAMA Q	MT80	400	3	1	3
Lijadora	Superlema	DB-2	230	1,47	2	2,94
Cilindro Curvador	STILMAX	MOD620 2050x6	400	4,1	1	4,1
Cizalla	Casanova	VC-06 3100x6	400	10,25	2	20,5
Plegadora	Casanova	XC-05 100x3100	400	8,6	2	17,2

Punzonadora	EUROMAC	BX 1000/30-1250	400	5,5	1	5,5
Corte PLASMA	JACKLE	120S	400	19,5	1	19,5
Taladro	ROSCAMA T	6000	230	1,5	1	1,5
Taladros Columna	ERLO	TSAR-32	400	1,12	4	4,48
Taladro de Mano	METABO	SBE 1300	230	1,3	20	26
Rotaflex	METABO	WE 14-150	230	1,45	20	29
Soldadura	TIG	V160	230	7	15	105
Puente Grúa	GH		400	5.5	1	5,5

Facturas eléctricas 2013

Mes	P1max (kW)	P2max (kW)	P3max (kW)	E1 (kWh)	E2 (kWh)	E3 (kWh)	Q1 (kvarh)	Q2 (kvarh)	Q3 (kvarh)
Enero	46	76	10	380	15206	759	303	11801	408
Febrero	55	92	10	403	18989	807	355	17882	496
Marzo	49	81	10	389	16359	778	317	17591	435
Abril	136	124	13	9149	13922	1002	11517	17297	557
Mayo	139	126	13	9347	14234	1020	11984	18346	537
Junio	155	141	14	10341	15825	1138	12449	19202	687
Julio	153	140	14	9978	15273	1129	13870	21451	649
Agosto	127	116	13	7882	11823	956	8453	14845	572
Sep.	152	138	14	9686	14896	1093	10530	16550	680
Octubre	121	110	12	8774	13269	892	8902	13461	508
Nov.	48	80	12	460	19687	921	380	18539	502
Dic.	42	70	10	403	19761	807	342	17375	464

Facturas eléctricas 2014

Mes	P1max (kW)	P2max (kW)	P3max (kW)	E1 (kWh)	E2 (kWh)	E3 (kWh)	Q1 (kvarh)	Q2 (kvarh)	Q3 (kvarh)
Enero	60	69	10	394	16756	788	306	16057	406
Febrero	72	82	12	484	19916	968	418	17994	580
Marzo	63	71	10	408	17928	816	329	19015	447
Abril	135	123	13	9461	14383	993	11848	18106	546
Mayo	142	129	14	8791	14766	1047	11184	18932	551
Junio	152	138	13	9454	15902	1093	11623	19244	666
Julio	150	136	13	10563	16128	1102	14645	22417	645
Agosto	119	108	12	8081	12079	892	10775	15855	548
Sep.	150	137	14	9815	15090	1093	10817	16315	703
Octubre	136	124	13	8838	13455	1002	8815	13650	592
Nov.	68	80	12	460	17333	921	371	16658	517
Dic.	56	66	10	380	16956	759	318	14817	445

Estimación Consumo energético diario actual iluminación

Lugar	Tipo	Lámpara	Cant.	Potencia (W/ud.)	Total (W)	Horas uso/día	Energía (kWh)
Oficina Técnica	DownLight	Fluorescente Compacto	6	62	372	9	3,348
Administración	DownLight	Fluorescente Compacto	12	62	744	9	6,696
Oficina Gerente	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	2	66	132	9	1,188
Oficina Administrador	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	1	66	66	9	0,594
Oficina Jefe de Taller	DownLight	Fluorescente Compacto	2	62	124	9	1,116
Sala de Juntas	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	2	66	132	3	0,396
Archivo	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	4	126	504	2	1,008
Recepción	DownLight	Fluorescente Compacto	3	62	186	1	0,186
Servicio dirección	DownLight	Fluorescente Compacto	1	62	62	1	0,062
Servicio recepción	DownLight	Fluorescente Compacto	1	62	62	1	0,062
Servicios Personal	DownLight	Fluorescente Compacto	9	62	558	8	4,464
Cochera	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	4	172	688	1	0,688
A. Motores	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	1	126	126	1	0,126
A. Neumática	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	1	126	126	1	0,126
A. Electricidad	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	2	126	252	1	0,252
A. Personal	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	1	126	126	1	0,126
A. Tornillos	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	2	126	252	1	0,252
A. Varios	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	1	126	126	1	0,126
Z1 Montaje	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	24	172	4128	8	33,024
Z2 Maquinaria	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	26	172	4472	8	35,776
Z3 Maquinaria	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	16	172	2752	8	22,016

Z4 Electricidad	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	3	172	516		0
			4	82	328	8	6,752
Z5 Montaje	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	9	172	1548	8	12,384
Z6 Almacén	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	11	172	1892	6	11,352
Z7 Pulido y pintura	Pantalla Fluorescente	Tubo Fluorescente	2	172	344	3	1,032

Estimación Consumo energético diario nuevo iluminación sin regulación

Lugar	Cant.	Potencia (W/ud.)	Total (W)	Energía (kWh)
Oficina Técnica	6	35	210	1,89
Administración	7	35	245	2,205
Oficina Gerente	4	35	140	1,26
Oficina Administrador	4	35	140	1,26
Oficina Jefe de Taller	2	35	70	0,63
Sala de Juntas	4	35	140	0,42
Archivo	8	22	176	0,352
Recepción	3	22	66	0,066
Servicio dirección	1	22	22	0,022
Servicio recepción	1	22	22	0,022
Servicios Personal	9	22	198	1,584
Cochera	12	37	444	0,444
A. Motores	1	102,8	102,8	0,1028
A. Neumática	1	102,8	102,8	0,1028
A. Electricidad	2	48	96	0,096
A. Personal	1	102,8	102,8	0,1028
A. Tornillos	2	48	96	0,096
A. Varios	1	102,8	102,8	0,1028
Z1 Montaje	40	48	1920	15,36
Z2 Maquinaria	36	48	1728	13,824
Z3 Maquinaria	24	48	1152	9,216
Z4 Electricidad	9	48	432	
	4	64,4	257,6	5,5168
Z5 Montaje	12	48	576	4,608
Z6 Almacén	13	48	624	3,744
Z7 Pulido y pintura	10	70	700	2,1

Estimación Consumo energético diario nuevo iluminación con regulación

Lugar	Cant.	Potencia (W/ud.)	Total (W)	Energía (kWh)	Regulación Luz Diurna	Presencia en zona	Energía (kWh)
Oficina Técnica	6	35	210	1,89	0,5	0,9	1,3820625
Administración	7	35	245	2,205	0,5	1	1,7915625
Oficina Gerente	4	35	140	1,26	0,7	0,7	0,782775
Oficina Administrador	4	35	140	1,26	0,7	0,7	0,782775
Oficina Jefe de Taller	2	35	70	0,63	0,7	0,2	0,111825
Sala de Juntas	4	35	140	0,42	0,7	1	0,37275
Archivo	8	22	176	0,352	0	1	0,352
Recepción	3	22	66	0,066	0	1	0,066
Servicio dirección	1	22	22	0,022	0	1	0,022
Servicio recepción	1	22	22	0,022	0	1	0,022
Servicios Personal	9	22	198	1,584	0	0,5	0,792
Cochera	12	37	444	0,444	0	1	0,444
A. Motores	1	102,8	102,8	0,1028	0	1	0,1028
A. Neumática	1	102,8	102,8	0,1028	0	1	0,1028
A. Electricidad	2	48	96	0,096	0	1	0,096
A. Personal	1	102,8	102,8	0,1028	0	1	0,1028
A. Tornillos	2	48	96	0,096	0	1	0,096
A. Varios	1	102,8	102,8	0,1028	0	1	0,1028
Z1 Montaje	40	48	1920	15,36	0,1	1	10,176
Z2 Maquinaria	36	48	1728	13,824	0,1	1	9,1584
Z3 Maquinaria	24	48	1152	9,216	0,1	1	6,1056
Z4 Electricidad	9	48	432			1	0
	4	64,4	257,6	5,5168	0,1	0,75	1,02396
Z5 Montaje	12	48	576	4,608	0,1	1	3,0528
Z6 Almacén	13	48	624	3,744	0,1	0,5	1,2402
Z7 Pulido y pintura	10	70	700	2,1	0	1	2,1

Resultados Dialux Iluminación Actual

Oficina Técnica_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 14450 lm
 Potencia total: 372.0 W
 Zona marginal: 0.500 m

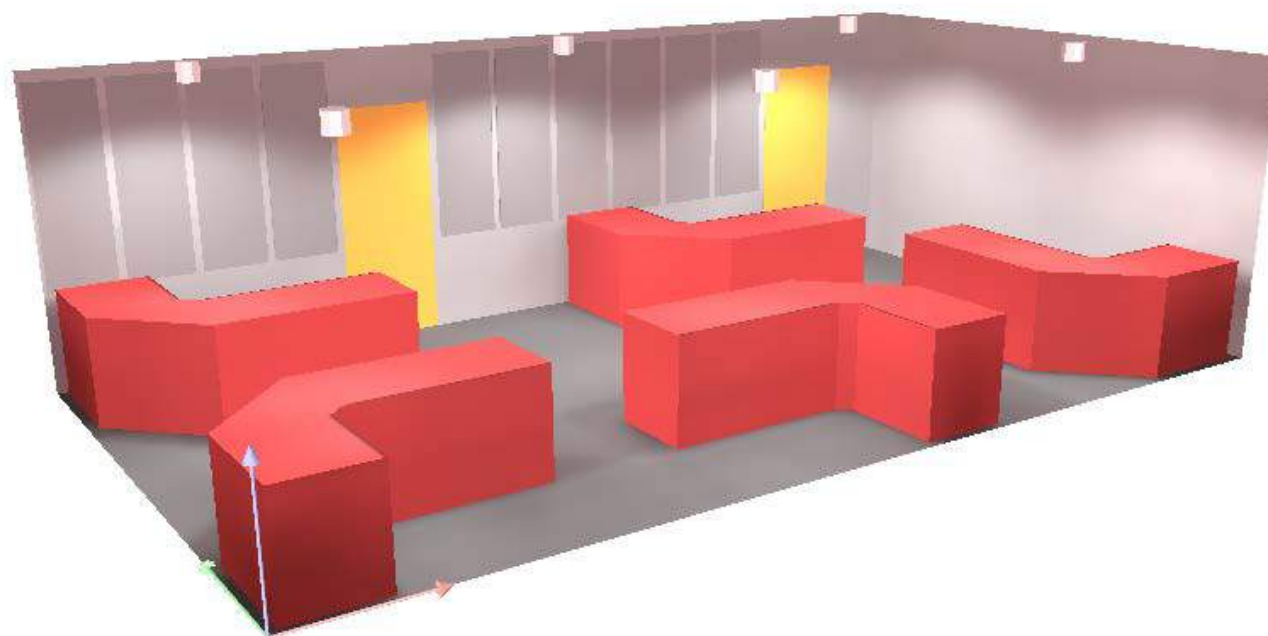
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	211	39	250	/	/
Mesa 1	211	44	255	/	/
Mesa 2	222	45	267	/	/
Mesa 3	199	46	244	/	/
Mesa 4	187	35	221	/	/
Mesa 5	167	30	197	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.647 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.415 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $9.50 \text{ W/m}^2 = 3.80 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 39.15 m^2)



Administracion_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 28900 lm
 Potencia total: 744.0 W
 Zona marginal: 0.500 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	402	65	466	/	/
Mesa 2	298	62	360	/	/
Mesa 1	174	28	202	/	/
Mesa 3	415	59	473	/	/
Mesa 4	410	65	475	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.305 (1:3)

E_{\min} / E_{\max} : 0.198 (1:5)

Valor de eficiencia energética: $15.81 \text{ W/m}^2 = 3.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 46.10 m^2)



Despachos_Actual / Resultados luminotécnicos

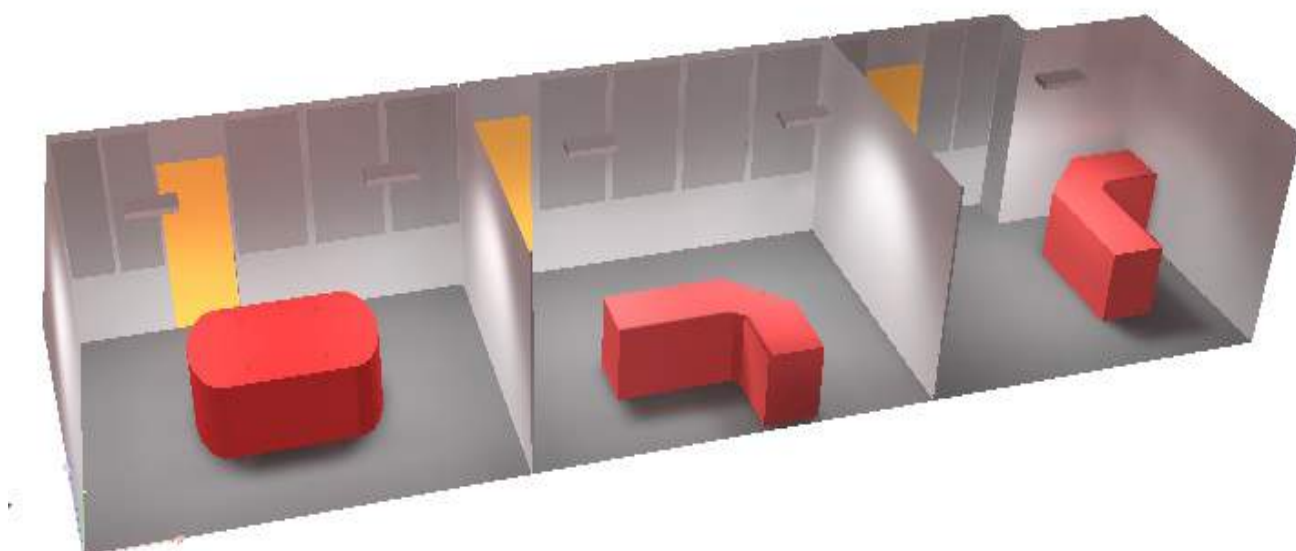
Flujo luminoso total: 8400 lm

Potencia total: 280.0 W

Zona marginal:

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	131	14	145	/	/
Mesa_Gerente	156	16	172	/	/
Mesa_Administrador	114	10	124	/	/
Sala Juntas	152	16	168	/	/
Oficina_Gerente	152	16	167	/	/
Oficina_Administrador	105	8.72	114	/	/
Mesa_Juntas	168	16	185	/	/

Simetrías en el plano útil

 E_{\min} / E_{\max} : 0.099 (1:10) E_{\min} / E_{\max} : 0.056 (1:18)Valor de eficiencia energética: $5.12 \text{ W/m}^2 = 3.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 54.67 m^2)

Recepción_Jefe Taller_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 12042 lm
 Potencia total: 310.0 W
 0.500 m

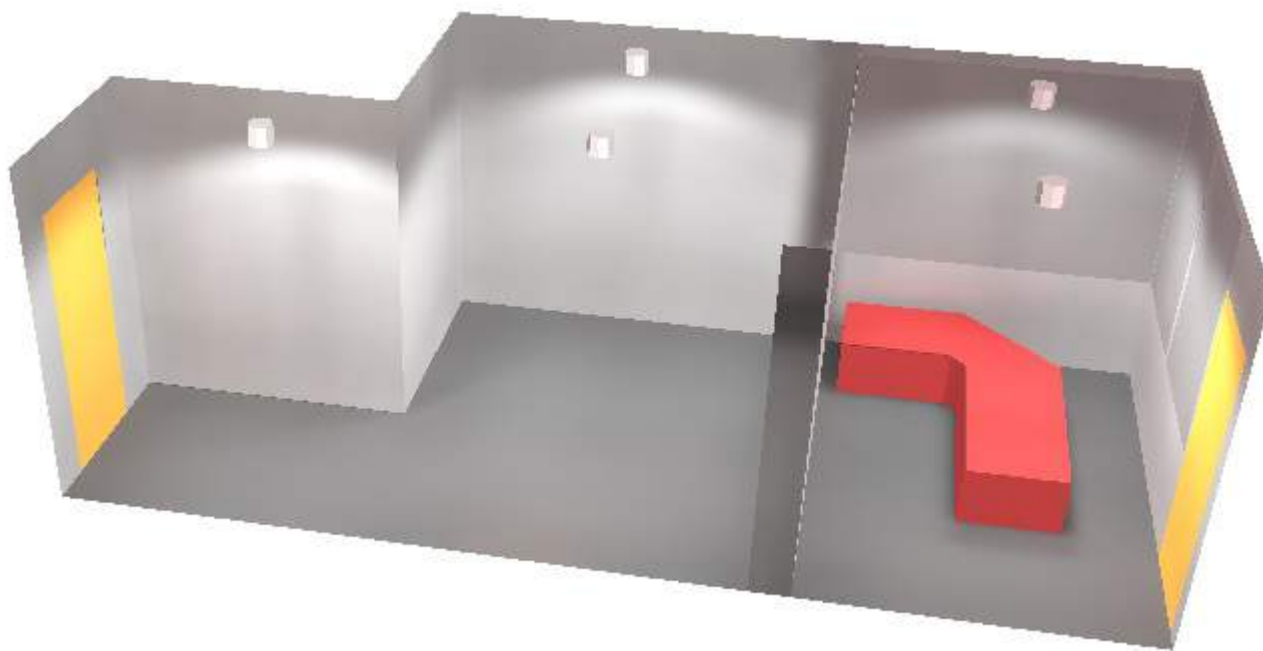
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	288	66	354	/	/
Oficina Jefe Taller	316	49	365	/	/
Recepción	305	74	378	/	/
Mesa_Oficina	305	42	347	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.532 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.357 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $12.15 \text{ W/m}^2 = 3.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 25.52 m^2)



Archivo_Actual / Resultados luminotécnicos

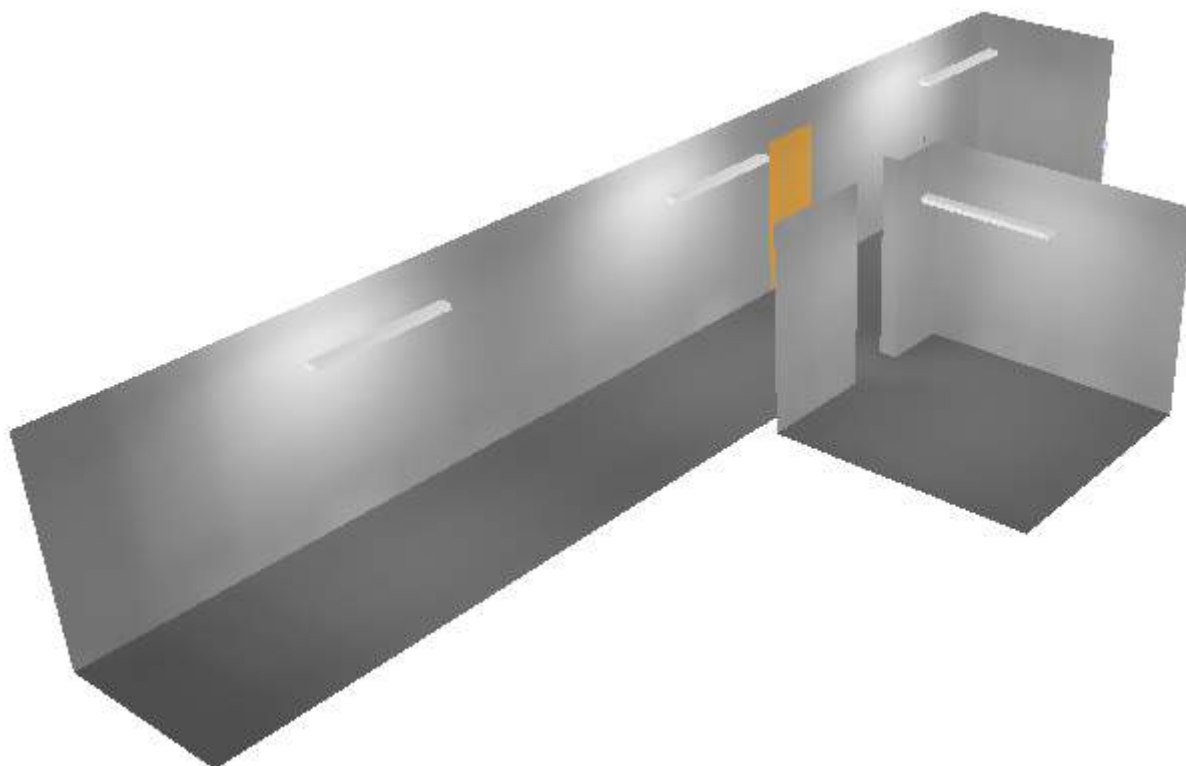
Flujo luminoso total: 25347 lm

Potencia total: 504.0 W

Zona marginal:

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	230	125	354	/	/

Simetrías en el plano útil

 E_{\min} / E_{\max} : 0.318 (1:7) E_{\min} / E_{\max} : 0.206 (1:15)Valor de eficiencia energética: $12.5 \text{ W/m}^2 = 3.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 40.31 m^2)

Servicios_Direccion_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 2408 lm
Potencia total: 62.0 W
Zona marginal: 0.000 m

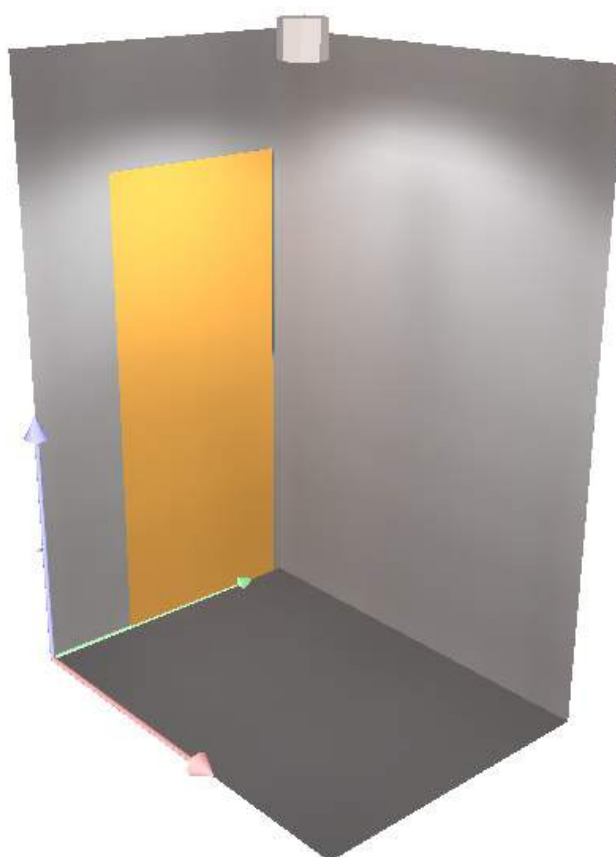
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	219	118	338	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.653 (1:2)

E_{mi} / E_{ma} : 0.494 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 28.53 W/m² = 8.45 W/m²/100 lx (Base: 2.17 m²)



Servicios_Recepción_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 2408 lm
Potencia total: 62.0 W
Zona marginal: 0.000 m

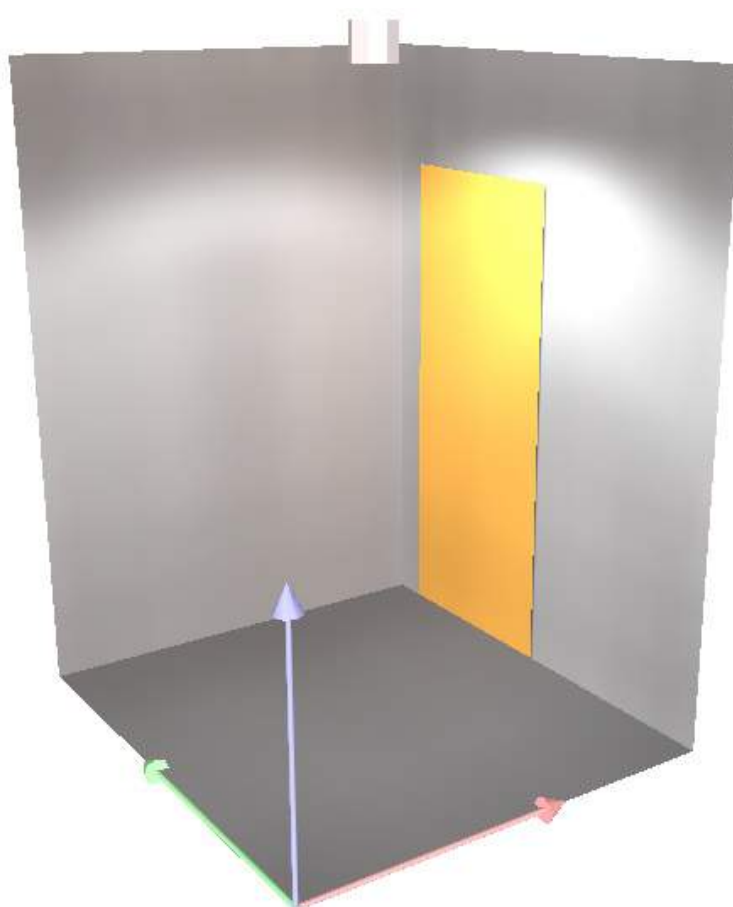
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	188	89	277	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.570 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.383 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $18.59 \text{ W/m}^2 = 6.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.34 m^2)



Servicios_Personal_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 14450 lm
Potencia total: 372.0 W
Zona marginal: 0.500 m

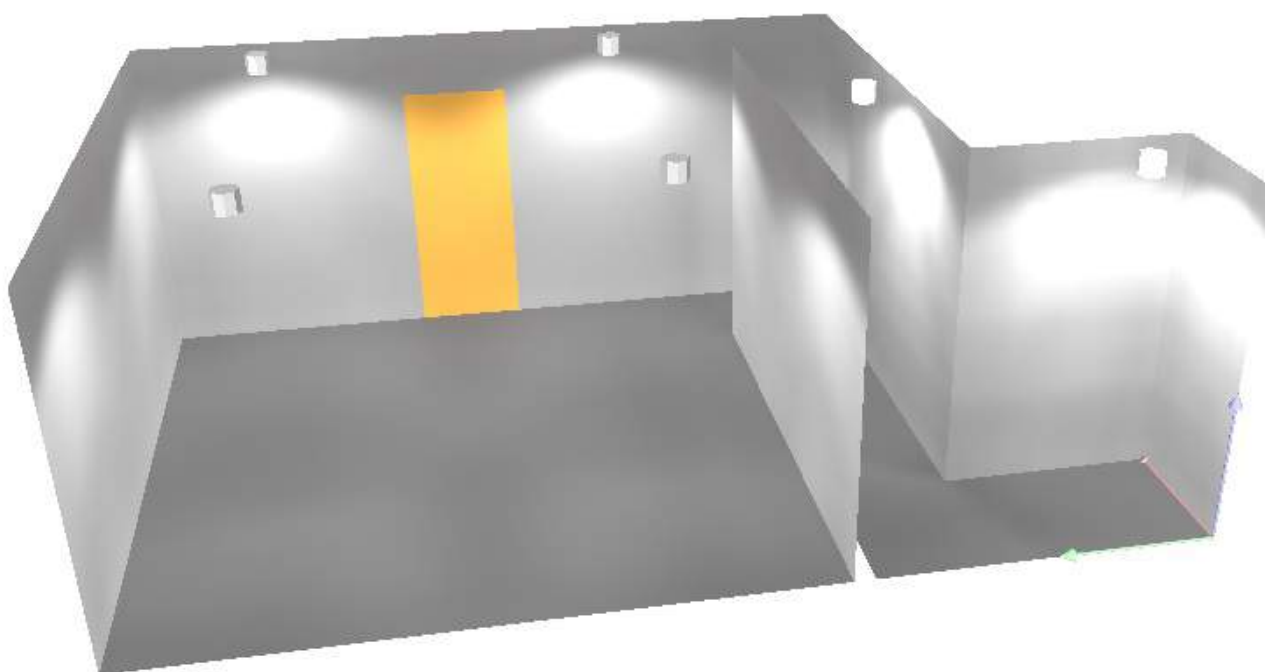
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	227	69	296	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.499 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.335 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $11.38 \text{ W/m}^2 = 3.84 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 32.68 m^2)



Almacén_Motores_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6339 lm
Potencia total: 126.0 W
Zona marginal: 0.500 m

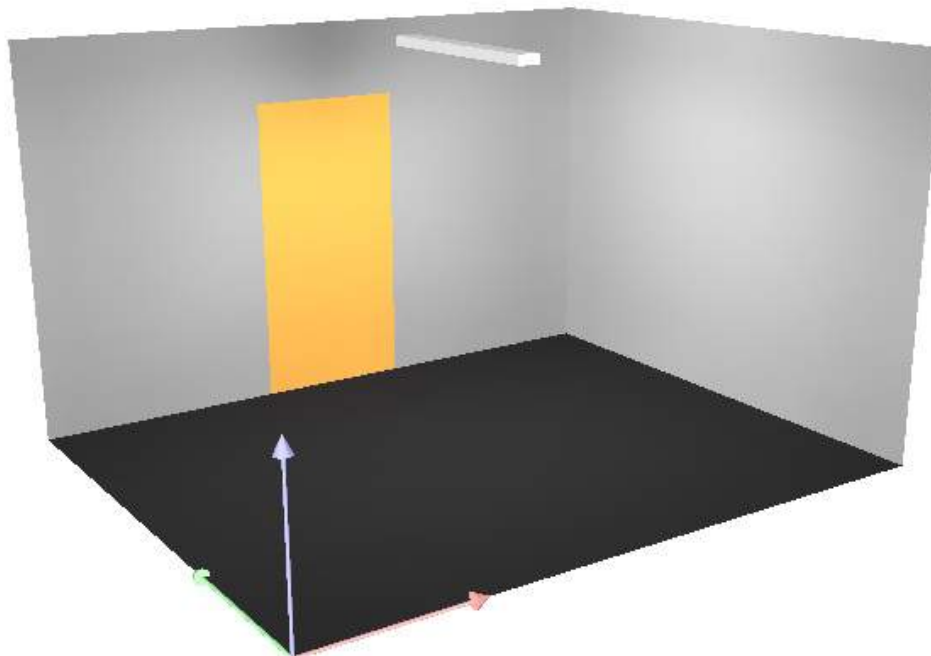
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	175	36	211	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.527 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.353 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $9.03 \text{ W/m}^2 = 4.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.95 m^2)



Almacén_Neumática_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6339 lm
Potencia total: 126.0 W
Zona marginal: 0.500 m

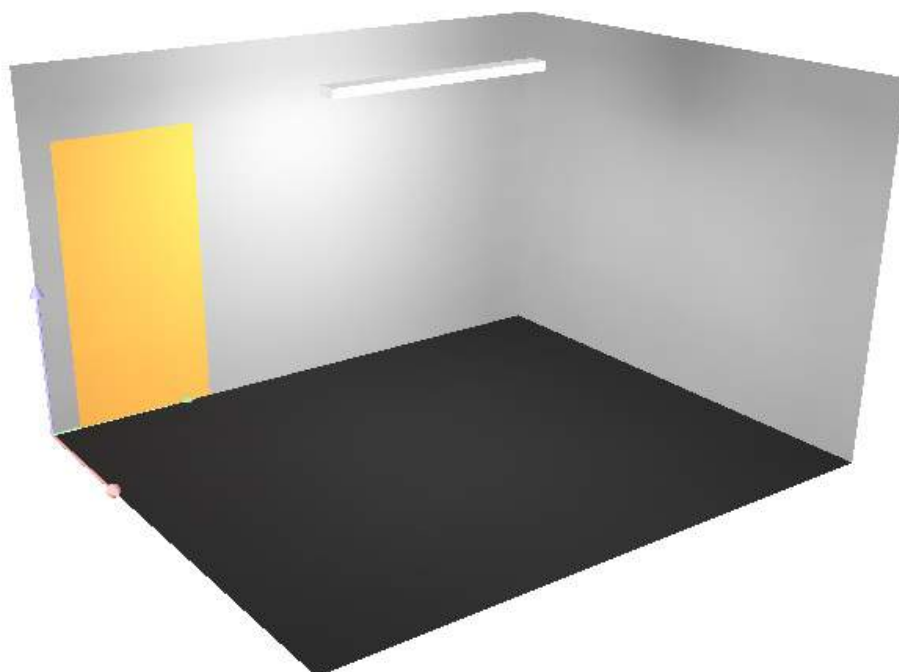
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	171	36	207	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.483 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.316 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $8.90 \text{ W/m}^2 = 4.30 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 14.16 m^2)



Almacén_Electricidad_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 12679 lm
Potencia total: 252.0 W
Zona marginal: 0.500 m

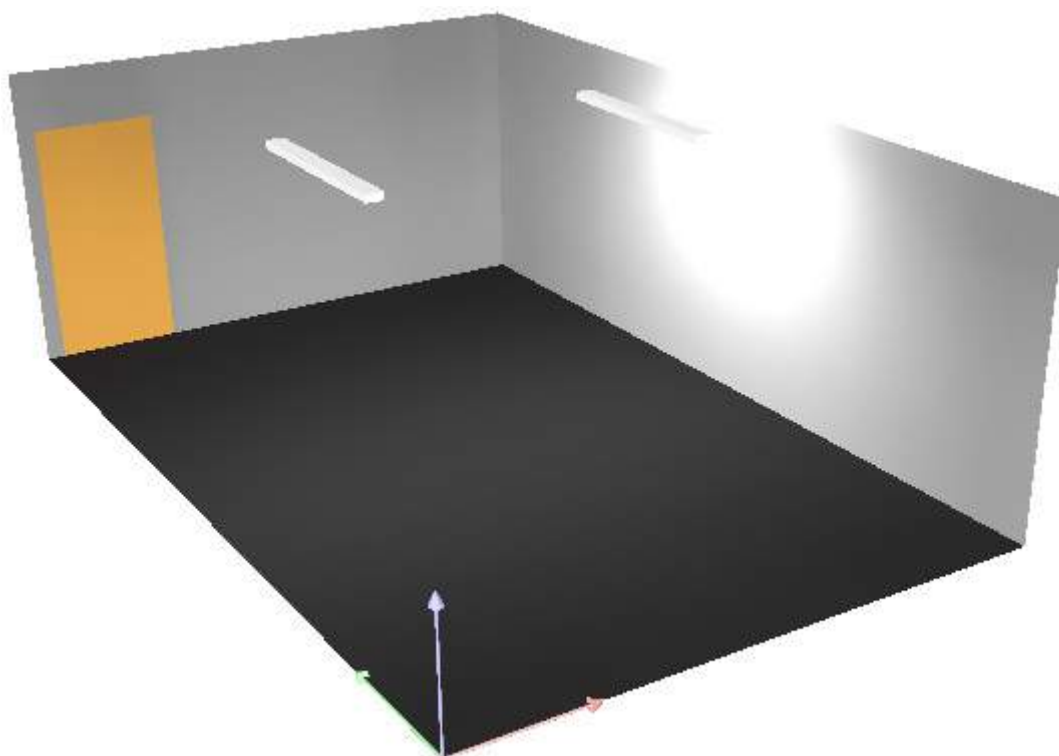
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	144	32	176	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.212 (1:5)

E_{\min} / E_{\max} : 0.100 (1:10)

Valor de eficiencia energética: $7.71 \text{ W/m}^2 = 4.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 32.68 m^2)



Almacén_Personal_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6339 lm
Potencia total: 126.0 W
Zona marginal: 0.500 m

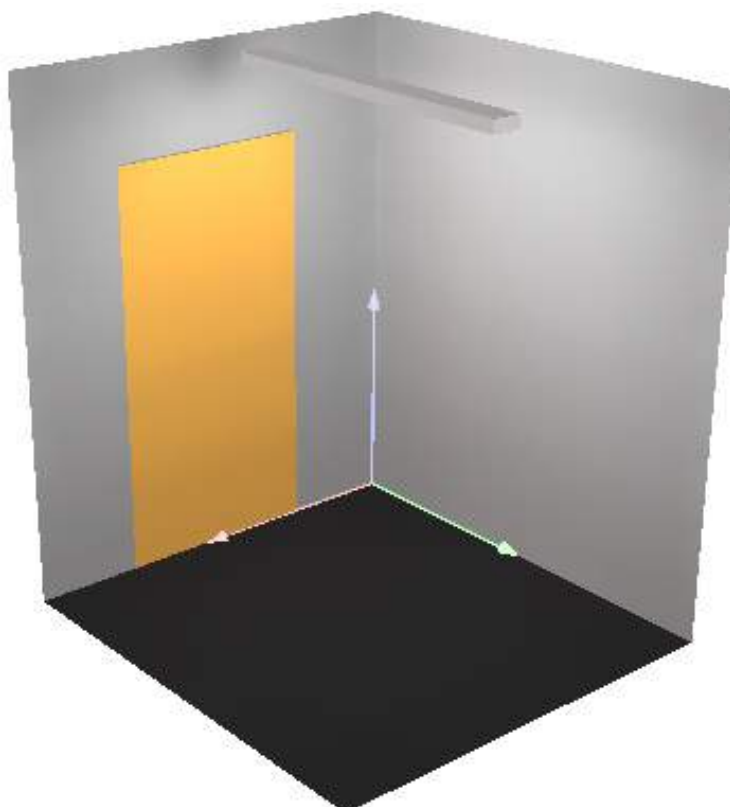
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	256	121	377	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.914 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.872 (1:1)

Valor de eficiencia energética: $28.23 \text{ W/m}^2 = 7.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.46 m^2)



Almacén_Tornillos_Actual / Resultados luminotécnicos

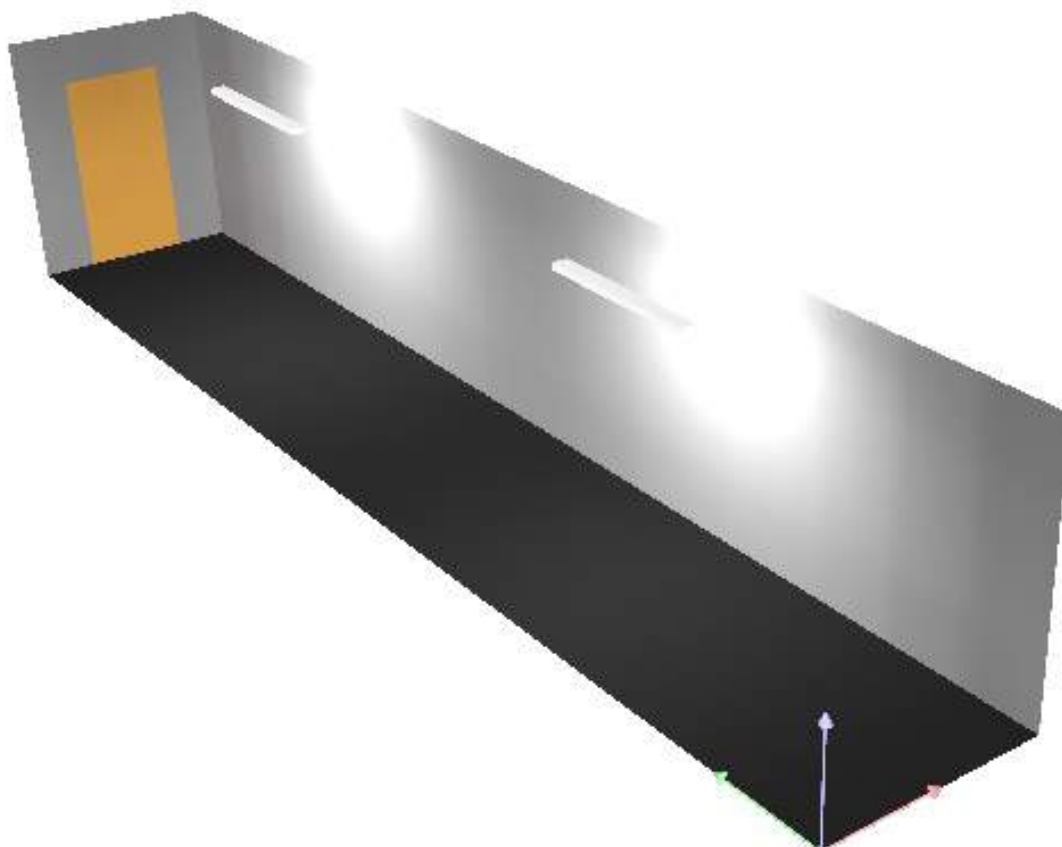
Flujo luminoso total: 12679 lm

Potencia total: 242.0 W

Zona marginal: 0.500 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	128	46	174	/	/

Simetrías en el plano útil

 E_{\min} / E_{\max} : 0.235 (1:4) E_{\min} / E_{\max} : 0.117 (1:9)Valor de eficiencia energética: $9.56 \text{ W/m}^2 = 5.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 25.31 m^2)

Almacén_Varios_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6339 lm
Potencia total: 126.0 W
Zona marginal: 0.500 m

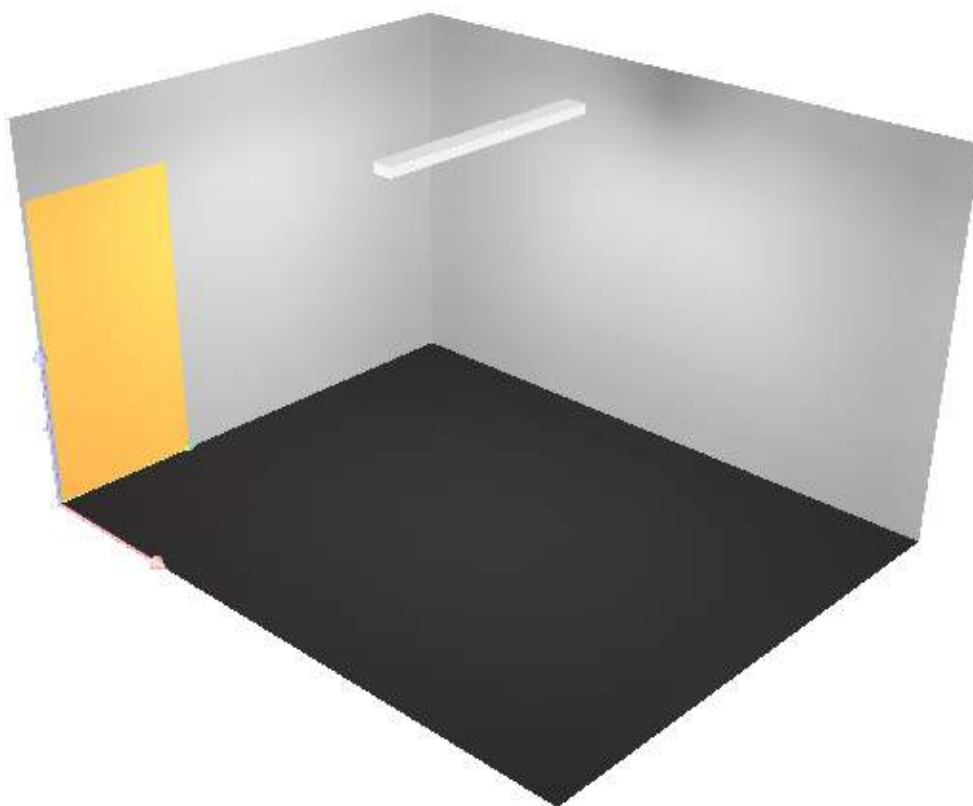
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	175	36	211	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.529 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.354 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $9.03 \text{ W/m}^2 = 4.29 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.95 m^2)



Zona 1: Montaje_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 233208 lm
Potencia total: 4128.0 W
Zona marginal: 1.000 m

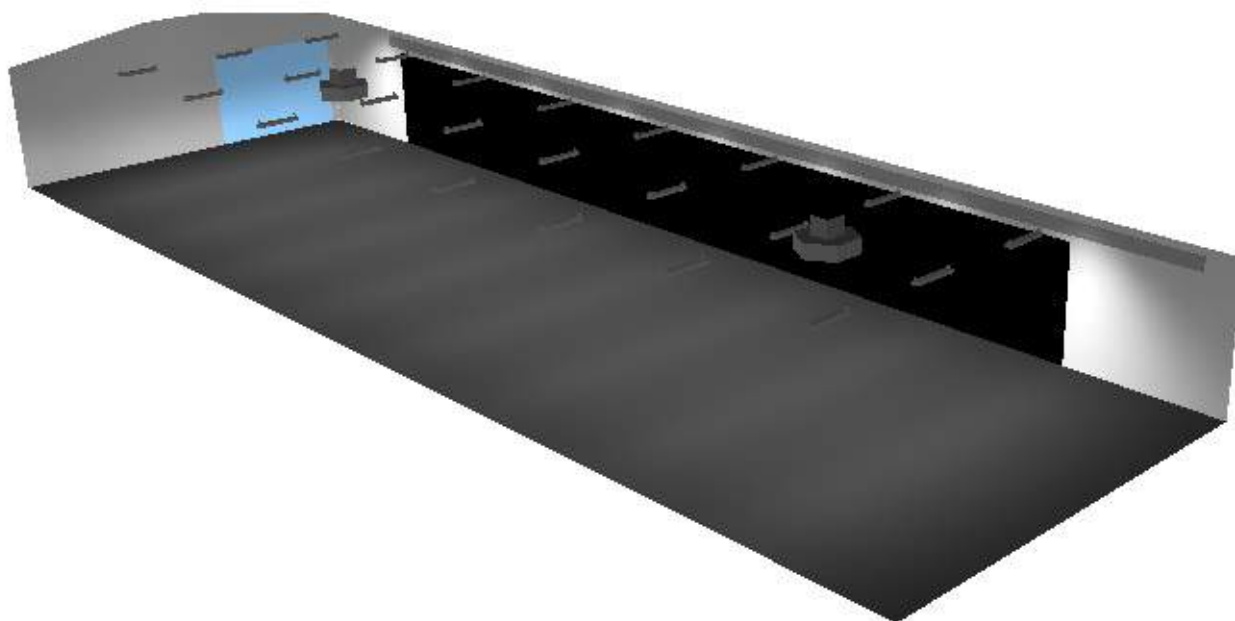
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	243	8.59	252	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.137 (1:7)

E_{\min} / E_{\max} : 0.090 (1:11)

Valor de eficiencia energética: $5.97 \text{ W/m}^2 = 2.37 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 691.93 m^2)



Zona 2: Maquinaria_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 252642 lm

Potencia total: 4472.0 W

Zona marginal: 1.000 m

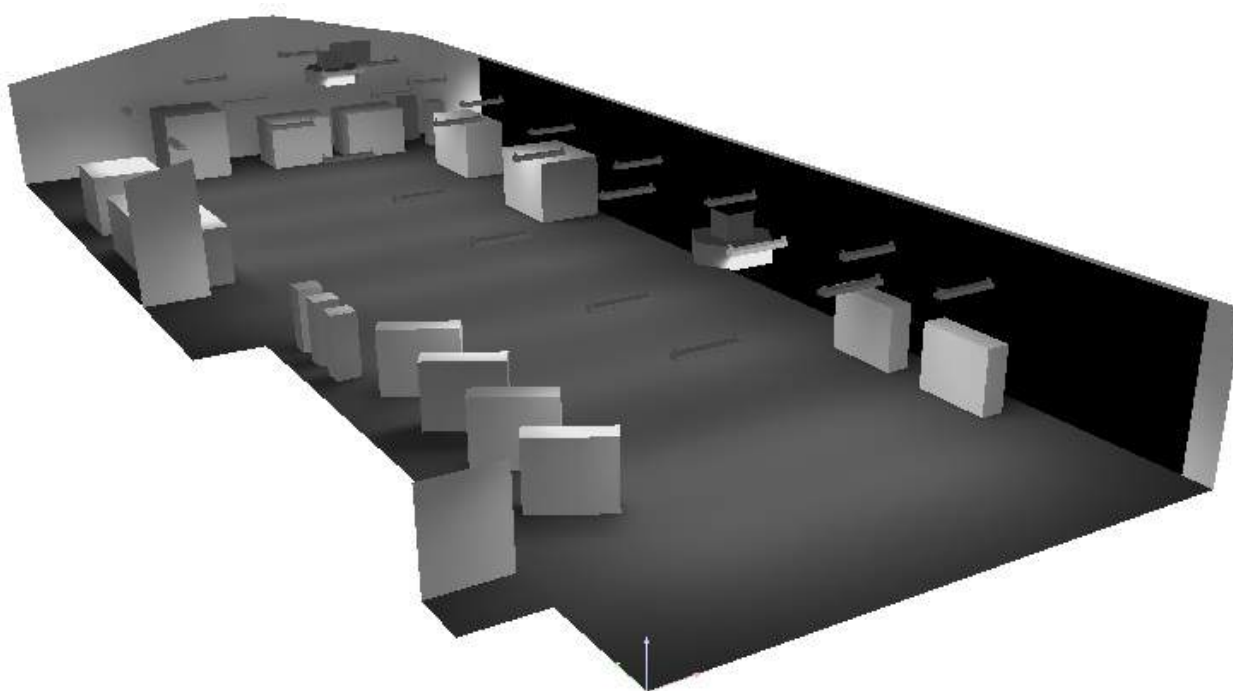
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	240	6.78	247	/	/
Pequeño almacén	50	5.83	55	/	/
Zona tránsito taller	305	6.66	312	/	/
Zona pasillo	186	7.32	193	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.014 (1:70)

E_{\min} / E_{\max} : 0.007 (1:136)

Valor de eficiencia energética: $6.35 \text{ W/m}^2 = 2.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 704.36 m^2)



Zona 3: Maquinaria_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 155472 lm

Potencia total: 2752.0 W

Zona marginal: 1.000 m

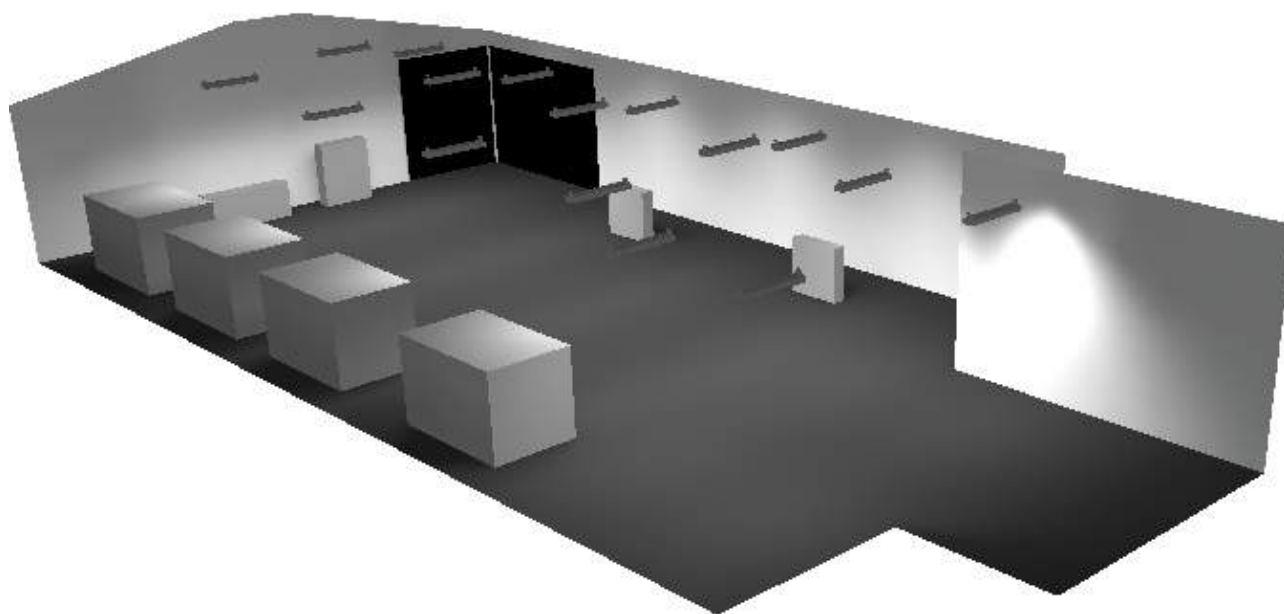
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	249	9.15	258	/	/
Zona tránsito	327	8.26	335	/	/
Zona pasillo 2	81	3.93	85	/	/
Zona pasillo	257	11	268	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.023 (1:44)

E_{\min} / E_{\max} : 0.012 (1:81)

Valor de eficiencia energética: $6.24 \text{ W/m}^2 = 2.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 441.16 m^2)



Zona 4-5_Electricidad_Montaje_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 133358 lm

Potencia total: 2392.0 W

Zona marginal: 1.000 m

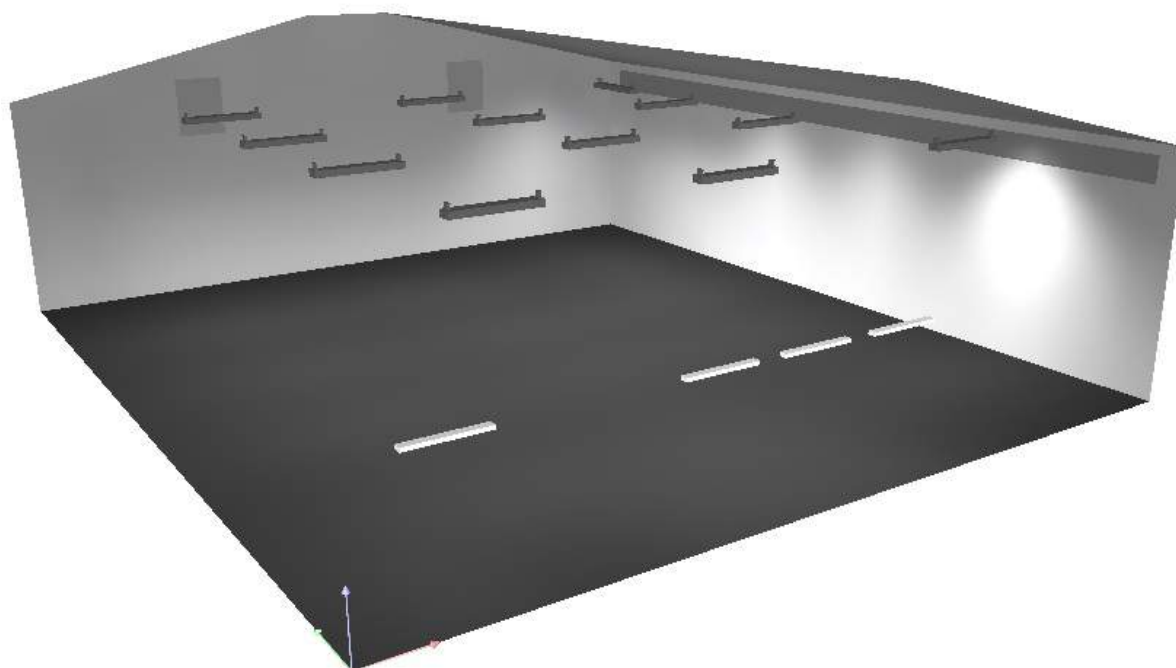
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	309	16	325	/	/
Zona_4	322	22	344	/	/
Zona 5	323	14	336	/	/
Almacén	308	14	322	/	/
Zona pasillo	220	19	239	/	/
Banco Trabajo	337	53	390	/	/
Mesa 1	262	48	310	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.207 (1:5)

E_{\min} / E_{\max} : 0.135 (1:7)

Valor de eficiencia energética: $9.44 \text{ W/m}^2 = 2.90 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 253.46 m^2)



Zona 6: Almacén_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 105534 lm
 Potencia total: 1892.0 W
 Zona marginal: 1.000 m

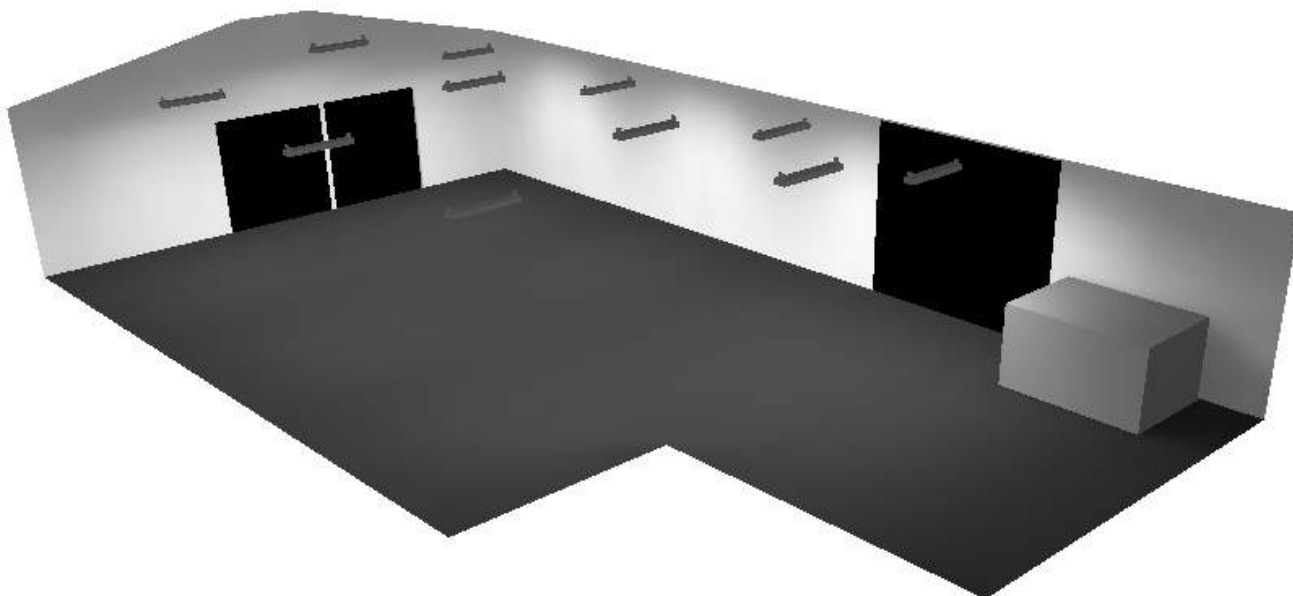
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	193	11	204	/	/
Zona Almacén	218	9.71	228	/	/
Punzonadora	98	9.57	108	/	/
Pasillo	211	11	221	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.026 (1:39)

E_{\min} / E_{\max} : 0.018 (1:57)

Valor de eficiencia energética: $5.43 \text{ W/m}^2 = 2.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 348.37 m^2)



Zona 7: Pintura_Pulido_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 19188 lm
 Potencia total: 344.0 W
 Zona marginal: 1.000 m

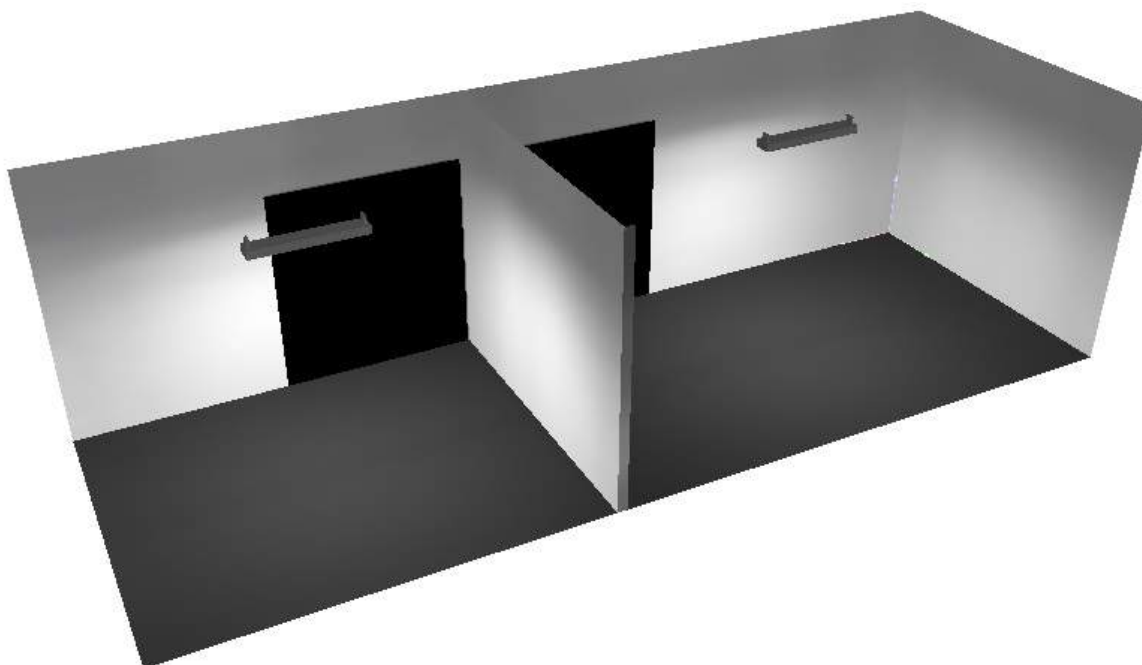
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	180	10	190	/	/
Pasillo	48	7.58	56	/	/
Pulido	147	9.42	157	/	/
Pintura	187	13	201	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.145 (1:7)

E_{\min} / E_{\max} : 0.075 (1:13)

Valor de eficiencia energética: $5.25 \text{ W/m}^2 = 2.76 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 65.56 m^2)



Cochera_Actual / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 38376 lm
Potencia total: 688.0 W
Zona marginal: 1.000 m

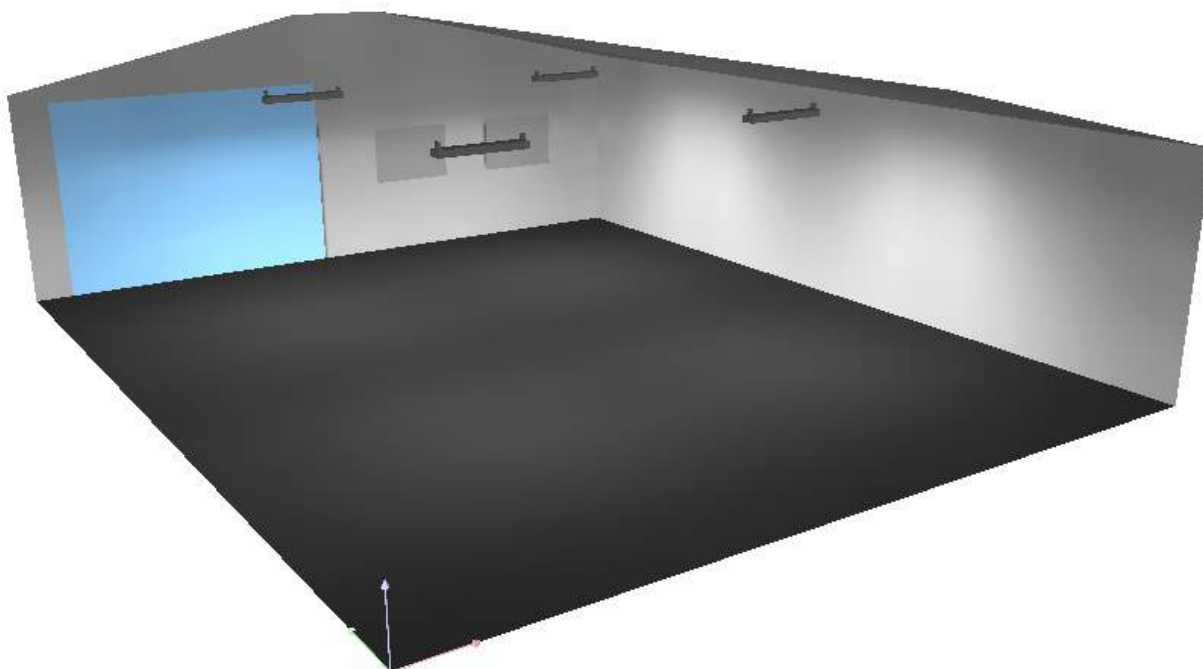
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	105	4.64	110	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.145 (1:7)

E_{\min} / E_{\max} : 0.072 (1:14)

Valor de eficiencia energética: $2.92 \text{ W/m}^2 = 2.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 235.29 m^2)



Resultados Dialux Iluminación Nueva

Oficina Técnica_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 24000 lm
 Potencia total: 210.0 W
 Zona marginal: 0.500 m

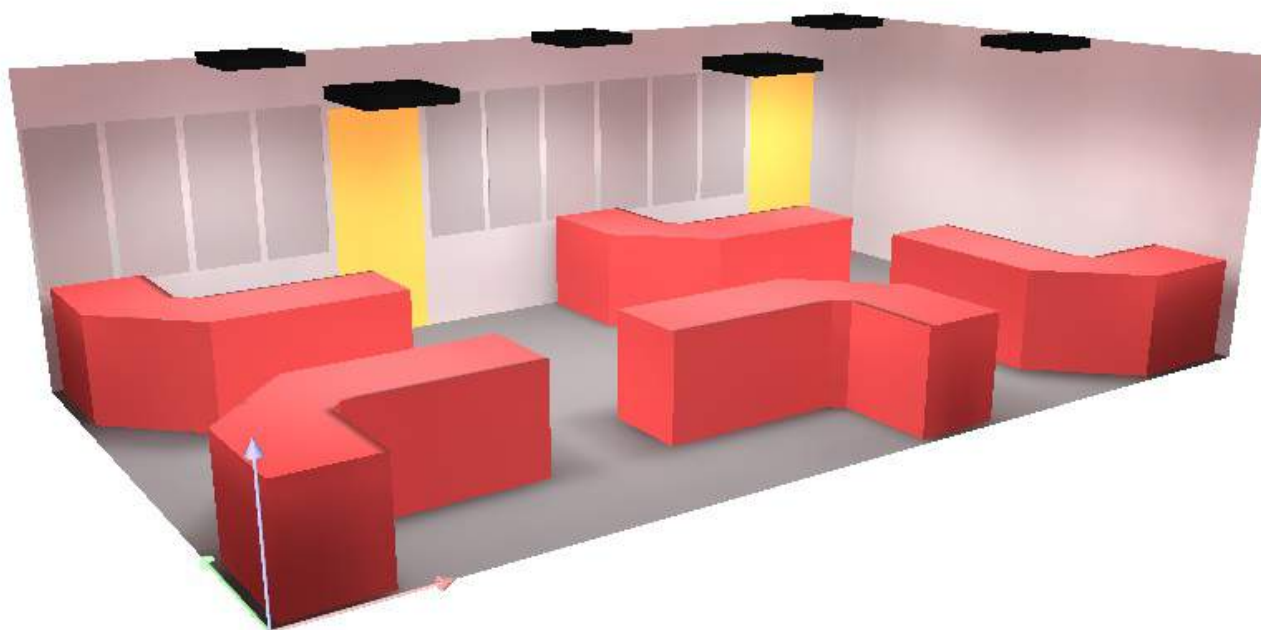
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	458	65	523	/	/
Mesa 1	469	65	534	/	/
Mesa 2	504	70	574	/	/
Mesa 3	495	69	564	/	/
Mesa 4	469	61	531	/	/
Mesa 5	450	61	511	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.674 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.507 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $5.36 \text{ W/m}^2 = 1.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 39.15 m^2)



Administracion_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 28000 lm
 Potencia total: 245.0 W
 Zona marginal: 0.600 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	459	69	528	/	/
Mesa 2	491	65	556	/	/
Mesa 3	511	71	582	/	/
Mesa 4	512	70	582	/	/
Mesa 1	444	66	510	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.523 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.377 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $5.31 \text{ W/m}^2 = 1.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 46.10 m^2)



Despachos_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 48000 lm
 Potencia total: 420.0 W
 Zona marginal: 0.500 m

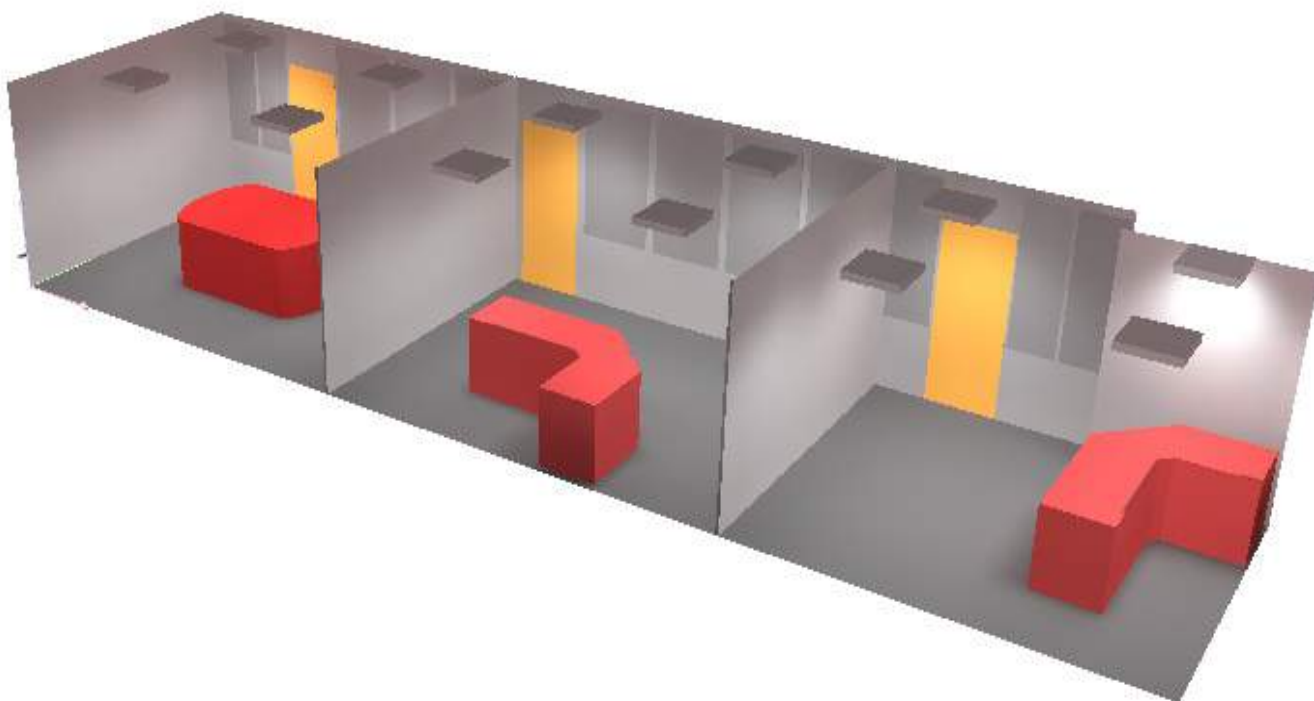
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	562	85	647	/	/
Mesa_Gerente	596	77	672	/	/
Mesa_Administrador	649	130	779	/	/
Sala Juntas	592	77	668	/	/
Oficina_Gerente	599	107	706	/	/
Mesa_Juntas	600	76	676	/	/
Oficina_Administrador	591	75	666	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.403 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.300 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $7.68 \text{ W/m}^2 = 1.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 54.67 m^2)



Recepcion_Jefe Taller_Nueva / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 14300 lm
 Potencia total: 136.0 W
 Zona marginal: 0.500 m

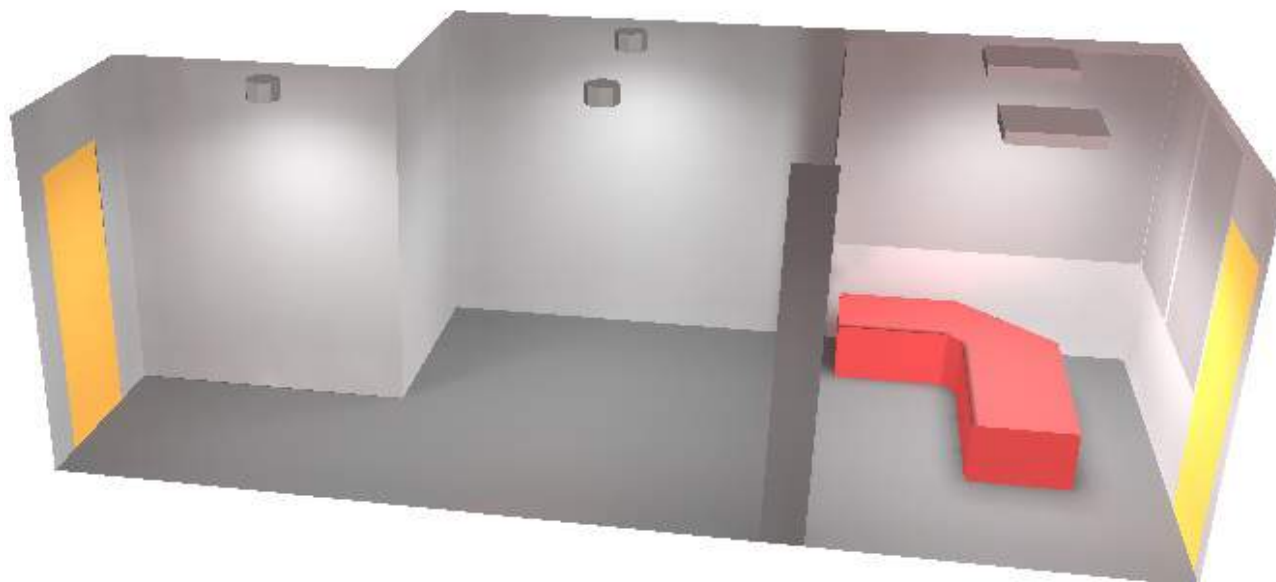
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	390	63	453	/	/
Oficina Jefe Taller	669	65	733	/	/
Recepción	290	61	351	/	/
Mesa_Oficina	691	57	748	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.313 (1:3)

E_{\min} / E_{\max} : 0.167 (1:6)

Valor de eficiencia energética: $5.33 \text{ W/m}^2 = 1.18 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 25.52 m^2)



Archivo_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 16800 lm
Potencia total: 176.0 W
Zona marginal: 0.500 m

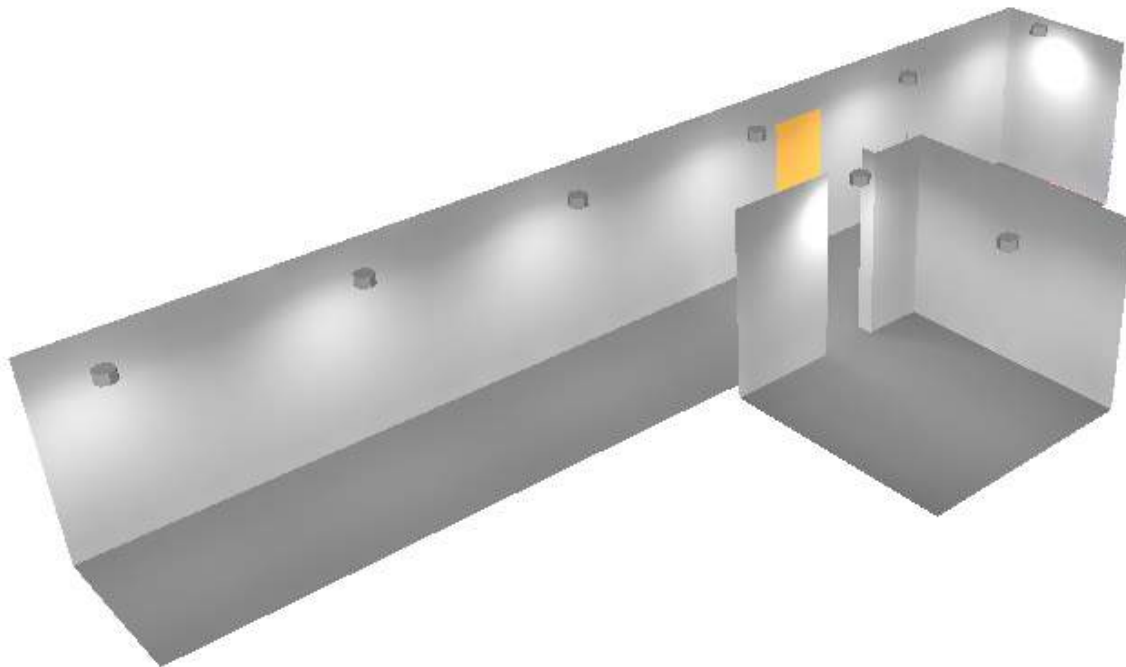
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	239	54	293	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.535 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.370 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $4.37 \text{ W/m}^2 = 1.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 40.31 m^2)



Aseos_Direccion_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 2100 lm
Potencia total: 22.0 W
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	221	103	324	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.724 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.589 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $10.12 \text{ W/m}^2 = 3.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.17 m^2)



Aseos_Recepción_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 2100 lm
Potencia total: 22.0 W
Zona marginal: 0.000 m

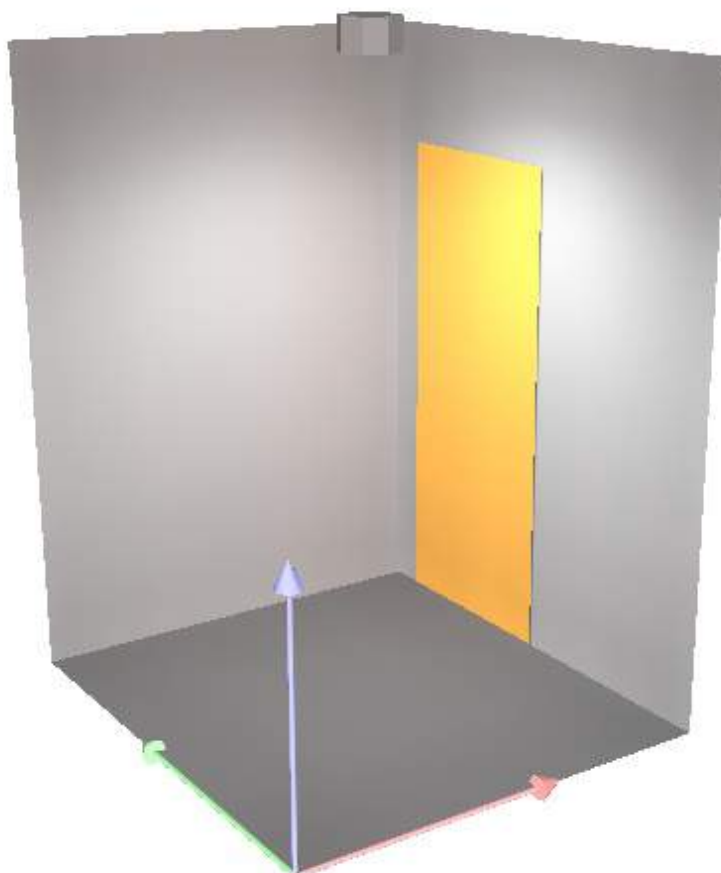
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	198	74	272	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.602 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.451 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $6.60 \text{ W/m}^2 = 2.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.34 m^2)



Servicios_Personal_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 12600 lm
Potencia total: 132.0 W
Zona marginal: 0.500 m

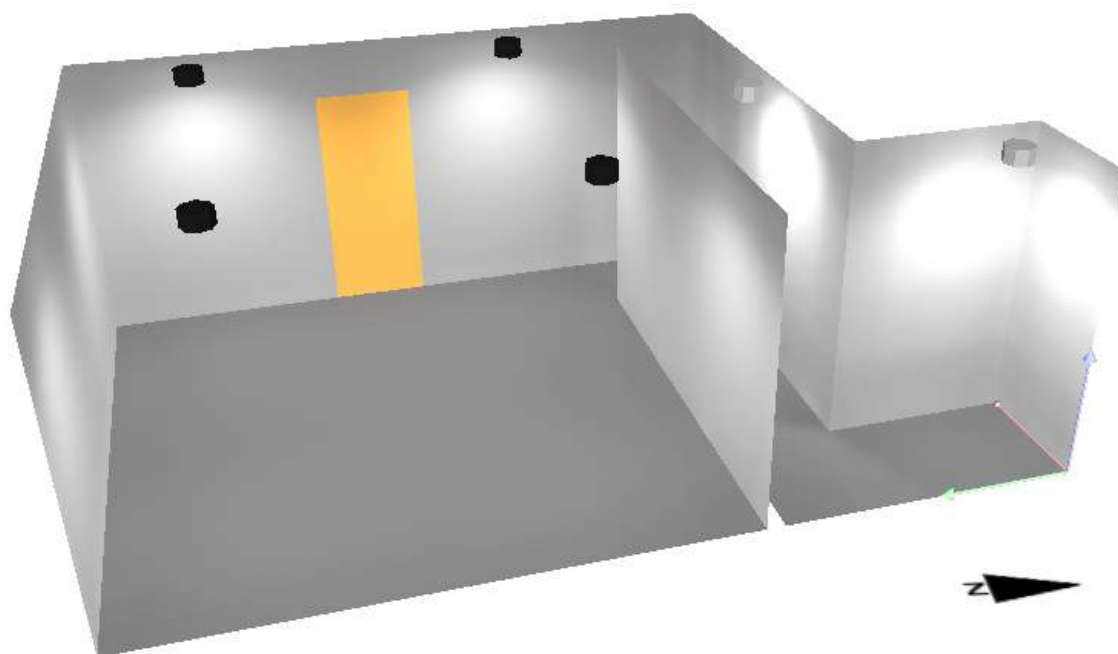
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	206	50	256	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.421 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.272 (1:4)

Valor de eficiencia energética: $4.04 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 32.68 m^2)



Almacén_Motores_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5242 lm
Potencia total: 102.8 W
Zona marginal: 0.500 m

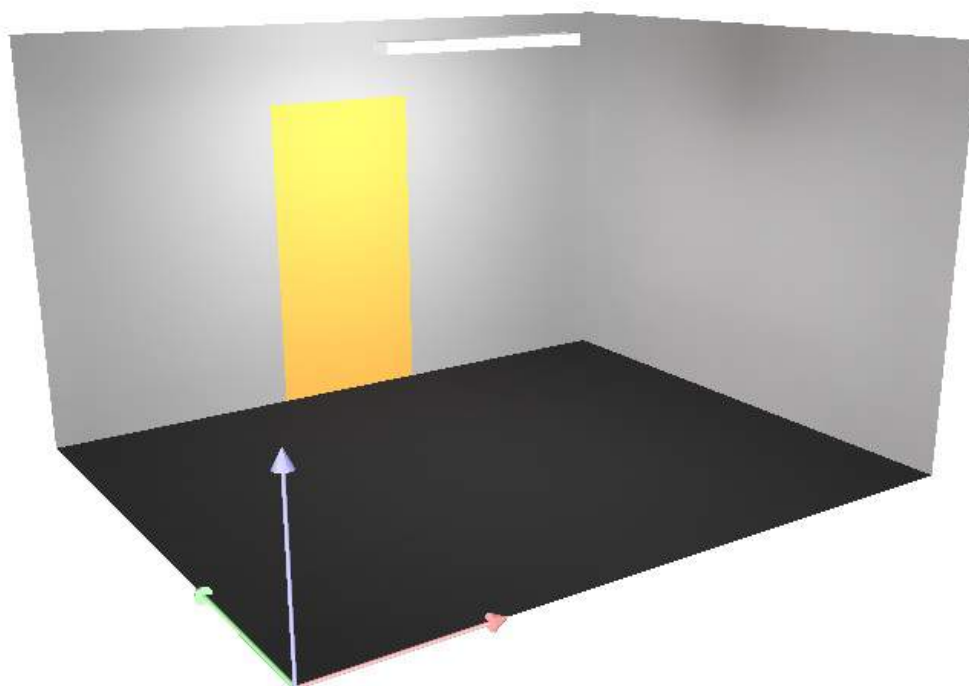
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	170	37	207	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.514 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.339 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $7.37 \text{ W/m}^2 = 3.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.95 m^2)



Almacén_Neumática_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5242 lm
Potencia total: 102.8 W
Zona marginal: 0.500 m

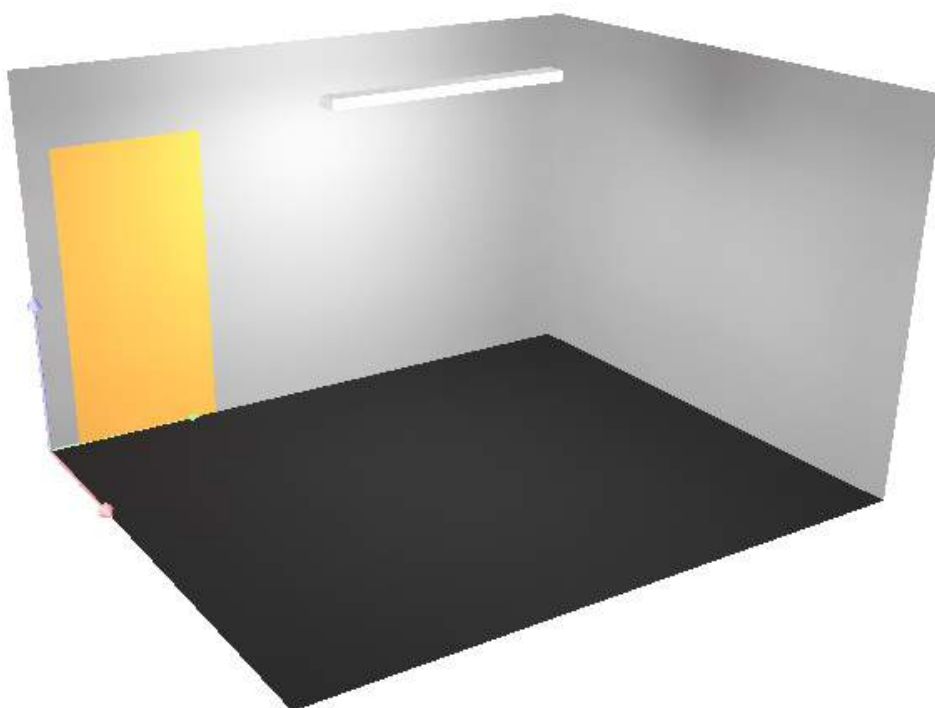
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	169	36	205	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.484 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.316 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $7.26 \text{ W/m}^2 = 3.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 14.16 m^2)



Almacén_Electricidad_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 13200 lm
Potencia total: 96.0 W
Zona marginal: 0.500 m

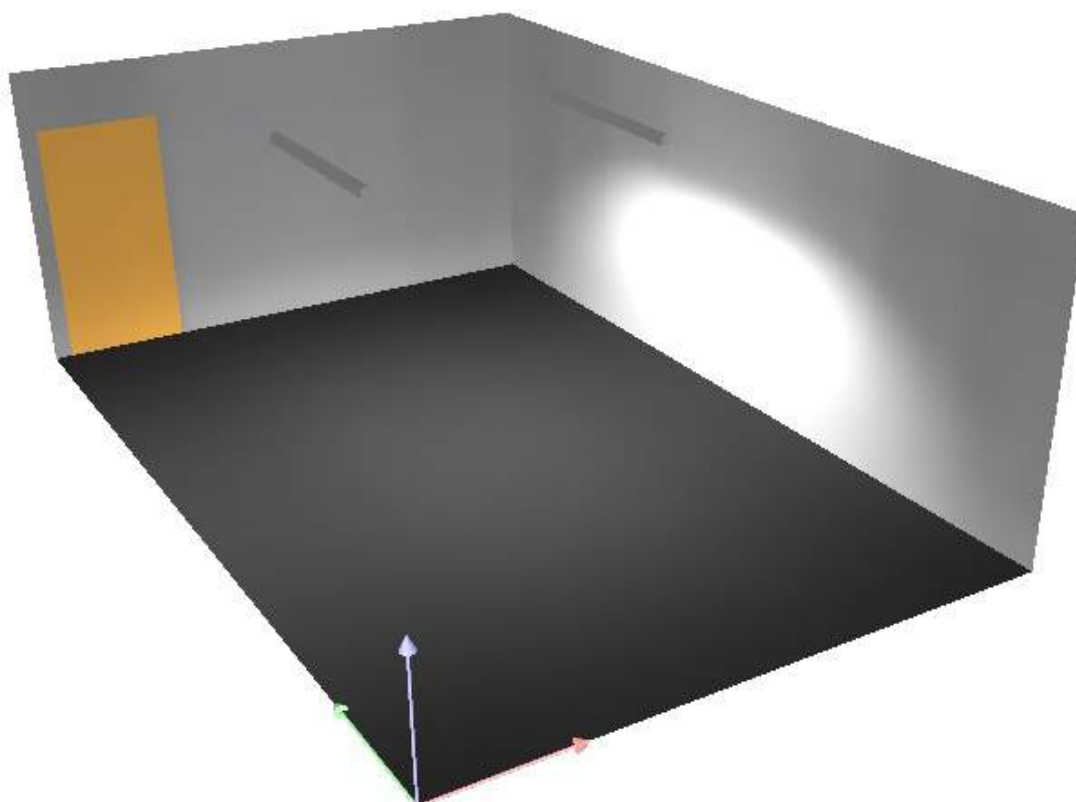
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	317	15	331	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.052 (1:19)

E_{\min} / E_{\max} : 0.018 (1:56)

Valor de eficiencia energética: $2.94 \text{ W/m}^2 = 0.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 32.68 m^2)



Almacén_Personal_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5242 lm
Potencia total: 102.8 W
Zona marginal: 0.500 m

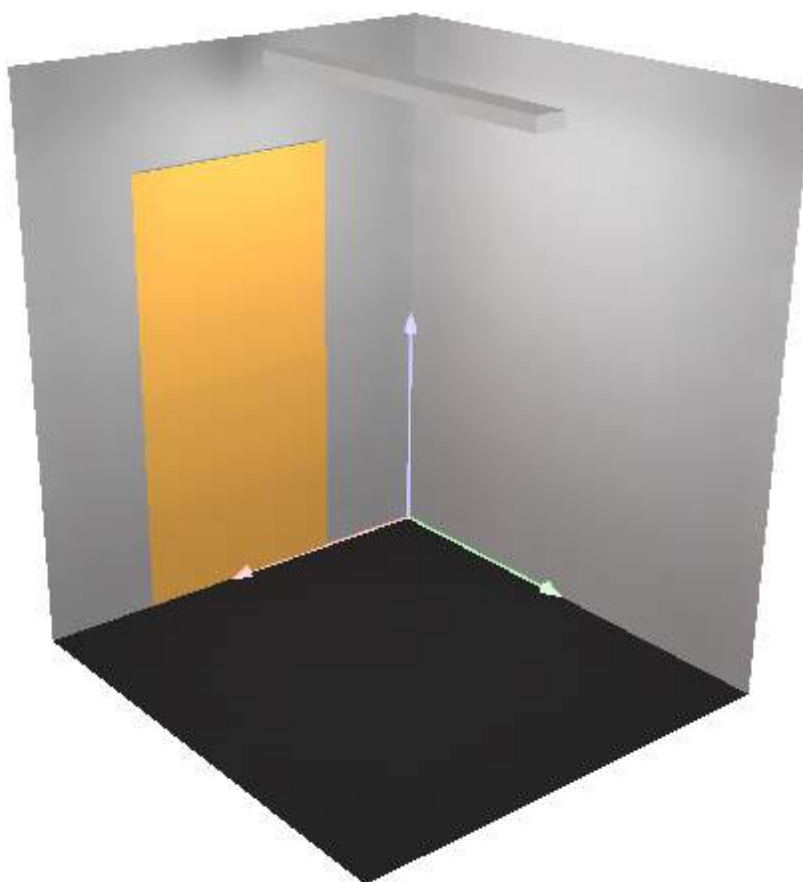
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	253	120	373	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.914 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.871 (1:1)

Valor de eficiencia energética: 23.03 W/m² = 6.17 W/m²/100 lx (Base: 4.46 m²)



Almacén_Tornillos_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 13200 lm
Potencia total: 96.0 W
Zona marginal: 0.500 m

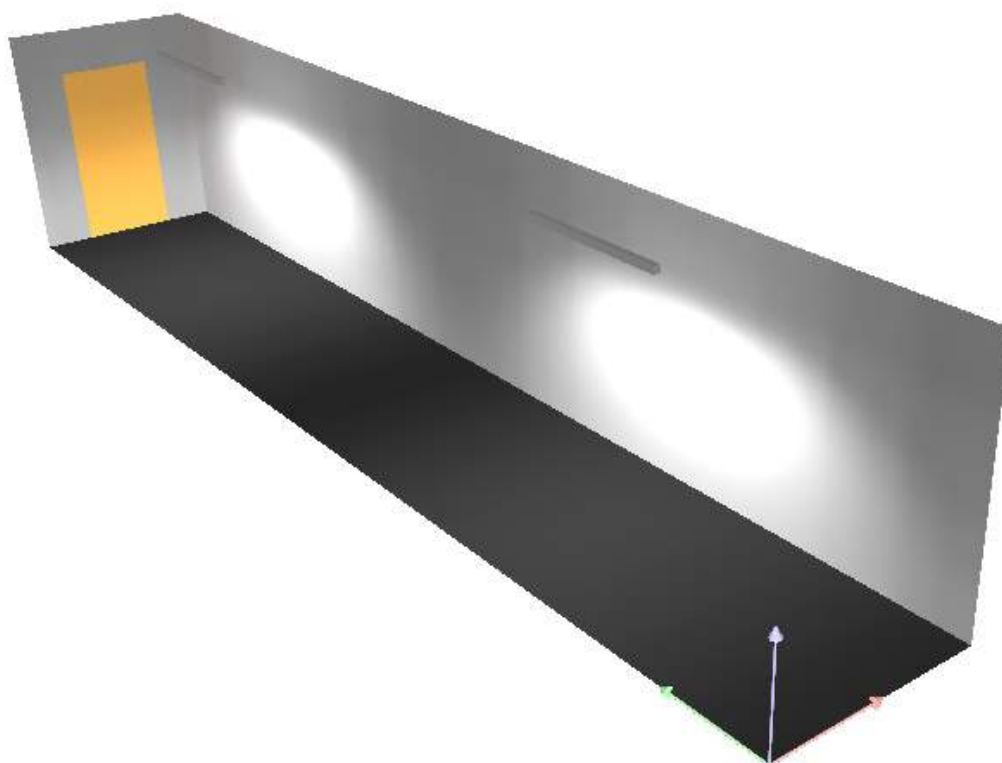
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	288	32	320	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.050 (1:20)

E_{\min} / E_{\max} : 0.022 (1:46)

Valor de eficiencia energética: $3.79 \text{ W/m}^2 = 1.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 25.31 m^2)



Almacén_Varios_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5242 lm
Potencia total: 102.8 W
Zona marginal: 0.500 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	170	36	206	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.516 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.339 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $7.37 \text{ W/m}^2 = 3.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.95 m^2)



Zona 1: Montaje_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 264000 lm
Potencia total: 1920.0 W
Zona marginal: 1.000 m

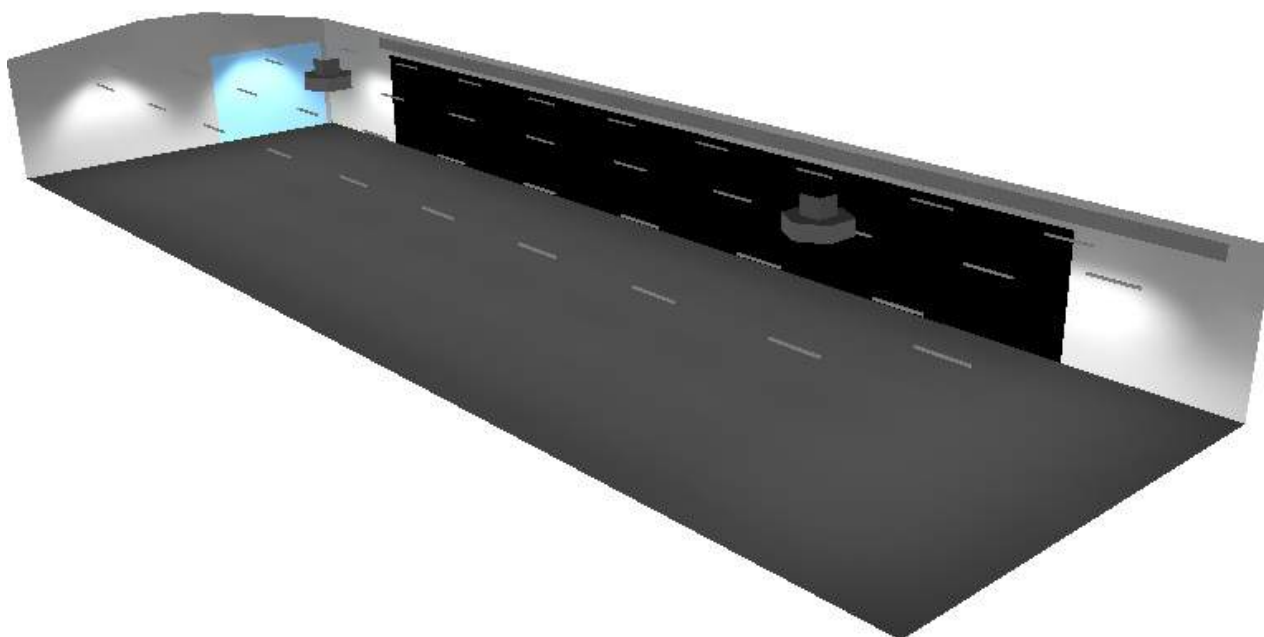
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	290	11	301	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.456 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.346 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $2.77 \text{ W/m}^2 = 0.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 691.93 m^2)



Zona 2: Maquinaria_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 237600 lm
 Potencia total: 1728.0 W
 Zona marginal: 1.000 m

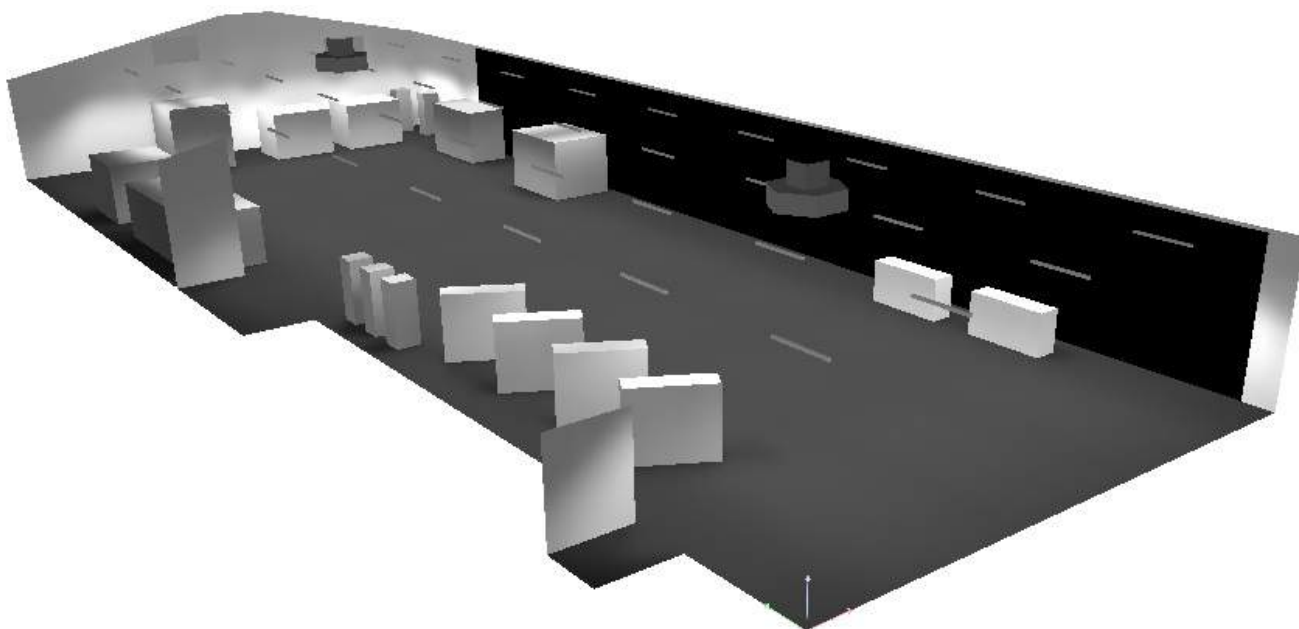
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	276	8.77	285	/	/
Zona tránsito taller	310	7.81	317	/	/
Pequeño almacén	159	12	203	/	/
Zona pasillo	264	14	278	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.233 (1:4)

E_{\min} / E_{\max} : 0.174 (1:6)

Valor de eficiencia energética: $2.45 \text{ W/m}^2 = 0.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 704.36 m^2)



Zona 3: Maquinaria_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 158400 lm
 Potencia total: 1152.0 W
 Zona marginal: 1.000 m

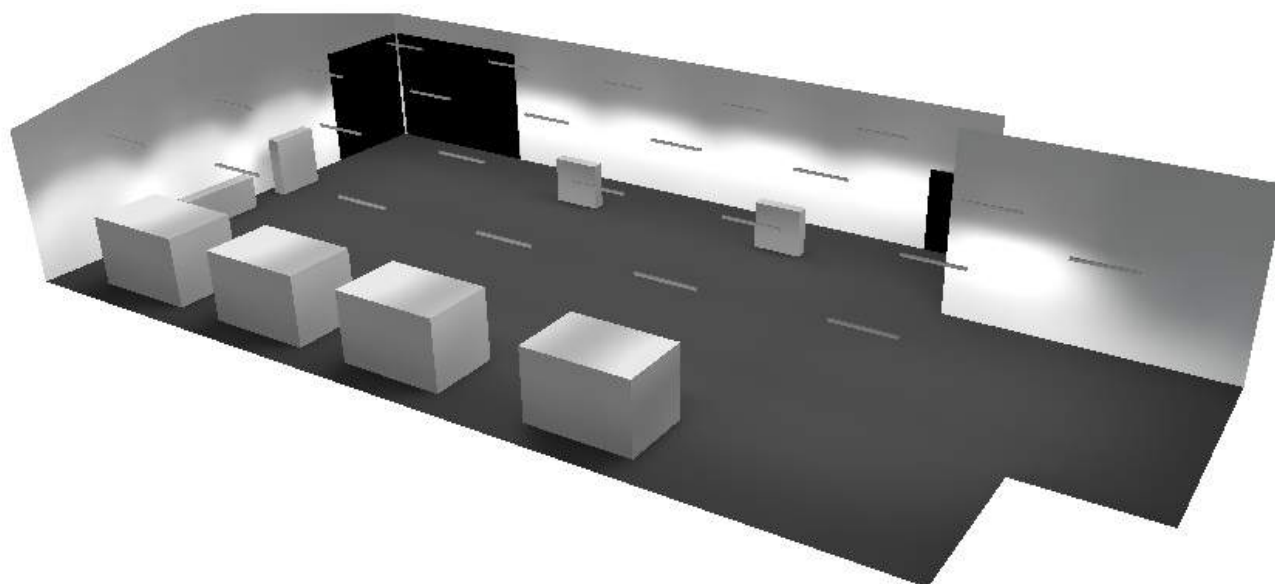
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	295	12	308	/	/
Zona tránsito	331	11	343	/	/
Zona Pasillo	279	12	291	/	/
Zona pasillo 2	215	7.07	222	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.119 (1:8)

E_{\min} / E_{\max} : 0.085 (1:12)

Valor de eficiencia energética: $2.61 \text{ W/}^2 = 0.85 \text{ W/}^2 \cdot 100 \text{ lx}$ Base: 441.16 ^2



Zona 4-5_Electricidad_Montaje_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 151745 lm

Potencia total: 1265.6 W

Zona marginal: 1.000 m

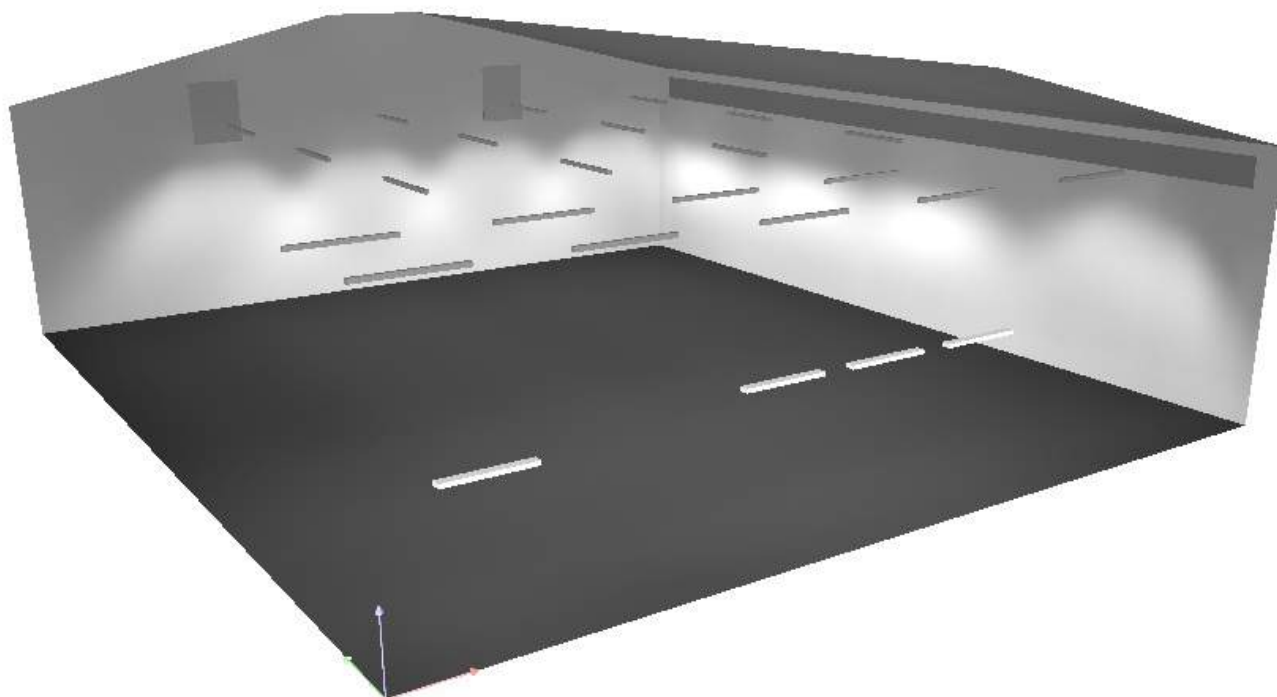
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	334	19	353	/	/
Zona_4	490	27	517	/	/
Zona 5	308	17	325	/	/
Almacén	240	14	254	/	/
Zona pasillo	230	17	247	/	/
Banco Trabajo	457	65	522	/	/
Mesa 1	454	73	527	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.243 (1:4)

E_{\min} / E_{\max} : 0.134 (1:7)

Valor de eficiencia energética: $4.99 \text{ W/m}^2 = 1.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 253.46 m^2)



Zona 6: Almacén_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 85800 lm
Potencia total: 624.0 W
Zona marginal: 1.000 m

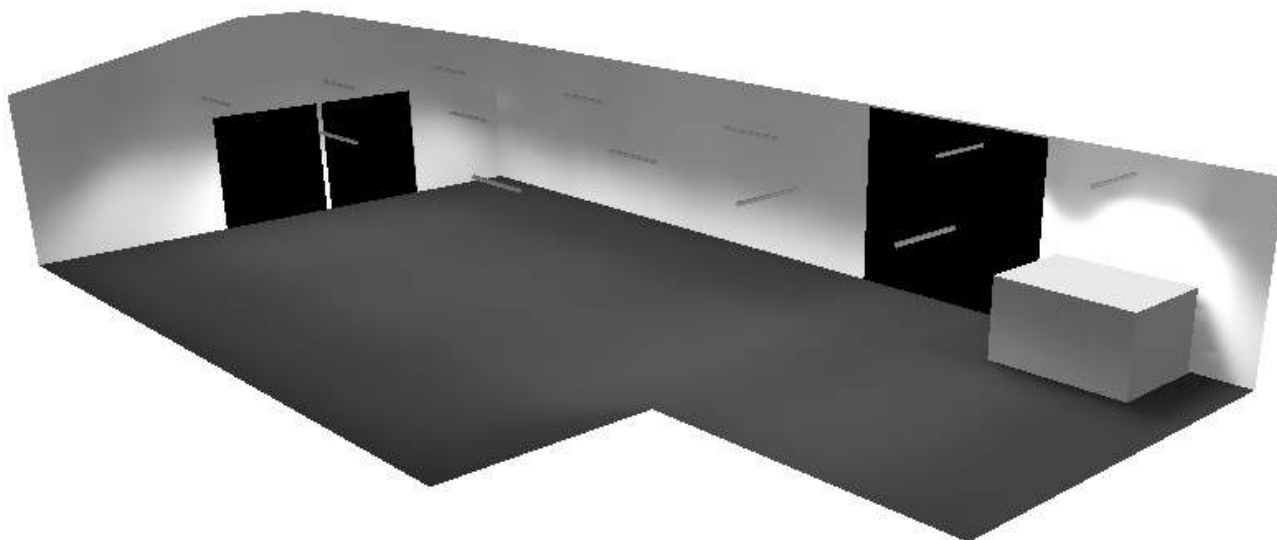
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	232	7.57	239	/	/
Zona Almacén	248	5.93	254	/	/
Punzonadora	328	16	344	/	/
Pasillo	258	14	272	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.032 (1:32)

E_{\min} / E_{\max} : 0.019 (1:54)

Valor de eficiencia energética: $1.79 \text{ W/m}^2 = 0.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 348.37 m^2)



Zona 7: Pintura_Pulido_Nuevo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 80000 lm
 Potencia total: 700.0 W
 Zona marginal: 1.000 m

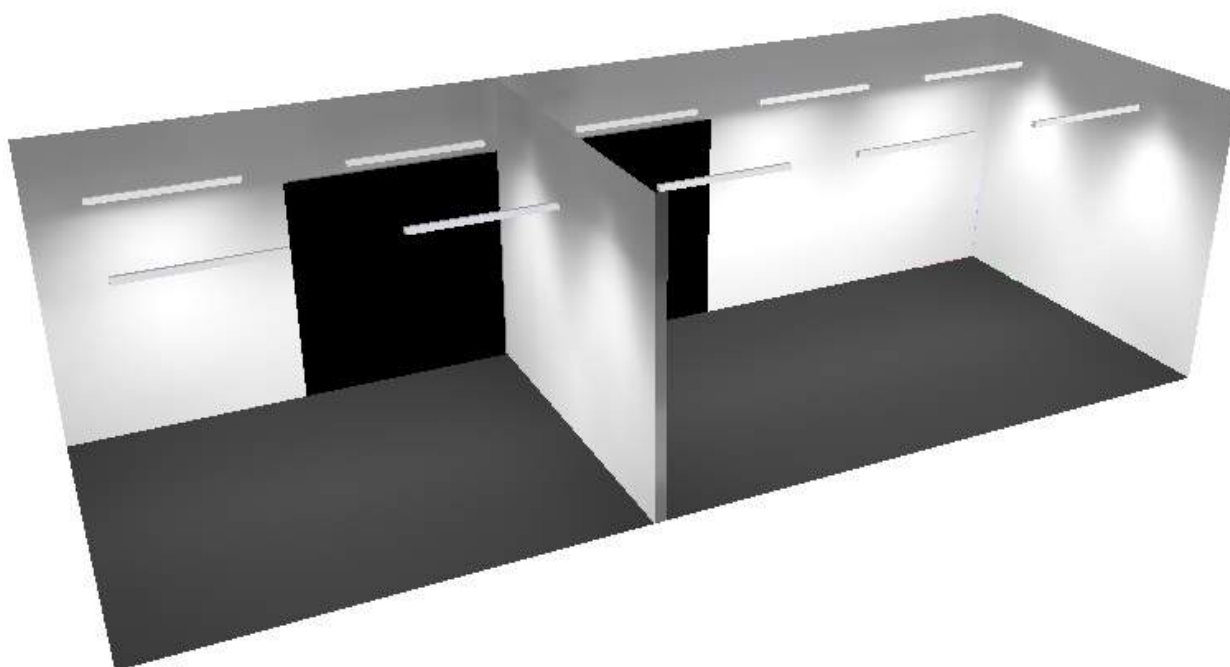
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	752	63	815	/	/
Pulido	770	71	841	/	/
Pintura	684	64	748	/	/
Pasillo	620	65	685	/	/

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.518 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.413 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $10.68 \text{ W/m}^2 = 1.31 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 65.56 m^2)



Cochera_Nuevo / Resultados luminotécnicos

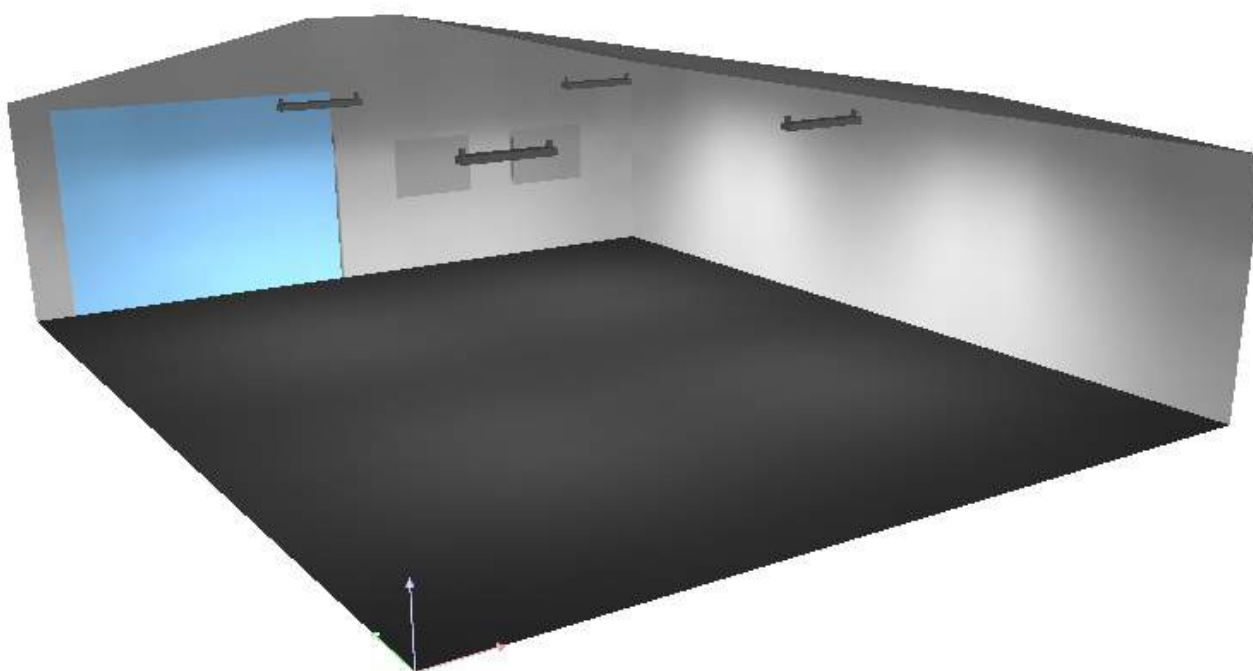
Flujo luminoso total: 54000 lm

Potencia total: 540.0 W

Zona marginal: 1.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	144	7.32	152	/	/

Simetrías en el plano útil

 E_{\min} / E_{\max} : 0.710 (1:1) E_{\min} / E_{\max} : 0.534 (1:2)Valor de eficiencia energética: $2.30 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 235.29 m²)

REFERENCIAS

- [1] «Agencia Andaluza de la Energía,» [En línea]. Available: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/>.
- [2] Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica..
- [3] «Endesa,» [En línea]. Available: <https://www.endesaclientes.com/>.
- [4] «Dialux,» [En línea]. Available: <http://www.dial.de/>.
- [5] Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- [6] Norma UNE-EN 12464-1, Iluminación de los lugares de trabajo..
- [7] [En línea]. Available: www.optimfred.com.
- [8] «Guías Técnicas de Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/index.php/recategoria.1030/id.430/reلمenu.347/mod.pags/mem.detalle>.
- [9] «Catálogo de Tarifas,» [En línea]. Available: <http://circuitor.es>.
- [10] «Philips Lighting,» [En línea]. Available: <http://www.lighting.philips.es/>.
- [11] Real Decreto, 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia..
- [12] Revosolar. [En línea]. Available: <http://www.revosolar.com>.
- [13] «Institute for Energy and Transport,» [En línea]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>.
- [14] IDAE, «Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red,» [En línea]. Available: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf.
- [15] «Electricons,» [En línea]. Available: <http://www.electricons.cl/prod-contr%20mot.htm>.
- [16] «<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/>,» [En línea].
- [17] [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/sonotec-ultraschallsensorik-halle-gmbh/product-16277-463859.html>.