



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE DIMENSIONAMIENTO DE ENERGÍA EN FASE DE PROYECTO Y LA REALIDAD DE CONSUMO EN UN EDIFICIO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Autor: Pablo Fernández Morales
Director: José Elías Gómez López

Madrid
2014

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE DIMENSIONAMIENTO DE ENERGÍA EN FASE DE PROYECTO Y LA REALIDAD DE CONSUMO EN UN EDIFICIO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Autor: Fernández Morales, Pablo.

Director: Gómez López, Elías

Entidad Colaboradora: SFI.

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción:

Si nos ponemos a analizar y a fraccionar el consumo general de un edificio, vemos cómo la iluminación general tanto de los pasillos como de los diferentes puestos de trabajo conforma uno de los motivos de consumo más grandes del mismo, no tanto por su consumo individual, sino también por el gran número de ellos dentro de la instalación general. Por tanto, tener un sistema de control de la iluminación, así como disponer de la tecnología pertinente, permite al usuario obtener resultados semejantes con consumos muy inferiores, proporcionando las condiciones de confort adecuadas.

El presente proyecto fin de carrera se elabora a partir de la instalación de iluminación realizada para las oficinas centrales de la compañía SFI, nombre falseado para proteger la confidencialidad de la misma. El objeto principal del proyecto es, a partir de la instalación prevista, analizar los consumos y otros parámetros que se producen en realidad en los distintos equipos que han sido instalados y comprobar que éstos se ajustan a los previstos en la fase de diseño o se ha producido sobredimensionamiento y comprobar su correcto funcionamiento.

Metodología:

El proceso de análisis energético que se ha llevado a cabo se estructura de la siguiente manera:

- Descripción de los sistemas y soluciones definidas en el proyecto para el sistema de iluminación general, la iluminación de puestos de trabajo y el sistema de control de la iluminación.

Dentro de este apartado se comentan los diferentes parámetros que hemos extraído de la información del proyecto para, una vez realizado el estudio de la realidad diaria del edificio, compararlos.

- Realización de un análisis energético del edificio

Esta fase del proyecto es la que conlleva el estudio de consumos que tiene el edificio. Se trata de realizar un análisis de la situación energética del edificio en un periodo de tiempo, concretamente entre diciembre de 2013 y enero de 2014, con el fin de obtener los parámetros reales de consumo eléctrico. En esta fase se diferencian claramente dos apartados: la toma de datos empíricos de consumo y su posterior diagnóstico.

- Estudio comparativo posterior

El objetivo de esta última parte del proyecto ha sido realizar un estudio comparativo entre los datos empíricos obtenidos, los parámetros extraídos de la información previa del proyecto y los datos de consumos de otros edificios de la empresa, comparándolos entre ellos y obteniendo conclusiones referidas a ahorros energéticos, extrapolándolas a valores divulgativos.

Resultados y conclusiones:

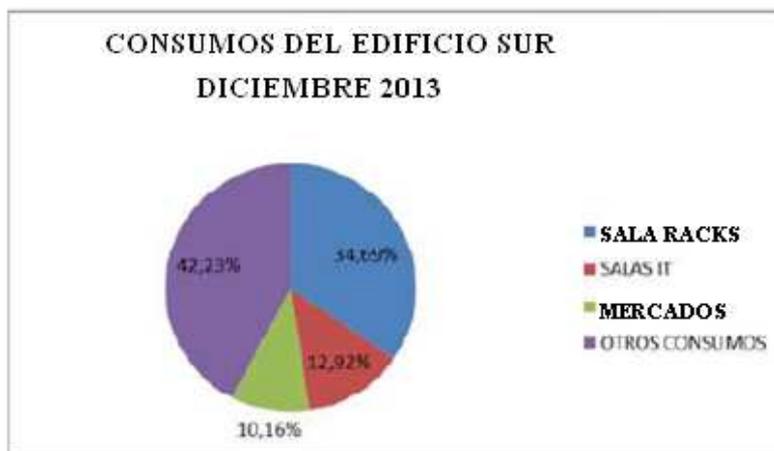
A continuación se detallan los resultados principales obtenidos y se comparan tanto con los resultados obtenidos en simulaciones previas al estudio como con consumos de otro edificio de la firma, para comprobar si realmente la instalación es energéticamente eficiente o no lo es.

Cabe destacar en este análisis de resultados que la implantación de los sistemas de control del alumbrado dentro del edificio se ha producido hace relativamente poco tiempo, por lo que los parámetros no están ajustados aún a sus valores más optimizados. Con el paso del tiempo, cuando el consumo se vaya estableciendo y el número total de trabajadores en el edificio se establezca definitivamente, podremos obtener unos ratios más optimizados.

Inicialmente, se muestra una tabla en la que se desglosa por zonas el consumo general de uno de los dos sub-edificios que conforman el edificio principal, el correspondiente con la Zona Sur del mismo.

DICIEMBRE

	CONSUMO
SALA RACKS	210823,95
SALAS IT	78522,35
SALA MERCADOS	61750,48
OTROS CONSUMOS	256607,22
CONSUMO EDIFICIO SUR	607704



Del mismo modo, se muestran ahora los datos obtenidos para este edificio en la simulación con el programa CALENER que se ha realizado durante el proyecto:

[11-01-13 1040] M17: Edificio-Mensual

Tipo de Energía: [TODOS]

Variable: Energía Primaria

Gráfico Tabla

Consumo Energía Primaria (kWh)

	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	90967,8	83446,2	92325,7	84720,4	91646,7	88543,9	91646,7	91646,7	85399,3	91646,7	87865,0	82213,0	1062068,3
Refrigeración	648826,6	590560,6	669426,4	660488,0	717508,8	761001,9	869871,9	857302,5	751520,0	704565,1	639169,3	648421,1	8518464,0
Bombas y Auxiliares	156176,5	146040,7	177696,7	202321,7	173855,6	136497,4	129100,2	127040,3	119772,0	135098,4	139964,3	152241,5	1795805,3
Ventiladores	369708,3	334446,3	369708,4	352614,3	369708,3	356619,4	369708,3	369708,2	352614,4	369708,3	356619,3	357693,2	4328856,5
Calefacción	27106,9	6356,1	2989,7	1826,3	792,7	0,0	0,0	0,0	0,0	297,7	2950,5	15984,6	58304,4
ACS	13513,3	12205,5	13513,1	13098,2	13512,9	13075,8	13512,5	13512,5	13076,7	13491,9	13077,2	13513,3	159103,9
TOTAL	1306299,4	1173055,4	1325661,9	1315068,8	1367025,0	1355739,5	1473839,6	1459210,3	1322382,4	1314608,1	1239645,5	1270066,6	15922601,0

Tomando como base los datos obtenidos en el mes de diciembre, se concluye diciendo que el consumo de ese mes es de 600704 Kwh, inferior a los 1.270.066,6 Kwh que marcaba la simulación, cantidad correspondiente a un 52,7% menos.

Cabe destacar que este programa no ha tenido en cuenta la implantación del sistema de control de la iluminación, así como el sistema de parametrización de la climatización utilizado en este edificio. Del mismo modo, al tratarse todavía de una fase de instalación, incorporación de personal al edificio e implantación de las nuevas medidas de control de consumo, el estudio no puede ser aún del todo concluyente, puesto que se necesita de un tiempo de asimilación a la realidad de consumo del mismo.

Como ejemplo que ilustre lo mencionado anteriormente se puede tomar el caso del control de la regulación en la iluminación del parking: en un primer momento se instaló el sistema con una regulación al 80% de la carga y hoy en día, se funciona con total normalidad en el parking con una regulación del 40%, por lo que se ha reducido a la mitad manteniendo los mismos niveles de confort.

Uno de los análisis más importantes y del que se puede obtener más información sobre la eficiencia real de los equipos instalados es mediante la comparación con otro edificio de oficinas del grupo SFI, por lo que las ganancias que se producen son prácticamente iguales, ya que se le da el mismo uso.

Para ello se ha realizado una comparación utilizando como parámetros de similitud, la superficie total de ambos edificios y el número de trabajadores del mismo. Dichos datos se muestran en la siguiente tabla:

Edificio Propio		Otro edificio	
Tamaño m ²	Trabajadores	Tamaño m ²	Trabajadores
40000	1900	28000	1400

Con esos datos, hemos obtenidos los siguientes ratios comparativos entre ambos edificios:

Parámetro	Edificio estudiado	Otro edificio	Ahorros (%)
Consumo medio(Kwh/mes)	680704	597862,5	
Superficie total	40000	28000	
Número de trabajadores	1900	1400	
Consumo/Superficie (Kwh/m2)	17,02	21,35	20,30%
Consumo/trabajador(Kwh/trabajador)	358,27	427,04	16,10%

Si el edificio que estamos estudiando no tuviera implantada la tecnología y las medidas de eficiencia energética de las que dispone, estaría consumiendo unos 854.000 Kwh mensuales, muy superiores a los 680704 Kwh que consume. Podemos concluir pues, que la implantación de esta tecnología centrada en la eficiencia energética supone unos ahorros de 173.296 Kwh mensuales.

Con los ahorros anuales producidos gracias a las medidas de eficiencia energética, aproximadamente unos 2.079.552 Kwh, se pueden alimentar tres instalaciones deportivas completas, con un consumo cada una de ellas de 800.000 Kwh al año.

Finalmente, se van a resaltar las conclusiones que se han ido alcanzando a lo largo del desarrollo del proyecto, para obtener una idea global del estado en el que se encuentra el complejo.

En primer lugar hay que destacar el periodo de ajuste del complejo en el que se han tomado las medidas, lo que ha dificultado hallar la veracidad de algunas de ellas. Este periodo se puede clasificar como puesta en marcha y de ajuste de funcionamiento. En cualquier caso, el proyecto es de gran utilidad por la capacidad que tiene de tener un puente entre la fase de diseño y la que es y será explotación. Empezando a obtener resultados para analizar si el diseño y construcción se ajusta a la realidad del edificio, ya que un sobredimensionamiento puede provocar gastos innecesarios y una incapacidad de satisfacer la demanda provocaría un discomfort inaceptable.

Con respecto a la iluminación general, los resultados obtenidos en el proyecto muestran unos consumos razonables y ajustados a lo proyectado, si bien es cierto que aún no se pueden obtener conclusiones definitivas, puesto que la parametrización de los valores ajustables continuará hasta dentro de un año, aproximadamente.

En cuanto a consumos generales, ya se ha visto cómo la implantación de la tecnología ha supuesto para la empresa unos ahorros considerables en comparación con otros edificios de la empresa. Como se había concluido en los estudios iniciales del proyecto, aunque la inversión inicial en tecnología puntera iba a ser mayor que si hubiéramos optado por un modelo más conservador, los resultados se verían desde los primeros meses de utilización.

Los ahorros en la actualidad por unidad de superficie rondan el veinte por ciento en comparación con otros edificios de la empresa, lo que supone unos ahorros energéticos y por consiguiente económicos muy significativos. En algunas instancias con características especiales del edificio, como puede ser el parking, ya se están obteniendo unos ahorros en torno al 40%, gracias a la utilización optimizada del sistema de control de la luminosidad de Phillips.

Otro de los objetivos principales del proyecto era extrapolar los parámetros obtenidos en el proyecto a valores divulgativos, para lograr una mejor comprensión de los ahorros que iba a suponer dicho proyecto. Por ello, se puede concluir el proyecto diciendo que los ahorros anuales en términos de energía permitirían alimentar a tres instalaciones deportivas completas, alcanzándose unos ahorros anuales de unos dos millones de Kwh.

Por último, cabe destacar que en los meses que el edificio lleva en funcionamiento, no se ha recibido ninguna queja por parte de ningún trabajador, y todos los sondeos de calidad y de satisfacción con la iluminación han obtenido resultados muy satisfactorios, por lo que se concluye diciendo que el resultado de la inversión en esta tecnología está siendo muy positivo y que con la optimización de los consumos en los meses venideros producirá más ahorros energéticos.

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE DIMENSIONAMIENTO DE ENERGÍA EN FASE DE PROYECTO Y LA REALIDAD DE CONSUMO EN UN EDIFICIO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Author: Fernández Morales, Pablo.

Director: Gómez López, Elías

Collaborating Institution: SFI.

SUMMARY

Introduction:

If we analyze and split the general consumption of a building, we see how both general lighting in the corridors and the different rooms constitute one of the main consumptions of it... Therefore, having a system of lighting control and have the relevant technology, allows the user to obtain similar results with much lower consumption, providing adequate comfort conditions.

This final project is drawn from the installation of lighting on to the headquarters of the company SFI, name distorted to protect the confidentiality of the same. The main purpose of the project is, from the target facility, analyze the consumption and other parameters that actually occur in the various systems that have been installed and ensure that they conform to those provided in the design phase, or is oversizing produced, and tested for correct operation.

Methodology:

The energetic analysis process that has been carried out is structured as follows:

- Description of systems and solutions defined in the project for general lighting system and the lighting control system.

In this section the different parameters that are extracted from the project's information are explained in order to compare them, once the study of the daily reality of the building is completed.

- Energetic analysis of the building

This is the phase of the project which involves the study of consumption that the building has. This is an analysis of the energy situation of the building over a period of time, specifically between December 2013 and January 2014, in order to get the actual power consumption parameters. Two sections are clearly differentiated at this stage: making empirical consumption data and subsequent diagnosis.

- Comparative study

The aim of this last part of the project was to perform a comparative study between the empirical data obtained, the parameters extracted from the previous project information and the data consumption of other company's buildings, obtaining conclusions regarding energy savings, and extrapolating them to informative values.

Results and conclusions:

The main results obtained are shown and compared with the results obtained on previous simulations and with the consumptions of another building of the firm, in order to check if the installation is energetically efficient or not.

We have to say that this analysis is not as accurate as it had to be, due to the fact that the lightning control system has been recently installed, so that the parameters are not set to their optimized values. Over time, when consumption go setting and the total number of workers in the building is definitely established, we can obtain more optimized ratios.

Initially, this table shows the consumption of the main rooms of the building:

DICIEMBRE	
	CONSUMO
SALA RACKS	210823,95
SALAS IT	78522,35
SALA MERCADOS	61750,48
OTROS CONSUMOS	256607,22
CONSUMO EDIFICIO SUR	607704



Similarly, we now show the data obtained on the simulation of the general consumption of the building with the CALENER Simulator use don this Project.

[11-01-13 1040] M17: Edificio-Mensual

Tipo de Energía: [TODOS]

Variable: Energía Primaria

Gráfico Tabla

Consumo Energía Primaria (kWh)

	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	90967,8	83446,2	92325,7	84720,4	91646,7	88543,9	91646,7	91646,7	85399,3	91646,7	87865,0	82213,0	1062068,3
Refrigeración	648826,6	590560,6	669425,4	660488,0	717508,8	761001,9	869871,9	857302,5	751520,0	704565,1	639169,3	648421,1	8518464,0
Bombas y Auxiliares	156176,5	146040,7	177696,7	202321,7	173855,6	136497,4	129100,2	127040,3	119772,0	135098,4	139964,3	152241,5	1795805,3
Ventiladores	369708,3	334446,3	369708,4	352614,3	369708,3	356619,4	369708,3	369708,2	352614,4	369708,3	356619,3	357693,2	4328856,5
Calefacción	27106,9	6356,1	2989,7	1826,3	792,7	0,0	0,0	0,0	0,0	297,7	2950,5	15984,6	58304,4
ACS	13513,3	12205,5	13513,1	13098,2	13512,9	13076,8	13512,5	13512,5	13076,7	13491,9	13077,2	13513,3	159103,9
TOTAL	1306299,4	1173055,4	1325661,9	1315068,8	1367025,0	1355739,5	1473839,6	1459210,3	1322382,4	1314608,1	1239645,5	1270066,6	15922601,0

Based on the data obtained in the month of December, the consumption of this month is 600704 kWh, less than 1270066.6 kWh marked in the simulation, corresponding to 52.7% fewer.

This program has not taken into account the implementation of the lighting control system. Also, being still in a phase of installation, adding personnel to the building and implementing new control measures of consumption, the study cannot be yet entirely conclusive, since it takes a while to assimilate the actually consumption.

As an example to illustrate the above case we are going to talk about the regulation in lighting parking: at first it was installed at 80% load and today is run as normal parking in the regulation of 40% load, so it has been cut in half while maintaining the same levels of comfort.

One of the most important analyses where you can learn more about the current efficiency of the installed equipment is by comparing with another building of the SFI group. This was performed as a comparison using similar parameters, such as the total area of both buildings and the number of workers of the same. These data are shown in the following table:

Own Building		Other building	
Size m ²	Workers	Size m ²	Workers
40000	1900	28000	1400

With these data, we obtained the following comparative ratios between the two buildings:

Parameter	Studied building	Other Building	Savings (%)
Consumption(Kwh/month)	680704	597862,5	
Total surface	40000	28000	
Number of workers	1900	1400	
Consumption/Surface (Kwh/m2)	17,02	21,35	20,30%
Consumption/Worker(Kwh/worker)	358,27	427,04	16,10%

If the studied building didn't have installed the technology and the energetic efficiency measures that has, it would consume about 854,000 Kwh per month, much higher than 680704 kWh consumed. We can therefore conclude that the implementation of this technology focused on energy efficiency means savings of 173,296 kWh per month.

With the annual savings achieved through the energy efficiency measures, approximately 2,079,552 kWh, three complete sports facilities, consuming each 800,000 Kwh per year can be fed.

Finally, the conclusions that have been reached during the development of the project are highlighted, to get an overall idea of the state of the consumption.

Talking about the general lightning, the results obtained show a reasonable consumption, adjusted to projected, although it can't yet draw firm conclusions, since the adjustable parameters are not yet set to a 100% level of efficiency.

As for general consumption, we have seen how the introduction of technology has led to considerable savings compared to other company buildings. Also, as it had been concluded in the initial studies of the project, although the initial investment in advanced technology would be higher than if we had opted for a more conservative model, the good results are shown from the first months of use.

The savings per unit of area are, at present, around twenty percent, compared to other buildings of the company, which means that the energy savings are very significant economically. In some special rooms of the building with special characteristics, such as the parking, we are making savings of around 40%, thanks to the optimized use of the brightness control system.

Another major objective of the project was to extrapolate the parameters obtained in the project into informative values, to achieve a better understanding of the savings that would assume the project. Therefore, we can conclude the project saying that the annual savings in energy terms allow feed three complete sports facilities, achieving annual savings of about two million Kwh.

Finally, note that in the months that the building has been in operation, we have not received any complaint from any employee and all probes of quality and satisfaction with lighting have been quite successful, so we can conclude that the result of the investment in this technology is very positive and the optimization of consumption in the coming months will produce more energy savings.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Propósito general	5
1.2 Estado de la cuestión	6
1.3 Motivaciones.....	7
1.4 Objetivos del proyecto	8
1.5 Metodología de trabajo	8
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	11
2.1 Introducción General	11
2.2 Normativa de Aplicación.....	11
2.3 Criterios Del Sistema.....	12
2.4 Descripción general de la instalación	13
2.4.1 Tipos de Suministro	13
2.4.2 Suministro eléctrico principal.....	13
2.4.3 Suministro eléctrico de emergencia.....	16
2.4.4 Criterios de redundancia y cobertura de cargas críticas	20
2.5 Alumbrado	21
2.5.1 Consideraciones lumínicas en las salas	21
2.5.2 Iluminación natural	21
2.5.3 Iluminación artificial	22
2.5.4 Sistemas de control de iluminación	23
2.5.5 Sistema integral de control de alumbrado DALI.....	24
2.6 Previsión de consumos eléctricos	32
2.7 Puesta a tierra.....	35
2.7.1 Puesta a tierra de centros de transformación	35
2.7.2 Puesta a tierra de Baja Tensión.....	37
2.7.3 Puesta a tierra de protección	39
2.7.4 Puesta a tierra de servicio, red enterrada de puesta a tierra	40
2.7.5 Sistemas de puesta a tierra	41
3. REALIDAD DEL EDIFICIO	45
3.1 Aspectos generales.....	45
3.1.1 Duración del proyecto.....	45
3.1.2 Curva de ocupación del edificio	45

3.1.3 Requisitos	46
3.2 Propuestas para la iluminación	47
3.2.1 Iluminación de oficinas.....	47
3.2.2 Iluminación del aparcamiento.....	52
3.3 El sistema de control.....	53
3.3.1 Generalidades	53
3.3.2 Estudio previo del sistema de control.....	56
3.3.3 Protocolo de prueba	64
3.4 Funcionalidad de la sede SFI.....	68
3.4.1 Control del alumbrado	68
3.4.2 Control de iluminación exterior y estores.....	71
3.5 Estudio de consumo eléctrico	75
3.5.1 Consumos generales	76
3.5.2 Consumo de la parcela Sur	81
3.5.3 Consumo de la Sala de Racks.....	82
3.5.4 Consumo de salas IT.....	87
3.5.5 Consumos de la sala de Mercados	88
4. ANÁLISIS POSTERIOR	91
4.1 Análisis del consumo real frente a la simulación energética realizada con el programa CALENER.....	91
4.2 Análisis del consumo real del edificio respecto de otro edificio de la empresa.....	92
4.3 Análisis económico.....	94
5. CONCLUSIONES	97
ANEXOS	99
ANEXO 1:	101
INSTALACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	101
(ESQUEMA ELÉCTRICO FASE I)	101
ANEXO 2:	105
CÁLCULO DE LUMINARIAS DEL PARKING	105
ANEXO 3:	109
FICHA TÉCNICA LEDS DE ILUMINACIÓN DE OFICINAS.....	109

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Propósito general

Dentro de la gran cantidad de proyectos que surgen en el seno de la empresa, se está queriendo analizar los dimensionamientos de las instalaciones en relación a la realidad de consumo de un espacio de casi 30.000m² y 20.000m² de parking de oficina a nivel eléctrico de cara a optimización de inversión en equipos de producción y analizando también el beneficio de instalaciones más eficientes en coste de ciclo de vida del edificio.

A través de este proyecto se pretende realizar un estudio de eficiencia energética en lo referido a la instalación eléctrica de un edificio de nueva construcción y compararlo con los resultados obtenidos en otros estudios analíticos de edificios anteriores de la misma empresa.

En el fondo, el objetivo principal es comparar la eficiencia energética real del edificio con la eficiencia energética proyectada y, del mismo modo, establecer ratios de comparación con otros edificios que la empresa posee. Los diferentes datos empíricos de ahorros en consumos que se obtengan en dichos estudios serán extrapolados después a parámetros divulgativos, para su mejor comprensión.

El proyecto se va a desarrollar en la nueva sede corporativa de SFI, el nombre de la empresa ha sido falseado para salvaguardar la confidencialidad de la empresa. El complejo se encuentra actualmente parcialmente terminado. La primera fase del proyecto ya ha sido acabada, mientras que la segunda se encuentra todavía en periodo construcción. Este centro se compone de unos 114.000 m² de oficinas y servicios que llegará a acoger en el futuro alrededor de 6.000 personas. Este personal será trasladado entre junio de 2013 y el primer trimestre de 2015.

Hoy en día, se está produciendo un gran aumento del interés por las cuestiones medioambientales en el seno de las empresas, tanto a nivel nacional como internacional. Del mismo modo, se están potenciando las políticas que buscan minimizar el impacto medioambiental en el día a día. En el caso de los edificios de nueva construcción, la legislación vigente les obliga a tener un certificado energético, para reducir sustancialmente la emisión de CO₂ y, a su vez, los consumos energéticos. Todas estas medidas en lo referente al ámbito medioambiental han conseguido que los edificios de nueva construcción ayuden al desarrollo sostenible de las empresas.

Es en la fase de diseño del edificio donde se toman las principales decisiones en lo que a desarrollo medioambiental sostenible se refiere. De hecho, esta fase del proyecto es crucial, ya que luego, en la fase de ejecución del proyecto es mucho más difícil adquirir políticas de ahorro de energía o de materias primas. Por tanto, el éxito de

un proyecto, en lo que a conciencia medioambiental se refiere, reside en la buena planificación de las políticas de eficiencia ecológica en la fase de diseño.

Englobado en este contexto, el complejo ha sido diseñado siguiendo unos exigentes criterios de sostenibilidad consiguiendo una certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) oro, lo que acredita al edificio como una construcción realizada con el menor impacto ambiental posible. A su vez, el comportamiento medioambiental del edificio a lo largo de su ciclo de vida también ha sido puesto a juicio, obteniendo altas calificaciones. Uno de los objetivos que perseguía la empresa, que era contrarrestar la fuerte inversión inicial con reducciones de consumo con el paso de los años y sus consiguientes ahorros energéticos, tiene garantizado su éxito a lo largo de la vida útil de dicho edificio.

1.2 Estado de la cuestión

Centrados pues en el contexto medioambiental, diremos que son numerosas las soluciones tecnológicas que se están empleando y desarrollando actualmente. Dentro de ellas vamos a destacar los sistemas informáticos de gestión energética interna de edificios y la incorporación de instalaciones de gestión de energías renovables, tales como células solares o paneles fotovoltaicos. En los últimos años, y gracias a estudios contrastados, se ha llegado a la conclusión de que el diseño del edificio y de su estructura interna también contribuye a la mejora de la eficiencia energética del mismo.

En lo referido a los sistemas de aprovechamiento energético y de materias primas, diremos que en el complejo en cuestión se ha implantado un sistema de gestión ambiental con el que se pretende reducir el consumo de recursos naturales, la puesta en marcha en el seno de la empresa de políticas de compras sostenibles, así como programas de formación, difusión y sensibilización ambiental. Como dato ajeno a nuestro estudio, pero que ilustra muy bien la conciencia ecológica que ha adoptado la empresa al construir este complejo diremos que se ha instalado un sistema de tratado de aguas grises, con el objetivo de su reutilización. Mediante este sistema, el agua de los lavabos será reutilizada para el suministro de agua a inodoros y urinarios reduciendo en un 50% el consumo de agua potable.

Pasando a hablar ahora a los sistemas de obtención de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, diremos que la empresa ha optado por la instalación de placas de aprovechamiento de energía solar, tanto térmica como fotovoltaica. Soluciones con las que se reduce un 1.6-3% de emisiones de CO₂ y alrededor de un 3% el consumo de energía de la red.

El diseño del edificio juega, a su vez, un papel fundamental en ahorros energéticos. La orientación del edificio puede maximizar el aislamiento térmico y mejor

el aprovechamiento de la luz. El uso de cubiertas verdes contribuye a mejorar la transmitancia de las edificaciones, así como la inercia térmica. El sustrato y plantación absorberá la radiación solar, evitará cambios bruscos de temperatura y permitirá la evaporación de la humedad acumulada reduciendo la temperatura ambiente y disminuyendo el uso de aire acondicionado. Además actúan como aislamiento acústico. El diseño y la selección de las plantas son cuidadosamente elegidos para evitar sobrecargas estructurales.

Pasando ya al contexto del consumo eléctrico, podemos decir que la apropiada elección de equipos de suministro, reparto y consumo nos aportarán sustanciosos ahorros a nivel energético y, por consiguiente, económicos. Concretamente, en el campo de la iluminación general del edificio se abordará el paso de luminarias convencionales a iluminación LED, mucho más moderna y eficaz. Dentro del estudio detallado del proceso, se ofrecerán diferentes propuestas de iluminación a partir de los requerimientos de la empresa y se realizará una comparativa entre ellos, desarrollando las claves de la decisión final. Como características principales de la iluminación LED destacaremos las siguientes:

- La iluminación uniforme crea un ambiente más cómodo.
- Propuesta eficiente en materia de energía (buen W/m²)
- Larga vida útil de las lámparas (costos de mantenimiento más bajos)
- Finalmente, también se va a realizar un estudio de las ventajas producidas por la instalación del sistema de control del alumbrado, el cual permitirá regular la iluminación del edificio de manera direccionable y escalable.

1.3 Motivaciones

Dentro de un proyecto de grandes dimensiones, la adecuada decisión de los sistemas de suministro y de los tipos de consumos resulta de una importancia crucial en la realización del mismo. Para ello, se requieren unos estudios y unos análisis de diferentes las diferentes posibilidades que el equipo de ingenieros puede adoptar. En el contexto actual y con las soluciones tecnológicas instaladas en la sede de SFI, surge la necesidad de evaluar hasta qué punto estas medidas son eficaces.

Esto por esto que, el motivo del proyecto no es otro que contrastar si las decisiones tomadas en fase de proyecto en cuanto a consumos eléctricos, se corresponden con lo que realmente ocurre en el día a día del edificio. Es decir, el objetivo principal del proyecto es realizar un análisis energético de la realidad diaria del edificio, comparándolo con lo proyectado y con el consumo energético de otros edificios de la firma.

1.4 Objetivos del proyecto

- Analizar la eficiencia energética del sistema de iluminación implantado en el edificio, estudiando las diferentes posibilidades que existían en la fase de proyecto y explicando el por qué de la decisión final.
-
- Contrastar los ahorros energéticos producidos por la implantación del sistema de control de la iluminación.
-
- Comparar el consumo eléctrico real del edificio con el que se había supuesto en la fase de proyecto, analizando si se ha producido sobredimensionamiento.
-
- Comparar los resultados obtenidos en el estudio del consumo eléctrico del edificio con los consumos de otros edificios de la empresa, extrapolando los resultados a valores divulgativos, para lograr una mejor comprensión del estudio comparativo.

1.5 Metodología de trabajo

El proceso de análisis energético que vamos a llevar a cabo se estructura de la siguiente manera:

- Descripción de los sistemas y soluciones definidas en el proyecto para el sistema de iluminación general, la iluminación de puestos de trabajo y el sistema de control de la iluminación. Dentro de este apartado se comentarán los diferentes parámetros que extraeremos de la información del proyecto para, una vez realizado el estudio de la realidad diaria del edificio, compararlos.
- Realización de una auditoría energética: Esta fase del proyecto es la que conlleva el estudio de consumos que tiene el edificio. Se trata de realizar un análisis de la situación energética del edificio en un periodo de tiempo con el fin de obtener los parámetros reales de consumo eléctrico. Este apartado se realizará mediante la toma de datos empíricos de consumo y su posterior diagnóstico.
- Estudio comparativo posterior: El objetivo de esta última parte del proyecto es realizar un estudio comparativo entre los datos empíricos obtenidos, los parámetros extraídos de la información previa del proyecto y los datos de consumos de otros

edificios de la empresa, comparándolos entre ellos y obteniendo conclusiones referidas a ahorros energéticos, extrapolándolas a valores divulgativos.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

2.1 Introducción General

Es el objeto del presente capítulo definir las condiciones técnicas y legales a las que deberá ajustarse la instalación eléctrica de referencia a fin de poder llevar a cabo su construcción y servir de base para las autorizaciones administrativas que precisen. El alcance del presente proyecto contempla actuaciones sobre dos parcelas, denominadas M14 y M17, así como sobre el espacio que separa las mismas.

En esta memoria se definen las siguientes instalaciones eléctricas:

- Instalaciones de Media Tensión
- Instalaciones de Baja Tensión
- Instalaciones Interiores

2.2 Normativa de Aplicación

Las instalaciones de electricidad serán ejecutadas de acuerdo con la siguiente normativa:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión aprobado en el decreto 842/2002 del Ministerio de Ciencia y Tecnología de 2 de Agosto, publicado el 18 de Septiembre del 2.002.
- Normativa aplicable de la Empresa Suministradora de Energía para las instalaciones de Alta Tensión y Baja Tensión.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Orden de 6 de julio de 1984, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (y correcciones posteriores).
- Real Decreto 1.955/2.000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, así como las modificaciones sobre este indicadas en el RD 2.351/2.004, del 23 de diciembre.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- UNE-EN 12464 sobre iluminación para interiores.

- Real Decreto 1.946/1.979 de 6 de julio sobre reducción de consumo en alumbrado público.
- Todos los equipos y materiales se ajustarán a las normativas UNE vigentes.
- Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (R.D. 1942/1993, de 1993).
- Ley 2/2007, de 27 de marzo, por la que se regula la garantía del suministro eléctrico de la Comunidad de Madrid.
- ASHRAE 90.1 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (Para el cumplimiento de los objetivos de certificación LEED).

2.3 Criterios Del Sistema

Para desarrollar la estrategia a seguir en la distribución eléctrica de los edificios de referencia se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones del edificio:

- Seguridad, fiabilidad y continuidad en el suministro y en la instalación para que en todo momento se puedan satisfacer las necesidades de cada zona y la operación segura del sistema. Para ello se establecen criterios de seguridad y redundancia eléctrica que se expondrán más adelante.
- Máxima eficiencia en el transporte de la energía (alta tensión & baja tensión), aproximando los CT's y CGBT's lo máximo posible a los centros de gravedad de las cargas.
- Distribución y zonificación siguiendo los criterios de zonas arquitectónicas. Posibilidad de independizar el funcionamiento/suministro de cada edificio con respecto al resto
- Cumplimiento de ASHRAE 90.1 para la obtención de los créditos correspondientes para la certificación LEED.

Otros factores relevantes que se han tomado en consideración en el diseño de estos edificios para el buen funcionamiento del complejo son:

- Versatilidad de la instalación para posibles cambios y modificaciones en la ubicación de equipos, cambio de usos, etc., con el menor compromiso posible para la instalación y la propiedad.
- Flexibilidad del diseño con el fin de acomodar los cambios futuros pese a los cambios que puedan surgir en la tecnología aplicada la informática y otros.
- Flexibilidad en la disposición de espacios de salas y sus posibilidades de expansión.

- Dimensionamiento de los sistemas para asegurar el buen funcionamiento de estos en el futuro, pese a los tecnológicos en las instalaciones o reducción del consumo de energía.
- Mínimo impacto medio ambiental. Para ello, toda la infraestructura necesaria para el suministro eléctrico se ha dispuesto bajo la premisa de causar el menor impacto medio ambiental posible (impacto visual, ruidos, emisión de humos, huella ecológica, etc.).
- Cumplimiento de la Normativa legal vigente aplicable a un edificio de estas características.

2.4 Descripción general de la instalación

2.4.1 Tipos de Suministro

Dada la importancia que tiene la continuidad del suministro eléctrico en edificios y centros de negocio como el que nos ocupa, tal como se describirá en puntos posteriores, se hace necesaria la utilización de diversos medios que aseguren la continuidad del suministro caso de fallo cualquier de las fuentes principales. Esta necesidad cubre sobradamente con la cobertura que prevé el REBT para los equipos de emergencia. Se prevén los siguientes tipos de suministro:

- Suministro principal: línea en bucle de media tensión.
- Suministro complementario: grupos electrógenos.
- Equipos de alimentación ininterrumpida.

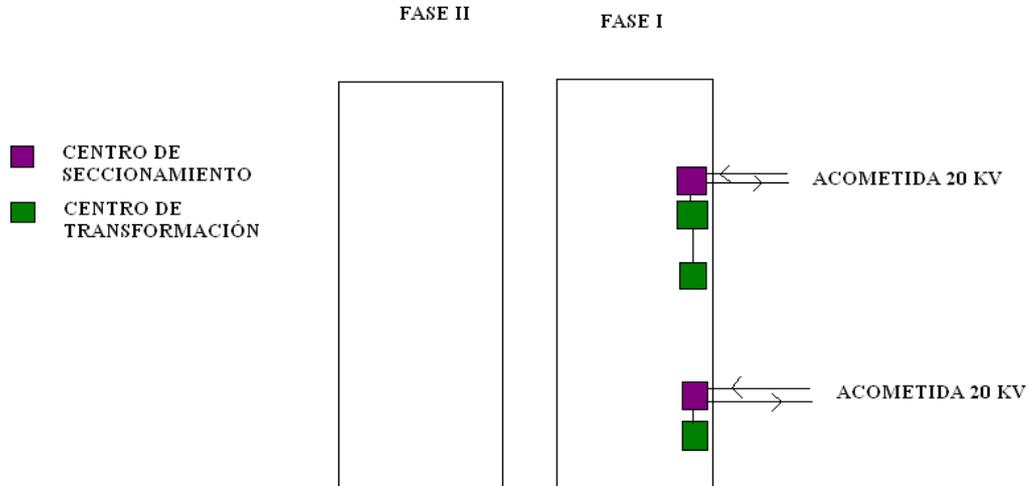
El dimensionamiento de estos suministros complementarios, se ha realizado para que la actividad en los edificios pueda continuar de forma normal aun en caso de fallo de la red principal de alimentación eléctrica.

2.4.2 Suministro eléctrico principal

Se ha previsto una acometida eléctrica para los edificios Norte y Sur. El suministro eléctrico en la fase 1, tendrá como alimentación eléctrica principal una acometida en media tensión (20kV), directamente desde la red de compañía suministradora de energía. La conexión se realizará a través de un centro de entrega de energía (seccionamiento y medida) ubicado en edificio Sur, de acceso libre y directo desde el exterior las 24h.

El edificio M14 se alimentará desde el centro de reparto y medida del M17. La conexión se realizará en bucle con los centros de transformación del M14 y M17. El

edificio Sur se alimentará desde el centro de reparto y medida del edificio Sur. La conexión se realizará en bucle con los centros de transformación del edificio Norte y del edificio Sur. A continuación se muestra un esquema del suministro de ambas parcelas:



Se ha tratado de seleccionar todos los transformadores de la misma potencia, facilitando así el intercambio entre ellos y el stock de repuestos. Se ha optado por transformadores de 1600kVA y 1000 kVA de aislamiento seco. Se muestra a continuación un esquema del suministro eléctrico de la parcela Norte.

En el edificio Norte, la potencia instalada en transformadores (considerando los criterios de redundancia que se explicarán más adelante) es de $4 \times 1600 \text{kVA} + 2 \times 1000$, separando y clasificando los transformares como red segura y red normal en previsión de la configuración de fase 2, tal y como sigue:

- Trafo T1- 1600kVA Red Normal (Fuerza/Alumbrado)
- Trafo T2- 1600kVA Red Normal (Fuerza/Alumbrado)
- Trafo T3- 1600kVA Red Normal (Clima)
- Trafo T4- 1000kVA Red Segura (Usos informáticos)
- Trafo T5- 1000kVA Red Segura (Usos informáticos)
- Trafo T6- 1600kVA Red Normal (Restaurante)
-

Los transformadores T1, T2, T3, T4 y T5 del M14 se ubicarán en el sótano -2 del mismo edificio. Estos están ubicados de tal forma puedan tomar aire directamente desde un patio inglés, siendo necesario realizar una extracción forzada de aire para su correcta ventilación. Las celdas de protección de estos transformadores se encontrarán divididas en dos salas (“celdas red normal” y “celdas red segura” respectivamente) ubicadas en el sótano -1.

El transformador T6 del edificio Norte se ubicará en el sótano -1 del mismo edificio. Este estará ubicado de tal forma puedan tomar aire directamente desde el exterior, siendo necesario realizar una extracción forzada de aire para su correcta ventilación. La celda de protección de este transformador se encontrará ubicada en la sala de “celdas red normal” del sótano -1.

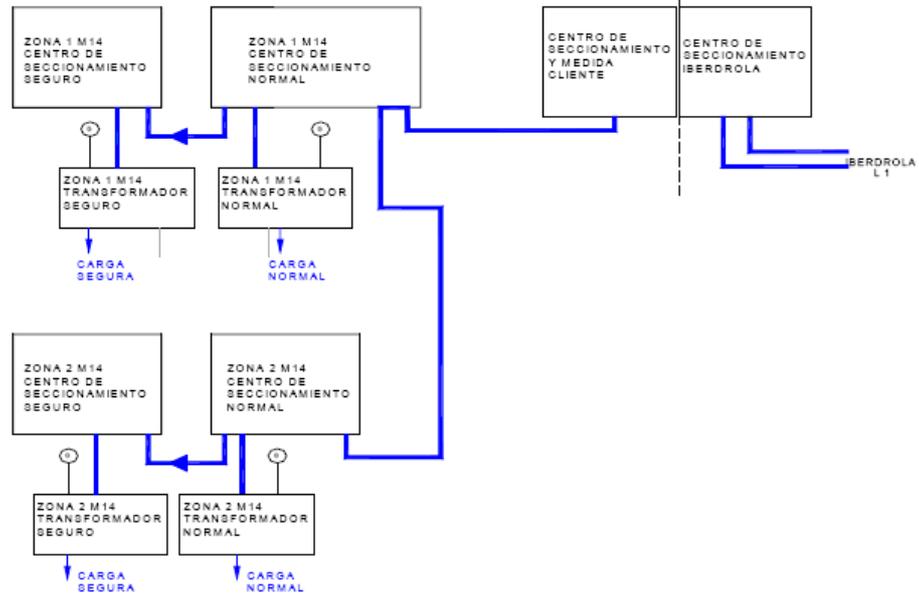
En zona Sur, la potencia instalada en transformadores (considerando los criterios de redundancia que se explicarán más adelante) es de 6x1600kVA, separando y clasificando los transformares como red segura y red normal en previsión de la configuración de fase 2, tal y como sigue:

- Trafo T1- 1600kVA Red Normal (Fuerza/Alumbrado)
- Trafo T2- 1600kVA Red Normal (Fuerza/Alumbrado/Clima)
- Trafo T3- 1600kVA Red Normal (Clima)
- Trafo T4- 1600kVA Red Segura UPS A (Usos informáticos)
- Trafo T5- 1600kVA Red Segura UPS B (Usos informáticos)
- Trafo T6- 1600kVA Red Segura UPS C (Usos informáticos)

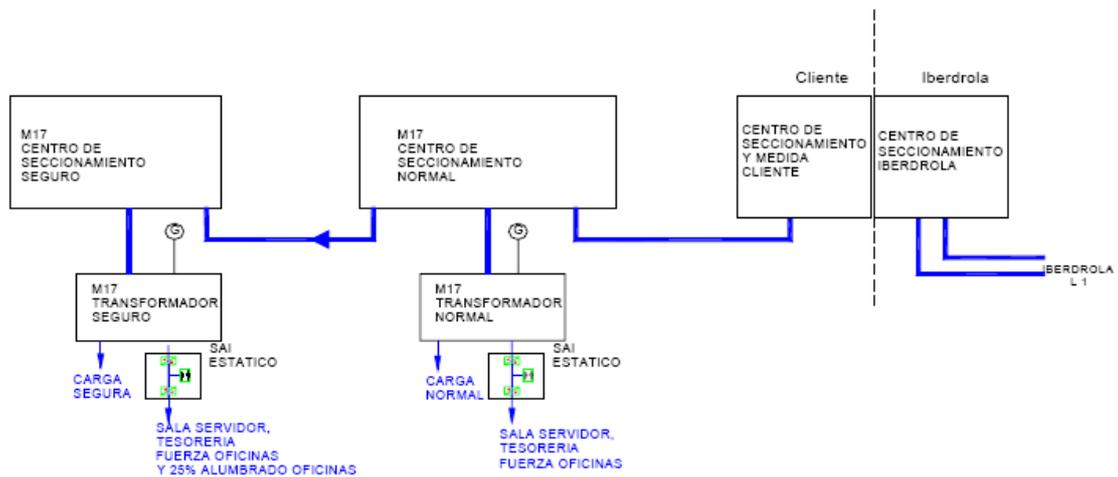
Los transformadores T1, T2, T3, T4, T5 y T6 del M17 se ubicarán en el sótano -2 del mismo edificio. Estos están ubicados de tal forma puedan tomar aire directamente desde un patio inglés, siendo necesario realizar una extracción forzada de aire para su correcta ventilación. Las celdas de protección de estos transformadores se encontrarán divididas en dos salas (“celdas red normal” y “celdas red segura” respectivamente) ubicadas en el mismo sótano -2.

Los interruptores de entrada de cada uno de los cuadros generales de baja tensión, estarán enclavados (mecánica y eléctricamente) con el interruptor de la celda de MT de protección del transformador correspondiente, con el fin de que si se produce la apertura voluntaria del primero o apertura por un problema de sobre intensidad o un defecto a tierra, se produzca al instante la apertura del segundo. Esto incrementará tanto la seguridad de los equipos como de las personas. Se muestran a continuación los esquemas de los suministros eléctricos de las parcelas Norte y Sur:

FASE I-EDIFICIO M14
Acometida de Iberdrola en estado normal



FASE I-EDIFICIO M17
Acometida de Iberdrola en estado normal



2.4.3 Suministro eléctrico de emergencia

En el edificio Norte, se instalará un grupo electrógeno principal de emergencia de 2000kVA/1600kW en servicio de emergencia, para alimentar a las cargas de emergencia (tanto conectadas a la “red normal” como a la “red de segura”.

En zona Norte, se ha previsto espacio de reserva para ubicar un grupo electrógeno exclusivo para la zona de restaurantes. La potencia prevista máxima para esta previsión es de 750kVA/600kW. Mientras no se instale el grupo electrógeno de exclusivo del restaurante, los circuitos de emergencia de esta zona se podrán alimentar del grupo electrógeno principal de 2000kVA/1600kW.

Ambos grupos (principal y restaurante) se ubicarían en sala común prevista en el sótano-1. La refrigeración de estos grupos electrógenos se realizará mediante intercambiador de calor (agua refrigeración motor/circuito secundario refrigeración) y aerorrefrigeradores en la cubierta independientes para cada uno. La ventilación y aporte de aire de dicha sala se realiza de forma forzada, tomando directamente de patio inglés y descargando en la cubierta del edificio.

En zona Sur, se instalarán cuatro grupos electrógenos de emergencia de 1600kVA/1260kW en servicio de emergencia. Estos grupos serán sincronizados (los cuatro) y darán suministro dos a dos a las cargas de emergencia conectadas a la “red normal” y a todas las cargas de la “red segura” respectivamente. Los cuatro grupos se sincronizarán juntos, si bien no se prevé que se puedan acoplar en paralelo más de dos grupos (ver configuración de cuadros). Los cuatro grupos electrógenos del edificio Sur se ubicarían en sala común prevista en el sótano-1. La refrigeración de estos grupos electrógenos se realizará mediante intercambiador de calor (agua refrigeración motor/circuito secundario refrigeración) y aerorrefrigeradores en la cubierta independientes para cada uno. La ventilación y aporte de aire de dicha sala se realiza de forma forzada, tomando directamente de patio inglés y descargando en la cubierta del edificio. Los equipos de emergencia/seguridad que es necesario conectar al grupo electrógeno son:

- Grupos de presión de incendios eléctricos
- Ascensores
- La totalidad del alumbrado interior
- Grupos de bombeo de pozos en parking
- Ventiladores de impulsión/extracción de garaje
- Ventiladores de extracción de gases de extinción
- Ventiladores de sobrepresión de vestíbulos (sistemas de control de humos)
- La totalidad del alumbrado interior
- Grupo de presión de agua fría sanitaria
- Sistema de Gestión
- Sistema de detección, extinción y protección de Incendios
- Sistema de megafonía
- Sistema de seguridad y control de accesos
- Campanas de extracción de cocinas
- Cámaras frigoríficas, vitrinas y neveras
- Aerorrefrigeradores de sistemas de refrigeración de grupos electrógenos

- Aerorrefrigeradores de sistemas de captación solar

El suministro de emergencia proporcionará el respaldo necesario para garantizar el funcionamiento seguro de las instalaciones cuando haya un fallo en el suministro de media tensión de compañía.

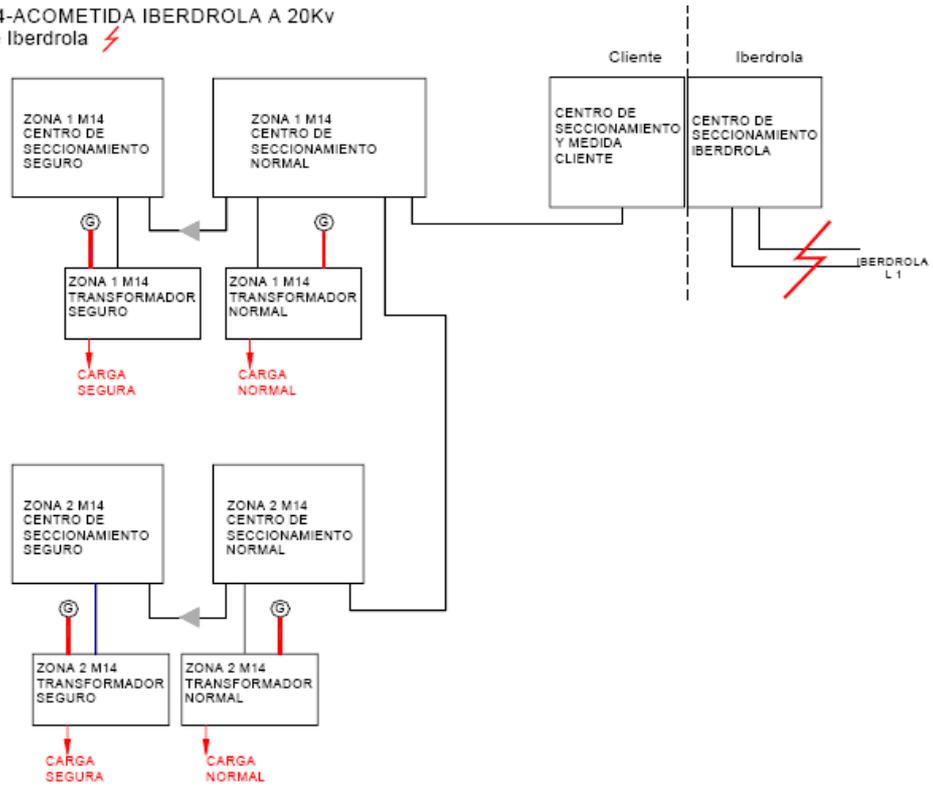
Los grupos electrógenos por tanto tendrán capacidad superior la mínima identificada como suministro del tipo “reserva” (25% del suministro principal) según se obliga en la ITC-BT 28 del reglamento electrotécnico de baja tensión, tal y como se define en el Artículo 10 del mismo reglamento.

El hecho de que los grupos electrógenos no soporten impactos de carga superiores al 60% y la posibilidad de que fallen los sistemas de deslastre, invita a centralizar en los cuadros generales los elementos de conmutación (tan solo existirán deslastres en los determinados cuadros de climatización en cubierta). En este sentido, es en los CGBT's principales donde se han previsto los sistemas de conmutación automática red/grupo.

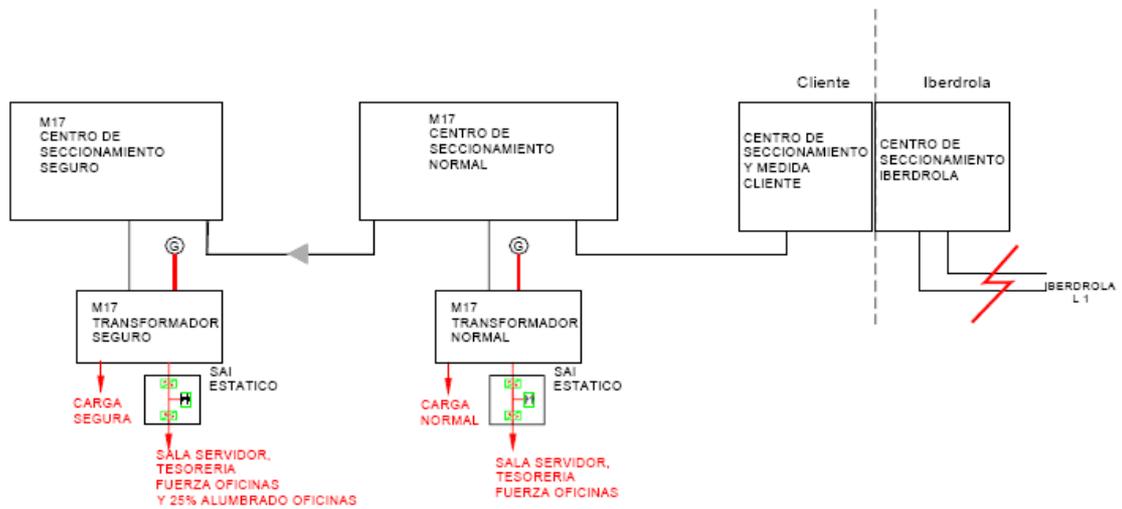
Estos sistemas estarán dotados de vigilante de tensión y señal de arranque de grupo independiente cada uno de ellos. El sistema de conmutación estará basado en relé específico con posibilidad de auto alimentación desde la red normal o la red de emergencia sin necesidad de fuentes de alimentación adicionales. Para evitar tener impactos de carga importantes en la conmutación de grupo, se han motorizado los interruptores del cuadro general de grupo, de tal forma que se puedan conectar escalonadamente las cargas al grupo electrógeno. Dicho escalonamiento se realizará desde el sistema de gestión técnica centralizada del edificio.

Todas las conmutaciones Red/Grupo se realizarán en Baja Tensión, en las condiciones indicadas en la instrucción ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, para instalaciones generadoras asistidas. A continuación se detalla nuevamente el esquema de suministro eléctrico del edificio por parte de los suministros de emergencia en caso de fallo del suministro principal, tanto en la parcela Norte como en la Sur:

FASE I-EDIFICIO M14-ACOMETIDA IBERDROLA A 20Kv
 Fallo de acometida de Iberdrola ⚡



FASE I-EDIFICIO M17-ACOMETIDA IBERDROLA A 20Kv
 Fallo de acometida de Iberdrola ⚡



2.4.4 Criterios de redundancia y cobertura de cargas críticas

La cobertura de las cargas de alumbrado interior se muestra en la siguiente tabla:

Zona	Cobertura alumbrado interior	
Oficinas generales	R.Normal	100% con respaldo de grupo electrógeno
Sala de Mercados	R.Segura	100% con respaldo de grupo electrógeno
Cuenta Privada	R.Segura	100% con respaldo de grupo electrógeno
Restaurantes	R.Normal	33% con respaldo de grupo electrógeno
Cocinas	R.Normal	33% con respaldo de grupo electrógeno
Sala de Racks	R.Segura	100% con respaldo de grupo electrógeno
Parking/Comunes	R.Normal	100% con respaldo de grupo electrógeno

Del mismo modo, la cobertura de los equipos de fuerza e informática queda reflejada de la siguiente manera:

Zona	Cobertura fuerza e informática		
Oficinas generales-	M1 4	R.Segura	No UPS, Solo grupo electrógeno
	M1 7	R.Segura	N+1 UPS estática ; Grupo electrógeno
Sala de Mercados	M1 4	R.Segura	-
	M1 7	R.Segura	2N+1 UPS estática , N+1 Grupo electrógeno
Sala de Mercados Secundarios	M1 4	R.Segura	-
	M1 7	R.Segura	Solo en M17 N+1 UPS estática, Grupo electrógeno
Salas de IT	M1	R.Segura	Grupo electrógeno

	4		
	M1 7	R.Segura	N+1 UPS estática ; Grupo electrógeno
Restaurantes	M1 4	R.Normal	Provisión para futura acometida MT independiente y Grupo electrógeno independiente. Liquidez inmobiliaria
	M1 7	R.Normal	
Cocina	M1 4	R.Normal	Provisión para futura acometida MT independiente y Grupo electrógeno independiente. Liquidez inmobiliaria
	M1 7	R.Normal	
Sala Racks	M1 4	R.Segura	-
	M1 7	R.Segura	2N+1 UPS estática (incluido ventiladores clima MER) N+1 Grupo electrógeno diesel (incluido equipos clima MER)
Parking/ zona comunes	M1 4	R.Normal	Grupo electrógeno para equipos de emergencia
	M1 7	R.Normal	Grupo electrógeno para equipos de emergencia
Salas PCI	M1 4	R.Normal	Doble alimentación con sistema de conmutación automática en cuadro propio de la sala de PCI ("R/G" desde CGBT correspondiente y "G" desde cuadro general de grupos electrógenos.
	M1 7	R.Normal	

2.5 Alumbrado

2.5.1 Consideraciones lumínicas en las salas

Tanto para la iluminación natural como para la artificial se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- Niveles de iluminancia
- Uniformidad
- Deslumbramiento desagradable y contraste visual
- Brillo
- Rendimiento cromático
- Eficacia

2.5.2 Iluminación natural

En el diseño arquitectónico del edificio, la admisión de luz natural será controlada y difuminada, para evitar los niveles de luz excesivos. La luz natural será regulada con la instalación de varios sistemas que localmente controlarán el deslumbramiento de la luz directa del sol, durante todo el día, con el fin de proporcionar una luz difuminada dentro del edificio. Se proyectarán sistemas de regulación y control

de iluminación interior acordes con el DB-HE3 del CTE, que regulen el aporte de luz artificial en las zonas próximas a fachadas, atrios, etc. en función del aporte de luz natural.

Cabe destacar que la luz natural supondrá un gran factor a tener en cuenta en la construcción del edificio, puesto que se considera que el aprovechamiento de este recurso puede suponer grandes ahorros a nivel energético y por consiguiente económico. Por ello, se ha realizado un estudio de la iluminación natural que tendrá el edificio en dos escenarios principales, a primera hora de la mañana, a las nueve de la mañana concretamente, y a media tarde, a las tres de la tarde. Para la realización de este estudio, utilizamos los requerimientos del apartado 8.1 del código LEED-NC 2009, que exige que el 75% de la superficie del edificio tenga una influencia de la luz natural superior a 270 luxes. Los resultados obtenidos en el estudio se muestran a continuación:

Hora	Planta del edificio	Superficie con influencia de luz natural(m ²)	Superficie con luminosidad natural superior a 270 luxes(m ²)	Porcentaje de la superficie total con luminosidad superior a 270 luxes
9:00	0	20035	17063	85%
9:00	1	19390	17599	91%
9:00	2	22399	21293	95%
15:00	0	20035	15567	78%
15:00	1	19390	18003	93%
15:00	2	22399	22374	100%

Se observa cómo el edificio cumple con las especificaciones marcadas por la legislación en lo que a porcentaje de luz natural recibida en el edificio se refiere, obteniendo valores muy representativos para la buena utilización de este recurso.

2.5.3 Iluminación artificial

La disposición y el tipo de las luminarias elegidas, así como su cableado, canalización y cuadro eléctrico asociados cumplirán con lo descrito en el REBT y la normativa europea aplicable. Se han previsto diversos sistemas de control de

iluminación, ajustando en cada caso el diseño a las necesidades particulares de cada zona.

El sistema de alumbrado, supera las indicaciones mínimas descritas en el documento “HE-3 Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación” del CTE. La solución general de iluminación está basada en el uso masivo de lámparas fluorescentes y balastos electrónicos de alto rendimiento. Los criterios de medidas generales adoptados para el control de iluminación son:

- Toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización.
- Como mínimo se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, en los siguientes casos que indica el propio CTE.

2.5.4 Sistemas de control de iluminación

Se han previsto los siguientes sistemas de control de iluminación:

- Volumétricos para control de presencia con temporización en zonas de uso esporádico (aseos, vestuarios, etc.).
- Sensores táctiles temporizados en cabinas individuales de aseos.
- Encendido/apagado de zonas con control horario desde sistema de gestión centralizada del edificio.
- Sistema integral de control de alumbrado DALI, incluyendo:

Control/regulación de la iluminación perimetral de la fachada mediante sondas de iluminación que regulan el flujo luminoso de las luminarias equipadas con balastos DALI.

Control/regulación de la iluminación en zonas centrales de edificios mediante sondas de iluminación que regulan el flujo luminoso de las luminarias equipadas con balastos DALI.

Previsión de sistemas DALI locales con elemento simple de introducción de escena.

Se instalarán pulsadores de tal forma que sea posible anular el apagado automático de la iluminación y/o encender los diferentes espacios una vez se ha producido éste. Dichos pulsadores serán del tipo Radiofrecuencia y formará parte del sistema de control de iluminación. El sistema de control de iluminación será capaz de controlar la iluminación de tal forma que se satisfagan las condiciones marcadas en la ASHRAE 90.1.

2.5.5 Sistema integral de control de alumbrado DALI

2.5.5.1 Comunicación central

El Sistema se integrará en cableado estructurado de red existente en el edificio, el cual utiliza el protocolo de comunicaciones TCP/IP. Por tal motivo el sistema necesitará en cada cuadro de control una toma de Red LAN provista del conector RJ45 (no proporcionado ni instalado). El sistema se integrará en el SCADA general del edificio.

2.5.5.2 Bus de control

Se integrará un sistema de control basado en bus de campo al que se conectarán la totalidad de módulos de la instalación, las topologías del bus serán totalmente flexibles facilitando así el cableado y conexión de los módulos, se admitirá cualquier tipo de topología (estrella, árbol, línea, etc.) excepto la distribución en anillo. Se podrán realizar segmentaciones del bus mediante separadores galvánicos, cada uno de estos segmentos se alimentará mediante una fuente de alimentación que permitirá la conexión de hasta 100 módulos por segmento, en el caso de ser requerido, se conectará una segunda fuente de alimentación en cada segmento funcionando de forma redundante y que alimentará el bus de forma automática cuando se detecte algún problema en la fuente primaria. Se aprovechará la segmentación del bus para realizar un cableado funcionalmente estructurado a lo largo de la totalidad de la instalación evitando de esta manera que problemas en el bus, como cortocircuitos, cortes de la línea de bus o falta de alimentación en una parte de la instalación afecten al resto de la misma. La libertad de topología del bus permitirá en un futuro realizar de una forma sencilla y económica cualquier modificación o ampliación en la instalación.

El bus será inmune a interferencias electromagnéticas sin necesidad de realizar el cableado del mismo con conductores apantallados. Todos los módulos con conexión al bus estarán equipados con un puente rectificador de diodos que permitirá realizar la conexión sin tener en cuenta la polaridad, además todos los módulos se podrán conectar y desconectar del bus en caliente, es decir, sin necesidad de interrumpir la alimentación del segmento de bus antes de realizar estas operaciones. El medio físico que se utilizará para el tendido del bus será cable totalmente estándar de mercado H07Z1-K 2 x 0,75 ó H07Z1-K 2 x 1,5 cables bipolares trenzados, la longitud máxima de la totalidad de un segmento de bus, sumando todas las ramificaciones del mismo, no podrá superar los 1.000m independientemente del cable utilizado siempre que no se superen las siguientes limitaciones: En un segmento de bus la distancia máxima entre los dos módulos más alejados entre sí será de 500m si se utiliza cable de 1,5mm² ó de 350m si se utiliza de 0,75mm² y la distancia máxima desde la fuente de alimentación hasta el módulo más alejado será de 500m si se utiliza cable de 1,5mm² ó 350m con cable de 0,75mm².

El sistema permitirá la creación y modificación de escenas en cada una de las salas, dichas escenas consistirán en valores concretos de cada uno de los canales de salida dentro de la habitación que quedarán grabados en las memorias EPROM de cada módulo, dependiendo del tipo de módulo se podrán grabar hasta un máximo de veinte escenas distintas que se podrán llamar posteriormente con una simple pulsación en un elemento de control o entrada del sistema.

El sistema permitirá establecer tiempos de fundido al pasar de una escena a otra que serán totalmente configurables por el usuario, al activar estos tiempos, cuando un usuario decida pasar de una escena a otra dentro de una habitación, las salidas irán variando progresivamente su valor desde la posición que tenían en la escena de partida hasta alcanzar el valor correspondiente en la nueva escena seleccionada, este proceso durará el tiempo que se haya establecido en el sistema. La definición de este tipo de tiempos podrá ser distinta para cada secuencia de destino o general para todas las secuencias definidas en la habitación.

2.5.5.3 Control de luminarias

Las luminarias fluorescentes de la instalación se controlarán a través del sistema de comunicación DALI. Toda comunicación entre los módulos de salida y los balastos electrónicos para el accionamiento de las luminarias fluorescentes se realizarán a través de una señal digital DALI que proporcionará el valor adecuado en cada caso a la luminaria. A través de esta señal digital se regularán las luminarias a lo largo de un margen mínimo 1%-3% al 100%, dependiendo del tipo de lámpara. La utilización de esta señal digital permitirá una regulación constante incluso en bajos niveles de luminosidad sin producir parpadeos en la luminaria. La comunicación entre la salida digital y los balastos electrónicos para fluorescencias será bidireccional de manera que el balasto podrá enviar errores de lámpara al sistema. Las conexiones de la línea DALI

no tendrán polaridad. El valor de la salida digital DALI variará desde 0 a 255 y la curva característica de correspondencia entre dicho valor y el porcentaje de luminosidad de la luminaria será una curva exponencial especialmente estudiada para ajustarse a la sensibilidad del ojo humano y conseguir así una óptima percepción de la variación de la luminosidad por parte del usuario.

Todos los módulos con salida DALI para el control de luminarias dispondrán de un servicio de vigilancia de sus salidas de manera que serán capaces de enviar códigos de error al sistema en el caso de malfuncionamiento, como por ejemplo cortocircuitos en la línea DALI, abertura de la línea, fallos de lámpara enviados por los balastos digitales para fluorescencias, etc.

Existirán módulos de salida DALI con uno o varios canales, cada canal será totalmente independiente de los otros disponibles en el módulo si los hubiera y en cada uno de ellos se podrán conectar un máximo de 64 luminarias sobre una longitud máxima de 300m. En las luminarias situadas en el perímetro del edificio el control será de forma totalmente individualizada, en las luminarias interiores se regularán las luminarias por agrupaciones. Se ha dimensionado el sistema para que en un futuro las luminarias interiores puedan controlarse de forma individual con un simple cambio de hardware en cuadro. El cable que se utilizará será totalmente estándar de mercado H07Z1-K 2 x 0,75 ó H07Z1-K 2 x 1,5 cables bipolares trenzados.

Aquellas luminarias que por sus características físicas o por no ser necesario no sean objeto de regulación se controlarán a través de los módulos de salida de relé, estos módulos dispondrán de varias salidas. Éstas serán totalmente independientes entre ellas y cada una recibirá una dirección según el método de direccionamiento explicado en apartados anteriores del presente estudio. Los módulos de salida por relé podrán soportar una carga de conexión máxima de 16 A para factores de potencia elevados, según se disminuya el factor de potencia del circuito gobernado por la salida de relé se reducirá el consumo máximo permitido del mismo. Si el módulo de control se utiliza para accionar contactores es imprescindible que estos estén equipados con el circuito de descarga apropiado recomendado por el fabricante para evitar que la bobina provoque picos de tensión al ser desactivada.

El enlace de red es un dispositivo de montaje en armario eléctrico con conexión Ethernet (TCP/IP) para el control de aparatos de servicio compatibles con DALI, aparatos bus LM, así como sensores y unidades de mando DALI especiales. Los aparatos de servicio conectados (máx. 3x64 DALI, 1x100 Bus LM) pueden ser programados de forma individualizada (automatización, ambientes) y agrupados.

En adición, en las líneas de control DALI pueden integrarse sensores DALI especiales, como receptores de infrarrojos, detectores de presencia o sensores de luz interior, e integrarse en el sistema.

2.5.5.4 Sensor de luminosidad exterior

El sistema dispondrá de un sensor general para toda la instalación situado en la parte más elevada del edificio, este sensor estará compuesto por un total de ocho células fotoeléctricas y un sensor de infrarrojos. El sensor recogerá en todo momento los datos de iluminación tanto directa como difusa en dirección vertical y horizontal sobre cada uno de los puntos cardinales así como el estado general del cielo a través del sensor de infrarrojos. Todos los datos captados por el sensor serán enviados a través del bus al resto de la instalación para su posterior procesamiento y explotación. Debido a su posición de montaje, el sensor estará equipado con un sistema autónomo de calefacción que evitará la formación de condensación en la cubierta exterior evitando así errores en las medidas de los sensores. Todas las conexiones eléctricas del sensor como alimentación y bus de comunicación serán protegidas con elementos de seguridad de descarga de rayos.

2.5.5.5 Procesador de Control

El tratamiento centralizado de la instalación se realizará a través de varios procesadores, cada uno de ellos tendrá capacidad para automatizar un máximo de 1.000 salidas en la instalación. La versión LITENET Flexis N1 Office Edition incluye las siguientes funciones:

- Control de mantenimiento: Función de control para la realización de la máxima salida de luz sobre la base de los valores planificados en una instalación de iluminación planificada según EN 12464.
- Configuración sencilla de funciones en el ámbito de sala a través de la asignación y el establecimiento de parámetros de los perfiles de sala.
- La biblioteca básica ofrece diferentes perfiles de salas que suelen aparecer en edificios de oficinas, que entre otras cosas permiten un control en función del tiempo unido a determinadas condiciones. Control en función de la luz natural de la luz artificial.
- El procesador dispondrá también de una tarjeta TCP/IP para su conexión a la red del edificio. Sobre el procesador de luz natural se instalará todo el software necesario para el correcto funcionamiento de la instalación que correrá sobre un sistema operativo estándar de mercado.
- Las funciones siguientes serán realizadas por el procesador de luz natural.

2.5.5.6 Regulación en función de la luz natural

En aquellas zonas en las que el aporte de luz natural sea suficiente, se realizará una regulación de las luminarias en función de la luz natural disponible que repercutirá en el confort del usuario así como en un importante ahorro energético. El procesador de luz será el encargado de ajustar los valores de iluminación de cada una de las salidas del sistema en función de las variaciones de la luz natural recogidas por el sensor ubicado en la cubierta del edificio. El sistema de control permitirá la creación de una curva característica de control para cada una de las salidas regulables que utilizará para calcular en cada momento el valor de salida necesario para mantener unos niveles de iluminación constantes en el recinto pese a las variaciones normales de iluminación natural en el exterior. Para las salidas por relé del sistema, se podrá definir una histéresis que determinará en que valores de luz natural exterior se producirá el cambio de estado del relé.

Para realizar la programación de la curva de control se grabarán en el sistema dos puntos con una luminosidad exterior dispar, uno con mucha aporte de luz natural y otro con aporte casi nulo, en cada una de estas circunstancias se regularán las salidas correspondientes a las luminarias del recinto en cuestión de manera que la suma de luz artificial y natural se corresponda con el nivel constante deseado en dicha ubicación. Una vez guardados los puntos el sistema calculará una recta que los contenga y la utilizará para ajustar en cada momento el valor de la salida para los datos de iluminación exterior recogidos por el sensor exterior. Para cada luminaria se podrán grabar distintas curvas de control en cada una de las posibles escenas del sistema de control de manera que al seleccionar una de estas escenas en un recinto el sistema automáticamente calculará los valores de salida con la curva de control correspondiente a dicha escena. El usuario en todo momento podrá realizar variaciones sobre el valor de las luminarias aunque estén siendo controladas automáticamente por el sistema, se definirá el tiempo que tardará la instalación en volver al funcionamiento automático después de una intervención manual sobre la misma.

2.5.5.7 Gestión de tiempos

El procesador de luz natural permitirá la programación de eventos en función de horarios, días festivos o períodos vacacionales, estos eventos actuarán sobre cualquier parte de la instalación, varias habitaciones, una única habitación, grupos o salidas individuales, e incluso se podrá seleccionar a qué tipo de salida va dirigido el evento. Se podrán realizar funciones estrictamente dependientes de horarios o utilizar el estado de otras salidas como condiciones únicas o múltiples del evento pudiendo así realizar complejas tareas de programación. Las acciones sobre las salidas consistirán normalmente en cambios de escena aunque se podría llegar a mandar comandos específicos al bus como resultado del evento, se indicará sobre que salidas se quiere actuar, a que escena de deberá ir y los tiempos de paso, durante estos tiempos de paso

las salidas irán cambiando del valor de partida al valor final mediante una regulación continua.

2.5.5.8 Gestión de usuarios

El procesador de luz natural realizará los trabajos de administración y control de usuarios, donde se podrán definir nombres de usuarios, contraseñas, áreas de trabajo para cada usuario así como los derechos sobre los distintos programas de control y sobre las acciones que podrán realizar en la instalación. En el caso de que la instalación cuente con un servidor, estas tareas serán realizadas por él.

2.5.5.9 Servidor

El sistema de control contará con un servidor, para montaje en bastidor de 19", que recogerá los datos de todos los procesadores de luz diurna del sistema y los pondrá a disposición de aquellos clientes que lo requieran. La conexión entre los equipos se realizará a través de una red de área local mediante el protocolo TCP/IP; dependiendo de las necesidades de la instalación se podrán conectar todos los equipos en la misma red o realizar una red con los procesadores de luz natural conectada al servidor y este conectarlo a través de una segunda tarjeta de comunicaciones a la red de oficina de la instalación. El servidor constituye la base de diversas funciones:

- Administración central de datos de mensajes del sistema y de alarma de todo un sistema LITENET.
- Sistema de información para la configuración libre del canal de salida (e-mail, SMS o impresora) por el que la información necesaria debe enviarse a personas predeterminadas en caso de error.
- Protocolización centralizada de datos de consumo, listas de alarma.
- Datos de registro y libros de pruebas de iluminación de emergencia para un análisis exacto de las incidencias a posteriori.
- Copias de seguridad y recuperación de los datos de todos los controladores LITENET Flexis N1 puestos en red en una instalación.

2.5.5.10 Superficie gráfica

El SCADA general del edificio contará con un software de visualización y manejo de la instalación en el que se podrá comprobar el estado de la totalidad de salidas de la misma y controlar cada una de ellas, llamar a escenas, agrupar y desagrupar luminarias de una manera simple e intuitiva. La representación de la instalación se realizará mediante distintas ventanas ligadas entre sí, el usuario podrá desplazarse desde una ventana general del conjunto de la instalación hacia otras con más detalle en la que aparecerán las representaciones de los módulos en sí. La navegación entre ventanas se realizara con una actuación del ratón sobre la zona de la que se quiera obtener más detalle. El valor de cada una de las salidas aparecerá representado tanto gráfica como numéricamente y pulsando sobre cada módulo se mostrará una ventana de propiedades del mismo donde se podrán visualizar estados,

alarmas, valores de dicha salida para cada una de las escenas del sistema, etc. El sistema de visualización contará con un histórico de errores ocurridos en la instalación, en este histórico, dependiendo de los derechos del usuario, se podrán marcar las alarmas como ya reconocidas por el operario de mantenimiento así como imprimirlas.

El sistema no se limitará a dar un código general de alarma sino que precisará si esta es debida a un problema general del módulo, a una falta de comunicación, a un error en el elemento que está siendo controlado por el módulo, etc. Cuando un elemento se encuentre en alarma, independientemente de la naturaleza de la misma, aparecerá en color rojo parpadeando en la pantalla de visualización y en todas aquellas pantallas más generales desde las que se pueda acceder a la de detalle, aparecerá un recuadro rojo parpadeando para indicar la avería de dicho módulo en esa zona y facilitar así el acceso al mismo. El software de visualización podrá ser instalado tanto en el procesador de luz diurna como en el servidor, si existiera, aunque por razones de seguridad se instalará en un ordenador independiente conectado al resto de la instalación a través del protocolo TCP/IP.

2.5.5.11 Zonas objeto de control

Se relacionan a continuación las zonas objeto de control así como la definición de funcionamiento de las mismas en función de su utilización y de las necesidades a cubrir en ella:

- **Sistema central**

El sistema de control dispondrá de un terminal de supervisión y control gráfico de la instalación con el que se visualizará en tiempo real el estado de las salidas del sistema, adicionalmente se podrán enviar comandos de operación a las mismas así como visualizar e imprimir alarmas de fallos en módulos y lámparas. Con el sistema Litenet Graphics se podrá agrupar, desagrupar, llamar a escenas, cambiar horarios, cambiar curvas de luz natural de una manera simple e intuitiva. El sistema de control realizará históricos de consumos de cada una de las salidas así como horas de funcionamiento para simplificar las labores de mantenimiento.

- **Escaleras y Otras zonas Comunes**

Se realizará un control general de encendidos y apagados en función de los horarios establecidos para el edificio.

- **Zonas de trabajo administrativo**

Se realizará un control general de encendidos y apagados en función de los horarios establecidos para el edificio.

Las zonas sectorizadas en despachos dispondrán de pulsadores RF. Estos cuartos no se encenderán por horario sino que será el propio usuario quien lo encienda en caso de ocupación, de esta manera se evitarán consumos innecesarios en caso de ausencias ocasionales.

El apagado tanto de despachos como de zonas abiertas se realizará de forma progresiva en un tiempo a determinar (3' apróx). Esto permitirá al usuario rearmar de forma cómoda su zona con los pulsadores RF dispuestos a tal fin en caso de que se prolongue su jornada de trabajo.

Fuera de los horarios normales de funcionamiento del edificio permanecerán las luminarias permanecerán encendidas a un valor mínimo (3%), necesario para labores de seguridad y vigilancia.

En aquellas zonas con influencia de la luz natural se realizará una regulación de las luminarias comprendidas en una franja de unos 5m de profundidad.

2.5.6 Iluminación de emergencia

Todas las zonas, en especial los pasillos de salida de emergencia y escaleras dispondrán de puntos de luz de emergencia e indicadores luminosos, de conformidad con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión ITC BT 28, CTE SU-05 y demás normativa aplicable con fin de prever la eventual falta de luz por avería o deficiencias en el suministro.

Todo el alumbrado de emergencia deberá funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los puntos principales una iluminación adecuada. En zonas diáfanos de oficinas, podrán utilizarse luminarias “convencionales” con kit de emergencia homologado, siempre que este sea integrado en la luminaria por el fabricante de la misma.

El alumbrado de emergencia incluye los siguientes tipos de alumbrado:

Alumbrado de seguridad: El alumbrado de seguridad dispondrá de fuentes propias de energía, y estará formado por equipos autónomos automáticos con batería incorporada. Se preverán dos tipos de alumbrado de seguridad, alumbrado de evacuación y alumbrado ambiente o anti pánico.

El alumbrado de evacuación se preverá en pasillos de evacuación y proporcionará a nivel de suelo y en el eje de los pasos principales una iluminancia mínima de 1 lux. En salas de cuadros y equipos de protección contra incendios, la iluminancia mínima será de 5 lux. Señalizará de manera permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de la edificación.

El alumbrado ambiente proporcionará una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1m. Este alumbrado permitirá acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos. Además

de los equipos autónomos de emergencia, todo el alumbrado estará conectado a grupo electrógeno.

Alumbrado de reemplazamiento: No se prevé ninguna zona con alumbrado de reemplazamiento. El sistema de emergencias contará con un sistema de diagnóstico, chequeo, gestión y control de los equipos autónomos mediante bus, que permitirá disponer de información acerca del estado de las baterías y las lámparas que componen el mismo. Se realizará a través de un equipo de test y telemando que comunica con todas las luminarias.

Este se integrará en el sistema de gestión centralizado de la edificación. El alumbrado de evacuación deberá señalar de manera permanente la situación de las puertas, pasillos, escaleras y salidas del edificio y deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de luz. Las luminarias que incorporen señales de salida no superarán la potencia de 5 W por cara.

2.6 Previsión de consumos eléctricos

La previsión de cargas es necesaria para dimensionar la capacidad de suministro de las líneas de distribución de la compañía eléctrica, así como la potencia a instalar en los centros de transformación. En fase de proyecto básico, se realizó una previsión de demanda básica en base a lo dispuesto en:

- Reglamento Electrotécnico para baja Tensión por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, en concreto la Instrucción Técnica Complementaria 10. Previsión de cargas para suministros en baja Tensión, así como su interpretación en la Guía Técnica de Aplicación: Instalaciones de enlace. Previsión de cargas para suministros en baja Tensión. Guía BT-10.
- Normas particulares para instalaciones de Alta Tensión (hasta 30 kV) y Baja Tensión. MT2.03.20. Edición 07. Marzo, 2004.
- Ratios de electrificación acordados con la empresa.

Dadas las especiales características de edificio los ratios de electrificación del Real Decreto 842/2002 han sido superados en el caso de talleres, simuladores, comedor y aparcamientos.

Los valores considerados son:

ASIGNACION W/m2					
Tipo de Sala	Fuerza Normal	Fuerza Orden.	Alumb.	Inst Meca. General	Total
Hall de entrada	5	0	15	65	85
Control	20	75	25	65	185
Seguridad	20	75	25	65	185
Aparcamiento	5	0	10	10	25
Escaleras	5	0	10	10	25
Vestíbulos	5	0	15	55	75
Salas Técnicas	15	0	10	10	35
Cocina	425	0	15	65	505
Restaurante	200	0	25	20	245
CPD	200	1000	60	740	2000
Archivos	10	0	20	15	45

ASIGNACIÓN W/m2							
Inst- Particular							
Tipo de Sala	Fuerza Normal	Fuerza Orden.	Alumb.	Inst Meca. Particular	Total Particular	Inst Meca. General	Total
Oficina	25	40-80	20	25	110	50	160-200
Aseos	8	0	10	5	23	15	38

A continuación se incluye el cuadro de niveles de alumbrado que se utilizarán como base para el diseño de la solución lumínica dentro de la propuesta.

Zona	Nivel de iluminación
Oficinas de Dirección	500 lux
Oficina Generales	700 lux
Salas Técnicas	400 lux
Vestíbulo, entradas	300 lux
Almacén, archivos (no material sensible)	250 lux
Circulación	200 lux
Aseos Zona General	300 lux
Aseos Zona de Lavabo	500 lux
Aparcamiento Plazas	75 lux
Aparcamiento Circulación	100 lux

En todos espacios indicados anteriormente se deberá cumplir lo indicado en el Código Técnico de la Edificación para valores entre los que se encuentra el deslumbramiento, rendimiento de color, etc.

El alumbrado de emergencia y señalización deberá estar constituido por aparatos autónomos automáticos, que entrarán en funcionamiento cuando se produzca un fallo en el suministro.

Se debería prever en las oficinas, que para salas de equipos y otras zonas de importancia se proporcionen niveles de iluminación por encima de las necesidades mínimas de emergencia, considerando como adecuado un 25% de la iluminación normal. De esta forma se garantiza la operación continua y una identificación rápida de defectos durante una posible interrupción del suministro de compañía.

La demanda estimada en proyecto básico ha sido contrastada con los equipos instalados en el presente proyecto de ejecución. Las asignaciones de potencia a cada uno de los circuitos eléctricos se han establecido de la siguiente manera:

- Circuito de alumbrado: 1kW (máximo 10 luminarias por circuito).
- Circuito de fuerza usos varios: 2,3kW (máximo 10 tomas de corriente por circuito).

- Circuito de fuerza –caja porta mecanismo 2,3kW (máximo 4 cajas por circuito).
- Circuito alimentación a equipo mecánico: potencia nominal del equipo.
- Circuito alimentación a equipos varios: según detalle en cálculos.

Con las asignaciones anteriormente indicadas, se han configurado todos los cuadros eléctricos. A la potencia resultante de cada cuadro, se le ha aplicado un coeficiente de simultaneidad según el tipo de uso del cuadro.

2.7 Puesta a tierra

Quedan comprendidos en este apartado todos aquellos elementos, con el propósito de limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, utilizados en el presente proyecto.

2.7.1 Puesta a tierra de centros de transformación

2.7.1.1 Condiciones generales

Las conexiones a tierra de Alta y Baja Tensión se combinarán en un sistema único. La resistencia total a tierra de este sistema, una vez realizado, no excederá de 1Ω . Si el resultado de los ensayos realizados en la fase de puesta en servicio indicara que se excede de dicho valor, el neutro de BT se pondrá a tierra por separado de la red de Alta Tensión.

2.7.1.2 Tierra de herrajes o de protección

De acuerdo con lo establecido en la Instrucción MIE-RAT 13 se establecerán tierras separadas para todas las partes metálicas de la instalación por un lado, y para los neutros de los transformadores por otro.

En edificios, el circuito de puesta a tierra de herrajes del centro se situará sobre los paramentos verticales de la obra civil y a una distancia 10 cm por encima de las celdas.

Estará formado por un conductor continuo de varilla de cobre de 8 mm de diámetro al que se conectarán, necesariamente, en derivación, las masas siguientes:

- a. Envoltentes metálicas de las celdas prefabricadas

- b. Envolventes metálica de los cuadros de BT
- c. Protecciones contra contactos directos de las celdas de transformadores.
- d. Masas metálicas de los transformadores
- e. Apoyos metálicos de los aisladores de Alta Tensión (si los hubiese)
- f. Pantallas metálicas de los cables de Alta Tensión
- g. Flejes de protección mecánica de los cables de Alta Tensión
- h. Cuchilla de los seccionadores de puesta a tierra.
- i. Punto común de los secundarios de los transformadores de medida de Alta Tensión (si los hubiese)
- j. Bornes para los dispositivos portátiles de puesta a tierra
- k. Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios

No se unirán al circuito de puesta a tierra de herrajes, ni las puertas de acceso, ni las ventanas metálicas de ventilación de los centros de transformación.

Los conductores del circuito de tierra se sujetarán a los paramentos mediante grapas adecuadas atornilladas a tacos anti giratorios, anclados a la pared, a una distancia no superior a 60cm.

Los tacos estarán colocados en taladros efectuados en la pared por medios mecánicos, y una vez atornilladas las grapas, el conjunto ofrecerá la resistencia a la extracción y al giro necesaria para que el circuito quede firmemente sujeto.

Los electrodos de puesta a tierra se hincarán en el fondo de las arquetas de toma de tierra por medio de sufrideras adecuadas de forma que no se deterioren las roscas de las extensiones de la toma.

La conexión del circuito de tierra, se realizará mediante cable de cobre de 95mm²de sección; su sujeción a la varilla del circuito de tierra y al electrodo se realizará con las grapas de conexión adecuadas.

La arqueta de la toma de tierra será visible, permitiendo desabrochar la grapa de conexión con el circuito interior del centro, pudiendo medir la resistencia a tierra de las picas independientes del circuito general de puesta a tierra.

Se medirá la resistencia a tierra de los electrodos con los procedimientos adecuados. En los casos en que esta resistencia no permita cumplir las especificaciones contenidas en la MIE RAT 13 del “Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación”, se podrá disminuir profundizando los electrodos, añadiendo las extensiones necesarias hasta una profundidad razonable, o añadiendo nuevas tomas de tierra, teniendo en cuenta que debe agotarse previamente el primer procedimiento.

Si después de utilizado el sistema descrito, no se lograra una resistencia a tierra aceptable, se comunicará al Director, quien indicará las medidas a adoptar para mejorarla.

En centros sobre poste, la toma de tierra se realizará mediante un cable de cobre de 95mm² de sección, conectado por un extremo a la base del apoyo y por el otro a un anillo difusor enterrado a una profundidad 80cm constituido por el mismo tipo de conductor o varilla de cobre de 8mm de diámetro al que se conectarán el electrodo o electrodos de tierra necesarios para conseguir los valores indicados en la MIE RAT 13. Deberán quedar conectados a este circuito los siguientes elementos:

- a. Bastidores metálicos de los aparatos de Alta Tensión
- b. Masas metálicas del transformador
- c. Pararrayos de Alta Tensión
- d. Pantallas de protección contra contactos directos si es que se instalan

En los apoyos metálicos, el propio apoyo puede hacer de conductor entre la parte superior y la base.

En los apoyos de hormigón, los aparatos instalados en su parte superior, se unirán mediante conductores independientes al borne de toma de tierra, el que estará dotado el apoyo en la cogolla.

Los conductores de unión entre la base del apoyo y el anillo difusor estarán entubados al atravesar la peana de hormigón.

La resistencia a tierra se medirá y corregirá en caso necesario, tal como se ha establecido en los párrafos anteriores.

2.7.1.3 Tierra de neutro o de servicio

En edificios el circuito de puesta a tierra del neutro se situará de forma que su recorrido desde el cuadro de BT a la arqueta de toma de tierra, sea lo más corto posible.

La resistencia a tierra se medirá y corregirá en caso necesario tal como se ha establecido en los párrafos anteriores.

2.7.2 Puesta a tierra de Baja Tensión

2.7.2.1 Condiciones generales

El Instalador habrá de suministrar un sistema eficaz y completo de puesta a tierra para la instalación eléctrica de Baja Tensión.

Los servicios de carácter metálico, incluyendo las acometidas de gas, agua, elevadores en seco, etcétera que entren o salgan del edificio o de la estructura, habrán de unirse firmemente al terminal principal de puesta a tierra en su punto de entrada o de salida. Habrán de efectuarse conexiones a estos servicios mediante abrazaderas de puesta a tierra de fabricación específica.

El sistema del conductor para descargas atmosféricas correspondiente al edificio, habrá de unirse firmemente al terminal principal de puesta a tierra. Habrá de instalarse una etiqueta adecuada junto a esta conexión de unión en el terminal principal de puesta a tierra.

La superficie transversal de todos los conductores de protección, unión y puesta a tierra habrá de atenerse a los requisitos de la Norma UNE.

Allí donde se efectúen conexiones entre secciones de canalizaciones, habrán de instalarse enlaces de continuidad de puesta a tierra del fabricante en toda la unión.

Las secciones de las bandejas porta cables habrán de limpiarse debidamente antes de quedar solapadas y deberán fijarse con un mínimo de dos tornillos. Los extremos distantes de la bandeja porta cables habrán de unirse firmemente al sistema de puesta a tierra.

El terminal de puesta a tierra de todas las tomas de salida de alimentación habrá de conectarse al conductor principal de protección del subcircuito final. Las conexiones entre las barras de puesta a tierra, los cuadros de equipos, etcétera y los cables de cobre trenzado, habrán de efectuarse con las adecuadas lengüetas de compresión, pernos, arandelas, tuercas y contratueras. Las superficies de contacto habrán de limpiarse correctamente y estañarse antes de proceder a la conexión.

2.7.2.2 Sistema de protección contra corrientes de fallo mediante interruptores diferenciales de alta sensibilidad

El sistema general de la conexión en el edificio será un TN-S. Deberá instalarse interruptores diferencias de alta sensibilidad siempre el defecto a tierra sea de un valor tal que no se garantice la apertura de las protecciones magnetotérmicas en un tiempo inferior a:

U ₀ (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

En la norma UNE 20.460-4-41 se indican las condiciones especiales que deben cumplirse para permitir tiempos de interrupción mayores o condiciones especiales de instalación.

En general, este sistema de protección contra corrientes de fallo, se utilizará preferentemente en la distribución desde paneles locales como pueden ser los paneles locales de alumbrado. La resistencia a tierra será:

$$R \leq \frac{50}{I_2} \text{ en locales secos}$$

$$R \leq \frac{24}{I_2} \text{ en locales húmedos}$$

En este sistema se emplearán interruptores diferenciales de alta sensibilidad ($I_s = 30\text{mA}$).

En general, se emplearán interruptores diferenciales de alta sensibilidad en lugares donde haya niños (guarderías, colegios, hospitales, locales deportivos, etcétera) en zonas de trabajo al aire libre, en equipos de quirófanos, en instalaciones en zonas con peligro de incendio, en circuitos eléctricos de un solo aparato, etc.

2.7.3 Puesta a tierra de protección

De la barra general de distribución de puesta a tierra (p.a.t.) situada en la Caja General de Distribución o Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) partirán los Cp hacia los secundarios. Se dará tierra de protección a envolventes, puertas y demás elementos metálicos no activos.

Desde estos cuadros principales se distribuirá por el circuito correspondiente a los cuadros secundarios, desde donde, a su vez, se distribuirá hacia los receptores (motores, luminarias, tomas de corriente, tomas de fuerza y otros equipos) para dar tierra de protección a sus envolventes y partes metálicas no activas.

Se llevarán líneas, para dar tierra de protección a estructuras metálicas accesibles, armaduras de muros, columnas y soportes de hormigón armado, tuberías, depósitos metálicos, calderas, radiadores etc.

Se llevarán líneas por conducciones metálicas de cables, como bandejas, tuberías y demás canalizaciones eléctricas que requieren puesta a tierra.

Se dará tierra a fundas de plomo, armaduras de cables, botellas terminales, carcasas de motores, etc. Se llevarán líneas desnudas para dar tierra a pararrayos y antenas.

En ningún caso se usará la continuidad metálica de una estructura o canalización como línea de tierra, por lo que el Cp deberá ser continuo a lo largo de su recorrido, realizándose las conexiones oportunas en cada tramo de la canalización.

Se darán tierras de protección independientes a los elementos siguientes:

- a. Pararrayos
- b. Masas metálicas
- c. Servicios informáticos

2.7.4 Puesta a tierra de servicio, red enterrada de puesta a tierra

Se realizará una zanja perimetral no inferior a 50cm de profundidad (en los edificios se utilizará la zanja de cimentación) sobre la que se realizará un anillo con cable de cobre con aislamiento de color amarillo - verde y cubierta transparente de PVC, siendo su sección 70, 50 ó 35mm² mínimo.

Electrodos de pica de acero cobrizado de diámetros nominales 15,8mm y 14,3 mm de diámetro efectivo en terrenos duros 19mm y 17,3mm de diámetro efectivo (terrenos blandos), y con longitudes de dos a tres metros se utilizarán, para conectarlos al anillo mediante soldadura exotérmica de aluminio (proceso Cadweld). Los electrodos estarán roscados en un extremo e irán provistos cada dos de ellos de manguito de empalme y cabeza de clavado.

El número de electrodos a colocar será el adecuado para obtener una resistencia a tierra igual o inferior a 2Ω. Los electrodos se colocarán a una distancia inferior a dos

veces su longitud, por lo que, en caso necesario, se recurrirá a colocar electrodos en paralelo.

Todos los electrodos irán provistos de arqueta o pozo de registro, cuadrada o circular, de al menos 40cm de lado o diámetro interior. Todas las arquetas serán de paredes resistentes de fibrocemento e irán provistas de tapa con argolla y orificios para el paso del conductor de p.a.t.

Todas las partes metálicas de la red de tierra que queden al descubierto serán cubiertas de pasta bituminosa y encintada con cinta, tipo DENSO o similar.

Las picas de acero cobrizado (Copperweld) cumplirán con la recomendación UNESA 6501E y la norma UNE 21056. La conexión de los distintos conductores de protección a la red enterrada de puesta a tierra, se efectuará en la barra de tierra del CGD (Caja o Cuadro General de Distribución) o en embarrados de conexión locales.

Los embarrados de conexión locales serán de bronce o latón cadmiado y estarán colocados sobre soportes aislantes.

Toda la tornillería y piezas desmontables de conexión de tierra de protección a equipos y/o estructuras serán de bronce o latón cadmiado de alta resistencia mecánica y apriete asegurado.

Queda totalmente prohibido seccionar la red enterrada de puesta a tierra, salvo en un punto en el que se establecerá un puente de prueba de bronce o latón cadmiado.

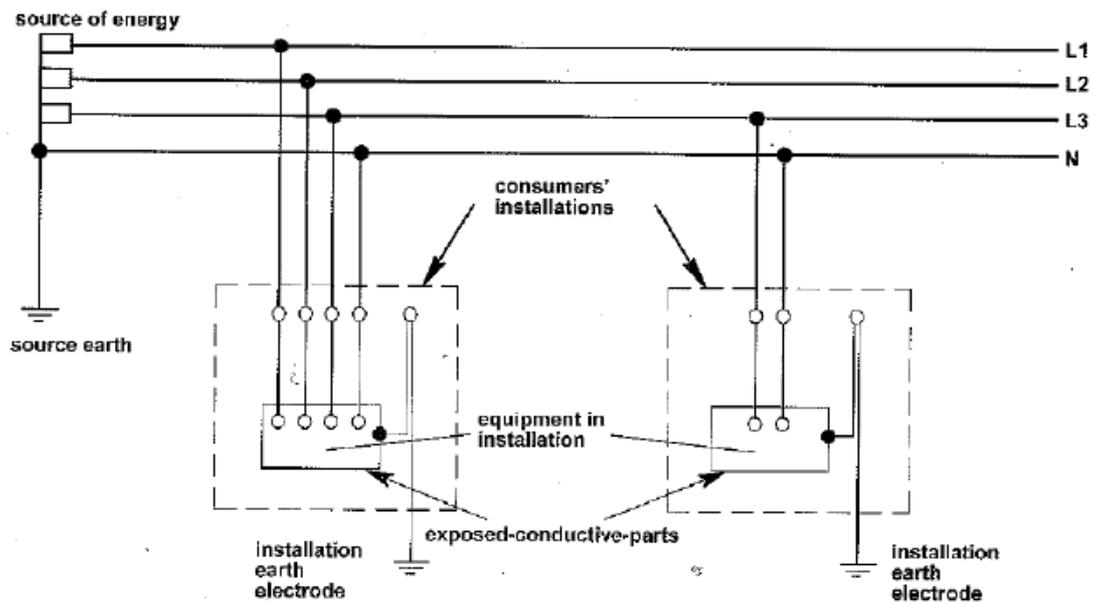
La puesta a tierra en edificios cumplirá además con el Código Técnico de la Edificación.

2.7.5 Sistemas de puesta a tierra

Generalmente las instalaciones eléctricas en España se configuran mediante un sistema de tierras TT como se prescribe en el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, cuando la acometida eléctrica de Compañía es en Baja Tensión (400/230V). Cuando el suministro eléctrico es mediante una acometida en Media Tensión (12/20kV) es aceptable también el uso de Sistemas de Tierra TN.

2.7.5.1 Sistema TT

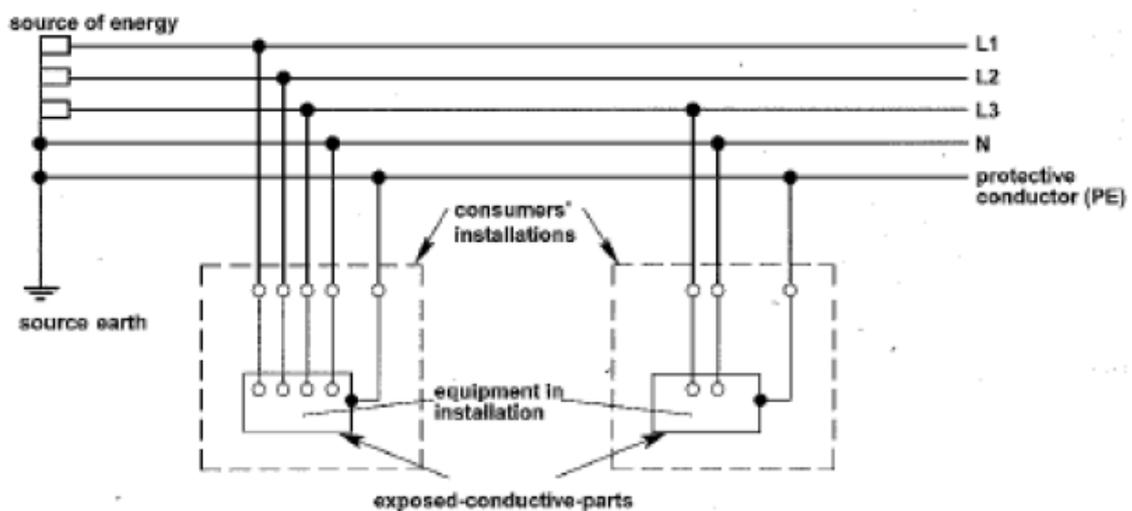
A continuación se muestra un sistema de puesta a tierra tipo TT:



Mediante un sistema TT el usuario dispone de su propio sistema de puesta a tierra mediante picas/mallas, como de dispositivos de protección de corriente residual (RCD) más comúnmente conocidos como Interruptores diferenciales, que se disponen en la fuente de suministro y en circuitos secundarios y finales.

2.7.5.2 Sistema TN-S

El sistema de puesta a tierra TN-S se representa de la siguiente manera:



Mediante un sistema TN-S las partes de conductores de neutro son conectadas a la fuente de tierras mediante conductores. La protección de contactos indirectos es generalmente provista de dispositivos de protección de sobre intensidades más habitualmente que dispositivos de corriente residual (RCD o interruptores protección

diferenciales), a excepción de exigencias del Reglamento electrotécnico de Baja Tensión Español.

Un sistema TN-S no descarta el uso de dispositivos de protección diferencial en uso normales pueden ser utilizados en áreas donde un menor nivel de seguridad de suministro sea aceptable.

2.7.5.3 Ventajas e inconvenientes de ambos tipos de puesta a tierra

- Sistema TT
 - Ventajas
 - Protección segura ante contactos indirectos
 - Conductores de tierras de sección menor
 - Desventajas
 - Más caro de implementar
 - Tiempos requeridos cuando es necesaria una discriminación en grandes redes
 - Menor seguridad ante disparos intempestivos

- Sistema TN-S
 - Ventajas
 - Mayor seguridad ante disparos intempestivos.
 - Dispositivos de protección diferencial puede ser utilizados en aquellas zonas donde un menor grado de seguridad en el suministro sea aceptable.
 - Desventajas
 - Conductores de tierra de mayor sección

3. REALIDAD DEL EDIFICIO

Una vez descritos tanto el propósito general del proyecto como la instalación eléctrica del edificio en cuestión, se va a exponer el estudio energético sobre el que se basa este proyecto. Cabe destacar que para analizar los ahorros energéticos que se van a llevar a cabo en el edificio vamos a centrarnos en los equipos de iluminación general del edificio.

3.1 Aspectos generales

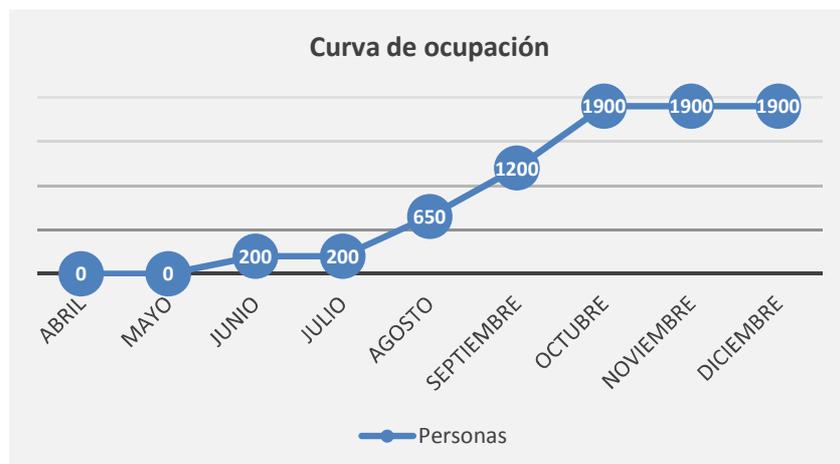
3.1.1 Duración del proyecto

En primer lugar es necesario explicar que el proyecto se ha realizado desde el principio de septiembre hasta mediados de abril. Esta situación provoca que no vaya a ser posible realizar un análisis comparativo en una situación de verano ya que no se ha tenido la oportunidad de experimentarla. Consecuentemente, este proyecto se va a centrar en la casuística de invierno.

3.1.2 Curva de ocupación del edificio

El edificio ha sido ocupado progresivamente comenzando en julio con 200 personas y a partir del mes de septiembre a razón de alrededor de 200 personas por semana hasta noviembre, a partir del cual la ocupación ha sido plena.

Abr - May	May - Jun	Jun - Jul	Jul - Ago	Ago - Sep	Sep - Oct	Oct - Nov	Nov - Dic	Dic - Ene
0	0	200	200	650	1200	1900	1900	1900



Gracias a esta evolución de la ocupación también se va a tener la ocasión de depurar problemas según vayan surgiendo y analizar la evolución de los consumos según la ocupación vaya en aumento.

3.1.3 Requisitos

Inicialmente, se va a proceder a una descripción de los requisitos de la empresa en cuanto a iluminación general, exponiéndose las diferentes opciones de equipos que iluminaban que se barajaban. En las oficinas, se establece un lux de 500 como objetivo de iluminancia (tal como lo solicita la empresa contratante) para las superficies de trabajo (es decir, escritorios). No obstante, esto no significa que tengamos que proporcionar 500 lux uniformes para todo el piso.

El consumo de energía sería más bajo si se suministraran 300 lux en las oficinas abiertas y privadas, y se permitiera alcanzar 500 lux en los escritorios mediante el alumbrado de tareas visuales. El nivel mínimo de comodidad para las áreas de circulación en las oficinas es de entre 100 y 150 lux.

Por tanto, La densidad de potencia total buscada es de menos de 9 W/m² (tal como lo solicita la empresa contratante), de ser posible, y de 12 W/m² aceptables conforme las Directivas en Energía y Diseño Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés).

En cuanto a la iluminación de emergencia, la intención del diseño es utilizar la iluminación general de la oficina también para la iluminación de emergencia. No obstante, este punto debería aclararse dado que en España todos los equipos de iluminación de emergencia necesitan contar con una certificación para su uso como luces de emergencia, y las luces de este tipo certificadas más recientemente son luces de emergencia autónomas independientes.

Los requisitos generales para la iluminación de emergencia en España son los siguientes:

- Iluminación de evacuación de emergencia: Mínimo de 1 lux al nivel del suelo en el eje del camino de evacuación. Iluminación horizontal de 5 lux en cualquier lugar en el que se encuentre algún tablero de distribución y equipo de extinción de incendios manual. La proporción de iluminancia de máximo a mínimo será de menos de 40.
- Iluminación anti pánico: 0,5 como mínimo. La proporción de iluminancia de máximo a mínimo será de menos de 40.

- Áreas de alto riesgo: mínimo de 15 lux o 10 % de la iluminación normal. En áreas claves como oficinas, parquets y salas de equipos, la iluminación de emergencia brindará el 25% de la iluminación normal para permitir seguir operando en estas áreas en caso de que se produzca una interrupción breve del suministro de energía principal.

3.2 Propuestas para la iluminación

3.2.1 Iluminación de oficinas

Como se esboza más abajo, para la estrategia de iluminación de oficinas que se está considerando existen dos opciones que permiten trabajar con el sistema de cielo raso de listones abiertos al 50% y el sistema de cielo raso cerrado. Ambas opciones funcionan junto con el principio de la creación de salas de reunión divididas y la utilización de rieles de iluminación que permiten colocar más elementos de iluminación como, por ejemplo, luces colgantes para las Zonas de Comunicación y las Salas de Reuniones.

En cada caso se presenta un esquema de 500 lux y uno de 300 lux + alumbrado de tareas visuales; obsérvese que los esquemas de 500 lux no pueden cumplir con el objetivo de densidad de potencia de 9 W/m² solicitado (sin embargo se encuentran dentro del objetivo de 12W/m² requerido para LEED).

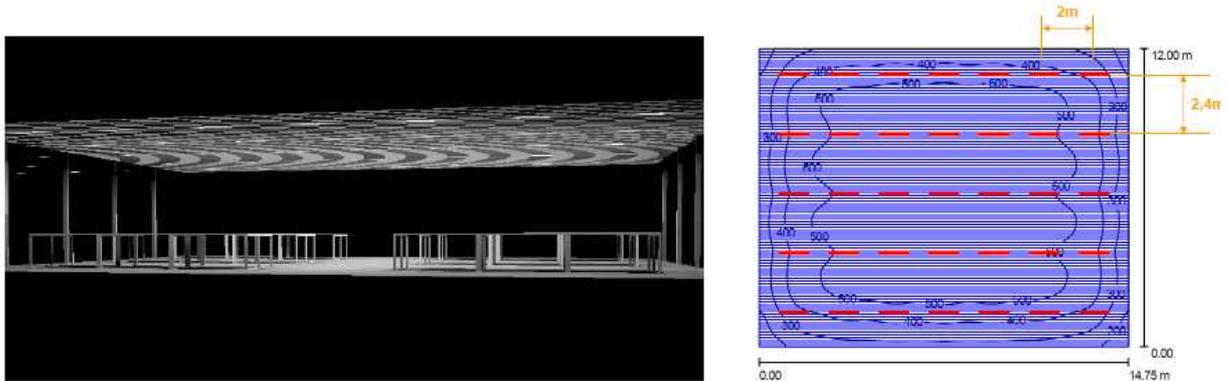
3.2.1.1 Opción A. Iluminación fluorescente empotrada en el cielo raso



Dentro de este apartado y, como hemos comentado antes, tenemos dos opciones, denominadas A1 y A2. La opción A1 sería la formada por luminarias de 500 lux, mientras que la opción A2 estaría compuesta de luminarias de 300 lux más un alumbrado de tareas visuales de otros 200 lux.

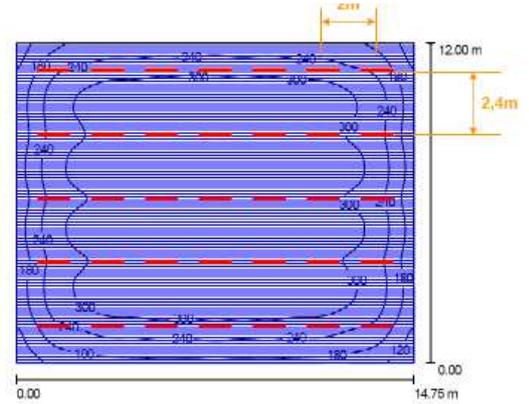
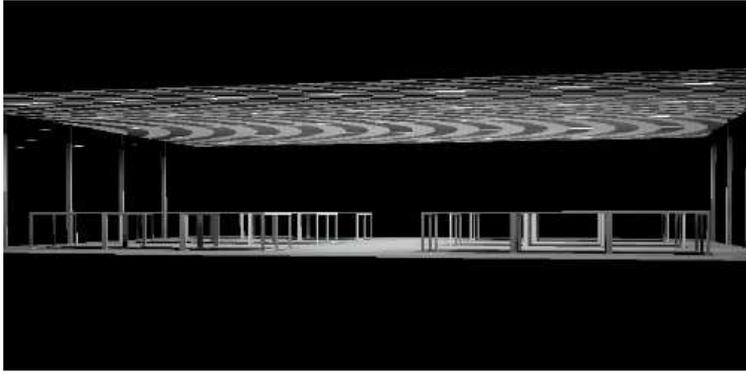
Cualquiera de estas dos propuestas muestra un cielo raso limpio y con la iluminación integrada a este. Del mismo modo, se crea un ambiente más cómodo en las oficinas debido a la iluminación uniforme, obteniéndose también unos resultados eficientes en materia de energía, es decir, obteniéndose un buen ratio W/m^2 . Sin embargo, con esta propuesta se obtienen algunos problemas a la hora de la instalación de las luminarias, dado que las luces no pueden estar debajo de las vigas frías de la climatización.

- Opción A1: Luminaria fluorescente de 500 lux



En estas imágenes se muestra tanto un boceto de cómo quedaría iluminada una sala de oficinas tipo del edificio, así como la disposición de las luminarias en el techo para una sala de oficinas tipo de 12 metros de ancho por 14,75 metros de largo. En este caso, utilizaríamos una luminaria fluorescente con reflector empotrada en el cielo raso de 54 W, montada a una altura de 2,85 metros, lo que nos proporcionaría una densidad de potencia de $11,6 W/m^2$.

- Opción 2: Luminaria fluorescente de 300 lux con alumbrado de tareas visuales



En la imagen que muestra la iluminación de la habitación se observa que los resultados son muy parecidos a los obtenidos con las luminarias de 500 lux, del mismo modo que la disposición de las luminarias en el techo es idéntica a la anterior. Las diferencias las obtenemos en el tema de la potencia, dado que las luminarias de 300 lux consumen 28 W y tienen una densidad de potencia de $6,3 \text{ W/m}^2$.

3.2.1.2 Opción B. Iluminación a partir de luces directas LED empotradas en el cielo raso



Las principales ventajas de este tipo de iluminación son las siguientes:

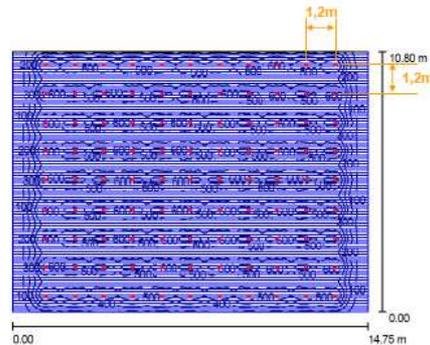
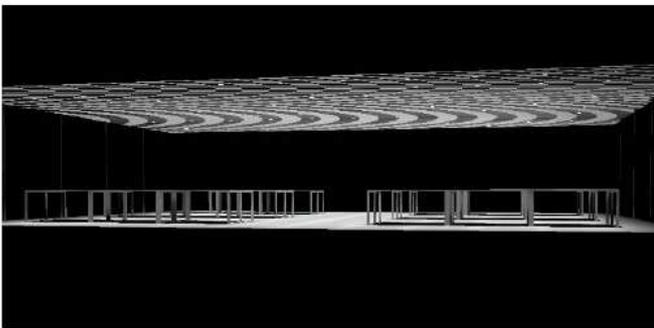
- Muchas aperturas pequeñas con luces directas LED crean en las oficinas un efecto de 'campo' de cielo raso iluminado.
- La iluminación uniforme crea un ambiente más cómodo.
- Propuesta eficiente en materia de energía (buen W/m^2).
- Larga vida útil de las lámparas (costos de mantenimiento más bajos).
- La opción B2 de 300 lux puede utilizarse junto con el alumbrado de tareas visuales para lograr una mayor eficiencia en materia de energía.
- Flexible dado que el diseño del mobiliario no depende del diseño de la iluminación.

Sin embargo, también presentan una serie de contras, que se muestran a continuación:

- Mayor cantidad de lámparas.
- Costes de inversión más elevados.

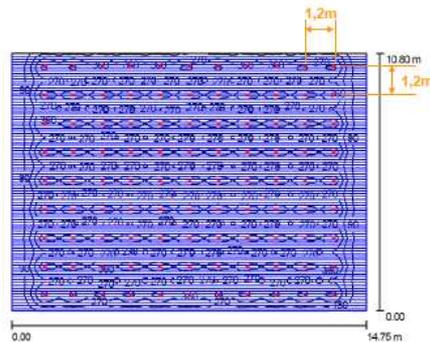
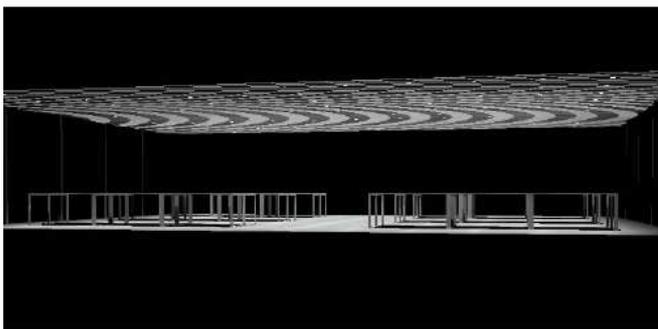
Vamos a analizar ahora las dos opciones que se barajan dentro del caso de la iluminación LED:

- Opción B1: Luces LED de 500 lux



En esta primera opción se utilizarían bombillas LED de luz blanca de 20 W de potencia. La instalación en la oficina quedaría de la manera que se observa en la imagen de la derecha. Dichas bombillas estarían situadas a una altura de 2,85 metros también, lo que proporcionaría una densidad de $12,8 \text{ W/m}^2$.

- Opción B2: Luces LED de 300 lux más alumbrado de tareas visuales



Esta última opción que se baraja en el proyecto en cuanto a la iluminación está compuesta de unas bombillas LED de luz blanca de 11 W de potencia, que proporcionarían una densidad de potencia de $7,2 \text{ W/m}^2$.

A continuación se muestran unas tablas comparativas de las diferentes opciones que se barajan para la instalación luminosa del edificio:

Comparación de la densidad de potencia de la iluminación

Opciones de iluminación	Descripción	Objetivo de iluminancia	Densidad de potencia (W/m ²)	Densidad de potencia del alumbrado de tareas visuales (W/m ²)	Densidad de potencia total (W/m ²) ¹
Opción A1	Luminaria fluorescente con reflector	500 lx	11,8	-	11,8
Opción A2	Luminaria fluorescente con reflector + alumbrado de tareas visuales	300 lx + tarea	6,3	1,1	7,4
Opción B1	Luminaria LED	500 lx	12,8	-	12,8
Opción B2	Luminaria LED + alumbrado de tareas visuales	300 lx + tarea	7,2	1,1	8,3

Notas:

¹ - La densidad de potencia total incluye el alumbrado de tareas visuales (con una ocupación supuesta del 85%) para los esquemas de 300 lux

Como se puede ver en la tabla anterior, el tipo de luminaria que nos produce un mayor ratio de vatio por metro cuadrado es la luz procedente de iluminación LED de 500 lux, algo superior a los fluorescentes de 500 lux y muy superiores a las dos opciones que combinan la iluminación general y el alumbrado de tareas visuales.

A continuación se va a realizar un estudio de la inversión que se va a tener que realizar para cada tipo de luminaria, por lo que se procede a especificar cada uno de los modelos que se va a utilizar:

- Opción A1: ZUMTOBEL Tecton R54. Potencia: 54 W.
- Opción A2: ZUMTOBEL Tecton R35. Potencia: 35 W.
- Opción B1: Iluminación EVO 90 CA/CC. Potencia: 20 W
- Opción B2: Iluminación EVO 90 CA/CC. Potencia 11 W.

Comparación del coste de inversión

Opciones de iluminación	Luminaria	Lámpara	Cantidad de luces por metro cuadrado	Costo por unidad (€)	Costo por unidad de luz de tareas visuales (€/m ²)	Costo de inversión (€/m ²)
Opción A1	ZUMTOBEL Tecton R54	1 lámpara fluorescente T18 HO de 54W	0.2	220	-	44
Opción A2	ZUMTOBEL Tecton R35	1 lámpara fluorescente T18 HO de 35W	0.2	220	25	69
Opción B1	Iluminación EVO 90 CA/CC	LED blanca de 20W	0.62	140	-	87
Opción B2	Iluminación EVO 90 CA/CC	LED blanca de 11W	0.62	140	25	112

Se observa en esta tabla que la tecnología LED es más cara a nivel de inversión inicial que las luminarias ordinarias. Concretamente, para un mismo valor de luminosidad, como pueden ser las opciones A1 y B1, la inversión en tecnología LED

supone el doble que la de luminarias. A continuación se exponen dos tablas más de comparativa entre las diferentes opciones que se barajan:

Área calculada en comparación

Área calculada : 14,75m x 12m
 Cantidad supuesta de escritorios: 42 (6 hileras, 7 escritorios por hilera)
 Costo de electricidad promedio supuesto: 0,08 €/kWh
 Cantidad de horas de oficina supuestas por año: 2340 (9 horas por día, 5 días por semana, 52 semanas al año)

Información del área de comparación

Opciones de iluminación	Descripción	Lámpara	Energía de iluminación ambiente en un área de 14,75m x 12m	Energía de alumbramiento de tareas visuales en un área de 14,75m x 12m (ocupada en un 85%)	Factor de luz día supuesto	% de horas de oficina en que se necesita la iluminación ambiente	% de horas de oficina en que se necesita la iluminación de tareas visuales
Opción A1	Luminaria fluorescente con reflector	1 lámpara fluorescente T16 HO de 54W	2,09 kW	-	2,5%	60%	-
Opción A2	Luminaria fluorescente con reflector + alumbrado de tareas visuales	1 lámpara fluorescente T16 HO de 35W	1,12 kW	0,57 kW	2,5%	35%	60%
Opción B1	Luminaria LED	LED blanca de 20W	2,27 kW	-	2,5%	60%	-
Opción B2	Luminaria LED + alumbrado de tareas visuales	LED blanca de 12W	1,27 kW	0,57 kW	2,5%	35%	60%

Comparación de costo de operación

Opciones de iluminación	Energía de iluminación anual total aproximada	Costo de iluminación anual total aproximado para un área de 14,75m x 12m	Vida útil de la lámpara	Ciclo de reemplazo de lámparas
Opción A1	2934 kWh	235 €	20.000 h	14 años
Opción A2	1718 kWh	158 €	20.000 h	19 años
Opción B1	3187 kWh	255 €	50.000 h	38 años
Opción B2	1840 kWh	171 €	50.000 h	47 años

Como puede observarse, aunque la inversión en tecnología LED sea más importante en un primer momento, tanto la vida útil de las lámparas como el ciclo de reemplazo de las mismas nos indican que dicha inversión saldrá más rentable a largo plazo, por lo que se va a invertir en este tipo de tecnología.

3.2.2 Iluminación del aparcamiento

Es el aparcamiento una de las estancias del edificio donde la iluminación adecuada y el control de la misma van a proporcionar uno de los mayores ahorros energéticos. Para ello, es básico instalar la tecnología adecuada, por lo que, del mismo modo que se hizo para las oficinas, se va a instalar un sistema de iluminación basado en tecnología LED, acompañado de un sistema de control de la iluminación que será comentado posteriormente.

En el aparcamiento se esperan obtener unos ahorros cercanos al 30%, pudiendo aumentar con el tiempo, con el uso optimizado del sistema de control para el encendido y apagado de las luces en función de sus zonas.

Uno de los anexos principales del proyecto tratará de cómo se reparten los diferentes tipos de luminarias que se van a instalar en el parking y el estudio de sus líneas de incidencia.

3.3 El sistema de control

3.3.1 Generalidades

A través de la introducción de este mecanismo de control de la iluminación se pretende conseguir sustanciales ahorros a nivel de consumo energético. Una de las formas más sencillas de controlar el alumbrado de una zona determinada es mediante un sensor de movimiento. El sensor responde al movimiento del calor corporal dentro de una zona determinada, encendiendo o apagando la luz en función de si el sensor detecta la presencia de una persona en movimiento.

Incorpora un retardo, para evitar la desconexión no deseada cuando una persona permanece en una misma posición durante un tiempo determinado dentro del espacio o la zona que se controla. Este retardo puede ser configurado fácilmente a través del software. Un ejemplo de configuración de los retardos puede ser el siguiente:

- Retardo 1: Después de 15 minutos; regulación al 20 %
- Retardo 2: Después de 10 minutos; regulación al 0 % (Apagado)



La funcionalidad del sistema también puede ser cambiada en función de una programación horaria. Por ejemplo, una temporización que podría utilizarse en el edificio sería la siguiente:

- A partir de las 6:00; el sensor de movimiento trabaja como “sólo encendido” (Control de presencia).

- A partir de las 17:30; el sensor de movimiento trabaja como “encendido / apagado”.

- A partir de las 22:00; el sensor de presencia actúa como “sólo apagado” (Vigilancia).

Los cambios de funcionalidad del sistema debido a programación horaria no sólo afectan a los sensores de presencia, sino que también pueden variar la configuración de los sensores de luz, las vinculaciones entre luminarias maestras y esclavas, etc.

Para aprovechar la aportación de luz solar que entra a través de las ventanas y lucernarios de muchos edificios, es posible instalar un sensor de luz en el techo para medir la cantidad de luz total (natural + artificial) que llega al interior de la estancia. Esta medición se transmite al sistema de control, el cual regula automáticamente las luminarias del área controlada, para mantener un nivel de iluminación constante en el espacio de trabajo. Es posible incluso programar las luminarias para que se apaguen si la luz diurna alcanza un determinado nivel de intensidad durante un determinado tiempo.

Al igual que con el sistema de regulación en función de la luz diurna, es posible utilizar un sensor de luz conectado a un sistema de control para mantener el nivel de iluminación correcto de un determinado espacio (nivel mantenido) durante toda la vida de la lámpara. Cuando las lámparas son nuevas, éstas presentan una emisión mayor, por lo que es posible atenuarlas para conseguir la intensidad adecuada y ahorrar energía. A medida que las lámparas se deterioran con el tiempo, el sistema aumenta gradualmente su intensidad hasta su brillo máximo.

El control horario puede usarse para encender y apagar automáticamente las luminarias en momentos determinados, para que sólo estén activadas cuando se necesitan. Es posible diseñar un plan horario en función de días concretos de la semana, división entre días laborables y fines de semana, además de incorporar perfiles de temporadas o días festivos.

Además, el sistema Philips Dynalite permite que la funcionalidad del alumbrado cambie según la hora establecida, consiguiendo así que el alumbrado actúe de una forma u otra dependiendo de la hora del día.

Como ayuda para el control de los gastos de mantenimiento y explotación, es posible medir la utilización de cada salida de un sistema de control, lo que le proporciona información exacta acerca de cuánto tiempo han estado encendidas las lámparas. Esto presenta dos ventajas principales: la posibilidad de calcular los gastos energéticos de un área o un ocupante y la planificación eficiente de la sustitución de

lámparas. Además, con balastos y controladores DALI, es posible obtener información inmediata del estado real de las lámparas.

Como parte del sistema de gestión del alumbrado, en ocasiones las luminarias suelen estar agrupadas en circuitos que se conectan a una salida del módulo de control. Esta salida controla el encendido (y la regulación) de las luminarias del circuito. El número de luminarias por circuito se diseña en función de los requisitos de flexibilidad del diseñador. Para disponer de una mayor flexibilidad, es necesario reducir el número de luminarias en cada circuito o salida. En el caso de luminarias equipadas con balastos DALI, el diseño es mucho más avanzado debido a que el encendido de las luminarias es independiente del sistema de control, con la prestación añadida de poder controlar individualmente cada balasto a través de una misma línea DALI. Por tanto, el ajuste de la iluminación a una nueva distribución del espacio resulta muy sencillo y no requiere costosos cambios en el cableado.

Es posible vincular su sistema de control de alumbrado a otros sistemas de gestión del edificio de la forma más sencilla a través de un contacto sin tensión. De esta forma, los sistemas pueden intercambiar información para controlar el alumbrado como una función de otros servicios, por ejemplo contra incendios, seguridad, accesos o grupo electrógeno. Por ejemplo, es posible que desee que las luces estén encendidas al 100% cuando se disparan los sistemas de incendios o de seguridad. Esto también funciona a la inversa: el control de alumbrado entrega información a los otros sistemas a través de módulos que pueden dar contactos con tensión, o sin ella.

Como alternativa a los interruptores con cables, es posible utilizar un control inalámbrico por infrarrojos o radio frecuencia. Este elemento resulta especialmente útil en oficinas y salas de reuniones en las que los requisitos de iluminación pueden cambiar varias veces al día, según las tareas que realicen los usuarios. Un receptor fijado al techo y un transmisor de mano o de pared controlan la regulación y la conmutación de los grupos de luminarias. Estos sistemas proporcionan la flexibilidad necesaria para ajustar la iluminación y cambiarla en cualquier momento.

Como una extensión del control remoto por infrarrojos, el sistema de gestión Philips Dynalite incorpora la posibilidad de pre-programar sus “escenas” favoritas. Después de guardar su configuración, basta con pulsar el botón adecuado para que el sistema de control ajuste todas las luminarias a las intensidades necesarias para crear la escena. Esta función resulta ideal en salas de conferencias en las que podemos aplicar escenas diferentes para proyectar en una pantalla, iniciar una charla o resaltar material de presentación. El número máximo de escenas por luminaria es de ocho. Es posible también controlar incluso los equipos audiovisuales.

En la sala dedicada a la explotación y gestión del edificio se encuentra el PC en el que se instala el software de configuración, control y visualización de la iluminación.

La visualización estará compuesta por una pantalla principal del edificio, desde la que se accederá al resto de pantallas en las que se mostrarán cada una de las plantas que conforman el complejo individualmente. En cualquiera de ellas se dispondrá de toda la información necesaria para configurar todos los parámetros necesarios que el sistema ofrece para gestionar con la máxima eficiencia la instalación de alumbrado, así como monitorizar de forma visual e intuitiva el estado “on-line” de cualquier luminaria conectada al sistema de control.

Además, si se emplean balastos electrónicos digitales DALI, se podrá obtener información de consumos de las luminarias, estado real de las lámparas y listado de errores (fallo de comunicación, fallo de balasto, fallo de lámpara, etc.). El sistema, por tanto, incorpora los datos necesarios para poder realizar un completo mantenimiento preventivo de la instalación. Todos estos datos pueden editarse en tablas para su fácil conversión a otros sistemas de gestión y explotación del edificio.

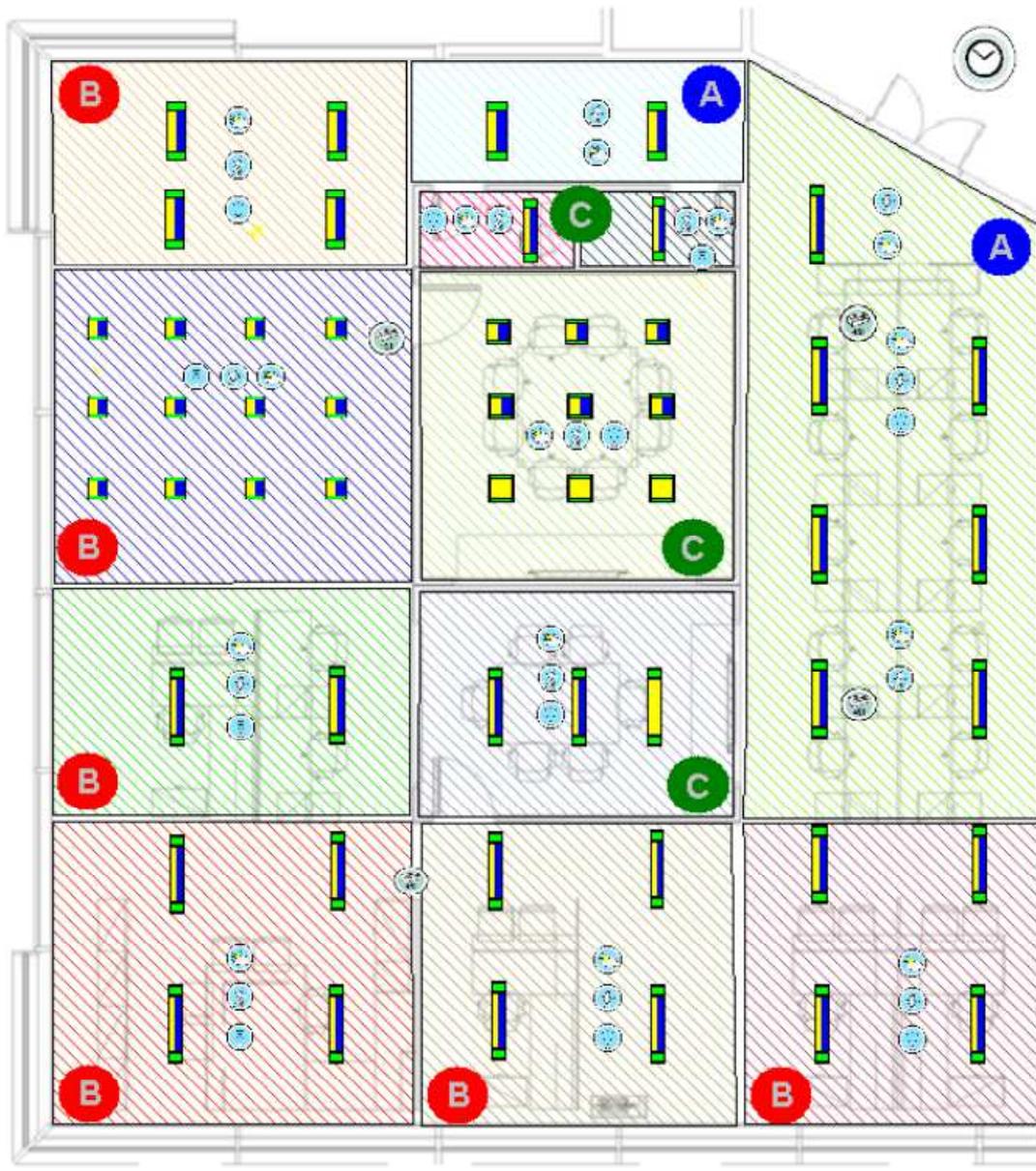
3.3.2 Estudio previo del sistema de control

Para poder comprender mejor el funcionamiento del sistema de control de la iluminación que se va a instalar en la sede de la SFI, se ha realizado previamente un estudio en un piso piloto de la sede que cuenta con el mecanismo de control ya instalado. A continuación se detalla cómo se ha realizado la programación de las distintas zonas pertenecientes al sistema de control Philips-Dynalite en la instalación piloto. La representación gráfica en el software es la siguiente:



En ella se pueden ver los diferentes sensores distribuidos por la planta, las luminarias DALI y la vinculación entre los sensores y las luminarias. Esta se representa mediante unos sombreados de distintos colores. Se han definido tres tipos de zonas ajustándonos a la distribución del edificio:

- Pasillo
- Zona de trabajo
- Sala de reuniones



1. Pasillos:

Se encenderán nada más ser detectados por el sensor de entrada a la planta. De esta manera se iluminaran los dos caminos de entrada hacia los puestos de trabajo.

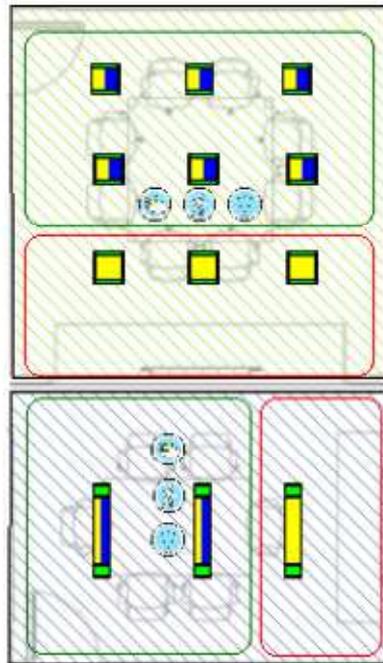
2. Zonas de trabajo:

Se encienden independientemente, pero se mantienen a un nivel mínimo cuando no haya nadie para evitar que las zonas limítrofes a una zona ocupada permanezcan apagadas si no hay nadie. Esto consigue un gran ahorro al mantener las zonas desocupadas a un nivel mínimo, manteniendo sin embargo un nivel de confort hacia las zonas vecinas ocupadas, las cuales no ven el resto del edificio apagado.

3. Salas reuniones

Tienen un funcionamiento automático de encendido y apagado según su multisensor. Para las salas grandes, se han definido dos grupos de iluminación:

- a. Zona mesa de trabajo.
- b. Zona pantalla de proyección.



De esta manera el recuadro verde marcaría las luminarias pertenecientes al grupo de la mesa de trabajo y el recuadro rojo la de la zona de proyección.

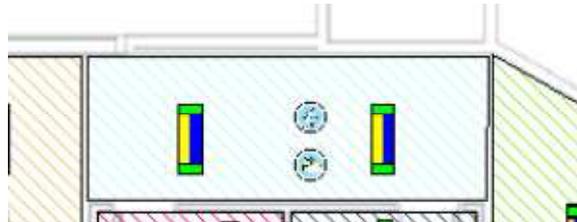
Siguiendo este esquema, se han definido las siguientes escenas de iluminación:

	Grupo Mesa	Grupo Pantalla Proyección
Escena "Trabajo"	600 lux	600 lux
Escena "Proyección con apuntes"	60%	0%
Escena "Proyección sin apuntes"	10%	0%
Escena "Regulada"	50%	50%

Estas escenas podrán ser llamadas tanto desde las pantallas táctiles situadas en el interior de las salas, como desde el sistema de gestión central, ya sea desde el software de Philips o desde la aplicación SCADA que se instale.

En cuanto a la configuración de las distintas zonas, se ha optado por unificar los valores para todos los tipos definidos anteriormente, aunque sería posible una configuración independiente para cada una de ellas. Esto es así ya que todas las zonas incluyen puestos de trabajo y por lo tanto pensamos, deberán dar un servicio igual de cara al usuario.

Como excepción solo se ha diferenciado el pasillo superior, ya que no contiene ningún puesto de trabajo, y por lo tanto se ha definido un nivel de luxes de 250 lux, inferior al resto de las zonas. El resto de configuración será el mismo que las demás zonas.



Se han definido por tanto tres modos de funcionamiento para el edificio:

- MODO “HORARIO OFICINA”
 - Nivel de iluminación constante: 600 lux.
 - Encendido: Automático por presencia
 - Apagado: Automático a los 10 min sin presencia.

- MODO “FUERA HORARIO OFICINA”
 - Nivel de iluminación constante: 600 lux.
 - Encendido: Automático por presencia
 - Apagado: Automático a los 5 min sin presencia.

- MODO “RONDA VIGILANTES SEGURIDAD”
 - Nivel de iluminación constante: 600 lux.
 - Encendido: Desactivado. Solo manual.
 - Apagado: Automático a los 2 min sin presencia.

Cambiando entre los distintos modos se permite afinar los distintos parámetros de configuración dependiendo del momento del día en que nos encontremos. El cambio de modo se realizara mediante una orden horaria de la siguiente manera:

- 7:00 MODO “HORARIO OFICINA”
- 20:00 MODO “FUERA HORARIO OFICINA”
- 00:00 MODO “RONDA VIGILANTES SEGURIDAD”

Los resultados reales obtenidos en la instalación piloto demuestran que el sistema Philips-Dynalite cumple con todas la funcionalidad descrita en las especificaciones para el proyecto final, y además, ofrecen funcionalidades añadidas que suman todavía más ahorros energéticos de los inicialmente previstos.

Un ejemplo es la ventaja añadida de que las sondas de luminosidad sean a la vez “multisensores”. Es decir, que integran la función de detección de presencia. Esto permite al sistema de control realizar una serie de funcionalidades, que han sido aplicadas en el piloto, y que han conseguido sustanciales ahorros en el consumo energético:

- Espacios diáfanos: En áreas abiertas los grupos de luminarias controladas por varios multisensores son encendidos si uno o varios detectan presencia, pero también se puede conseguir que se enciendan en su totalidad sólo aquellos grupos donde se detecte a alguna persona y que los grupos adyacentes se mantengan regulados a un nivel de mínimo establecido. De esta forma se consigue un equilibrio perfecto entre confort y ahorro de energía.



- Vinculación entre zonas: Es posible vincular diferentes áreas del edificio, como despachos y salas de reuniones con los pasillos. Esto nos permite asegurar que los pasillos están encendidos al completo o al nivel mínimo de regulación preestablecido que se desee si alguna sala antes mencionada está ocupada. Se conjuga nuevamente ahorro energético con, esta vez, seguridad para los usuarios.



Como se ha explicado anteriormente, con el empleo de estas técnicas en el piloto se han logrado ahorros muy significativos en el consumo energético ya que el ahorro derivado de la utilización de la detección de presencia es equiparable (si no mayor en muchos casos) al que se consigue por la regulación en función de la luz diurna por lo que al aplicar ambas técnicas de forma simultánea se duplica el ahorro de energía.

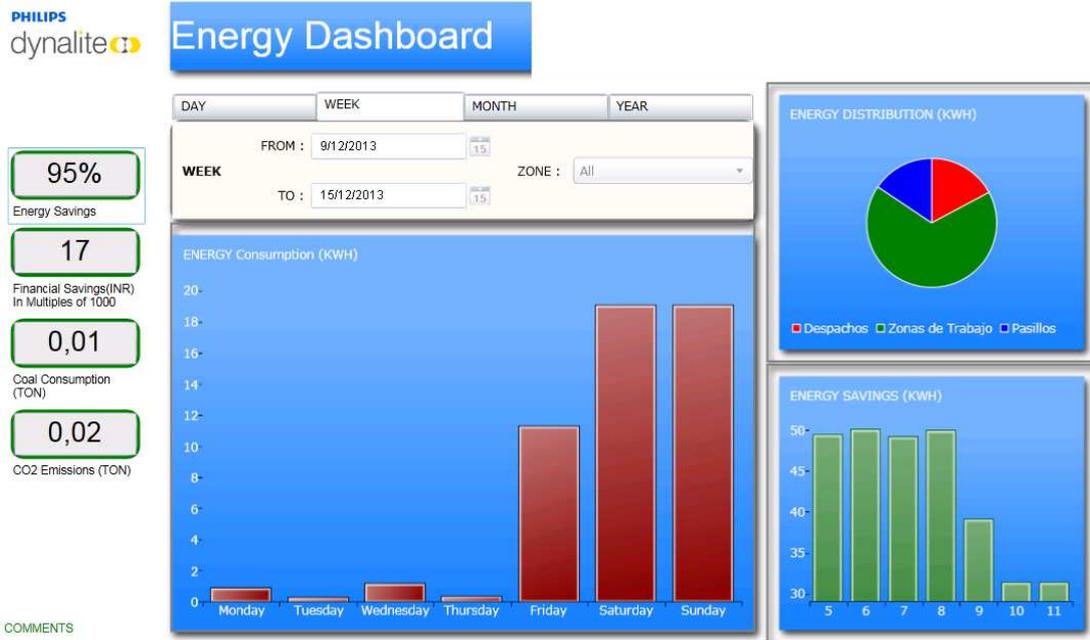
En la siguiente gráfica (obtenida del SCADA presente en el piloto) y en concreto en la parte superior derecha (diagrama de tarta) se puede ver perfectamente como la mayor parte del consumo energético radica en las zonas de trabajo diáfnas, luego ahí es extremadamente aconsejable actuar con todas las herramientas disponibles para eliminar el consumo innecesario de energía.

Energy Dashboard



Además, el uso en el piloto de la presencia, mejora enormemente la funcionalidad conseguida con los pulsadores generales para las zonas diáfanas.

Esto se puede comprobar en la ventana central de la grafica inferior (diagrama de barras rojas) donde se aprecia cómo en dos días no laborables de la segunda semana del mes de Diciembre hubo actividad en la instalación frente a la semana anterior donde la utilización del edificio fue la habitual. Estas personas que acudieron a trabajar no tuvieron que acudir a ningún tipo de pulsador para invertir el funcionamiento automático horario del edificio (horario de días laborables L-V y horario de festivos S-D). Los detectores activaron el funcionamiento normal del edificio aun siendo un día no laborable, y por tanto con un horario diferente, y una vez abandonado éste el sistema volvió al estado inicial instantáneamente, esto es, sin necesidad de que ningún barrido apagara/redujera el nivel de iluminación.



Por último, también se puede comprobar en ambas gráficas los ahorros totales conseguidos en comparación con una instalación sin control de iluminación.

Los resultados obtenidos nos permiten por un lado estar mejor preparados para realizar los análisis energéticos del edificio a estudiar y, del mismo modo, comprobar los buenos resultados a nivel de eficiencia energética y de control de consumos que produce la instalación del sistema de control.

3.3.3 Protocolo de prueba

Además de las múltiples posibilidades de comprobación de funcionamiento que se pueden realizar desde el software del sistema de gestión y control de Philips, se han seleccionado las siguientes comprobaciones sencillas que pueden realizarse fácilmente y demuestran muchas de las características avanzadas del sistema:

Inteligencia distribuida

La inteligencia distribuida consiste en que ningún elemento del sistema depende de otro para realizar su función. Cada equipo “sabe” lo que debe hacer en cada momento sin dependencia de otros equipos o software instalados en PCs o servidores. Esto limita radicalmente las posibilidades de fallo o malfuncionamientos.

Protocolo de prueba: Desconectar el PC del sistema para comprobar que absolutamente todos los equipos continúan funcionando con su programación y aplicación correspondiente.

Recuperación del estado anterior después de una interrupción de suministro eléctrico.

La recuperación del estado anterior en las luminarias después de una interrupción de suministro eléctrico (incluso micro-cortes) es una característica fundamental en un sistema de control de alumbrado. Esto evita por ejemplo que si se produce un corte de alimentación durante la noche, las luminarias DALI permanezcan encendidas toda la noche hasta el día siguiente o simplemente hasta que se le envíe otra orden.

El sistema de control Philips-Dynalite comprueba el estado al que deber ir cada zona después de un corte de tensión, evitando así consumos de energía innecesarios y efectos negativos para el confort de los usuarios.

Protocolo de prueba: Realizar un corte general de la alimentación del alumbrado y del sistema de control para comprobar cómo cada zona vuelve a su estado lógico después de restaurar el suministro eléctrico.

Lectura en tiempo real del nivel de iluminación en cada zona de control.

Gracias a la rapidez del protocolo Dynet y la capacidad del software del sistema Philips-Dynalite en la gestión de gran cantidad de señales simultáneas, es posible leer en tiempo real cualquiera de los sensores de luz repartidos por todo un edificio, obteniendo así de manera instantánea cualquier valor de iluminación en cualquier zona disponible.

Protocolo de prueba: Desde el software del sistema Philips-Dynalite, realizar la lectura instantánea en Luxes de cualquier sensor de luz instalado en el sistema.

Lectura en tiempo real del estado de ocupación de cada zona de control.

Gracias a la rapidez del protocolo de comunicaciones y la capacidad del software del sistema Philips-Dynalite en la gestión de gran cantidad de señales simultáneas, es posible leer en tiempo real cualquiera de los sensores de movimiento repartidos por todo un edificio, obteniendo así de manera instantánea cualquier estado de ocupación en cualquier zona disponible.

Protocolo de prueba: Desde el software del sistema Philips-Dynalite, realizar la lectura instantánea de ocupación de cualquier sensor de movimiento instalado en el sistema.

Lectura en tiempo real del estado de luminarias y balastos.

Gracias a la rapidez del protocolo de comunicaciones y la capacidad del software del sistema Philips-Dynalite en la gestión de gran cantidad de señales simultáneas, es posible leer en tiempo real el estado de cualquiera de las luminarias y/o balastos repartidos por todo un edificio, obteniendo así de manera instantánea el estado de la luminaria (On, Off o el valor de regulación) o si existe un fallo de balasto o de lámpara.

Protocolo de prueba: Desde el software del sistema Philips-Dynalite, realizar la lectura instantánea del estado de cualquier luminaria o balasto instalado en el sistema.

Modificación y ampliación de zonas de control.

Una de las características que más destacan del sistema Philips-Dynalite es la facilidad de manejo de su software. Tanto la funcionalidad de programación, como la de monitorización, están especialmente diseñadas para que sean manejadas por el personal de mantenimiento de un edificio, y que no haga falta disponer de conocimientos expertos en programación o depender del fabricante. Además, todo el entorno gráfico se basa en planos visuales, lo que facilita aún más la labor de uso y mantenimiento.

Un ejemplo, es la facilidad de modificación y ampliación de las zonas de control, donde con una simple ventana, se pueden volver a programar las zonas de control de una manera rápida y sencilla.

Protocolo de prueba: Realizar una modificación del tamaño de una zona desde el software, lo que puede ser hecho en menos de 1 minuto.

Funcionamiento del cambio de modo.

Una de las ventajas más importantes de inteligencia de control que ofrece el sistema Philips-Dynalite, es el cambio completo de funcionalidad programada dependiendo de la hora del día. Es evidente que en un edificio los requerimientos de funcionalidad no son los mismos durante las horas de trabajo que durante la noche, por eso es posible programar diferentes “modos” de funcionamiento en los cuales se pueden variar por ejemplo los retardos de apagado de los sensores o los niveles máximos a los que se encenderán las luminarias.

Protocolo de prueba: Desde el software, es posible lanzar los distintos cambios de modo sin necesidad de esperar a la hora programada, de tal manera que es posible por ejemplo comprobar cómo los detectores de movimiento varían su tiempo de retardo.

Reemplazo de balastos DALI

El sistema Philips-Dynalite, incorpora una función de auto-detección de balastos nuevos para evitar tener que direccionar de nuevo cada vez que se sustituye una

luminaria o balasto en el sistema. De esta manera, si un balasto falla y se sustituye por otro nuevo, el sistema le asigna automáticamente la dirección DALI del balasto antiguo sin necesidad de direccionar de nuevo todo el controlador.

Protocolo de prueba: Desconectar un balasto o luminaria del sistema conectar otra nueva con un balasto sin direccionar, y comprobar que la nueva luminaria reacciona como lo hacía la anterior siguiendo la misma programación.

Control por luminancia mantenida sin entrada de luz natural.

Gracias a la funcionalidad inteligente de regulación por medio de sensores de luz internos del que dispone el sistema Philips-Dynalite, es posible regular el alumbrado independientemente de que una zona determinada tenga o no entrada de luz natural. De esta manera se pueden compensar en toda la instalación los excesos de iluminación producidos en los cálculos de alumbrado así como el factor de mantenimiento empleado. De tal manera que es posible mantener un nivel de iluminación constante en cualquier punto de la instalación y a lo largo de toda la vida de los tubos fluorescentes, y el sistema compensará automáticamente la pérdida de flujo a lo largo de su vida.

Protocolo de prueba: Configurar un nivel de iluminación determinado en alguna zona sin entrada de luz natural, y comprobar cómo el sistema mantiene dicho nivel independientemente de la depreciación de los tubos o de la entrada o no de luz natural.

Zonas de control enlazadas entre sí.

Esta característica del sistema Philips-Dynalite proporciona el máximo ahorro de energía posible pero sin menoscabar el confort y la seguridad de los usuarios de la instalación. Permite que unas zonas funcionen condicionadas a lo que sucede en otras, proporcionando una mayor inteligencia de control en la instalación. Por ejemplo, cada zona de trabajo se puede encender independientemente en función de su detector de movimiento pero se mantiene a un nivel mínimo cuando no haya nadie para evitar que las zonas limítrofes a una zona ocupada permanezcan apagadas si no hay nadie. Esto consigue un gran ahorro al mantener las zonas desocupadas a un nivel mínimo, pero consiguiendo sin embargo un nivel muy elevado de confort hacia las zonas vecinas ocupadas, desde las cuales no se observa el resto del edificio apagado.

Protocolo de prueba: Permanecer en una zona de trabajo determinada siendo detectados por el sensor de movimiento y con el resto de las zona de trabajo desocupadas. Se comprobará que el resto de las zonas permanecen a un nivel mínimo mientras en nuestra zona de trabajo se siga detectando presencia.

Integración con otros sistemas.

El contar con protocolos de comunicaciones abiertos y estándar, evidentemente ofrece múltiples ventajas a la hora de integrar sistemas a cualquier nivel que sea

necesario. Desde compartir el mismo bus de comunicaciones a intercambiar información de distintas maneras. Un ejemplo es la integración con los estores, donde ambos sistemas funcionan como uno solo. Además, los estores disponen de una entrada para un pulsador manual, con lo que es posible comprobar su funcionamiento durante la instalación sin necesidad de esperar a la programación.

Protocolo de prueba: Conectar un pulsador con dos hilos a la entrada del motor de un estor para comprobar su funcionamiento y correcta instalación.

3.4 Funcionalidad de la sede SFI

3.4.1 Control del alumbrado

3.4.1.1 Criterios generales del alumbrado

Para facilitar la labor de reconfiguración durante la vida de la instalación, en todo el alumbrado de la sede se define la siguiente tabla de escenas o presets:

N° Preset	Nivel Alumbrado
1	100%
2	80%
3	60%
4	50%
5	40%
6	20%
7	Off

Se establecen dos periodos de funcionamiento a lo largo del día a efectos de horarios:

- Horario de Oficina. (de 7:00 a 23:00)
- Horario de Vigilancia (de 23:00 a 7:00)

Las programaciones horarias se lanzarán desde el servidor dedicado a control de alumbrado.

Se han definido diferentes funcionalidades para cada una de las siguientes zonas de la sede:

- Open Plan
- Salas de Reuniones
- Salas Touchdown
- Salas de reuniones del Centro de Negocios
- Tesorería

- Salas de Office
- Salas de Formación
- Parking
- Escaleras
- Exteriores y cubierta

3.4.1.2 Funcionalidad por zonas del alumbrado

- Open Plan:

Se definirán una serie de sub-zonas dentro de cada departamento en función del área de detección de los sensores. Cada una de ellas, realizará su función automática de detección de presencia y regulación activa por luz solar. Se fijan 4 escenas:

- Regulación activa a 500lux (luminarias con un mínimo establecido del 60% de regulación)
- Nivel reducido: 50%
- Nivel de fondo: 20%
- Apagado

La detección de movimiento se realizará entre la escena de “regulación activa” (horario oficina) o la de “nivel reducido” (fuera de horario) y nivel de fondo, fijándose un tiempo de retardo de 10 min.

- Salas de Reuniones

Tienen un funcionamiento automático de encendido y apagado según su multisensor.

Se fijan 2 escenas:

- Regulación activa a 500lux (luminarias con un mínimo establecido del 60% de regulación).
- Apagado.

La detección de movimiento se realizará entre las escenas de regulación y apagado, fijándose un tiempo de retardo de 10 min. El estado de la escena en las salas de reuniones (gobernadas por el detector de movimiento) se transferirá a través de pasarelas BacNet al BMS para la habilitación del lazo de regulación de la climatización.

- Salas Touchdown

Tienen un funcionamiento automático de encendido y apagado según su multisensor. Se fijan 2 escenas:

- Regulación activa a 500lux
- Apagado

La detección de movimiento se realizara entre las escenas de regulación y apagado, fijándose un tiempo de retardo de 10 min.

- Centro de Negocios

Las salas del centro de negocios se podrán controlar por medio de horarios centralizados que realizarán barridos de apagados, y cada una de ellas además dispondrá de una botonera para control local con opción para 5 presets, apagado, y dos botones añadidos para “dim up” y “dim down”. Se dispondrá también de un control manual de los estores de las salas, utilizando unos botones reservados para tal efecto en las botoneras.

- Sala de Mercados

La sala de mercados se controlará por medio de horarios centralizados, además de disponer de sensores de luminosidad para regulación activa a 500 lux.

- Salas de Office

Tienen un funcionamiento automático de encendido y apagado según su multisensor.

Se fijan 2 escenas:

- Regulación activa a 500lux
- Apagado

La detección de movimiento se realizará entre las escenas de regulación y apagado, fijándose un tiempo de retardo de 5 min.

- Sala de formación

La sala de formación será divisible en dos por medio de mamparas móviles. Cada una de las dos sub-salas dispondrá de una botonera para control local con opción para 5 presets, apagado, y dos botones añadidos para “dim up” y “dimdown”.

Existirá además un módulo de entradas que reciba el contacto de los finales de carrera para que en caso de que las sub-salas se encuentren unidas, ambas botoneras funcionen conjuntamente.

Además, esta información también se transferirá al BMS por medio de pasarelas para que se actúe en consecuencia con la regulación de la climatización.

- Parking

El funcionamiento del parking se realizará con detectores de presencia. Se definen 4 escenas:

- Regulación pasiva a 75 lux en zonas de estacionamiento y a un valor superior en zonas de maniobras de vehículos
- Nivel de espera al 40%
- Nivel reducido al 10%
- Apagado

La activación se realizará en función de los accesos al parking. Cuando se realice la detección, se encenderá la zona de actuación del sensor a 75 luxes y el resto de áreas irán al nivel de espera. Cuando se produzca detección por una nueva zona, esta pasará automáticamente a 75 luxes, al igual que las que vayan dejando de detectar volverán nivel de espera tras 5 min de inactividad. Se pasará del nivel reducido al apagado 1 minuto después de estar todas las zonas en espera.

- Escaleras

Las escaleras se controlarán por medio de horarios centralizados que activarán directamente los contactores de los circuitos, en funcionamiento en paralelo con los detectores autónomos situados localmente en las propias escaleras.

- Exteriores y cubierta

La iluminación de exteriores y cubierta se controlará por medio de horarios centralizados en función del reloj astronómico central.

3.4.2 Control de iluminación exterior y estores

Los estores serán controlados de forma automática por el sistema pudiendo realizarse una actuación manual si resulta necesario. Cada uno de los edificios (M14 y M17) será controlado por su propia estación meteorológica. A continuación se describen en profundidad los diferentes tipos de sensores y los valores de decisión asociados a cada uno.

- Viento

Este sensor tiene la finalidad de evitar daños en los estores como consecuencia de rachas fuertes de viento. Teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante de los estores se decide fijar los siguientes parámetros:

- a. Valor de alarma: 25 km/h
- b. Posición de alarma: Estores arriba
- c. Tiempo de activación: 2 segundos
- d. Tiempo de desactivación: 10 minutos

Para evitar que se produzca un número excesivo de movimientos deberán transcurrir 10 minutos con vientos inferiores a 25 km/h para que se vuelva al funcionamiento normal.

- Lluvia

Evita el deterioro de las telas de los estores. Los parámetros de configuración han seguido los siguientes patrones:

- a. Valor de alarma: Detección de lluvia
- b. Posición de alarma: Estores arriba
- c. Tiempo de activación: 1 segundo
- d. Tiempo de desactivación: 30 minutos

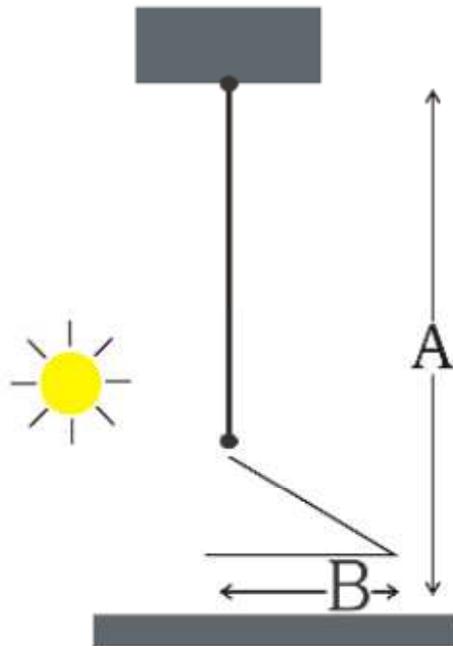
- Heladas

Sirve para impedir el movimiento de los estores en caso de bajas temperaturas que puedan ocasionar congelación de las guías. La configuración de los parámetros ha sido la siguiente:

- a. Valor de alarma: -0°C
- b. Posición de alarma: Estores arriba
- c. Tiempo de activación: 10 minutos
- d. Tiempo de desactivación: 30 minutos

- Radiación solar estores verticales

En caso de existir radiación solar significativa los estores funcionarán en modo “Suntracking”. En este modo, la posición vertical de los estores se regula en función de la incidencia sobre cada una de las fachadas calculada según la altura y el azimut solar.



La distancia B que puede observarse en el dibujo adjunto es configurable. Esta distancia representa la cantidad de luz solar que incide en la estancia. De esta manera, la posición vertical del estor se calcula automáticamente en función de la orientación y la inclinación solar.

Por otro lado se ajusta el tiempo de actualización. Este tiempo es el que determina la periodicidad con la que los estores actualizan su posición vertical. Es conveniente que este tiempo no sea excesivamente corto ya que puede resultar molesto y al mismo tiempo, permita adaptarse convenientemente a los cambios. Los parámetros que se han configurado se muestran a continuación:

- a. Valor de activación Suntracking: 20.000 lux
- b. Valor de desactivación Suntracking: 10.000 lux
- c. Distancia B: 50 cm
- d. Tiempo de actualización: 12 minutos

- Orden de Prioridad

Es imprescindible que exista un orden de prioridad para cada uno de los tipos de alarma y modos de funcionamiento. Por ejemplo, en caso de que la alarma de viento mueva los estores hacia arriba se deshabilitará el control de Suntracking hasta que dicha alarma desaparezca.

El orden de prioridad establecido es el siguiente:

- a. Control forzado (desde Software Vista)

- b. Alarma de viento
- c. Heladas
- d. Lluvia
- e. Control manual (desde Software Vista)
- f. Suntracking

Esto significa que actuando sobre el control forzado en la visualización se deshabilita cualquier tipo de alarma.

Control mediante Software Vista

Se dispondrá de control sobre las diferentes variables del sistema desde una aplicación software. Las características de esta aplicación son las siguientes:

- a) Control forzado para nivel de usuario “Mantenimiento”
- b) Control manual para nivel de usuario “Operador”
- c) Visualización de los valores de centrales meteorológicas
- d) Visualización de los diferentes tipos de alarma

Tanto el control manual como el control forzado se realizará sobre grupos de estores. Existirán 4 grupos por cada planta del edificio, representando cada una de las fachadas.

Integración con BMS

La integración del sistema de control de iluminación y estores con el sistema BMS se realizará en los equipos JACE, y se transferirán los siguientes puntos BacNet.

- Alarmas DALI por controlador DDBC120-DALI.
- Estado de salas de reuniones y touchdown (valor del preset activo en cada momento).
- Estado de mamparas correderas en sala de formación.
- Estado de las alarmas mencionadas en los apartados anteriores para el control de estores.

- Control estores horizontales

El funcionamiento de los estores horizontales está asociado a unos programadores horarios con las siguientes franjas horarias:

1. Verano: Desde el 15 de junio hasta el 30 de septiembre. Se despliegan a las 8:00 y se recogen a las 19:00 de lunes a viernes.

2. Invierno: Desde el 1 de octubre hasta el 14 de junio. Se despliegan a las 8:00 y se recogen a las 18:00 de lunes a viernes.

En el caso de los estores horizontales el orden de prioridad es el siguiente:

- a. Control forzado (desde Software Vista)
- b. Alarma de viento
- c. Heladas
- d. Lluvia
- e. Control manual (desde Software Vista)
- f. Horario

No existe control suntracking para estos estores.

- Control estores restauración y lucernario tesorería.

El accionamiento sobre estos estores se realizara manualmente desde el ordenador de control. El orden de prioridad es el siguiente:

- a. Control forzado (desde Software Vista)
- b. Alarma de viento
- c. Heladas
- d. Lluvia
- e. Control manual (desde Software Vista)

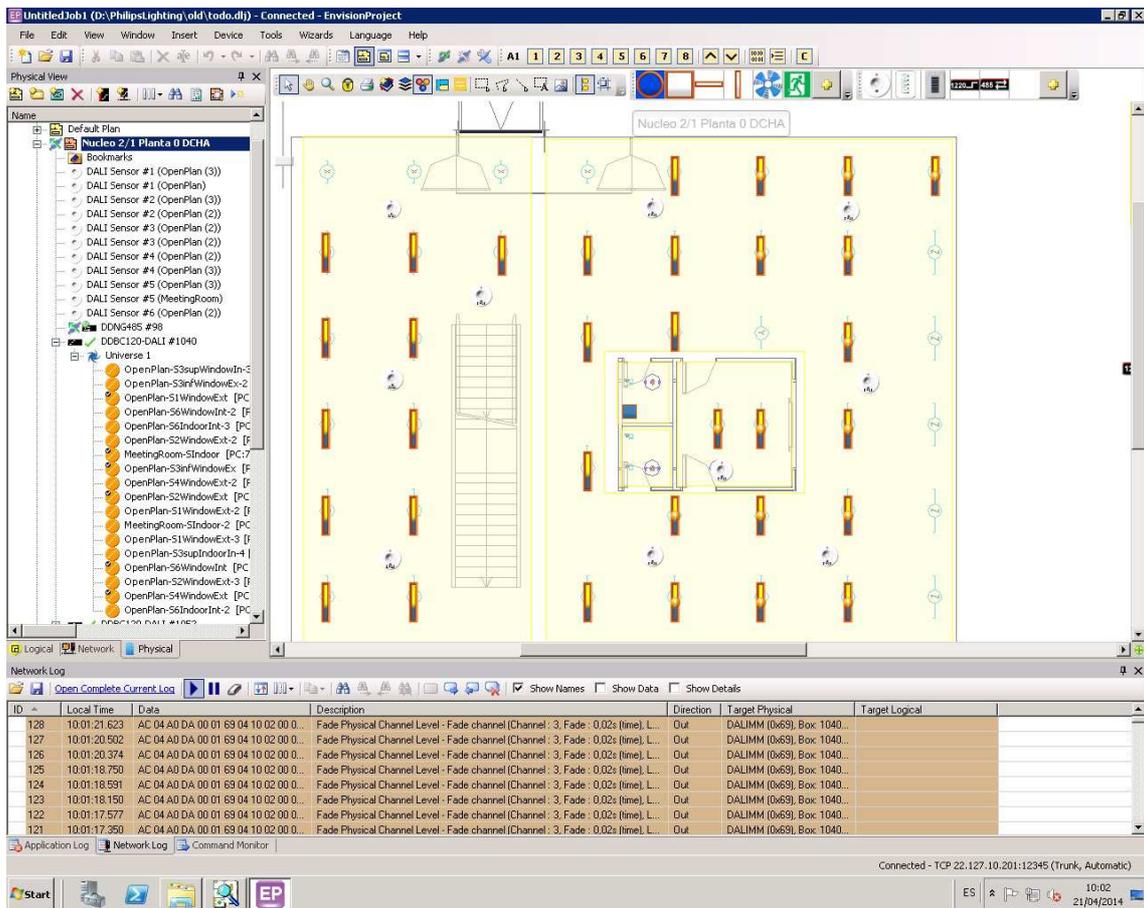
3.5 Estudio de consumo eléctrico

Durante los meses de Diciembre de 2013 y Enero de 2014 se realizaron en la Sede de la SFI los estudios correspondientes a los consumos eléctricos. A partir de los mecanismos de control y supervisión que fueron instalados en el edificio, se va a realizar un análisis exhaustivo de los consumos eléctricos del edificio y de distintas instancias del mismo.

Como punto de partida se tomarán los datos de otros edificios que la empresa posee y se tratará de decidir si la tecnología instalada en el mismo ha cumplido con su función, procediendo posteriormente a un análisis económico de la inversión y su amortización.

3.5.1 Consumos generales

Se inicia este desarrollo de los consumos del edificio con el suministro total de energía en el mismo, diferenciando entre las dos parcelas principales del edificio. A partir de los programas suministrados por la compañía encargada de los sistemas de iluminación del edificio y los suministrados por la empresa encargada del control de la climatización, así como los mecanismos de control de los suministros generales, se establecen unos ratios de consumo eléctrico en el edificio. Puesto que en este proyecto se desarrolla principalmente la parte de la iluminación del edificio, se presenta en la siguiente figura una imagen de la pantalla principal del control de la iluminación:



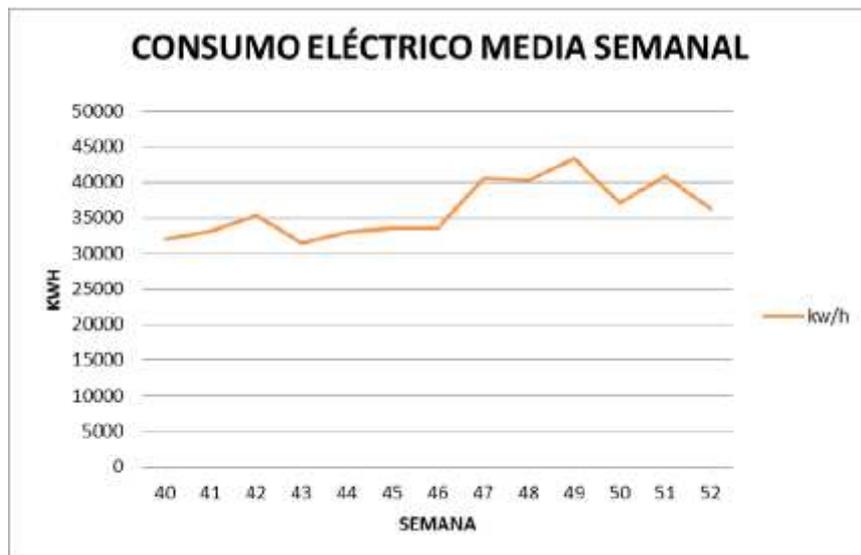
En ella se observa cómo queda la instalación esquematizada en la pantalla principal del programa, y a la izquierda se ven los diferentes parámetros configurables.

Los consumos del mes de Diciembre fueron obtenidos diariamente en el centro de control del SFI y quedan reflejados en las siguientes tablas:

CONTROL DE CONSUMO ELÉCTRICO M17												
Mes:		Diciembre		Año:		2013		Responsable:				
								Jefe equipo / Técnico encargado:				
día	Hora de Lectura	ENERGIA (KWh)								Operario		
		Cubierta		Red Normal		Red Segura		CT 1	CT 1			
		CENTRO TRANSFORMACION 4		CENTRO TRANSFORMACION 3		CENTRO TRANSFORMACION 2			REACTIVA			
		Transformador 1	Transformador 2	Transformador 1	Transformador flotante	Transformador 2	Transformador 4	Transformador flotante	Transformador 5		Consumo General	Consumo General
1				434341		856532		891536		835477	8786575	
2				439056		857215		896117		842989	8820783	
3				442380		858064		899147		852032	8864806	
4				445740		858903		903353		861176	6908262	
5				449090		859738		907356		870154	6950912	
6				453320		860782		912013		881079	7002296	
7												
8												
9				463892		863060		923621		704413	7105229	
10				466359		863849		927405		713190	7144431	
11				468700		864784		931276		722406	7186055	
12				471482		865709		935517		732031	7230185	
13				473977		866537		939409		740901	7270084	
14												
15												
16				480204		868992		950593		766639	7382825	644446
17				482943		869871		954600		775856	7423800	652665
18				485484		870806		958121		785433	7465717	661021
19				488503		871639		961228		794487	7900448	668794
20				491071		872444		964746		803563	7544203	676551
21				494370		873365		968513		813730	7591710	683621
22				497740		874219		974036		823313	7636300	693531
23				499580		874713		976471		828962	7661940	697983
24				502463		875447		980374		837863	7761163	705134
25				505321		875631		983143		839521	7763100	708425
26				507948		876878		986721		844222	7769100	718912
27				510329		877614		989362		862721	7822606	725825
28				513240		878357		992056		871546	7839969	732241
29				518119		879417		996984		883286	7890536	742294
30				519537		679761		998789		886947	7906189	745220
31				522751		880530		1002586		895770	7945358	752654

CONTROL DE CONSUMO ELÉCTRICO M14										Responsable:	
Mes:	Diciembre		Año:	2013		Jefe equipo / Técnico encargado:					
Hora de Lectura	ENERGÍA (KWh)									Observacion	Operario
	Cubierta		Red Segura			Red Normal			Restauración		
	CENTRO TRANSFORMACIÓN 8		CENTRO TRANSFORMACIÓN 7			CENTRO TRANSFORMACIÓN 6			CT 5		
	Transformador 1	Transformador 2	Transformador 4	Transformador flotante	Transformador 5	Transformador 1	Transformador flotante	Transformador 2	Transformador 1		
1			198047		239776	403900		547854	211094		
2			199016		241315	405696		548745	211699		
3			200488		247578	407838		552110	213918		
4			201954		245795	409817		554536	216078		
5			203430		248044	411782		557025	218286		
6			204885		250057	413840		559118	220491		
7											
8											
9											
10			208522		257355	421580		566730	224529		
11			211240		259631	423630		568013	226635		
12			213028		262029	425775		571480	229014		
13			214544		264123	427605		574129	238880		
14											
15											
16			218431		269623	433557		583625	234304		
17			220098		271463	435534		584220	236598		
18			221822		273765	437636		586900	238991		
19			223484		275702	439311		588888	241156		
20			225127		278146	441612		592740	243357		
21			226804		282409	443991		595740	245555		
22			228115		282291	446506		599287	246291		
23			228875		283352	447853		600942	248844		
24			230444		285438	449909		603646	248721		
25			231643		286142	451727		605521	248013		
26			232768		288527	458747		608505	250339		
27			234212		290460	458760		611265	252204		
28			235502		292257	457659		613724	253751		
29			237007		294438	460506		616381	254511		
30			237643		295431	461020		617914	255314		
31			238951		297182	463498		620437	256630		

Del mismo modo, se han ido tomando los datos de consumo medios semanales del edificio. Para poder ver la evolución del consumo a lo largo de los últimos meses lo que hemos hecho es calcular la media diaria de cada una de las semanas para de esta forma ver mejor la evolución en el incremento de consumos eléctrico. Lo hemos plasmado en el siguiente gráfico.



En este caso podemos observar que el consumo eléctrico no ha evolucionado de la misma manera y prácticamente la evolución ha sido la generada por el aumento de ocupación del edificio y sobre todo por el menor nº de horas de luz solar.

Del mismo modo, se van a exponer ahora los desgloses de consumos diarios, diferenciando entre día entre semana y día de fin de semana. Todos estos resultados se obtienen gracias a los equipos instalados en el puesto de control del edificio.

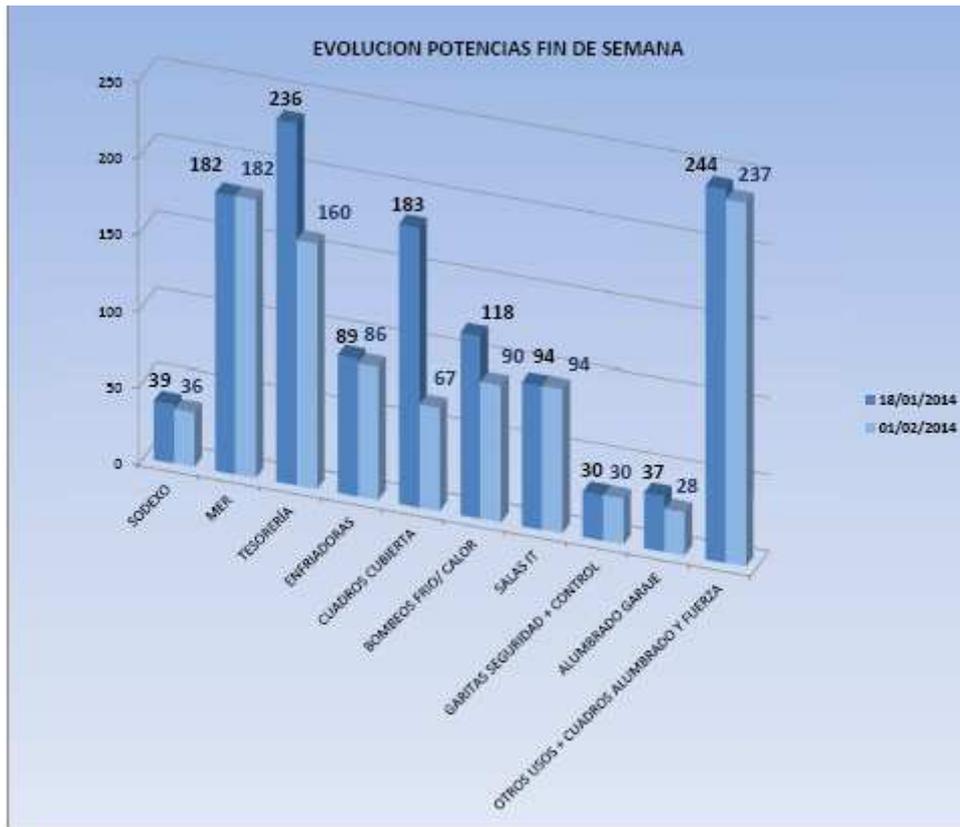
- Consumo de un día entre semana:

EVOLUCIÓN POTENCIAS DIARIO	23/01/2014		29/01/2014	
POTENCIA TOTAL EN CT1 (KW)	1884		1867	
DESGLOSE POR USOS	P (KW)	% DEL TOTAL	P(KW)	% DEL TOTAL
RESTAURANTE	192	10	192	10
SALA RACKS	192	10	186	10
SALA DE MERCADOS	226	12	220	12
AERORREFRIGERADORES DE M17	20	1	20	1
CUADROS CUBIERTA	403	21	429	23
BOMBEOS FRÍO/CALOR	118	6	92	5
SALAS IT	94	5	94	5
GARITAS SEGURIDAD+CONTROL	30	2	30	2
ALUMBRADO DEL GARAJE	41	2	42	2
ASCENSORES Y MONTACARGAS	84	4	84	4
OTROS USOS + CUADROS ALUMBRADO Y FUERZA	484	26	477	26



- Consumo de un día en fin de semana

EVOLUCIÓN POTENCIAS FIN DE SEMANA	18/01/2014		01/02/2014	
POTENCIA TOTAL EN CT1 (KW)	1250		1010	
DESGLOSE POR USOS	P (KW)	% DEL TOTAL	P(KW)	% DEL TOTAL
RESTAURANTE	39	3	36	4
SALA RACKS	182	15	182	18
SALA DE MERCADOS	236	19	160	16
ENFRIADORAS	89	7	86	9
CUADROS CUBIERTA	183	15	67	7
BOMBEO FRÍO/CALOR	118	9	90	9
SALAS IT	94	8	94	9
GARITAS SEGURIDAD+CONTROL	30	2	30	3
ALUMBRADO DEL GARAJE	37	3	28	3
OTROS USOS + CUADROS ALUMBRADO Y FUERZA	244	19	237	23



Observaciones al respecto:

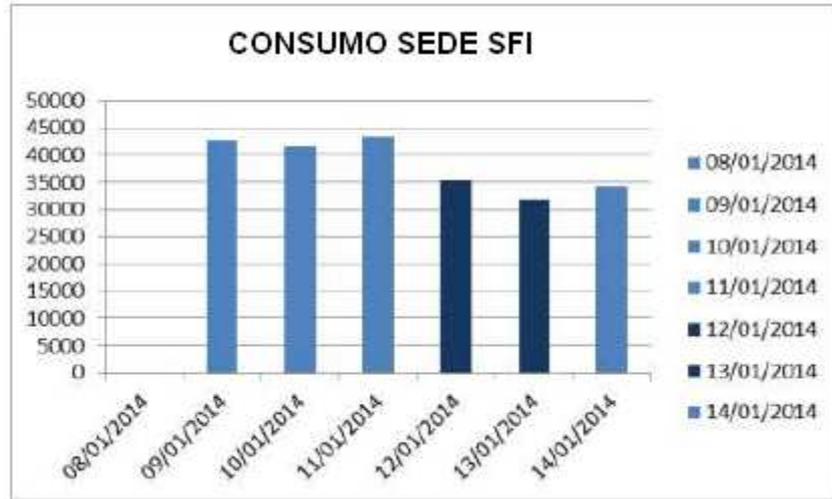
- Sodexo (Restaurante) es el nombre de la empresa encargada de la gestión de restaurante y comedor de la empresa; los gastos son los mismos porque la mayor parte de ellos provienen de las cámaras frigoríficas.
- Tanto la sala Racks como las salas IT funcionan las 24 horas.
- Para dar suministro de aire frío a tesorería, sala Racks y salas IT, las enfriadoras también están en funcionamiento continuo.
- La sala de bombeo funciona igualmente durante las 24 horas.
- En fin de semana, las luminarias del parking funcionan con una programación nocturna de fin de semana, lo que reduce sustancialmente los consumos.

3.5.2 Consumo de la parcela Sur

Con el fin de poder hacer un estudio más completo del consumo eléctrico del edificio Sur lo que hemos hecho realizado una toma de datos en las diferentes instalaciones para intentar saber el consumo que generan de una forma individualizada. Para ello hemos tomado unas lecturas los días que van del 8 al 14 de enero.

	09/01/2014	10/01/2014	11/01/2014	12/01/2014	13/01/2014	14/01/2014
CONSUMO SEDE SFI	42806	41703	43460	35383	31930	34245
CONSUMO ZONA SUR	23348	21929	25189	19313	16083	21041

Representado gráficamente, el resultado es el siguiente:



La primera conclusión que podemos sacar es que la reducción de consumos en fin de semana es de aproximadamente un 25%. Con lo que podemos entender que el consumo de los ordenadores y del alumbrado de todo el edificio debe de estar en ese orden de magnitud.

3.4.3 Consumo de la Sala de Racks

Seguidamente, vamos a ocuparnos del análisis de una de las instancias más importantes de todo el edificio, la sala de Racks. En ella, se instalan todos los procesadores de datos de la sede y tiene unas características de ventilación y

refrigeración especiales, por lo que resulta conveniente analizar su comportamiento dentro del conjunto del edificio.

En esta instalación se ha realizado un seguimiento en los últimos meses tomando el consumo mensual de las enfriadoras, de los cuadros de la Sala de Racks, de las bombas tanto de primario de frío como de impulsión de agua a las Stulz de la Sala de Racks.

En primer lugar se muestra la tabla con los consumos tomados:

	11 NOVIEMBRE	10 DICIEMBRE	CONSUMOS EN 1 MES	10 ENERO	CONSUMOS EN 1 MES	
CONSUMO TOTAL FASE 1	6062633 KWH	7144431 KWH	1081798 KWH	8317082 KWH	1172651 KWH	
CONSUMO M17	3363333 KWH	3946520 KWH	583187 KWH	4554224 KWH	607704 KWH	
consideramos que el 50% de este consumo es imputable a sala MER. Ya que se considera 2KW por m2 y la sala MER tiene una superficie de 400 m2 con lo que podemos considerar una carga de 800KW y cada enfriadora es de 1600KW y en estos momentos solo tenemos 1 enfriadora	CT 2 TRAFO 4	821679 KWH	927405 KWH	105726 KWH	1033615 KWH	106210 KWH
	CT 2 TRAFO 5	486282 KWH	713190 KWH	226908 KWH	984847 KWH	271657 KWH
	CT 3 TRAFO 1	380888 KWH	466359 KWH	85471 KWH	551099 KWH	84740 KWH
	CT 3 TRAFO 2	640635 KWH	663899 KWH	23264 KWH	688096 KWH	24197 KWH
	CT 4 TRAFO 3	1033849 KWH	1175667 KWH	141818 KWH	1296567 KWH	120900 KWH
CONSUMOS ENFRIADORAS	699910 KWH	757459 KWH	57549 KWH	821174 KWH	63715 KWH	consideramos que el 70% de este consumo es imputable a sala MER. que se considera 2KW por m2 y la sala MER tiene una superficie de 40 m2 con lo que podemos considerar una carga de 800KW y cada enfriadora es de 1600KW y en estos momentos solo tenemos 1 enfriadora
ENFRIADORA 1	378270 KWH	379189 KWH	919 KWH	389736 KWH	10547 KWH	
ENFRIADORA 2	128929 KWH	185151 KWH	56222 KWH	227858 KWH	42707 KWH	
ENFRIADORA 3	192711 KWH	193119 KWH	408 KWH	203580 KWH	10461 KWH	
CONSUMO BOMBAS						
CUADRO BOMBAS SALA MER	292206,54 KWH	222446,5 KWH	20239,96 KWH	243104 KWH	20657,5 KWH	consideramos que el 50 % de este consumo es imputable a sala MER
CUADRO SALA BOMBAS DE FRÍO	291043,11 KWH	334432,94 KWH	43389,83 KWH	378007 KWH	43574,06 KWH	
CUADROS SALA MER	674451,61 KWH	775496,08 KWH	101044,47 KWH	899275 KWH	123778,92 KWH	
M17.P0.19(S) MER	16300,23 KWH	18924,83 KWH	2624,6 KWH	21826 KWH	2901,17 KWH	
M17.P0.18(S) MER	14598,69 KWH	17172,72 KWH	2574,03 KWH	19999 KWH	2826,28 KWH	
M17.P0.22(S) VENT	3214,59 KWH	3819,01 KWH	604,42 KWH	4361 KWH	541,99 KWH	
M17.P0.22(S) COMP	232411,97 KWH	262840,44 KWH	30428,47 KWH	291249 KWH	28408,56 KWH	
M17.P0.23(S) COMP	320246,57 KWH	336982,21 KWH	16735,64 KWH	354371 KWH	17388,79 KWH	
M17.P0.23(S) VENT	14392,7 KWH	16801,14 KWH	2408,44 KWH	18636 KWH	1834,86 KWH	
M17.P0.21(S) MER	37129,67 KWH	59839,17 KWH	22709,5 KWH	94311 KWH	34471,83 KWH	
M17.P0.20(S) MER	36157,19 KWH	59116,56 KWH	22959,37 KWH	94522 KWH	35405,44 KWH	
CONSUMO SALA MER	1570325,33 KWH	1762266,94 KWH	191941,611 KWH	1981805,7 KWH	219538,762 KWH	
% CONSUMO SALA MER RESPECTO M17	46,69%	44,65%	32,91%	43,52%	36,13%	

El primer dato que podemos obtener es que la sala Racks es la causante de un 32-37% del consumo del edificio Sur. Para poder ver más en detalle cómo se produce el consumo en las Sala Racks, lo que se ha realizado es una toma de consumos diarios en los días que van del 8 al 14 de enero.

Lo primero que podemos concluir con los datos tomados en estos días es el % de consumo de la sala Racks respecto al edificio Sur y respecto a la Sede SFI.

ESTUDIO DEL CONSUMO DE LA SALA RACKS						
FECHA	09/01/2014	10/01/2014	11/01/2014	12/01/2014	13/01/2014	14/01/2014
CONSUMO CIUDAD SFI (Kwh)	42806	41703	43460	35383	31930	34245
CONSUMO PARCELA SUR(Kwh)	23348	21929	25189	19313	16083	21041
CONSUMO SALA RACKS(Kwh)	7069,9	7879,7	8199,3	5795	4914,4	6194,2
% SALA RACKS RESPECTO EDIFICIO SUR	30,28%	35,93%	32,55%	30,01%	30,56%	29,44%
% SALA RACKS RESPECTO CIUDAD	16,52%	18,89%	18,87%	16,38%	15,39%	18,09%

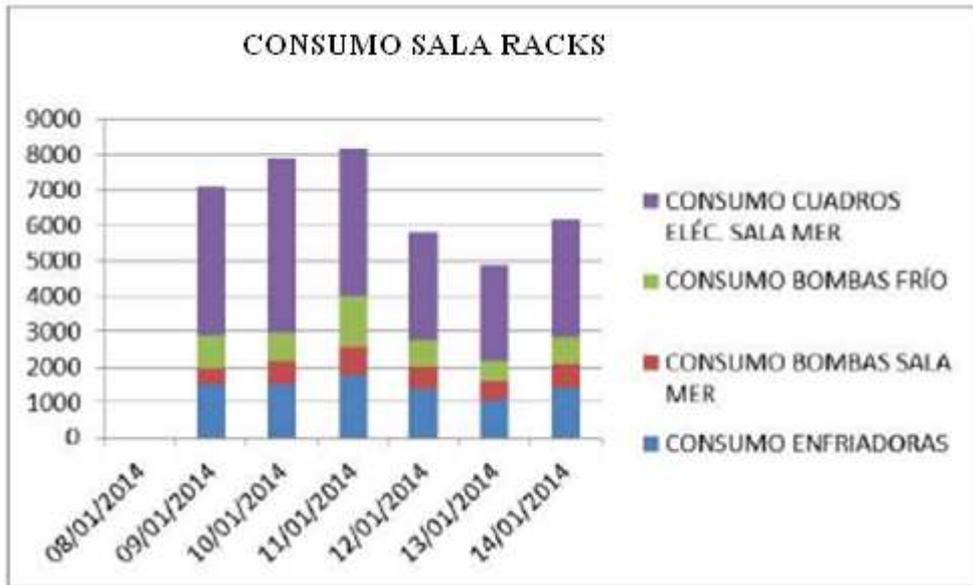
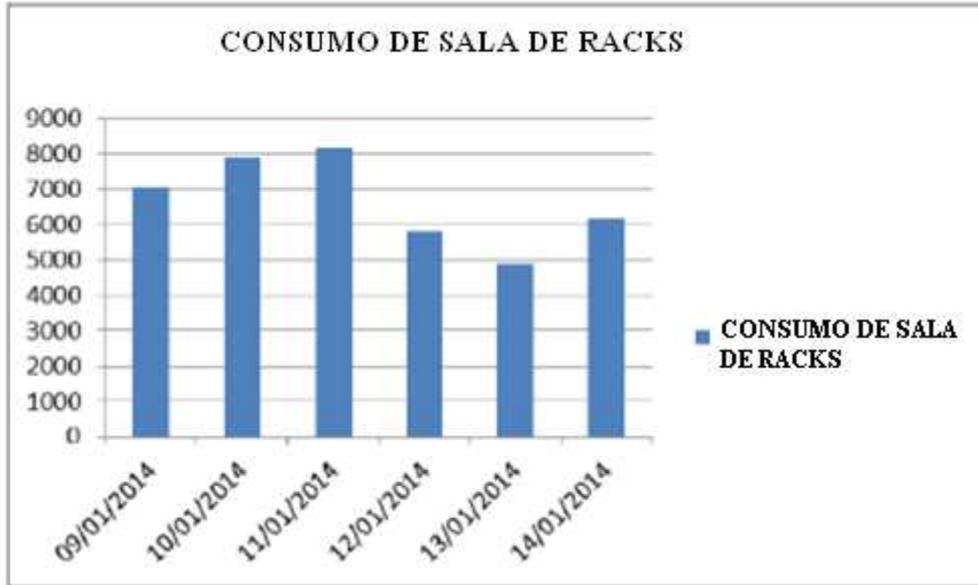
Esto corrobora el dato del % obtenido con la tomas mensual de los consumos de la Sala RACKS, y gráficamente queda:

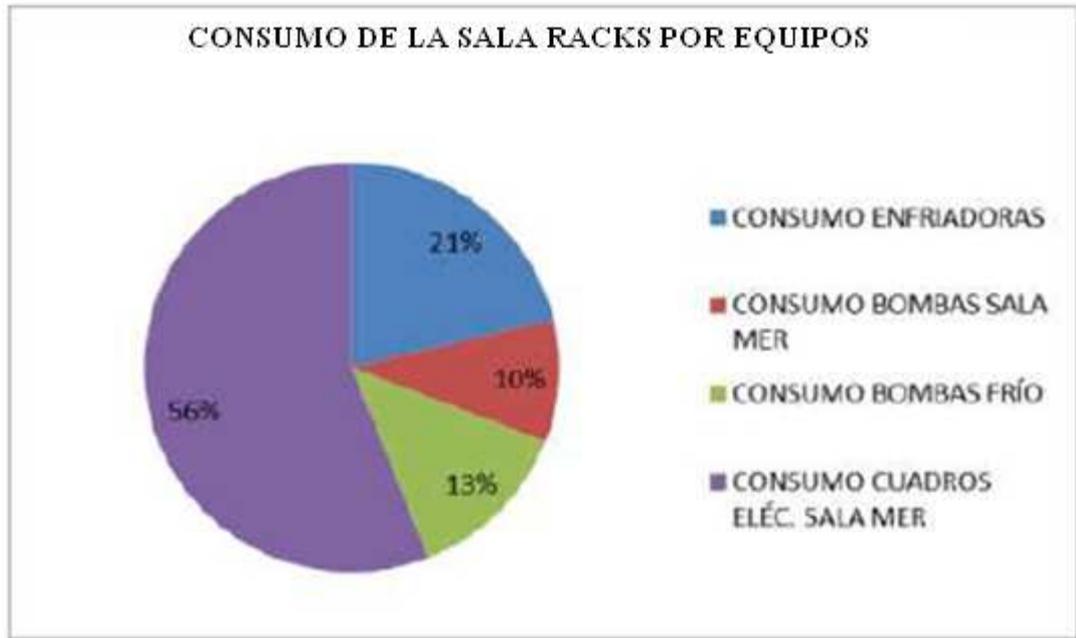


Si separamos estos consumos por los diferentes equipos que conforman la instalación de la Sala MER estos quedan de la siguiente manera:

FECHA	09/01/2014	10/01/2014	11/01/2014	12/01/2014	13/01/2014	14/01/2014
CONSUMO ENFRIADORAS (Kwh)	1494,5	1493,1	1740,9	1345,4	1049,3	1388,8
CONSUMO BOMBAS SALA RACKS (Kwh)	476	655	806	671	572	683
CONSUMO BOMBAS FRÍO (Kwh)	904,4	803,6	1457,4	761,6	548,1	778,4
CONSUMO CUADROS ELÉC. SALA RACKS (Kwh)	4222	4928	4195	3017	2745	3344
CONSUMO TOTAL SALA RACKS (Kwh)	7096,9	7879,7	8199,3	5795,0	4914,4	6194,2

Esto nos ha permitido saber cómo aportan consumo cada uno de los elementos de las sala MER, que gráficamente queda reflejado de la siguiente manera:





Se observa en este último gráfico cómo una gran parte del consumo de la sala Racks proviene de la parte de la refrigeración, llegando a ser un 50% prácticamente.

3.5.4 Consumo de salas IT

También hemos realizado una muestra de los consumos de las Salas IT, para ello hemos tomado el consumo eléctrico de los analizadores de redes de los cuadros eléctricos de dichas salas. Para completar el resto de consumos, hemos tenido que estimar el consumo de los fan-coils de dichas salas ya que no están incluidos en el consumo del cuadro de la sala IT sino que están alimentados por otro cuadro de cada uno de los patinillos. También le asignaremos el 20% del consumo de las enfriadoras y el 20% del consumo de las bombas de frío del edificio Sur. Con todos estos obtenemos:

SOTANO 1			
IT.M17.P0.16(S)			
PLANTA 1			
IT.M17.P1.2 (S)			
IT.M17.P1.1 (S)			
IT.M17.P1.5 (S)			
PLANTA 2			
IT.M17.P2.2 (S)	CONSUMO DÍARIO	936,85	kWh
IT.M17.P2.4 (S)			
IT.M17.P2.5.1 (S)	CONSUMO MENSUAL	29042	kWh
PLANTA 3			
IT.M17.P3.2 (S)			
IT.M17.P3.4 (S)			
IT.M17.P3.5.1 (S)			
SALA RITI			
IT.M17.P0.16_(S)			
CONSUMO DE LOS FAN-COILS		33480	kWh
CONSUMO ENFRIADORA PARA LOS FAN-COILS		10000	kWh
CONSUMO BOMBAS FRIO PARA LOS FAN-COILS		6000	kWh
CONSUMO MENSUAL IMPUTABLE A SALAS IT		78522	kWh

3.5.5 Consumos de la sala de Mercados

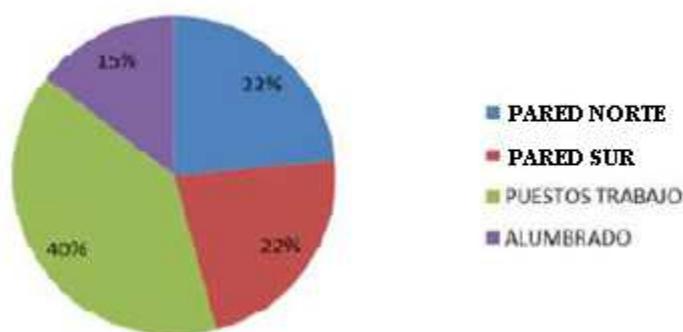
Para obtener el consumo de Mercados hemos obtenido los consumos del Video Wall, de los puestos de trabajo y del cuadro de alumbrado. Para el Video Wall hemos tomado consumo instantáneo de los automáticos que dan alimentación a los videowall en los cuadros situados en los patinillos del N 7.1 y del 7.2.

El consumo de los puestos de trabajo los hemos obtenido tomando consumo instantáneo de los STS y hemos puesto que el trabajo es de unas 16 h al día 22 días al mes. Para obtener consumo de alumbrado de la sala hemos sacado el consumo instantáneo y lo hemos promediado 31 días al mes 24 h.

Los resultados de dichos cálculos quedan reflejados en la siguiente gráfica y en la siguiente tabla.

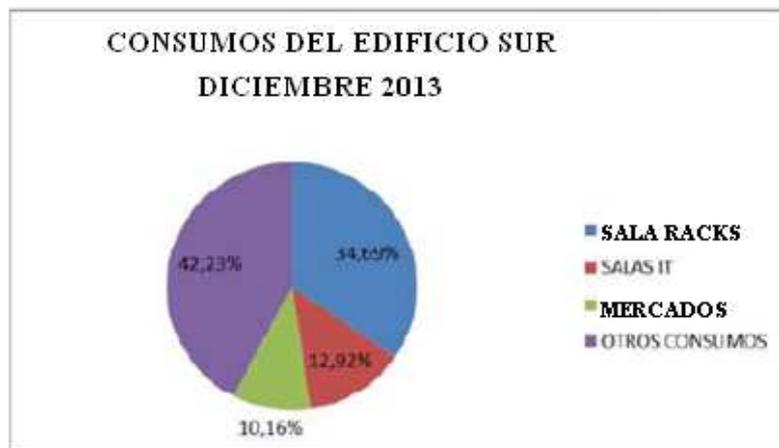
	CONSUMO(KWH)
PAREDES NORTE	14508
PAREDES SUR	13764
PUESTOS TRABAJO	24496,912
ALUMBRADO	8981,568

CONSUMO DE LA SALA DE MERCADOS



Con todos los datos expresados en los apartados 3.4.3, 3.4.4 y 3.4.5 podemos sacar el reparto de los consumos del edificio Sur de una forma aproximada sabiendo el peso de cada uno de las instalaciones. Gráficamente representado quedaría de la siguiente manera:

DICIEMBRE	
	CONSUMO
SALA RACKS	210823,95
SALAS IT	78522,35
SALA MERCADOS	61750,48
OTROS CONSUMOS	256607,22
CONSUMO EDIFICIO SUR:	607704



Por otros consumos tenemos que considerar climatizadores, puestos de trabajo del resto del edificio, alumbrado del resto del edificio, ascensores, calderas, etc.

4. ANÁLISIS POSTERIOR

En este último apartado del proyecto se van a realizar los denominados Análisis Posteriores. Estos análisis se van a centrar en la comparación y estudio de los valores que se han ido obteniendo. En el desarrollo se ha ido llegando brevemente a distintas conclusiones en función de las distintas áreas que se estaban estudiando, sin embargo, en este se va a profundizar algo más con el objetivo de aportar mayor valor al proyecto tanto a nivel académico, como para la empresa SFI.

4.1 Análisis del consumo real frente a la simulación energética realizada con el programa CALENER.

Aunque no se hayan ampliado a lo largo del proyecto hasta ahora, en el proyecto de ejecución se incluyen los siguientes resultados de la simulación realizada para este edificio con el programa CALENER:

Edificio Norte:

[11-01-13 1015] M14: Edificio-Mensual

Tipo de Energía: [TODOS]

Variable: **Energía Primaria**

Gráfico | Tabla

Consumo Energía Primaria (kWh)

	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	128174,8	117688,3	130140,9	118628,2	129157,8	124641,1	129157,6	129157,9	119611,1	129157,9	123658,0	114068,2	1493241,6
Refrigeración	83128,0	76790,9	93554,8	99923,3	132954,5	168218,3	219739,3	211680,8	162316,1	126593,6	85490,3	82820,3	1543210,3
Bombas y Auxiliares	70266,7	67454,5	95561,0	151230,9	102803,3	73396,2	60020,7	60675,1	63089,5	68059,0	65839,0	67003,1	945398,9
Ventiladores	174223,0	158128,0	168828,9	142869,4	153391,9	147244,8	154773,2	154709,0	142038,3	153400,2	165414,5	155906,5	1870927,8
Calefacción	98932,6	50393,8	24172,1	11929,9	3145,1	631,8	407,1	406,0	492,9	6658,9	34827,9	77670,0	309668,0
ACS	10470,9	9409,4	10313,5	9891,8	10060,1	9549,7	9714,8	9734,1	9557,8	10113,5	10002,4	10460,7	119278,6
TOTAL	565196,1	479865,0	522571,2	534473,5	531512,7	523682,0	573812,7	566362,8	497105,7	493983,2	485232,1	507928,6	6281726,5

Edificio Sur:

[11-01-13 1040] M17: Edificio-Mensual

Tipo de Energía: [TODOS]

Variable: **Energía Primaria**

Gráfico | Tabla

Consumo Energía Primaria (kWh)

	E	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
Iluminación	90967,8	83446,2	92325,7	84720,4	91646,7	88543,9	91646,7	91646,7	85399,3	91646,7	87865,0	82213,0	1062068,3
Refrigeración	648826,6	590360,6	669425,4	660488,0	717508,8	761001,9	869871,9	837304,5	751520,0	643365,1	639169,3	648421,1	8518464,0
Bombas y Auxiliares	156176,5	146040,7	177696,7	202321,7	173855,6	136497,4	129100,2	127040,3	119772,0	135098,4	139964,3	152241,5	1795805,3
Ventiladores	369708,3	334446,3	369708,4	352614,3	369708,3	356619,4	369708,3	369708,2	352614,4	369708,3	356619,3	357693,2	4328856,5
Calefacción	27106,9	6356,1	2989,7	1826,3	792,7	0,0	0,0	0,0	0,0	297,7	2950,5	15984,6	58304,4
ACS	13513,3	12205,5	13513,1	13098,2	13512,9	13076,8	13512,5	13512,5	13076,7	13491,9	13077,2	13513,3	159103,9
TOTAL	1306299,4	1173055,4	1325661,9	1315068,8	1367025,0	1355739,5	1473839,6	1459210,3	1322382,4	1314608,1	1239645,5	1270066,6	15922601,0

Vamos a centrar el estudio en el análisis de la parcela Sur, que también ha sido el foco central del análisis de consumos. Tomando como base los datos obtenidos en el mes de diciembre, se concluye diciendo que el consumo de ese mes es de 680704 Kwh, inferior a los 1.270.066,6 Kwh que marcaba la simulación, cantidad correspondiente a un 46,45% menos.

Cabe destacar que este programa no ha tenido en cuenta la implantación del sistema de control de la iluminación, así como el sistema de parametrización de la climatización utilizado en este edificio. Del mismo modo, al tratarse todavía de una fase de instalación, incorporación de personal al edificio e implantación de las nuevas medidas de control de consumo, el estudio no puede ser aún del todo concluyente, puesto que se necesita de un tiempo de asimilación a la realidad de consumo del mismo.

Como ejemplo se puede mencionar el caso del control de la regulación en la iluminación del parking: en un primer momento se instaló el sistema con una regulación al 80% de la carga y hoy en día, se funciona con total normalidad en el parking con una regulación del 40%, por lo que se ha reducido a la mitad manteniendo los mismos niveles de confort.

4.2 Análisis del consumo real del edificio respecto de otro edificio de la empresa

Otro de los objetivos principales de este proyecto era comparar la realidad de consumo del nuevo edificio con los consumos de otros edificios, para poder obtener ratios de comparación y poder evaluar la eficiencia de la tecnología implantada.

Uno de los análisis más importantes y del que se puede obtener más información sobre la eficiencia real de los equipos instalados es mediante la comparación con otro edificio de oficinas del grupo SFI, por lo que las ganancias que se producen son prácticamente iguales, ya que se le da el mismo uso.

Hay que tener en cuenta las dimensiones que se especifican en la siguiente tabla:

Edificio Propio		Otro edificio	
Tamaño m ²	Trabajadores	Tamaño m ²	Trabajadores
40000	1900	28000	1400

Como ya se ha comentado previamente el otro edificio también está compuesto de oficinas y se encuentra en otra zona Madrid.

Hay que tener en cuenta que la comparación sería más válida cuantas más veces se realizase, sin embargo el complejo al ser de nueva construcción no tiene un histórico para utilizar y por lo limitado del tiempo de proyecto sólo se va a comparar un mes. Realmente no se podrían sacar comparaciones fiables de funcionamiento hasta que el complejo lleve un año de funcionamiento. Por lo tanto, en el futuro este mismo análisis volverá a realizar con total seguridad para comprobar la veracidad de las conclusiones alcanzadas.

. A través de un estudio realizado, los consumos de otro de los edificios a lo largo del año 2013 y parte de 2014 han sido:

	Consumo(Kwh)	Factura (€)
2013	578.977	94.631,23 €
	526.427	88.849,44 €
	531.187	65.094,14 €
	607.530	66.576,61 €
	592.358	64.951,40 €
	634.607	92.698,89 €
	757.423	130.756,11 €
	646.373	69.175,01 €
	619.101	79.304,49 €
	637.792	76.309,42 €
	573.903	72.581,95 €
	569.575	81.822,81 €
TOTAL 2013	7.275.253	982.752
2014	566.808	81.850,64 €
	528.014	78.024,25 €
TOTAL 2014	1.094.822	159.874,89 €

Los datos totales de este edificio nos dan un total de 8.370.075 Kwh repartidos en 14 meses, que nos dan un consumo medio de 597862,5 Kwh al mes. La superficie total de este edificio es de 28000 m², por lo que nos sale un consumo por m² de 21,35 Kwh/m², mientras que para los 40000 m² del edificio del estudio, obtenemos un consumo medio de 680704 Kwh, es decir, de 17,01 Kwh/m², lo que supone un ahorro del 20,3%.

Basándonos en los datos de ocupación de edificio, en el otro edificio de la empresa, obtenemos un consumo medio de 427 Kwh/trabajador, mientras que en el

edificio actual se obtiene un ratio de 358 Kwh/trabajador, lo que supone un ahorro del 16,09%.

Cabe recordar que los consumos del edificio del que estamos haciendo el estudio tiene aún un consumo que no puede ser significativo a largo plazo, puesto que todavía han de ajustarse ciertos parámetros para optimizar el gasto energético. Como se comentó ya con anterioridad, el estudio se volverá a realizar dentro de un año, para obtener resultados más concretos y significativos.

Los resultados mostrados anteriormente se recogen en esta tabla:

Parámetro	Edificio estudiado	Otro edificio	Ahorros (%)
Consumo medio(Kwh/mes)	680704	597862,5	
Superficie total	40000	28000	
Número de trabajadores	1900	1400	
Consumo/Superficie (Kwh/m2)	17,02	21,35	20,30%
Consumo/trabajador(Kwh/trabajador)	358,27	427,04	16,10%

Si el edificio con el que estamos comparando el del estudio tuviera la misma superficie que éste, se obtendrían unos ahorros mensuales de 173.385 Kwh, lo que supondría unos ahorros de 2.080.620 Kwh al año.

Por otro lado, si el edificio que estamos estudiando no tuviera implantada la tecnología y las medidas de eficiencia energética de las que dispone, estaría consumiendo unos 854.000 Kwh mensuales, muy superiores a los 680704 Kwh que consume. Podemos concluir pues, que la implantación de esta tecnología centrada en la eficiencia energética supone unos ahorros de 173.296 Kwh mensuales.

Con los ahorros anuales producidos gracias a las medidas de eficiencia energética, aproximadamente unos 2.079.552 Kwh, se pueden alimentar tres instalaciones deportivas completas, con un consumo cada una de ellas de 800.000 Kwh al año.

4.3 Análisis económico

En este apartado se van a estudiar los costes resultantes de las estimaciones de consumo establecidas previamente así como de los correspondientes costes fijos. De nuevo en esta estimación de costes no está incluidos los costes de consumo de ACS por ser minoritarios y por no tener su estimación de consumo.

Los costes fijos se obtienen de la última factura emitida el 21/01/2014 y de la Orden IET/2446/2013, de 27 de diciembre de 2013:

	Término de potencia €	Alquiler equipo de medida €
Oficina M14	972	1104
Oficina M17	972	487
Total	1944	1591

Los costes asociados al consumo (término de energía) se han calculado a partir de:

- Precio unitario obtenido de la última factura emitida (21/01/2014): 0,04608207 €/kWh
- Impuesto especial de hidrocarburos : 0,65 €/GJ (0,0036 GJ/kWh)

Utilizando estos valores y los de consumo estimado se obtiene la siguiente tabla:

	Consumo estimado corregido [kWh]	Término de energía €	Impuestos €	Término de potencia* €	Alquiler equipo de medida* €	TOTAL
Edificio Norte	3.614.760	166.575,64 €	8.458,54 €	972,00 €	1.104,00 €	
Edificio Sur	1.332.579	61.408,00 €	3.118,23 €	972,00 €	487,00 €	
Total		227.983,64 €	11.576,77 €	972,00 €	795,50 €	241.327,91 €
* costes anuales por lo que se dividen entre 2, al tratarse de una estimación a 6 meses						

La estimación de costes a 6 meses para SFI es de 241327 €, como se ha ido apreciando en algunos pasos el hecho de realizar la corrección teniendo en consideración únicamente un mes dificulta la veracidad de los resultados, sin embargo, sin duda es una buena aproximación a los consumos futuros y sirve para una primer acercamiento para la previsión de costes de la empresa.

5. CONCLUSIONES

En este apartado se van a resaltar las conclusiones que se han ido alcanzando a lo largo del desarrollo del proyecto, para obtener una idea global del estado en el que se encuentra el complejo.

En primer lugar hay que destacar el periodo de ajuste del complejo en el que se han tomado las medidas, lo que ha dificultado hallar la veracidad de algunas de ellas. Este periodo se puede clasificar como puesta en marcha y de ajuste de funcionamiento. En cualquier caso, el proyecto es de gran utilidad por la capacidad que tiene de tener un puente entre la fase de diseño y la que es y será explotación. Empezando a obtener resultados para analizar si el diseño y construcción se ajusta a la realidad del edificio, ya que un sobredimensionamiento puede provocar gastos innecesarios y una incapacidad de satisfacer la demanda provocaría un discomfort inaceptable.

Con respecto a la iluminación general, los resultados obtenidos en el proyecto muestran unos consumos razonables y ajustados a lo proyectado, si bien es cierto que aún no se pueden obtener conclusiones definitivas, puesto que la parametrización de los valores ajustables continuará hasta dentro de un año, aproximadamente.

Cabe destacar, que no se han recibido quejas por parte de los trabajadores de falta de iluminación, ni en puestos de trabajo, ni en otras instancias del edificio. El sistema de control regulable permitiría en todo caso, variar los valores de intensidad y tiempo de apagado de los LEDs si fuera necesario hacerlo.

En cuanto a consumos generales, ya se ha visto cómo la implantación de la tecnología ha supuesto para la empresa unos ahorros considerables en comparación con otros edificios de la empresa. Como se había concluido en los estudios iniciales del proyecto, aunque la inversión inicial en tecnología puntera iba a ser mayor que si hubiéramos optado por un modelo más conservador, los resultados se verían desde los primeros meses de utilización.

Parámetro	Edificio estudiado	Otro edificio	Ahorros (%)
Consumo medio(Kwh/mes)	680704	597862,5	
Superficie total	40000	28000	
Número de trabajadores	1900	1400	
Consumo/Superficie (Kwh/m2)	17,02	21,35	20,30%
Consumo/trabajador(Kwh/trabajador)	358,27	427,04	16,10%

Los ahorros en la actualidad por unidad de superficie rondan el veinte por ciento en comparación con otros edificios de la empresa, lo que supone unos ahorros energéticos y por consiguiente económicos muy significativos. En algunas instancias con características especiales del edificio, como puede ser el parking, ya se están obteniendo unos ahorros en torno al 40%, gracias a la utilización optimizada del sistema de control de la luminosidad de Phillips.

Otro de los objetivos principales del proyecto era extrapolar los parámetros obtenidos en el proyecto a valores divulgativos, para lograr una mejor comprensión de los ahorros que iba a suponer dicho proyecto. Por ello, se puede concluir el proyecto diciendo que los ahorros anuales en términos de energía permitirían alimentar a tres instalaciones deportivas completas, alcanzándose unos ahorros anuales de unos dos millones de Kwh.

Por último, cabe destacar que en los meses que el edificio lleva en funcionamiento, no se ha recibido ninguna queja por parte de ningún trabajador, y todos los sondeos de calidad y de satisfacción con la iluminación han obtenido resultados muy satisfactorios, por lo que se concluye diciendo que el resultado de la inversión en esta tecnología está siendo muy positivo y que con la optimización de los consumos en los meses venideros producirá más ahorros energéticos.

ANEXOS

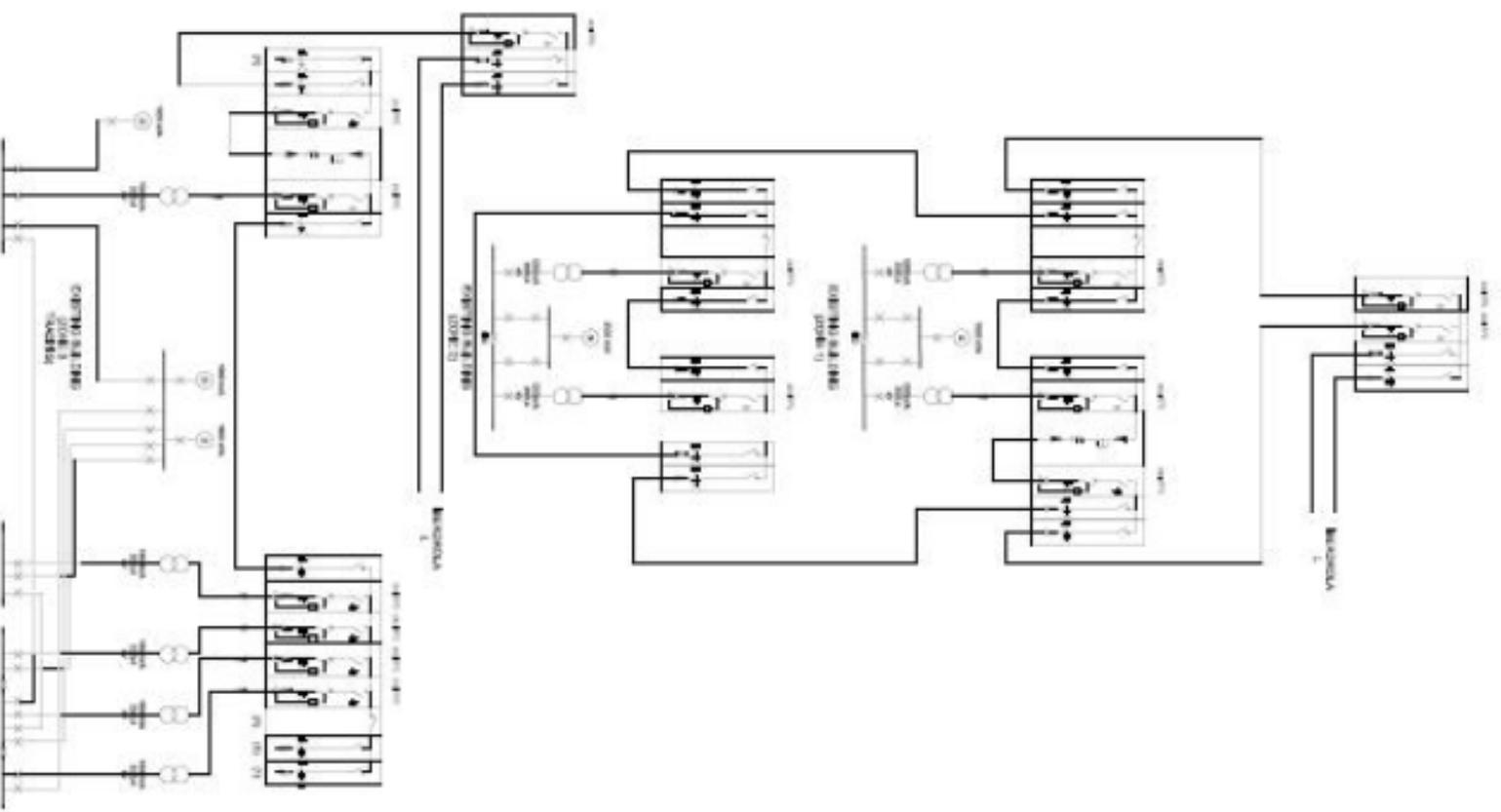
ANEXO 1:

**INSTALACIÓN GENERAL DEL
EDIFICIO**

(ESQUEMA ELÉCTRICO ETAPA I)

SCHEMATIC 1

PHASE 1 - INITIAL ELECTRICAL
INFRASTRUCTURE



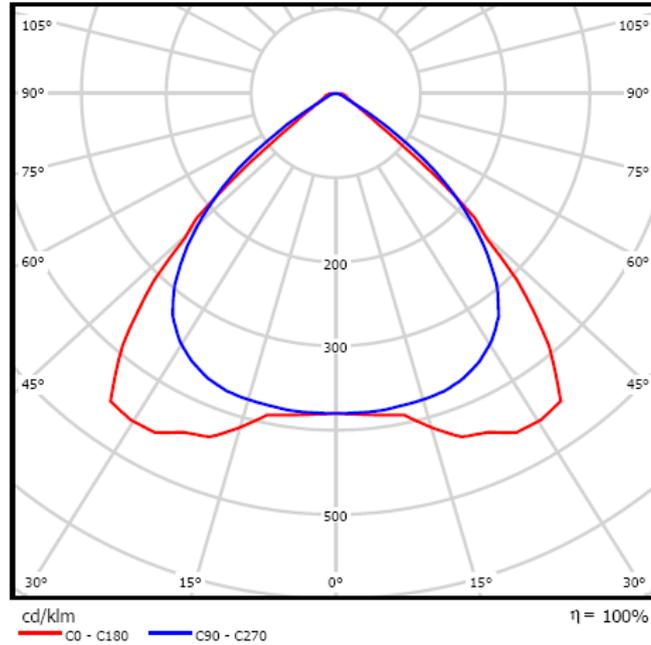
(1)
SWITCHEAR INSTALLED
TO FACILITATE
CHANGEOVER TO PHASE 2
(CLIENTS HV
DISTRIBUTION)

ANEXO 2:

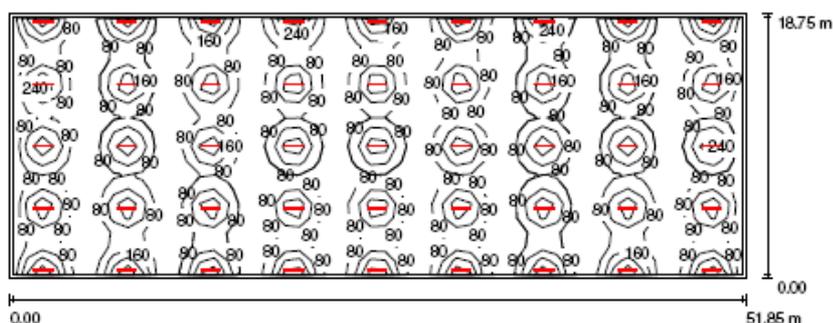
**CÁLCULO DE LUMINARIAS DEL
PARKING**

PHILIPS Pacific LED gen3 WT460C L1300 1xLED23S/840/- - WB / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	16,6	17,7	16,8	17,9	18,1	16,9	18,0	17,2	18,2	18,4
	3H	16,5	17,4	16,8	17,7	17,9	16,8	17,7	17,1	18,0	18,2
	4H	16,4	17,3	16,7	17,6	17,9	16,7	17,6	17,0	17,9	18,1
	6H	16,4	17,2	16,7	17,5	17,8	16,6	17,5	17,0	17,8	18,0
	8H	16,4	17,1	16,7	17,4	17,8	16,6	17,4	17,0	17,7	18,0
4H	12H	16,3	17,1	16,7	17,4	17,7	16,6	17,3	16,9	17,6	18,0
	2H	16,6	17,5	17,0	17,8	18,1	16,9	17,8	17,2	18,1	18,3
	3H	16,6	17,3	16,9	17,6	17,9	16,8	17,5	17,2	17,9	18,2
	4H	16,5	17,2	16,9	17,5	17,9	16,7	17,4	17,1	17,7	18,1
	6H	16,5	17,1	16,9	17,4	17,8	16,7	17,2	17,1	17,6	18,0
8H	8H	16,5	17,0	16,9	17,4	17,8	16,7	17,2	17,1	17,6	18,0
	12H	16,5	16,9	16,9	17,3	17,8	16,6	17,1	17,1	17,5	17,9
	4H	16,4	16,9	16,9	17,3	17,7	16,7	17,2	17,1	17,6	18,0
	6H	16,4	16,8	16,9	17,3	17,7	16,6	17,0	17,1	17,4	17,9
	8H	16,4	16,8	16,9	17,2	17,7	16,6	16,9	17,0	17,4	17,8
12H	12H	16,4	16,7	16,9	17,2	17,7	16,5	16,8	17,0	17,3	17,8
	4H	16,4	16,9	16,8	17,3	17,7	16,6	17,1	17,1	17,5	17,9
	6H	16,4	16,7	16,9	17,2	17,7	16,6	16,9	17,0	17,4	17,8
	8H	16,4	16,7	16,9	17,2	17,7	16,5	16,8	17,0	17,3	17,8
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1,0H	+2,0 / -5,0					+1,3 / -2,1					
S = 1,5H	+3,5 / -8,0					+3,1 / -8,9					
S = 2,0H	+4,5 / -8,8					+3,8 / -10,6					
Tabla estándar	BK00					BK00					
Sumando de conexión	-1,7					-1,5					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2300lm Flujo luminoso total											



Altura del local: 2.450 m, Altura de montaje: 2.450 m, Factor mantenimiento: 1.00 Valores en Lux, Escala 1:371

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	110	20	395	0.180
Suelo	20	108	53	190	0.492
Techo	70	22	18	39	0.809
Paredes (4)	50	69	18	636	/

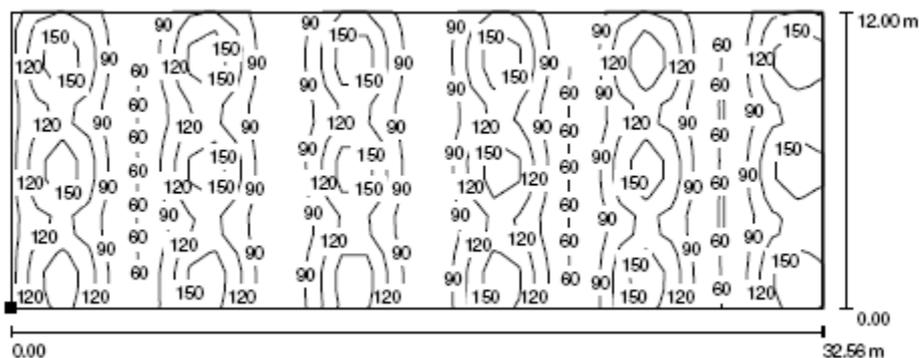
Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 51 x 18 Puntos
 Zona marginal: 0.250 m

Lista de piezas - Luminarias

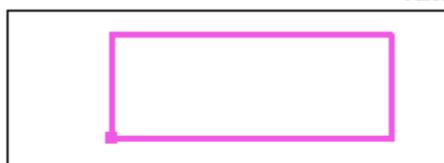
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	45	PHILIPS Pacific LED gen3 WT460C L1300 1xLED23S/840/- - WB (1.000)	2300	2300	24.0
			Total: 103500	Total: 103500	1080.0

Valor de eficiencia energética: 1.11 W/m² = 1.01 W/m²/100 lx (Base: 972.29 m²)



Valores en Lux, Escala 1 : 233

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (12.440 m, 6.592 m, 0.100 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
109	48	187	0.442	0.259

ANEXO 3:

FICHA TÉCNICA LEDS DE ILUMINACIÓN DE OFICINAS

Aplicaciones

- Aparcamientos
- Cámaras frías

- Entornos industriales

Especificaciones

• Tipo	WT460C WT461C (versión quimicorresistente)	• Controlador	Incorporado
• Lámpara	Philips Fortimo LEDline 3R	• Tensión de red	230 o 240 V / 50-60 Hz
• Potencia (estado estable en W, +/-10%)	22 a 50 W (según versión)	• Entrada del sistema de control	No regulable: PSU Regulable: PSD con DALI
• Ángulo del haz	2 x 62° (V-WB) 2 x 23° (NB) 2 x 57° (WB)	• Opciones	Alumbrado de emergencia (Integrado): 3 horas (EL3) Regulación Resistente a productos químicos Intercambiable (TW1 ó TW3)
• Flujo lumínico	1900 a 5000 lm (según versión)	• Material	Carcasa: policarbonato (WT461C: con recubrimiento especial para conseguir quimicorresistencia) Clips de techo: acero inoxidable
• Temperatura de color	4000 K	• Color	Gris, RAL 7035
• Índice de reproducción cromática	80	• Conexión	Conectores integrales macho/hembra
• Mantenimiento de flujo lumínico: L70	50.000 horas a 25 °C	• Instalación	Individual: acoplamiento de la luminaria en una placa de techo preinstalada (se facilita con la luminaria)
• Índice de fallos del controlador	1% en 5000 h		
• Intervalo de temperaturas de funcionamiento	-30 a +35°C		

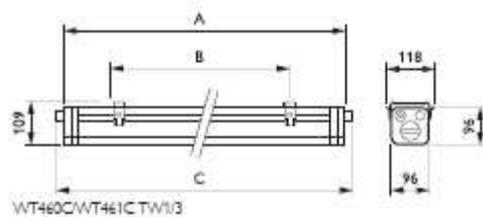
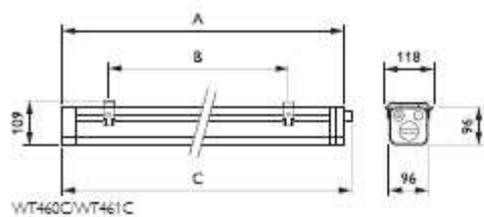
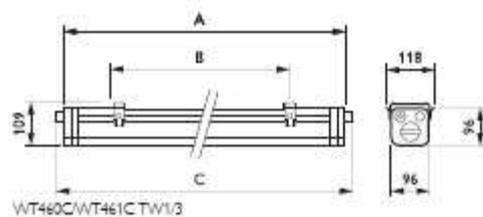
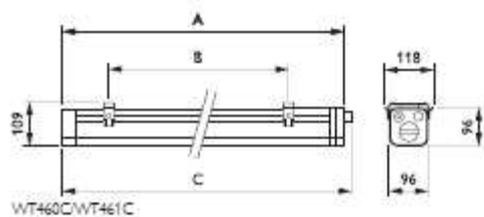
Productos relacionados

Luminaria estanca Pacific LED WT460C con haz ancho



Luminaria estanca Pacific LED WT460C con haz estrecho

Plano de dimensiones



Detalles del producto



Dispositivo de apertura



Asa de fijación de bandeja portaequipos



Conector eléctrico



Asa de fijación de bandeja portaequipos

