



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL
SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN
DOMÓTICO DE UN COMPLEJO DE OFICINAS.**

Autor: Carlos Tapia García
Director: Elías Gómez López

Madrid
Julio 2018

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. CARLOS TAPIA GARCÍA, DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN DOMÓTICO DE LA CIUDAD BBVA, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 24 de junio de 2018

ACEPTA

Carlos Tapia

Fdo Carlos Tapia García.

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

--

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE
ILUMINACIÓN DOMÓTICO DE UN COMPLEJO DE OFICINAS.**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2017/2018 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Carlos Tapia

Fdo.: Carlos Tapia García

Fecha: 20/06/2018

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Elías Gómez López

Fecha: 27 / 06 / 2018





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL
SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN
DOMÓTICO DE UN COMPLEJO DE
OFICINAS.**

Autor: Carlos Tapia García
Director: Elías Gómez López

Madrid
Julio 2018

RESUMEN DEL PROYECTO	5
PROJECT SUMMARY	13
1. INTRODUCCIÓN	21
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	21
1.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	22
1.3. MOTIVACIONES	23
1.4. OBJETIVOS	24
1.5. METODOLOGÍA	24
1.6. RECURSOS	24
2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ESTUDIADAS	27
2.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	27
2.2. SISTEMA DE ILUMINACIÓN	27
2.2.1. SUMINISTRO ELÉCTRICO PARA LA ILUMINACIÓN	27
2.2.2. CONSIDERACIONES LUMÍNICAS	27
2.2.3. ILUMINACIÓN NATURAL	27
2.2.4. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	28
2.3. SISTEMA DE CONTROL	29
2.3.1. FUNCIONALIDADES DE ILUMINACIÓN	29
2.3.2. SISTEMA DE CONTROL DALI	30
3. ANÁLISIS DE DATOS	33
3.1. PRIMER ANÁLISIS:	34
3.2. INFORME ILUMINACIÓN EDIFICIOS	35
3.2.1. JULIO 2017	35
3.2.2. AGOSTO 2017	40
3.2.3. SEPTIEMBRE 2017	44
3.2.4. OCTUBRE 2017	47
3.2.5. NOVIEMBRE 2017	51
3.2.6. DICIEMBRE 2017 (DEL 1 AL 24)	55
3.2.7. DICIEMBRE 2017 (DEL 25 AL 31)	59
3.2.8. ENERO 2018 (DEL 1 AL 6)	59
3.2.9. ENERO 2018 (DEL 7 AL 31)	59
3.2.10. COMPARATIVA ENTRE MESES	63
3.2.11. RESUMEN DE DÍAS RESEÑABLES	64
3.3. CONCLUSIONES AL INFORME Y PROPUESTAS	64
3.4. INFORME ILUMINACIÓN PARKING	65
3.4.1. JULIO 2017	65
3.4.2. AGOSTO 2017	68
3.4.3. SEPTIEMBRE 2017	70
3.4.4. OCTUBRE 2017	72
3.4.5. NOVIEMBRE 2017	74
3.4.6. DICIEMBRE 2017 (DEL 1 AL 24)	76
3.4.7. DICIEMBRE 2017 (DEL 25 AL 31)	78
3.4.8. ENERO 2018 (DEL 1 AL 6)	79
3.4.9. ENERO 2018 (DEL 7 AL 31)	79
3.4.10. COMPARATIVA ENTRE MESES	81

3.5.	CONCLUSIONES AL INFORME Y PROPUESTAS	81
3.6.	COMPARACIÓN CONSUMO-TIEMPO ATMOSFÉRICO	82
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO	86
4.1.	INTRODUCCIÓN GENERAL	86
4.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO	86
4.2.1.	FINES DE SEMANA	87
4.2.2.	ESTIMACIÓN DE AHORRO MENSUAL	87
4.2.3.	DÍAS FESTIVOS	88
4.2.4.	MESES DE VERANO	88
4.2.5.	VACACIONES DE NAVIDAD	89
4.2.6.	AHORRO FINAL	90
4.2.7.	COMPARATIVA GRÁFICA	90
4.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA ILUMINACIÓN DEL PARKING	91
4.3.1.	DÍAS FESTIVOS	92
4.3.2.	VERANO	92
4.3.3.	ESTIMACIÓN DE AHORRO MENSUAL	92
4.3.4.	AHORRO FINAL	93
4.3.5.	COMPARATIVA GRÁFICA	93
4.4.	BALANCE FINAL	94
5.	CONCLUSIONES	96
5.1.	CONCLUSIONES SOBRE LA METODOLOGÍA	96
5.2.	CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS	97
5.3.	RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS	98
6.	BIBLIOGRAFÍA	100
6.1.	BIBLIOGRAFÍA	100
6.2.	WEBGRAFÍA	100
ANEXO A	PRIMER ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO	102

ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN DOMÓTICO DE LA CIUDAD BBVA.

Autor: Tapia García, Carlos.

Director: Gómez López, Elías.

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Resumen

El presente proyecto se planteó para estudiar el correcto funcionamiento del sistema de control de la iluminación que gobierna las luminarias de la nueva sede de la empresa, así como determinar medidas para aumentar tanto el ahorro energético como el ahorro económico. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis de consumo de los datos procedentes del alumbrado del complejo, estudiando por separado y mes a mes los datos del edificio y del parking. Los resultados obtenidos han permitido identificar tanto consumos anómalos puntuales en días concretos, como patrones de consumo poco eficientes durante periodos determinados de tiempo. Gracias a la visión global que ha proporcionado este análisis, se han propuesto diferentes medidas para corregir estas situaciones y, de esta manera, conseguir un mayor ahorro tanto energético como económico. Finalmente, se ha llevado a cabo un análisis económico para determinar la cuantía monetaria que resultaría de un hipotético ahorro procedente de aplicar las mencionadas propuestas, llegando a unas conclusiones muy optimistas, puesto que el resultado del ahorro ha sido de un 44% sobre el total gastado. Se han cumplido satisfactoriamente todos los objetivos propuestos al principio del proyecto, e incluso se ha localizado y subsanado un fallo existente en el programa de análisis energético de la empresa.

2. Palabras clave

Control de la iluminación, alumbrado, ahorro energético, ahorro económico, análisis de consumo.

3. Introducción

Planteamiento

El presente estudio pretende analizar el funcionamiento del sistema de control que gobierna las luminarias en la sede de la empresa, así como determinar maneras de obtener un ahorro energético y económico mayor.

Para ello, se ha empleado la herramienta de análisis energético N2S, y el programa de cálculo de Microsoft Office Excel.

Estado de la cuestión

Con el objeto de crear un edificio sostenible y de ahorrar dinero en el consumo energético, la empresa desembolsó una importante cantidad de dinero para adecuar las características de su nueva sede a esa realidad, y lo dotó de la tecnología más vanguardista en términos de eficiencia y sostenibilidad. La empresa esperaba que esta fuerte inversión inicial se contrarrestara con el ahorro energético y, por ende, económico que se derivara de la puesta en marcha de estas tecnologías y medidas.

Una de las tecnologías más importantes que se han implantado es el sistema de control del alumbrado DALI, el sistema de control que gobierna las luminarias que dan luz al complejo. Este sistema regula el aporte de luz artificial en función de, por un lado, la luz natural disponible, y por otro, la ocupación en cada una de las zonas del edificio.

En cuanto a la regulación en la función natural, en la parte más alta del edificio se encuentra instalado un sensor que recoge información tanto del nivel de iluminación directa como del estado general del cielo. Esta información es transmitida al sistema de procesamiento central, desde el cual se controlan todas las luminarias. En las zonas en las que existe aporte directo de luz natural desde el exterior, esta información se utiliza para ajustar la luz artificial para que el nivel de iluminancia sea siempre constante.

En cuanto a la regulación en función de la ocupación de las zonas, el sistema de control divide al complejo en distintas zonas según el uso que tengan, y establece diferentes escenas de iluminación para cada una de las zonas.

Objeto

Por tanto, el objeto de este proyecto es estudiar a fondo los datos procedentes de este sistema de control de la iluminación, para determinar el correcto funcionamiento del mismo, así como identificar situaciones en las que no esté funcionando de la manera más eficiente posible, o donde se pueda conseguir un mayor ahorro económico. Una vez identificadas, se proponen medidas a tomar por la empresa para tratar de corregirlas, y se elabora un estudio económico para establecer la cuantía del ahorro monetario que estas medidas tendrían si se implantan y funcionan correctamente.

4. Metodología

El presente proyecto se ha llevado a cabo siguiendo tres grandes pasos en líneas generales.

En primer lugar, se ha efectuado el análisis sobre los datos de consumo. Estos datos se han obtenido mediante la herramienta de análisis energético N2S, y se han dividido en dos partes, la iluminación del edificio y la iluminación del parking, redactándose un informe por separado de cada una. Los datos corresponden a un periodo de 7 meses, desde julio de 2017 a enero de 2018.

Para cada uno de estos dos informes, la estructura que se ha seguido es la misma. Primero, se ha analizado cada mes por separado. Dentro de cada mes se han comparado los datos de consumo numéricamente según el día de la semana, numéricamente según el tipo de día (laboral, fin de semana o festivo), y gráficamente comparándolos con la temperatura exterior del edificio, la ocupación diaria, y con el total de consumos del edificio. Dentro de las comparaciones numéricas, se han estudiado valores promedio, máximos y mínimos del consumo. A continuación, se muestran algunas tablas que se han obtenido como resultado de este análisis. Son datos del mes de julio de 2017.

Díase	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	8624,49	5817
Martes	7357,81	6426
Miércoles	7993,17	6427
Jueves	7966,82	6417
Viernes	7965,54	5667
Sábado	3531,30	169
Domingo	3401,58	102
Total general	6545,81	4200

Díase	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	10963,86	5817
Martes	8005,42	6426
Miércoles	8182,66	6427
Jueves	8150,75	6417
Viernes	9522,58	5667
Sábado	11156,02	169
Domingo	11182,54	102
Total general	11182,54	4200

Tipodía	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	1405,53	135
Laboral	6070,07	6135
Total general	1405,53	4200

El segundo paso llevado a cabo durante el desarrollo del proyecto corresponde al estudio y análisis de los datos obtenidos. Se han identificado consumos anómalos durante días concretos, así como patrones de consumo poco eficientes o extraños durante periodos concretos, como es el caso de los meses de verano. Una vez identificado todo esto, se han propuesto diversas medidas para ayudar a corregir estas situaciones desfavorables.

Finalmente, se ha hecho un análisis económico, cuyo fin ha sido determinar la hipotética cantidad de dinero que la empresa se ahorraría si se implantan las medidas de ahorro propuestas y éstas funcionan correctamente. Para ello, se ha analizado el impacto económico sobre el ahorro de cada una de estas medidas, y se han puesto en conjunto ignorando las que fueran redundantes para obtener la cantidad total de dinero que sería posible ahorrar.

De manera separada, se ha hecho un pequeño estudio de comparación entre el consumo de iluminación del edificio y el soleamiento diarios, para determinar la dependencia o independencia de ambos.

5. Resultados

Energéticos

Primero, vamos a exponer los resultados energéticos, es decir, los que se han obtenido del análisis de los datos del consumo de la iluminación. En cuanto a la iluminación del edificio, estos han sido los consumos promedios de todos los meses:

Mes	Consumo (kWh)	Ocupación	Horas de luz
Julio 2017	6.545,81	4.200	14
Agosto 2017	5.325,17	2.699	13
Septiembre 2017	5.632,79	4.682	12
Octubre 2017	5.577,79	4.759	11
Noviembre 2017	5.624,56	4.716	10
Diciembre 2017	5.052,85	3.884	9
Enero 2018	5.833,70	5.185	10

Durante el mes de julio se ha producido el consumo promedio más elevado de todos. Es un mes en el que la ocupación es menor de lo que es habitual y cuando se da el mayor número de horas de luz solar. Durante el mes de agosto, cuando la ocupación se redujo casi a la mitad por vacaciones, el consumo no se redujo en la misma proporción. De hecho, no es el menor consumo medio de un mes de los aquí analizados. La causa de este comportamiento del consumo en los meses de verano se debe, probablemente, a la utilización de los estores por parte de los empleados para protegerse del sol.

Durante el desarrollo del informe, también ha destacado que el descenso de consumo durante los fines de semana está lejos de alcanzar el nivel de descenso que se da en la ocupación. Lo mismo ocurre los días festivos, en los que la ocupación media desciende considerablemente con respecto a los días laborales, pero el consumo de la iluminación lo hace en proporciones mucho menores.

Llama también la atención el caso del martes 31 de octubre, día laboral normal cuyo consumo fue de 3.243,82 kWh con una ocupación de 7.113 personas. El consumo más bajo registrado para un día laboral con una de las ocupaciones más altas. La existencia de este consumo demuestra que es factible obtener consumos bajos durante los días laborales normales, y se ha tomado este día como consumo de referencia a la hora de hacer el estudio económico sobre un hipotético ahorro.

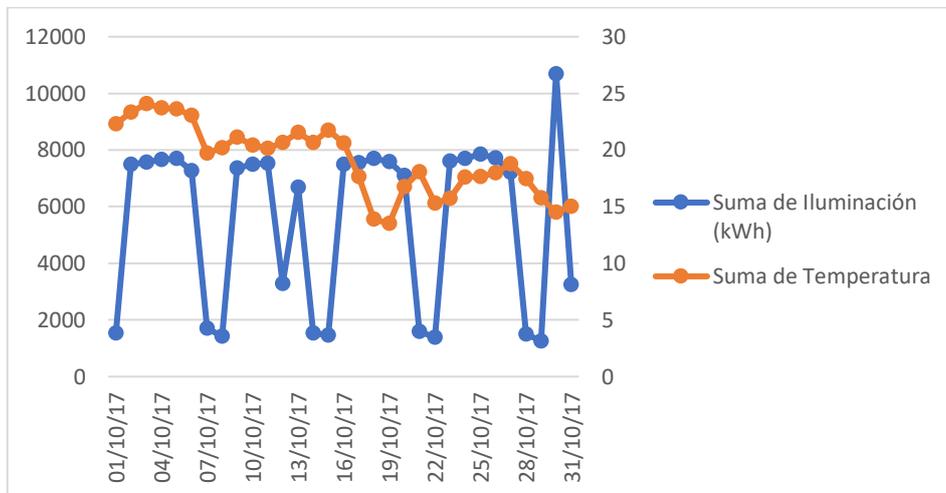
En el caso del parking, los promedios de consumo mensuales han sido los que se exponen a continuación:

Mes	Consumo (kWh)	Ocupación
Julio 2017	4.149,82	4.200
Agosto 2017	3.708,08	2.699
Septiembre 2017	3.246,55	4.682
Octubre 2017	3.426,47	4.759
Noviembre 2017	3.238,62	4.716
Diciembre 2017	3.323,19	3.884
Enero 2018	3.164,37	5.185

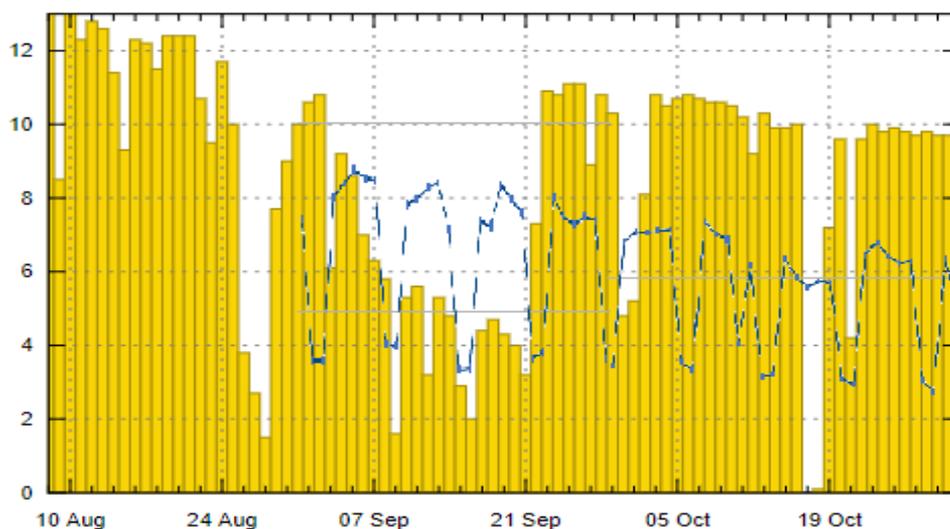
En esta tabla se aprecia que, al igual que ocurre en la iluminación del edificio, sorprendentemente, el consumo va bajando según avanza el tiempo, a la vez que aumenta la población y se reducen las horas de luz natural al día, aunque en el caso del parking esto último no influye.

Se han observado también los mismos comportamientos que se observaron en el otro informe, como el desfase entre las reducciones de ocupación y consumo los días de vacaciones, fines de semana y festivos. Se ha comprobado, no obstante, que los datos de consumo son mucho más estables que en el caso del edificio, existiendo menos fluctuaciones y diferencias entre consumos máximos y mínimos. También se ha podido comprobar que la dependencia entre consumo y ocupación es más débil que en el otro caso.

En ambos informes se ha comprobado que el consumo de iluminación es totalmente independiente de la temperatura exterior, así como de las horas de soleamiento diarias, tal y como los siguientes dos gráficos muestran.



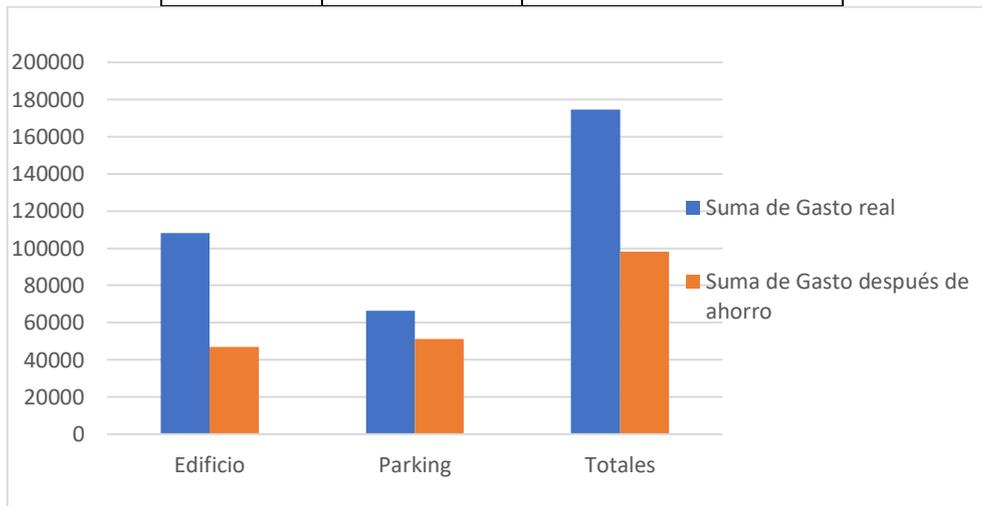
Soleamiento:



Económicos

En cuanto a los resultados del análisis económico, son bastante alentadores. Después haber hecho todos los cálculos, el ahorro que resultaría de la iluminación del edificio es de 61.200 €, que representa un 56,5% del total gastado en iluminar el edificio. Mientras que el caso de la iluminación del parking, este ahorro sería de 15.245 €, un 23% del total desembolsado en iluminar el parking durante estos siete meses estudiados. Estos han sido los resultados totales numérica y gráficamente:

Origen	Gasto real	Gasto después de ahorro
Edificio	108.234,27 €	47.014,87 €
Parking	66.348,16 €	51.102,91 €
Totales	174.582,43 €	98.117,78 €



El ahorro sobre el total sería del 43,8%, una cifra nada despreciable, ya que supondría reducir casi a la mitad el dinero gastado en iluminación.

Propuestas

Para conseguir llegar a esta cifra, se han propuesto distintas medidas a implementar para reducir aun más el consumo energético en iluminación.

Estas medidas son, en el ámbito general, reducir el número de escenas del sistema de control de iluminación, así como el tiempo transcurrido sin detectar presencia para cambiar entre ellas, con el objetivo de llegar al modo vigilancia o al apagado más pronto. También se ha propuesto la creación de programas específicos dentro del sistema de control del alumbrado para los días de vacaciones, de fin de semana y los festivos, que se ajusten a la realidad de estos días para aprovechar el espacio y la baja de ocupación.

En términos concretos, para el edificio se propone revisar el sistema instalado de difusión y difuminación de la luz natural directa, ya que parece no estar funcionando correctamente debido a que, en términos generales, los meses que disponen de un mayor número de horas de luz al día son los que presentan un ahorro energético menor. En cuanto al parking, se propone cerrar determinadas áreas del mismo los días de ocupación reducida, y mantenerlas apagadas, para reducir el consumo de iluminación.

6. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas una vez finalizado el estudio son muy positivas. En lo que a la metodología se refiere, hemos comprobado que ha sido muy eficaz. El esquema de trabajo seguido ha permitido obtener una gran cantidad de información con una importancia significativa, permitiendo crear así, desde una etapa temprana una visión general muy completa de la realidad. Además, como se explica dentro del propio proyecto, se detectó un error en el sistema N2S que, aunque hizo que hubiera que volver a empezar, permitió subsanar el fallo de esta importante herramienta.

También son positivas en cuanto a los resultados. Se ha comprobado que el sistema de control funciona correctamente, obteniendo un ahorro energético y económico respecto a otros edificios, pero tiene muchos puntos en los que se puede mejorar aún más. El extenso análisis ha permitido encontrar muchos días y tendencias de consumos poco eficientes, y también al contrario, lo que ha permitido la propuesta de diversas soluciones, y el estudio económico ha demostrado que su aplicación puede resultar en un significativo ahorro de dinero. Se han cumplido satisfactoriamente todos los objetivos propuestos al principio del proyecto.

7. Referencias

Fernández Morales, P., “Análisis Energético de Dimensionamiento de Energía en Fase de Proyecto y la Realidad de Consumo en un Edificio de Nueva Construcción”, Universidad pontificia Comillas, ICAI, 2014.

PHILIPS, “Memoria de Funcionalidades, Control de Alumbrado y Estores”, Informe de la empresa PHILIPS, 2013.

ATISAE, “Auditoría energética de la sede”, ATISAE, 2016.

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE DOMOTIC ILLUMINATION CONTROL SYSTEM IN THE BBVA CITY.

Author: Tapia García, Carlos.

Director: Gómez López, Elías.

PROJECT SUMMARY

1. Abstract

The present project was proposed to study the correct performance of the illumination control system that governs the luminaries of the new headquarters of the company, as well as to propose measures to increase both the energetic savings and the economic savings. To do so, an analysis on the consumption data from the lighting of the complex has been conducted, studying separately and month by month the building area illumination and the garage area illumination. The results obtained have allowed to identify both anomalous discrete consumptions from specific days and consumption patterns that are not efficient during specific periods of time. Thanks to the global vision given by this analysis, we have proposed different measures to correct these situations and, this way, achieve greater savings, both energetic and economic. Finally, an economic analysis has been made to establish the resulting monetary quantity from hypothetical savings coming from the application of the cited measures, obtaining very optimistic conclusions, since the resulting savings represent the 44% of the total of the money spent by the company. All the objectives set at the beginning have being satisfactory fulfilled, and a bug has been localized and fixed in the company's energetic analysis tool.

2. Key words

Illumination control, lighting, energetic savings, economic savings, consumption analysis.

3. Introduction

Approach

The present study wants to analyze the performance of the control system that controls the luminaries in the company's headquarters, and also to decide ways of obtaining bigger savings energetically and economically.

To that end, we have used the energetic analysis tool N2S, and the Microsoft Office calculus program, Excel.

State of the art

With the purpose of creating a sustainable building and of saving money from the energetic consumption, the company spent a large amount of money to adequate the new headquarters to that reality and gave it the uttermost vanguard technology in terms of efficiency and sustainability. The company expected this initial investment to be countered by the energetic and, therefore, economic savings derived from the use of this technologies and measures.

One of the most important technologies implemented is the lighting control system DALI, the control system that governs the luminaries that light the building complex. This

system regulates the artificial light input as a function of, on one side, the available natural light, and, on the other, the number of people in the building.

Speaking about the regulation depending on natural light, there is a sensor installed in the highest part of the building that gathers information about the existing level of illumination and the general state of the sky. This information is transmitted to the central processing system, from which all the luminaries present in the building are controlled. In the zones where there is a significant input of natural light from the outside, this information is used to adjust the amount of artificial light used, so the illuminance level is always constant.

On the regulation depending on the building's zones population, the control system divides the complex in different zones depending on their use, and establishes different illumination scenes for each of them.

Objective

Therefore, the objective of this project is to thoroughly study all data from this illumination control system, in order to determine its correct functioning, as well as to identify situations where it is not working the most efficient way possible, or where it is possible to achieve greater economic savings. Once identified, we have proposed different ways for the company to try and correct these situations, and we have elaborated an economic study to establish the monetary quantity these measures would have if used and proved successful.

4. Methodology

This Project has been developed following three big steps in general terms.

In the first place, we have effected the analysis over the consumption data. These data have been obtained by the energetic analysis tool N2S, and they have been divided into two parts, the building's illumination and the garage's illumination, and a report has been written for each of them. The analyzed data correspond to a period of 7 months, going from July 2017 to January 2018.

For each one of these two reports, the structure followed is the same one. Firstly, we have analyzed every month separately. Within each month, we have compared the consumption data numerically by the day of the week, numerically by the sort of day (working day, weekend or public holiday), and graphically comparing them with the outer temperature of the building, the daily population and with the other consumptions of the building. Inside the numeric comparisons, we have studied average, maximum and minimum values of the consumption. Now, some of the tables obtained in this study are shown. They are July 2017 results.

Díase	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	8624,49	5817
Martes	7357,81	6426
Miércoles	7993,17	6427
Jueves	7966,82	6417
Viernes	7965,54	5667
Sábado	3531,30	169
Domingo	3401,58	102
Total general	6545,81	4200

Diasem	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	10963,86	5817
Martes	8005,42	6426
Miércoles	8182,66	6427
Jueves	8150,75	6417
Viernes	9522,58	5667
Sábado	11156,02	169
Domingo	11182,54	102
Total general	11182,54	4200

Tipodia	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	1405,53	135
Laboral	6070,07	6135
Total general	1405,53	4200

The second step taken during this project's development is the study and analysis of the obtained data. We have identified anomalous daily consumptions, as well as little efficiency consumption patterns in certain periods, as is the case of the summer months. Once all this has been identified, diverse measures have been proposed to correct these adverse situations.

Finally, an economic analysis has been conducted, which purpose has been to determine the amount of money that the company would save provided that all the measures proposed are correctly implemented and work successfully. To that end, the economic impact of these measures on the savings has been analyzed, they have been all put together, ignoring the redundant ones, to obtain the final amount of money which is possible to save.

Separately, a little study has been made comparing the illumination consumption of the building area with the data of the sun hours per day, to establish the dependence or independence between these two.

5. Results

Energetics

First, we are going to present the energetic results, this is, the ones obtained from the illumination data analysis. On the illumination of the building area, these have been the results:

Month	Consumption (kWh)	Population	Sun hours
July 2017	6.545,81	4.200	14
August 2017	5.325,17	2.699	13
September 2017	5.632,79	4.682	12
October 2017	5.577,79	4.759	11
November 2017	5.624,56	4.716	10

December 2017	5.052,85	3.884	9
January 2018	5.833,70	5.185	10

During the month of July, it has been registered the highest consumption of them all. It is a month where the population is less than usual, and the one with the most sun hours per day. During the month of August, when the population came down to almost half of July's because of the holidays, the consumptions did not go down in the same proportion. In fact, it is not the lowest average consumption among the hereby analyzed. The cause of this consumption behavior in the summer months is probably the use of the blinds by the employees to protect themselves from direct sun light.

During the development of the report it has also been pointed out that the descent of the weekend's consumption does not match the descent that takes places in the population of the complex. The same thing happens in the public holidays, where the population decreases considerably compared to the working days, but the illumination consumption does it in a very shorter amount.

It is also worth to mention the case of October the 31st, a normal working day which presented a consumption of 3.243,82 kWh with a population of 7.113 people. It is the lowest consumption registered with one of the highest populations. The existence of this consumption proves that it is feasible to obtain low consumptions during the normal working days, and this day has been taken as a reference while conducting the economic study over a hypothetical energy saving.

In the garage place, the monthly average consumptions have been the ones presented below:

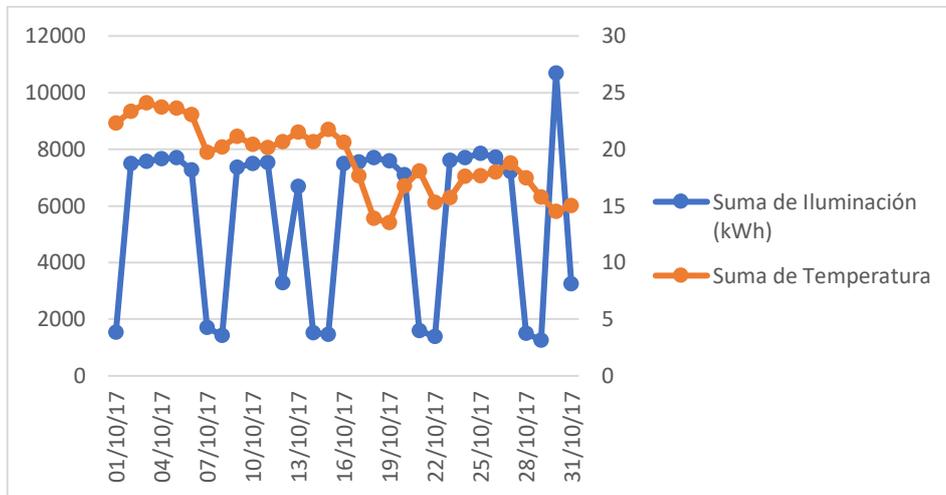
Month	Consumption (kWh)	Population
July 2017	4.149,82	4.200
August 2017	3.708,08	2.699
September 2017	3.246,55	4.682
October 2017	3.426,47	4.759
November 2017	3.238,62	4.716
December 2017	3.323,19	3.884
January 2018	3.164,37	5.185

In this table we can appreciate, as it also happens with the building area illumination, surprisingly, the consumption goes down as time passes, and at the same time the population increases, and the daily sun hours decrease, although this last thing does not affect the garage.

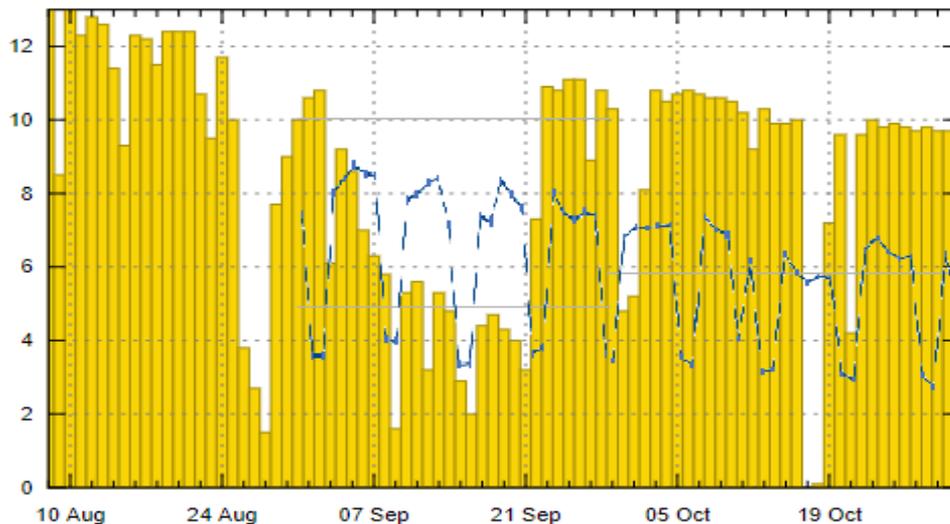
The same behavior pointed out from the last report has also been observed here, as the difference between the decreases of the population and the consumption the vacation days, the weekends and the public holidays. It has been proved, nevertheless, that the consumption data are more stable than in the building area case, with less fluctuations and less distance between maximum and minimum consumptions. We have also seen that

the dependence between the population and the consumption is weaker than in the other report.

In both reports, we have proved that the illumination consumption is independent of the outer building temperature, as well as of the number of sun hours per day, as the following charts show.



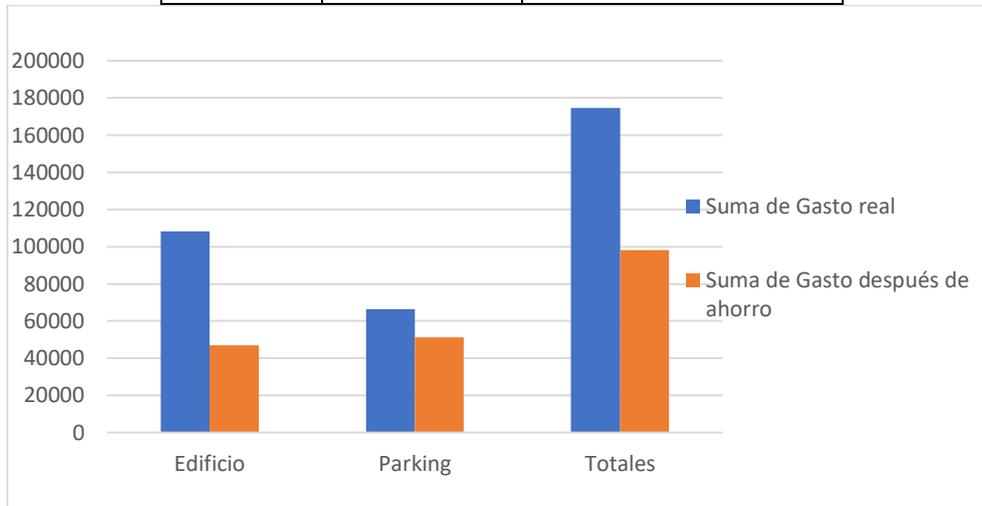
Hours of sun:



Economics

About the results from the economical analysis, they are optimistic. After doing all the calculations, the savings resulting from the building area illumination are 61.200 €, which represent the 56,5% of the total spent in lighting the building. Meanwhile, in the case of the garage, these savings would be of 15.245 €, a 23% of the amount spent during this period of seven months in lighting the garage. The following have been the overall results, numerically and graphically:

Origin	Actual expenses	Expenses after savings
Building	108.234,27 €	47.014,87 €
Garage	66.348,16 €	51.102,91 €
Totals	174.582,43 €	98.117,78 €



The final savings would represent a 43,8% of the total, a figure not to be ignored, because it would mean to reduce to almost the half the money spent in illumination.

Proposals

To reach this goal, different measures have been proposed to be implemented to reduce even more the energy consumption in illumination.

These measures are, in a general approach to the problem, reduce the number scenes in the illumination control system, as well as the time that has to pass without detecting human presence in order to reach the vigilance-mode or the off-mode sooner.

In a specific approach, we have proposed for the building to check the correct functioning of the natural light diffusion and blurring system, since apparently it is not working correctly, due to that, generally speaking, the months with a greater amount of sunlight hours per day are the ones with the lesser energy savings. For the garage, we have proposed to close specific areas of it during low population days, and keep those areas unlit, to reduce the illumination consumption.

6. Conclusions

The conclusions obtained once finished the study are highly positive. About the methodology, we have checked that it has been very effective. The working schema that we have followed has made possible to obtain a great amount of information with big significance, allowing this way to have a good view of the big picture of what is happening since the early stages of the project. Moreover, as it has been described within

the project, we discovered a bug in the N2S system that, although it meant that we had to start over again, it permitted the company to correct the failure in this important tool.

The conclusions are also positive about the results. We have checked that the illumination control system works correctly, obtaining energetic and economic savings compared to other buildings, but it also has several points where more improvements can be made. The extensive analysis has allowed to discover days with non-efficient consumptions, as well as non-efficient tendencies, and the opposite. This has made possible to propose diverse solutions, whose application has been proved to may result in great money savings by the economic study. All the objectives set at the beginning of this project have been successfully achieved.

7. References

Fernández Morales, P., “Análisis Energético de Dimensionamiento de Energía en Fase de Proyecto y la Realidad de Consumo en un Edificio de Nueva Construcción”, Universidad pontificia Comillas, ICAI, 2014.

PHILIPS, “Memoria de Funcionalidades, Control de Alumbrado y Estores”, Informe de la empresa PHILIPS, 2013.

ATISAE, “Auditoría energética de la sede”, ATISAE, 2016.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción general

En la sede de la empresa Y (el nombre de la empresa se ha cambiado por cuestiones de confidencialidad) existe un sistema de control del alumbrado que gobierna las 15.000 luminarias que componen el sistema de iluminación. Este proyecto se propone estudiar los datos de consumo de energía eléctrica para la iluminación, tanto del edificio como del parking, y de esta manera determinar si el sistema de control está funcionando de manera eficaz y dónde se puede mejorar.

El presente proyecto pretende ser la continuación de otro proyecto que se llevó a cabo en 2014, *Análisis Energético de Dimensionamiento de Energía en Fase de Proyecto y la Realidad de Consumo en un Edificio de Nueva Construcción*, por Pablo Fernández Morales. En este proyecto, se diseñó toda la instalación eléctrica del edificio cuyo sistema de control de la iluminación aquí se va a analizar, y se hizo un estudio en términos de ahorro energético. Pasados cuatro años, se quiere llevar a cabo un análisis en profundidad para determinar el estado real de este sistema de control de la iluminación

El objetivo de este análisis es, por tanto, determinar el correcto funcionamiento del sistema de control, así como tratar de identificar puntos en los que se pueda mejorar, de cara a incrementar el ahorro energético y, por tanto, económico del edificio. Este aspecto económico es en el que se centra el capítulo posterior al análisis de los datos, con el objeto de determinar maneras que permitan obtener un mayor beneficio económico para contrarrestar la fuerte inversión económica que conllevó la construcción de este edificio, así como la viabilidad real de éstas. Para llevar a cabo este análisis, nos vamos a apoyar en herramientas como el sistema de análisis de datos N2S, a través del cual se han obtenido todos los datos de consumo que en este proyecto se van a presentar.

La sede de la empresa donde se encuentra instalado el sistema de control de iluminación que se va a analizar cuenta con una superficie total de 251.000 m², de los cuales 113.000 m² están destinados a oficinas y otros servicios, y 138.000m² están destinados al parking. La capacidad del edificio es de 6.000 empleados. La superficie destinada a oficinas se divide en 7 edificios horizontales y un edificio vertical de 19 plantas (WEBG01). El análisis de la iluminación que se va a llevar a cabo en este estudio estudiará dos partes del complejo por separado, por un lado, la parte de los edificios, y por otro, el parking. Es por este motivo que, por comodidad, nos referiremos como “el edificio” a la zona de los edificios cuando se lleve a cabo el análisis de ésta, o simplemente se le haga referencia.

La sede se inauguró en 2015, y como todos los edificios de nueva construcción, presta una especial atención a la cuestión medioambiental. La legislación vigente establece que los edificios de nueva construcción deben contar con un certificado energético (WEBG02). En este sentido, tal y como se va a explicar en el siguiente

apartado, el edificio ha obtenido numerosos logros, estableciéndose así como un referente.

1.2. Estado de la cuestión

La empresa Y se caracteriza por una especial preocupación hacia el medioambiente, y ha puesto en marcha gran cantidad de proyectos y medidas destinados a reducir el impacto medioambiental del trabajo diario en sus sedes en los diferentes países donde se encuentra actualmente trabajando. Por destacar algunas de las iniciativas de la empresa en este sentido a nivel internacional, podemos comentar: En España, desde 2014, el 100% del suministro eléctrico tiene procedencia renovable. En México, la empresa Y ha firmado un convenio por 15 años para que la red de sucursales y Sedes Corporativas se alimenten con suministro eléctrico renovable. En Uruguay, otra de las iniciativas permite la generación de aproximadamente 18 MWh anuales con la instalación de paneles fotovoltaicos en una de las principales sucursales del país, como parte de un proyecto piloto (WEBG03).

Como se ha comentado previamente, el nuevo complejo se terminó en el año 2015, y tanto en su diseño como en su construcción se puso mucho esfuerzo en hacer un edificio vanguardista, energéticamente hablando.

Entre las principales características del diseño del edificio en cuanto a ahorro energético e impacto medioambiental se refiere, destaca en primer lugar el diseño de las fachadas, tanto la interior como la exterior. En el caso de la fachada interior, ha sido diseñada para tener un elevado rendimiento térmico y acústico, y está equipada con estores monitorizados y controlados para proteger de la exposición directa a la luz del sol. La fachada exterior, además, cuenta con la protección de más de 2.800 lamas prefabricadas que supone una protección extra con la exposición directa a los rayos del sol.

El edificio ha recibido varios certificados de sostenibilidad, entre los que destacan en LEED oro, y el ISO 14001. Cuenta con una serie de medidas implementadas que lo convierten en vanguardia en cuanto a eficiencia energética se refiere. Estas medidas se centran en aspectos muy variados. En cuanto a la climatización, además de las lamas ya citadas, el edificio dispone de 49.000 m² de fachada acristalada con una cámara de gas argón para aislar térmicamente de la radiación solar directa. El edificio cuenta, además, con la presencia de vigas frías, lo que permite consumir un 11% menos que con un sistema convencional (WEBG04).

Se ha hecho una fuerte apuesta por las zonas verdes en esta sede, en concreto, cuenta con más de 30.000m² de éstas. La sede cuenta con 100000 matorrales y arbustos, 400 plantas colgantes y 490 árboles. Los edificios han sido diseñados de tal manera que tengan una cubierta vegetal en sus azoteas (WEBG04).

En cuanto a la iluminación, se han sustituido las luminarias tradicionales por luminarias LED, que permiten ahorrar un 30% en el consumo eléctrico. Pero el factor

más importante es la acción del sistema de control de la iluminación, que permite ahorrar hasta un 60% del consumo gracias a los sistemas de detección de presencia. Este sistema de control es el que va a tener un papel protagonista en este estudio, y se va a tratar de encontrar distintas formas de hacer crecer aun más el ahorro energético y económico que este sistema aporta (WEBG04).

El edificio, además, está equipado con un sistema de control y monitorización BMS (Building monitoring system) gestión integral y monitorización remota de consumos (WEBG04).

Cuenta con energías renovables propias, como la geotermia, con 20 pozos de 100 metros de profundidad para aprovechar la temperatura estable del subsuelo, así como 1.500 m² de paneles solares térmicos y fotovoltaicos. La totalidad del agua que se consume en el complejo para el riego proviene de la recogida de agua pluvial en la cubierta. También se ha reducido en un 50% el consumo de agua potable gracias a los sistemas de depuración y reutilización instalados. Finalmente, cabe destacar que el 100% de los residuos producidos en el complejo son reciclados (WEBG04).

1.3. Motivaciones

Como se ha visto, la cuestión medioambiental es una de las principales preocupaciones a día de hoy en todos los ámbitos, y, en concreto, en el mundo de la empresa. Como se ha descrito en el apartado anterior, para la empresa Y la política medioambiental tiene una especial importancia; así lo ponen de manifiesto todas las medidas tomadas e implementadas de cara a proteger el medio ambiente, y también la firme voluntad existente en la empresa de liderar a nivel mundial la preocupación por las políticas medioambientales.

Es por ello, que una de las grandes motivaciones de este trabajo no es otra que la de comprobar que se está caminando en la buena dirección de cara a reducir el impacto medioambiental causado por el consumo de energía eléctrica para iluminación en la nueva sede de la empresa, así como ver de qué manera se puede mejorar aún más este sistema, y reducir, por consiguiente, aún más dicho impacto.

Otra motivación de gran importancia es la cuestión económica. La empresa tuvo que realizar una importante inversión inicial para la construcción del nuevo complejo para alcanzar todos los logros conseguidos en materia de ahorro energético. Esta elevada inversión inicial, se esperaba que fuera contrarrestada con el ahorro económico debido a la reducción en el consumo. Es por ello que este proyecto pretende identificar situaciones en las que ese ahorro no se esté dando, o situaciones en las que se pueda dar un ahorro mayor, en cuanto a consumo de energía eléctrica para iluminación del complejo se refiere.

1.4. Objetivos

1. Llevar a cabo un análisis del consumo de energía eléctrica para iluminación en el complejo de la nueva sede de la empresa, durante un periodo de 7 meses.
2. Identificar situaciones de consumos anómalos o en los que no se esté llevando a cabo un ahorro significativo y determinar las causas de estas situaciones.
3. Proponer, una vez terminado el análisis, soluciones a implementar que mejoren el sistema de control del alumbrado del complejo, de cara a obtener un mayor ahorro energético y económico.
4. Realizar un estudio económico para determinar el impacto que estas medidas tendrían e identificar una manera de obtener un ahorro tanto energético como económico.

1.5. Metodología

La metodología que se va a seguir durante el desarrollo de este proyecto es la descrita a continuación:

En primer lugar, se procederá a efectuar el análisis sobre los datos de consumo de energía eléctrica para iluminación. Estos datos son proporcionados por la propia empresa, y aportan información acerca de la iluminación en los edificios y en el parking, los cuales, se analizarán por separado. El análisis de estos datos se hará mes a mes, con las vacaciones de Navidad de manera separada de sus respectivos meses, y comparará datos tanto a nivel numérico como a nivel gráfico. A nivel numérico, la comparación se hará entre los distintos días de la semana, y, también, entre los distintos tipos de día (laboral, fin de semana y festivo).

Una vez efectuado este análisis, se procederá a identificar situaciones en las que se estén produciendo consumos anómalos, dirimiendo sus causas y proponiendo posibles soluciones para corregir dichas rarezas.

Finalmente, se realizará un estudio económico en general, basado en el análisis efectuado sobre los datos de consumo, y en particular, basado en las soluciones propuestas, con la intención de determinar la cuantía económica de éstas, en términos de ahorro económico.

1.6. Recursos

Los recursos que se van a emplear para el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

- El programa de Microsoft Office, Excel, para llevar a cabo el análisis gráfico y numérico de los datos aportados por la empresa.

- El software de cálculo MATLAB, para el estudio económico.
- Los datos de consumo de energía eléctrica para alumbrado del complejo, facilitados por la empresa
- Política medioambiental de la empresa, facilitada por la propia empresa.
- Características medioambientales del nuevo complejo, también facilitados por la empresa.
- Bibliografía y webgrafía de apoyo y para complementar el proyecto.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ESTUDIADAS

2.1. Introducción general

El propósito de este capítulo es el de describir las tecnologías que juegan un papel en los datos de consumo que en el presente trabajo se están analizando.

Las tecnologías presentes en el complejo que serán descritas en este capítulo son, por un lado, el sistema de iluminación, tanto del edificio como del parking, para poder tener una idea global de la realidad física que soporta el consumo eléctrico de iluminación. Por otro lado, se describirá el sistema de control del alumbrado presente, ya que de él depende, en gran medida, el ahorro energético del edificio.

Como ya se comentó durante el capítulo 1, este proyecto es una continuación del proyecto *Análisis Energético de Dimensionamiento de Energía en Fase de Proyecto y la Realidad de Consumo en un Edificio de Nueva Construcción*, por Pablo Fernández Morales (2014). En ese proyecto se diseñaron, entre otros, los dos sistemas que el presente capítulo tiene por objeto describir. Es por esta razón que ese proyecto ha sido la fuente principal de documentación para el desarrollo de este capítulo.

2.2. Sistema de iluminación (FERN14)

2.2.1. Suministro eléctrico para la iluminación

El complejo está dividido en dos edificios, a los cuales llamaremos Edificio Norte y Edificio sur. Ambos edificios se alimentan de 6 transformadores diferentes cada uno (del T1 al T6), y, en ambos edificios, los transformadores a los que les corresponde la función de alumbrado son el T1 y el T2 en ambos casos. Los cuatro transformadores tienen una potencia nominal de 1600 kVA, y comparten la función de dar suministro al sistema de iluminación con la suministrar las tomas de fuerza en los casos de T1 y T2 del Edificio Norte y T1 del Edificio sur, y las tomas de fuerza y una parte del sistema de climatización en el caso de T2 del Edificio sur.

2.2.2. Consideraciones lumínicas

A la hora de considerar cualquier aspecto respecto del diseño de la iluminación, tanto si esta es natural como si es artificial, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: Niveles de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento desagradable y contraste visual, brillo, rendimiento cromático y eficacia.

2.2.3. Iluminación natural

Tal y como se describió en el capítulo 1, la empresa está firmemente comprometida con el medio ambiente, y el ahorro energético, por ello, la luz natural se consideró un recurso fundamental a la hora de diseñar el complejo. Por un lado, se encuentra el hecho de que, obviamente, a mayor aprovechamiento de este recurso natural, menor será la cantidad de energía necesaria a emplear en iluminación artificial. Por otro lado, la empresa ha realizado un fuerte desembolso económico con el objeto de dotar al edificio con la mejor tecnología de cara a la eficiencia energética, por lo que,

de nuevo, cuanto más luz natural se emplee en la iluminación del edificio, menor cantidad de dinero hay que invertir en iluminación artificial, permitiendo así generar un ahorro económico que contribuya a recuperar la inversión.

El complejo se diseñó de tal manera que la luz natural que entre al edificio sea controlada y difuminada, con el objeto de prevenir los niveles de luz que sean excesivos. Esta regulación se lleva a cabo mediante sistemas de control locales instalados, y se lleva a cabo durante todo el día.

El apartado 8.1 del código LEED-NC 2009 establece que el 75% de la superficie del edificio deberá tener una influencia de luz natural superior a 270 luxes. Para comprobar que este requisito se cumple, se llevó a cabo un estudio sobre la cantidad de iluminación natural que tendrá el edificio a las 9 horas de la mañana y a las 15 horas de la tarde. La siguiente tabla muestra los datos que dicho estudio arrojó.

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%

(FERN14)

Quedó comprobado, pues, que el edificio no sólo cumplía con los requisitos marcados por la norma previamente citada, sino que, en la gran mayoría de escenarios, los resultados son muy superiores.

2.2.4. Iluminación artificial

El sistema de cables y de luminarias se diseñó siguiendo los criterios establecidos en el REBT. El criterio que sigue el sistema de iluminación artificial es la utilización masiva de luminarias junto a balastos electrónicos de alto rendimiento. Los criterios generales que se siguieron para el diseño y control de la iluminación se explican a continuación, citándose directamente del documento en el cual se describe el sistema.

Primero, “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.” (FERN14, p.23)

Segundo, “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.” (FERN14, p.23)

2.3. Sistema de control

Los distintos sistemas de control instalados son: volumétricos, encargados del control de presencia con temporización para zonas de uso esporádico, como son los baños o los vestuarios; sensores táctiles con temporización para los espacios individuales en los baños; encendido y apagado de zonas con control horario desde un sistema de gestión centralizada del edificio; y el sistema integral de control de alumbrado DALI.

En primer lugar, en este apartado se van a describir las diferentes programaciones de control de la iluminación existentes en las distintas partes del edificio, con el objetivo de conocer más a fondo el funcionamiento de la iluminación en el complejo. Después, se procederá a examinar con mayor grado de detalle las características y el propio funcionamiento del sistema de control implementado.

2.3.1. Funcionalidades de iluminación

Comenzando por los programas de iluminación, la información sobre el funcionamiento que se va a describir ha sido obtenida de la memoria que la empresa Phillips elaboró sobre la iluminación en la sede (PHIL13).

En cuanto al control zonal según horas, en términos generales, se establecen dos periodos de funcionamiento a lo largo del día en función de la hora. En primer lugar, se define el horario de oficina, de 7:00 a 23:00. En segundo lugar, el horario de vigilancia, de 23:00 a 7:00 horas. Las programaciones horarias se lanzan desde el servidor dedicado al control del alumbrado. Se han definido diferentes modalidades de funcionamiento para las distintas partes 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 ubierta. A continuación, se detalla el funcionamiento de las más relevantes.

2.3.1.1. Open Plan

Se han definido una serie de subzonas dentro de cada departamento en función del área de detección de los sensores. Cada una de ellas, realiza su función automática de detección de presencia y regulación activa por luz solar. Se han fijado 4 escenas Enel programa de control. Regulación activa a 500lux (luminarias con un mínimo establecido del 60% de potencia), nivel reducido 50%, nivel de fondo 20% y apagado. La detección de movimiento ocurre entre las escenas de regulación activa (horario oficina), la de nivel reducido (fuera de horario), y la de nivel de fondo.

2.3.1.2. Salas de Reuniones

Tienen un funcionamiento automático de encendido y apagado según su multisensor. Existen 2 escenas, regulación activa a 500lux (luminarias con un mínimo establecido del 60% de potencia) y apagado. La detección de movimiento se produce entre las escenas de regulación y apagado.

2.3.1.3. Salas Touchdown

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

De nuevo, hay 2 escenas, regulación activa a 500lux y apagado. La detección de movimiento acaece entre las escenas de regulación y apagado.

2.3.1.4. Parking

El funcionamiento del parking se realiza con detectores de presencia. Al igual que en el caso del Open Plan, hay 4 escenas definidas. 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% y apagado.

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

2.3.2. Sistema de control DALI

2.3.2.1. Aspectos generales

El sistema físico de cableado sobre el que se apoya el sistema de control se encuentra integrado en la estructura de cableado del edificio. Además, como el bus de control es inmune a interferencias de origen electromagnético, los conductores que conforman el sistema de cableado no son apantallados.

El sistema integral de control del alumbrado DALI permite la creación de diferentes escenas de funcionamiento, como las que hemos descrito previamente para las distintas partes del edificio. Estas escenas consisten en valores concretos de salida, como se ha descrito antes.

2.3.2.2. Control de luminarias

El control de las luminarias en el complejo de lleva a cabo mediante el sistema de comunicación DALI. Esta comunicación se realiza mediante una señal digital del propio sistema DALI, que proporciona el valor de salida en cada caso. Este valor oscila desde el mínimo, el 3% empleado para las labores de vigilancia y seguridad, hasta el 100% del valor total de la luminaria.

La comunicación entre el sistema y las luminarias es bidireccional, de tal manera que éstas pueden enviar errores en la lámpara al sistema.

El tratamiento centralizado de la información y la aplicación del sistema de control se lleva a cabo a través del sistema de procesador central, compuesto de varios procesadores.

2.3.2.3. Regulación en función de la luz natural

En la parte más alta del edificio está situado un sensor general que mide constantemente datos sobre iluminación directa y difusa, tanto en dirección vertical como horizontal. Este sensor se compone de 8 células fotoeléctricas más un sensor de infrarrojos. Cuenta, además, con un sistema de calefacción integrado, que previene el fenómeno de condensación en su superficie, con lo cual se asegura de obtener datos verídicos en todo momento. También está equipado con elementos de protección contra rayos. El sensor, además, recoge información sobre el estado general del cielo mediante el sensor de infrarrojos. Todos estos datos recogidos son enviados a través del bus control para su procesamiento y debida utilización.

En las partes del edificio donde el aporte de luz natural es suficiente, la regulación de las luminarias se lleva a cabo en concordancia con los valores arrojados por el sensor de la cubierta. La intensidad de la luz artificial va variando según o haga la luz natural en función de una curva característica de control con el objeto de mantener una iluminación estable a pesar de las fluctuaciones en la luz natural.

3. ANÁLISIS DE DATOS

En este apartado se va a proceder a describir el análisis que se ha efectuado sobre los datos de consumo de energía eléctrica para iluminación. Como ya se explicó en el apartado 1.5 de metodología, esta información ha sido proporcionada por la propia empresa, y provienen del software de análisis de datos N2S.

Los datos, y, por tanto, el análisis, se dividen en dos partes. La primera parte contiene datos acerca del consumo de iluminación en los edificios del complejo, mientras que la segunda parte contiene los datos de iluminación del parking.

El análisis se ha llevado a cabo de la siguiente manera:

En primer lugar, los datos se han dividido mensualmente. Es decir, el estudio se ha realizado mes a mes. Existe una excepción, que son las vacaciones de Navidad. Debido a que la ocupación del edificio durante estos días es diferente a la que se daría en días normales, se ha optado por analizar estos días de manera aparte de sus respectivos meses.

Dentro de cada mes, los datos se han comparado de tres maneras diferentes. Las dos primeras, son comparaciones tipo numérico, mientras que la última, es una comparación de tipo gráfico.

La primera forma de comparar datos es según el día de la semana. Se han obtenido los consumos promedio, máximo y mínimo de cada día de la semana durante el mes correspondiente, con el objeto de determinar consumos elevados o reducidos que se den durante un día concreto ese mes. También se incluye el promedio de ocupantes del edificio durante cada día de la semana para poder comprar las variaciones de consumo con la variación de población del edificio.

La segunda forma consiste en una comparación del consumo dependiendo del tipo de día que sean. Esto es, si los días son laborales, festivos, o de fines de semana. De nuevo, se comparan los valores promedio, máximo y mínimo, y se da en todos los casos la ocupación media del edificio.

Finalmente, se realizan las comparaciones gráficas. Éstas son tres. Primero, el consumo de iluminación con respecto a la ocupación del edificio. Segundo, el consumo de iluminación con respecto a la temperatura exterior del edificio. El objetivo de estas dos comparaciones gráficas es determinar si existe una dependencia entre los distintos factores y el consumo de iluminación, y, si ésta existe, comprobar si las variaciones en ambos se producen de manera proporcional. La última forma de comparación gráfica es una visión del consumo general del edificio, viendo qué porcentaje corresponde a la iluminación, y ver su variación a lo largo de los meses.

Una vez analizado el consumo de energía eléctrica para iluminación, se procederá a comparar los consumos de los distintos meses entre sí, con el objeto de sacar conclusiones relevantes.

3.1. Primer análisis:

En un primer momento, se procedió a realizar un análisis de los datos de manera bimestral. En este primer análisis, se encontró un dato que llamaba poderosamente la atención. Este dato era que el consumo de iluminación de los viernes era muy inferior al del resto de días laborales de la semana, y muy similar al del sábado. Mientras que el consumo que se producía en el domingo era muy superior al del sábado, situándose en algunas ocasiones como el mayor de todos los días de la semana.

Al fijarse en la ocupación del edificio, el domingo salía como el día de la semana con menor población media.

Esta situación anómala se producía tanto en las comparaciones de consumo promedio, como en las de consumos máximos y mínimos.

Las siguientes imágenes muestran alguna de las tablas procedentes de este primer informe en las cuales se observa el disparatado consumo de los domingos. El informe completo se encuentra en el Anexo A.

Consumo promedio según días de la semana del bimestre mayo-junio de 2017:

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	3084,873	4295,071
Martes	2775,308	4305,770
Miércoles	2732,635	4158,929
Jueves	2579,512	3881,397
Viernes	548,864	1128,386
Sábado	411,530	1022,545
Domingo	2878,668	3524,719
Total general	2105,798	3252,928

Valores mínimos de consumo durante el bimestre julio-agosto de 2017:

Etiquetas de fila ▾	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	1477,290	1685,990
Martes	2337,980	3464,170
Miércoles	2364,390	3418,210
Jueves	2263,940	3201,180
Viernes	400,260	753,990
Sábado	366,180	711,600
Domingo	2187,700	3073,470
Total general	366,180	711,600

Valores máximos de consumo durante el bimestre septiembre-octubre de 2017:

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	3498,010	4987,380
Martes	2818,940	3932,550
Miércoles	2810,660	3867,540
Jueves	2680,400	3616,750
Viernes	708,320	1151,520
Sábado	608,670	1027,390
Domingo	3223,010	4444,190
Total general	3498,010	4987,380

Sin tener muy claro cuál podría ser la causa de semejante anomalía, desde la empresa se decidió comprobar el estado del programa N2S del cual proceden todos los datos de consumo del edificio.

Una vez hecha esta comprobación, se descubrió que este programa presentaba un fallo: los datos que ofrecía estaban descuadrados un día con respecto a la realidad, es decir, para los domingos, estaba mostrando datos del lunes siguiente, para los lunes el del martes siguiente, etc.

Así, el consumo de los domingos se presentaba disparatadamente elevado para esa cantidad de población del edificio debido a que en realidad llevaba asociado el consumo de los lunes siguientes, cuando la población del edificio era mucho más elevada. De la misma manera, el consumo de los viernes aparecía muy reducido ya que los datos que verdaderamente estaba ofreciendo eran los correspondientes a los sábados posteriores.

Por lo tanto, gracias a este primer informe, y a pesar de que, en términos de los objetivos que persigue este proyecto, no hubiera supuesto ningún avance puesto que los datos eran erróneos, se consiguió descubrir el fallo del sistema N2S, con lo que se subsanó, y ahora la herramienta funciona en perfectas condiciones.

A continuación, se muestran los informes de la iluminación del edificio primero, y del parking después, con todas sus explicaciones y conclusiones.

3.2. Informe iluminación edificios

3.2.1. Julio 2017

3.2.1.1. Comparativa días de la semana

3.1.1.1.i) Promedio de consumo:

Diasem	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	8624,49	5817
Martes	7357,81	6426
Miércoles	7993,17	6427
Jueves	7966,82	6417
Viernes	7965,54	5667
Sábado	3531,30	169
Domingo	3401,58	102
Total general	6545,81	4200

En esta tabla se observa como el promedio de consumo de energía eléctrica para iluminación es más elevado los lunes que en el resto de los días de la semana. Curiosamente, de los días laborales, los lunes son los que presentan la segunda ocupación media más baja.

El día laboral con la ocupación media más baja, el viernes, presenta un consumo medio muy similar al de jueves y miércoles, estos últimos, con una ocupación mayor.

De los dos anteriores puntos se desprende la conclusión de que entre semana no se está aprovechando la bajada de ocupación para ahorrar energía eléctrica en iluminación.

En cuanto al fin de semana, apreciamos una bajada significativa en la ocupación. En las tablas del apartado siguiente vemos que la ocupación media de los días laborales es de 6.135 personas, mientras que la de los fines de semana es de 135. Esto supone un descenso de un factor de 45,44. Sin embargo, cuando comparamos los consumos medios, 3.466,44 kWh en el caso de los fines de semana, y 8.012,18 kWh en el caso de días laborales, el descenso es de un factor de 2,31. Es decir, el descenso relativo del consumo de energía eléctrica para iluminación durante el fin de semana es muy inferior al descenso de la ocupación en el edificio durante este tipo de días.

3.2.1.1.i) Valor máximo

Díase	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	10963,86	5817
Martes	8005,42	6426
Miércoles	8182,66	6427
Jueves	8150,75	6417
Viernes	9522,58	5667
Sábado	11156,02	169
Domingo	11182,54	102
Total general	11182,54	4200

Al hablar de consumos máximos, vemos que, en cuanto a días laborales, los máximos de un lunes y un viernes son los más elevados, curiosamente, los días con menor ocupación.

Llama especial atención el caso del sábado y del domingo, cuyos máximos se sitúan por encima de cualquier día laboral. Éstos se produjeron el fin de semana del 29 y el 30 de julio, cuando la ocupación fue de 147 y 93 personas respectivamente, ambos datos por debajo de la media para estos días durante este mes. Si nos fijamos en el resto de los consumos del edificio, se aprecia el descenso habitual de los fines de semana. A continuación, se aporta una tabla con todos los consumos de esa semana del edificio.

Día	Suma de Climatización	Suma de Iluminación (kWh)	Suma de Oficinas	Suma de Parking	Suma de Salas IT
24/07/2017	41713,88	7695,78	9975,81	4289,77	3574,94
25/07/2017	36152,97	8005,42	10315,11	4498,42	3616,7
26/07/2017	37743,87	8098,62	10336,72	4537,37	3630,67
27/07/2017	43367,12	7923,82	10367,72	4447,57	3642,42
28/07/2017	46319,39	9522,58	9437,71	4479,44	3579,7
29/07/2017	24587,67	11156,02	4911,77	3355,12	3472,55
30/07/2017	25273,41	11182,54	4875,05	3229,59	3463,04

Se trata de un caso extraño en el que probablemente las luces permanecieron encendidas durante todo el día por algún error en el sistema de control de la iluminación.

El lunes siguiente, el consumo fue menor, aunque muy elevado con respecto a la media.

3.2.1.1.ii) Valor mínimo

Díase	Min. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7569,07	5817
Martes	6070,07	6426
Miércoles	7808,79	6427
Jueves	7693,5	6417
Viernes	7194,8	5667
Sábado	1523,59	169
Domingo	1405,53	102
Total general	1405,53	4200

En cuanto a los mínimos, destaca un martes (04/07/2017), con una ocupación de 6.699 personas, lo cual demuestra que es perfectamente posible reducir el consumo de iluminación unos 2.000 kWh con respecto a la media incluso en un día de ocupación elevada.

El consumo mínimo del sábado y el domingo se sitúa en torno a la mitad del consumo promedio para estos días. Sin embargo, sigue quedándose muy lejos de disminuir en la misma proporción que la ocupación media.

3.2.1.2. Comparativa tipos de día

3.2.1.2.i) Promedio de consumo

Tipodía	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	3466,44	135
Laboral	8012,18	6135
Total general	6545,81	4200

Aquí cabe destacar algo ya mencionado anteriormente, que es el descenso de la ocupación durante el fin de semana de un factor de 45,44 mientras que el factor del descenso de consumo es de 2,31.

Sin embargo, como hemos señalado en el apartado anterior, el fin de semana del 29 y 30 de julio se produjeron unos máximos totalmente insólitos. Si no tenemos en cuenta estos dos días, el promedio de consumo durante el fin de semana es de 1.540,73 kWh, con lo que el factor de descenso sería de 5,2. Muy lejos todavía de decrecer en la misma proporción que la ocupación. Por lo tanto, el fin de semana es un momento en el que se puede obtener un ahorro considerable de energía.

3.2.1.2.ii) Valor máximo

Tipodia	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	11182,54	135
Laboral	10963,86	6135
Total general	11182,54	4200

En cuanto a los máximos, comentar de nuevo el exagerado consumo del fin de semana del 29.

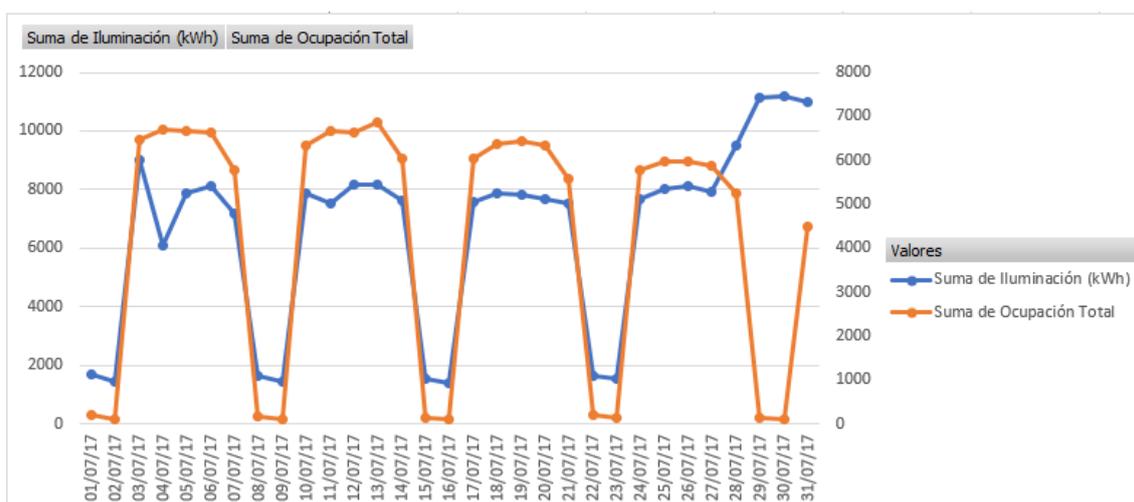
3.2.1.2.iii) Valor mínimo

Tipodia	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	1405,53	135
Laboral	6070,07	6135
Total general	1405,53	4200

Y en cuanto a los mínimos, comparar la diferencia entre el máximo y el mínimo durante días laborales en este mes de junio de 2017, que es de 4.893,79 kWh. Teniendo en cuenta que, como se ha comentado previamente, el consumo mínimo se produjo con una ocupación de casi 7.000 personas, por encima de la media de días laborales, supone un ahorro enorme.

3.2.1.3. Comparativa gráfica

3.2.1.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio

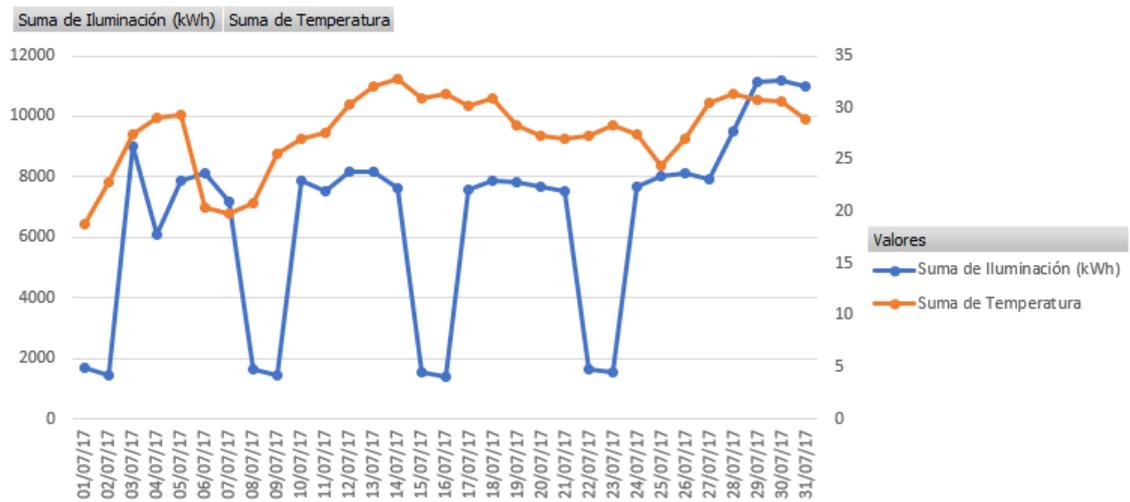


En este gráfico apreciamos el bajo consumo del martes 4 de julio con respecto al resto de días laborales. El objetivo debería ser tener todos los días laborales a esa altura.

También observamos que, aunque las dos gráficas son totalmente dependientes, el consumo de los fines de semana no desciende en la misma proporción que la ocupación, tal y como ya hemos comentado.

Por último, también comprobamos gráficamente como se eleva el consumo a partir del día 28 de julio.

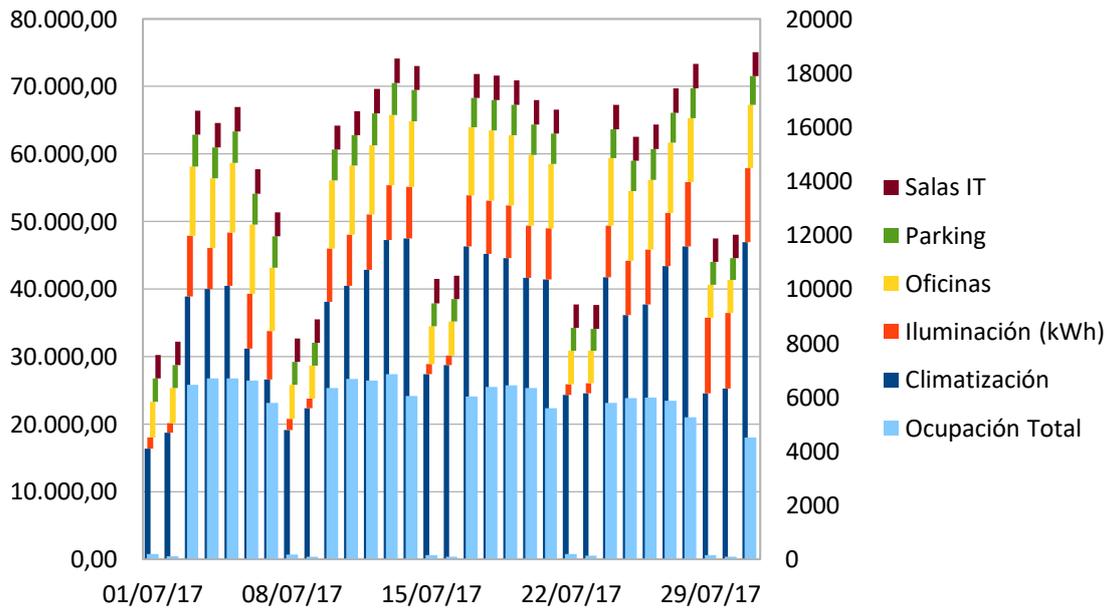
3.2.1.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior



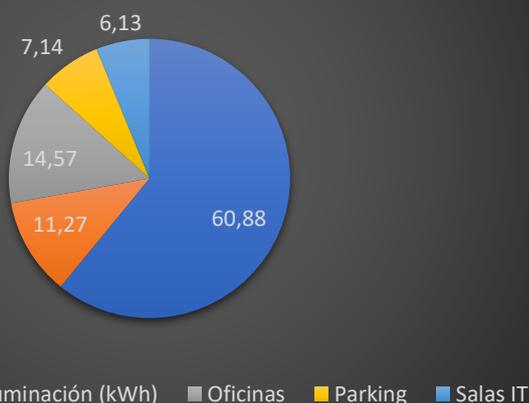
Partiendo de los datos de temperatura exterior del edificio y graficándolo junto con el consumo de iluminación, vemos que estos dos datos son completamente independientes.

3.2.1.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio

Suma de Climatización	Suma de Iluminación (kWh)	Suma de Oficinas	Suma de Parking	Suma de Salas IT	Suma de TOTAL DIARIO (kWh)
1096274,03	202920,16	262415,88	128644,53	110449,24	1800703,84



Porcentajes de consumo sobre el total



Si miramos el lugar que ocupa el consumo de energía eléctrica para iluminación dentro del total del consumo del edificio, vemos que en julio ha sido del 11,27% del total.

3.2.2. Agosto 2017

3.2.2.1. Comparativa días de la semana

3.2.2.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	6612,98	3360
Martes	6278,51	3388
Miércoles	6978,35	3883
Jueves	7085,96	3910
Viernes	6564,43	3330
Sábado	1393,08	160
Domingo	1271,03	93
Total general	5325,17	2699

Lo primero que cabe destacar del mes de agosto es la bajada significativa de la ocupación (algo más de la mitad que el mes anterior). Sin embargo, los consumos medios de cada día de la semana se reducen muy poco. Una razón podría ser que las personas que trabajan durante este mes lo han hecho muy esparcidas por el edificio, por lo que, si se las hubiera concentrado en lugares específicos, permitiendo mantener apagadas zonas desocupadas, el consumo probablemente habría sido menor.

También observamos que al no haberse producido durante este mes ningún pico anómalo en el consumo del fin de semana, la media de consumo de estos días es menor. La ocupación durante el fin de semana en el mes de agosto es similar a la del mes de julio, por lo que los consumos medios de estos días son parecidos (a los consumos promedio para fin de semana del mes de julio sin tener en cuenta los dos días de consumo anómalo).

3.2.2.1.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7087,35	3360
Martes	7272,14	3388
Miércoles	7265,35	3883
Jueves	7725,86	3910
Viernes	6881,93	3330
Sábado	1625,16	160
Domingo	1443,58	93
Total general	7725,86	2699

En cuanto al valor máximo, efectivamente, no se observa ningún pico anómalo. No obstante, son unos consumos demasiado elevados teniendo en cuenta que la población del edificio durante los días laborales se ha reducido casi en un 50%.

3.2.2.1.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	6026,99	3360
Martes	3341,73	3388
Miércoles	6715,18	3883
Jueves	6629,21	3910
Viernes	6261,04	3330
Sábado	1207,70	160
Domingo	1164,18	93
Total general	1164,18	2699

Lo primero que salta a la vista es el mínimo consumo que se produjo un martes, en concreto, el martes 15 de agosto. La razón de esta reducción es que ese día fue un día festivo, y la población del edificio fue de 423 personas. Un consumo reducido a la mitad, cuando la ocupación se había reducido un 87,5% respecto a la media de ocupación. De nuevo, nos encontramos ante la situación de estar probablemente sobre iluminando el edificio cuando se encuentra prácticamente vacío.

El resto de los consumos mínimos son algo inferiores al mes anterior, pero, de nuevo, no acordes a la bajada de trabajadores.

3.2.2.2. Comparativa tipos de día

3.2.2.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3341,73	423
Fin de semana	1332,05	126
Laboral	6867,36	3738
Total general	5325,17	2699

De este análisis podemos sacar varias conclusiones. La primera, ya citada en el apartado anterior, es la del día festivo, en el que probablemente haya habido zonas iluminadas que podían haberse apagado ante la baja cantidad de personas trabajando ese día.

También observamos, que, en la línea del mes de julio, la bajada en el consumo de los fines de semana no es proporcional a la bajada de la ocupación.

También mencionado antes, el consumo promedio durante días laborales durante este mes (6.867,36 kWh) no es muy inferior al del mes de julio (8.012,18 kWh). Es decir, ha supuesto un descenso del 14,3%, mientras que el descenso de ocupación ha sido del 39%.

3.2.2.2.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3341,73	423
Fin de semana	1625,16	126
Laboral	7725,86	3738
Total general	7725,86	2699

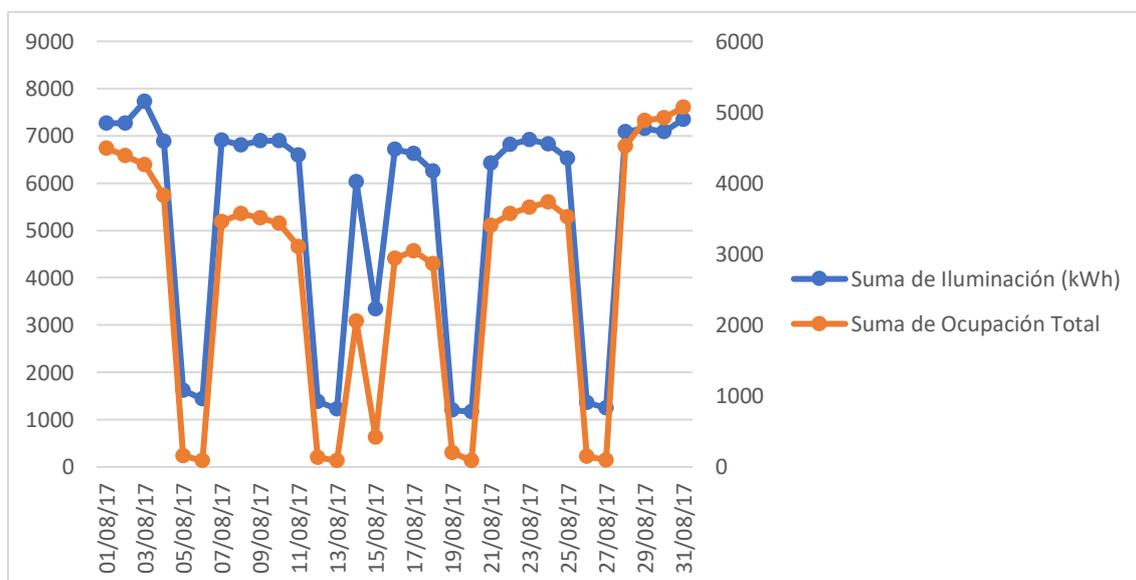
3.2.2.2.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3341,73	423
Fin de semana	1164,18	126
Laboral	6026,99	3738
Total general	1164,18	2699

Comentar que el mínimo en día laboral (6.026,99 kWh), que se produjo con una ocupación de 2.057 personas (la más baja en día laboral este mes), es prácticamente el mismo que en el mes anterior (6.070,07 kWh), que se produjo con una ocupación de 6.699 personas. Esto deja en evidencia que no se están aprovechando las bajadas de población en el edificio para ahorrar energía eléctrica de iluminación.

3.2.2.3. Comparativa gráfica

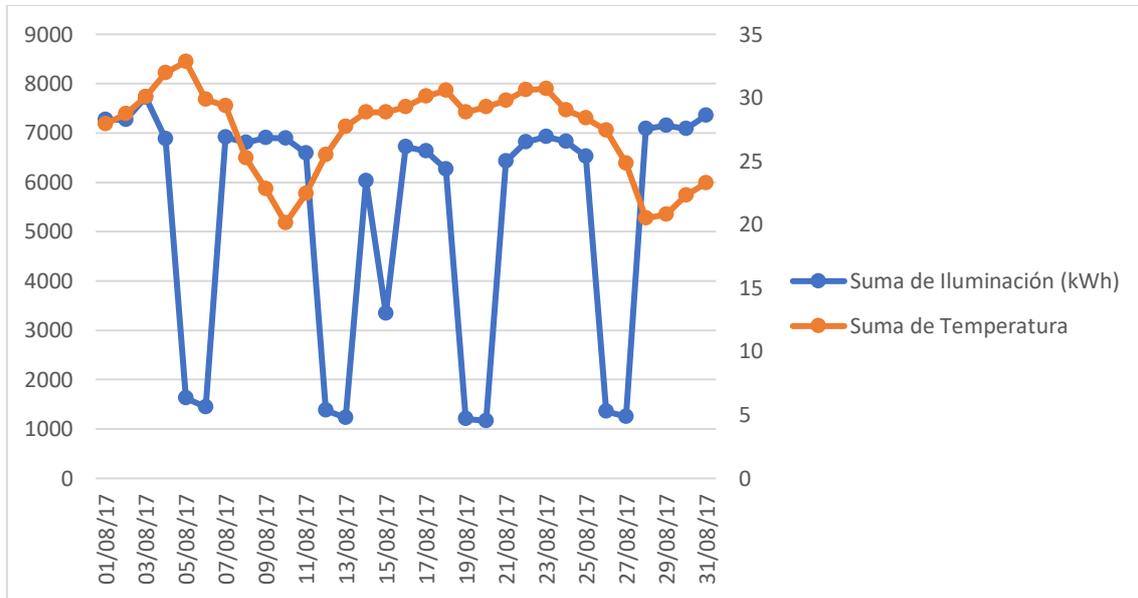
3.2.2.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



En esta gráfica se comprueba de nuevo, al igual que en el mes de julio, que el consumo y la ocupación son totalmente dependientes. A destacar son de nuevo los fines

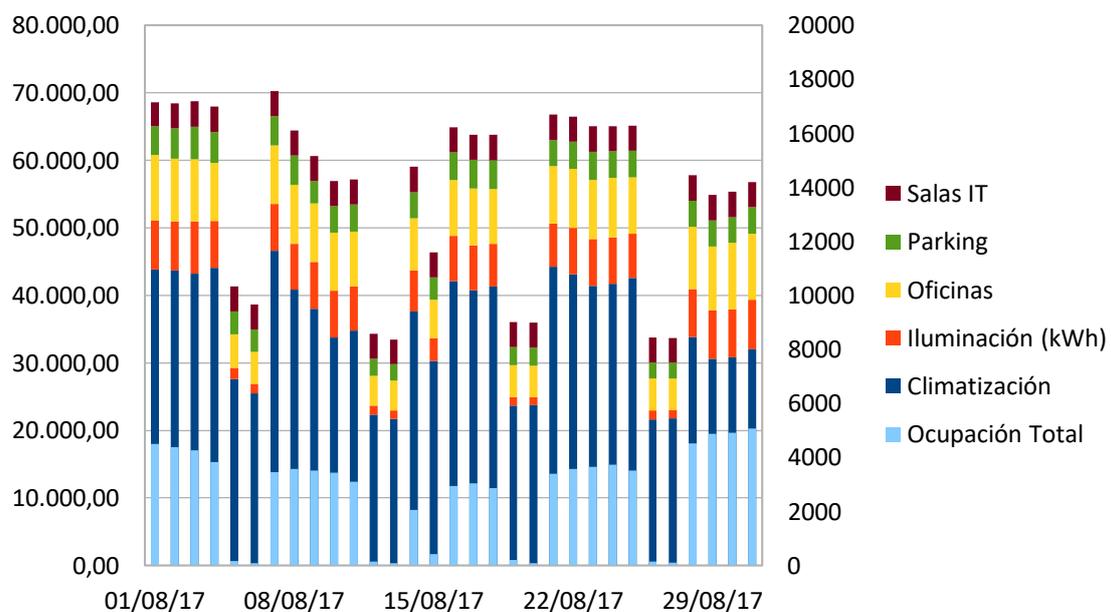
de semana, con un claro margen de ahorro en el consumo por iluminación, y, sobre todo esta vez, la diferencia que hay entre consumo y ocupación en los días laborales (a excepción de los últimos cuatro días del mes). Esto corrobora el análisis que venimos haciendo del consumo durante el mes de agosto: es un mes con muchísimas posibilidades para el ahorro de energía eléctrica para iluminación.

3.2.2.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior

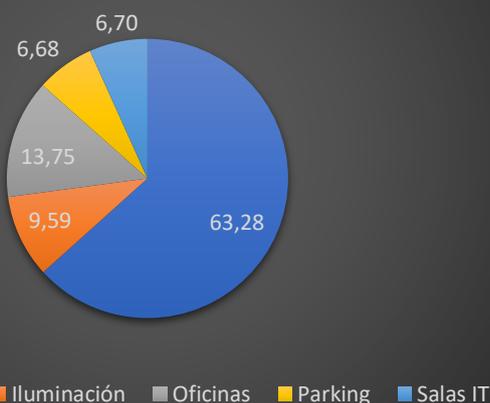


De nuevo comprobamos que la temperatura y el consumo son independientes.

3.2.2.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Porcentajes de consumo sobre el total



A pesar de que la reducción de la ocupación ha sido mayor que la reducción del consumo de iluminación, el porcentaje total que éste ocupa dentro del consumo total del edificio ha disminuido: pasa de un 11,27% a un 9,59%. Esto quizá pueda significar que en los otros ámbitos de consumo tampoco se ha reducido de manera acorde a la reducción de la población del edificio.

3.2.3. Septiembre 2017

3.2.3.1. Comparativa días de la semana

3.2.3.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7409,37	6676
Martes	7380,05	6844
Miércoles	7526,82	6938
Jueves	7522,39	6801
Viernes	7014,58	6022
Sábado	1645,01	172
Domingo	1582,80	112
Total general	5632,79	4682

Durante el mes de septiembre, observamos unos consumos más parecidos entre los días laborales. La ocupación media del edificio es inferior los viernes, como también lo es el consumo promedio. Cabe destacar que el promedio de consumo de energía eléctrica para la iluminación es inferior al del mes de julio en todos los días de la semana con la excepción de el del martes, el cual es casi idéntico al de julio. Esto llama poderosamente la atención, ya que en el mes de julio se dan unas 14 horas de sol al día de media, mientras que en el mes de septiembre son unas 12, por lo que no sólo no se están aprovechando las horas luz natural, sino que se está consumiendo más durante los meses que hay más luz natural.

3.2.3.1.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación	Promedio de Ocupación	Total
Lunes	7546,33		6676
Martes	7562,99		6844
Miércoles	7601,45		6938
Jueves	7602,05		6801
Viernes	7153,54		6022
Sábado	1791,42		172
Domingo	1708,24		112
Total general	7602,05		4682

En cuanto a los valores máximos, podemos destacar que la variación con respecto al valor medio es mínima.

3.2.3.1.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación	Promedio de Ocupación	Total
Lunes	7263,61		6676
Martes	7041,97		6844
Miércoles	7344,27		6938
Jueves	7387,05		6801
Viernes	6801,81		6022
Sábado	1569,96		172
Domingo	1490,17		112
Total general	1490,17		4682

Ocurre lo mismo con los valores mínimos, muy parecidos a los valores promedio. Septiembre ha sido pues un mes estable en el sentido del consumo. No obstante, como se ha visto anteriormente, es posible tener un consumo de 6,000kWh con una ocupación de 7.000 personas, por lo que todavía hay margen para la mejora.

3.2.3.2. Comparativa tipos de día

3.2.3.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación	Promedio de Ocupación	Total
Fin de semana	1617,36		145
Laboral	7353,69		6626
Total general	5632,79		4682

Haciendo este análisis confirmamos lo ya dicho anteriormente: un mes estable, aunque con margen para la mejora. También, menor consumo promedio que durante el mes de julio, con menos horas de luz y mayor promedio de ocupación que durante este mes.

3.2.3.2.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación	Promedio de Ocupación	Total
Fin de semana	1791,42		145
Laboral	7602,05		6626
Total general	7602,05		4682

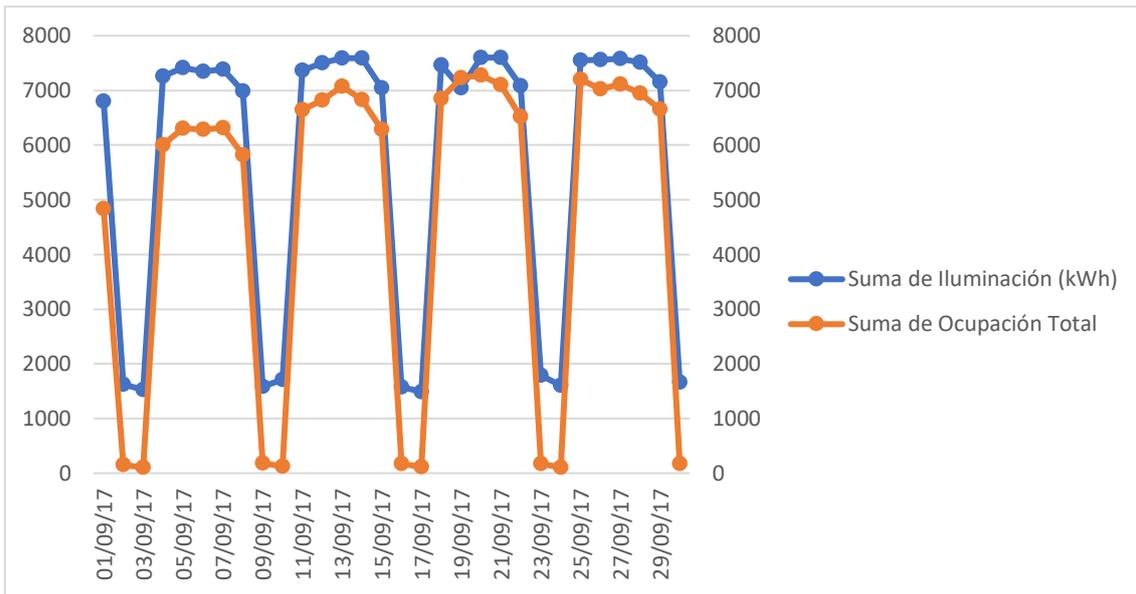
3.2.3.2.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	1490,17	145
Laboral	6801,81	6626
Total general	1490,17	4682

Estos valores de máximos y mínimos reflejan la estabilidad del consumo en iluminación durante el mes de septiembre.

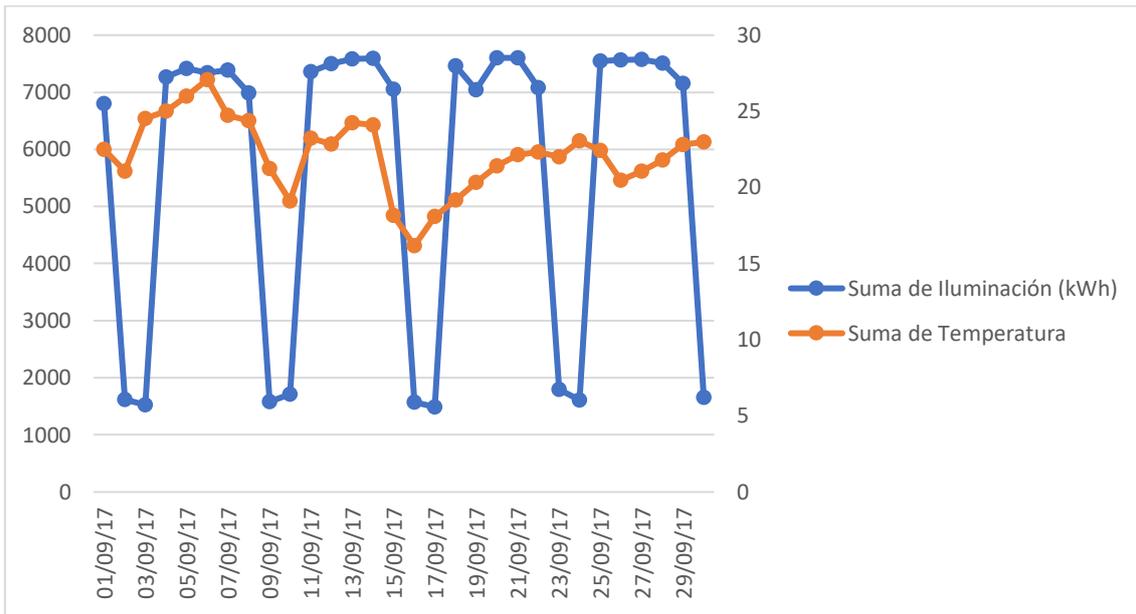
3.2.3.3. Comparativa gráfica

3.2.3.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



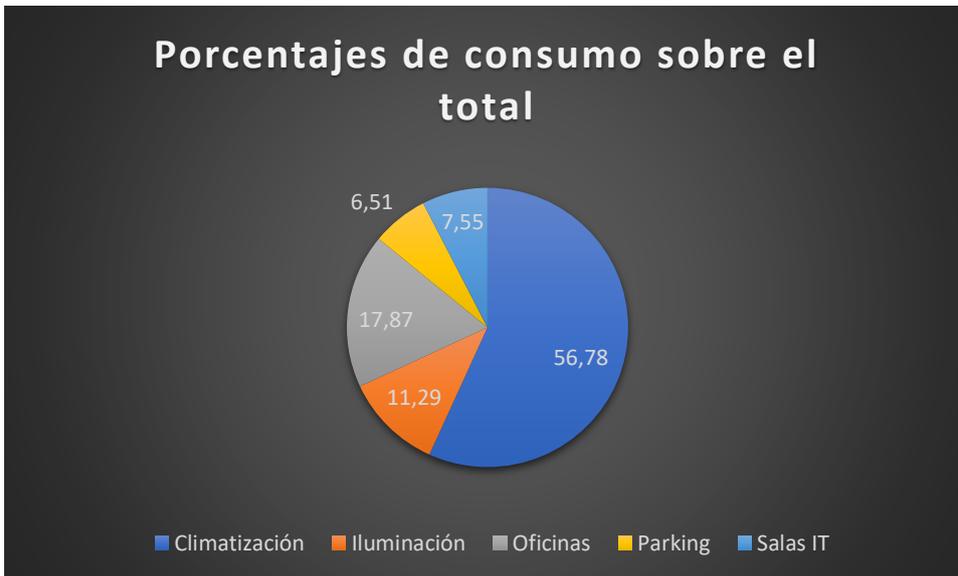
También aquí comprobamos gráficamente la estabilidad de septiembre, con todos los consumos muy parejos respectivamente entre laborales y fines de semana. Vemos que, aunque la ocupación del edificio fue aumentando progresivamente cada semana, el consumo se mantuvo estable.

3.2.3.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior



De nuevo vemos como el consumo es independiente de la temperatura exterior.

3.2.3.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



En este mes, se vuelve al 11,29% sobre el consumo total del edificio.

3.2.4. Octubre 2017

3.2.4.1. Comparativa días de la semana

3.2.4.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	8130,21	7030
Martes	6711,23	7150
Miércoles	7685,55	7175
Jueves	6571,52	5672
Viernes	7069,81	5983
Sábado	1581,90	187
Domingo	1413,55	115
Total general	5577,74	4759

Aquí apreciamos un consumo promedio elevado los lunes. Si miramos en la tabla de máximos, observamos un pico de 10.693 kWh. Sin tener en cuenta este consumo, el promedio de los lunes sería 7.489,27 kWh, más cerca del resto de consumos de días laborales.

El número de horas de luz natural durante el mes de octubre es de unas 11 diarias, siendo el consumo medio durante este mes inferior tanto al de septiembre y al de julio. Paradójicamente, parece que cuantas menos horas de luz natural tienen los meses, menos energía eléctrica se está consumiendo en iluminar el edificio.

3.2.4.1.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila ▾	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	10693,95	7030
Martes	7703,45	7150
Miércoles	7857,83	7175
Jueves	7726,67	5672
Viernes	7275,44	5983
Sábado	1710,36	187
Domingo	1538,00	115
Total general	10693,95	4759

Como ya hemos comentado, el lunes 30 de octubre se produjo un pico de consumo bastante por encima de la media.

3.2.4.1.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila ▾	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7363,24	7030
Martes	3243,82	7150
Miércoles	7524,81	7175
Jueves	3285,48	5672
Viernes	6678,13	5983
Sábado	1492,86	187
Domingo	1258,82	115
Total general	1258,82	4759

De los días entre semana, se han producido dos consumos anómalos a la baja: el primero, el jueves 12 de octubre, el cual fue festivo y la ocupación fue de 473 personas. De nuevo, se observa como a pesar de que la ocupación descienda en gran medida, no se consigue disminuir el consumo de iluminación en la misma medida. El segundo, se

produjo el martes 31 de octubre, y fue de 3.243,82 kWh, con una ocupación de 7.113 personas. Si no se produjo ningún incidente, ésta es la clase consumo que se debería tratar de conseguir, ya que es inferior a la mitad del consumo promedio de los días laborales. Si esta jornada laboral se desarrolló con normalidad, es posible un ahorro de en torno al 50% en días laborales.

3.2.4.2. Comparativa tipos de día

3.2.4.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3285,48	473
Fin de semana	1488,37	147
Laboral	7439,49	6941
Total general	5577,74	4759

En cuanto a los días festivos, y fines de semana, ocurre lo mismo que en el resto de los meses analizados, no se consigue disminuir el consumo en la misma proporción que la ocupación.

El consumo promedio de los días laborales durante este mes es ligeramente superior al de los laborales del mes anterior, siendo la ocupación media de octubre ligeramente superior a la de septiembre.

3.2.4.2.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3285,48	473
Fin de semana	1710,36	147
Laboral	10693,95	6941
Total general	10693,95	4759

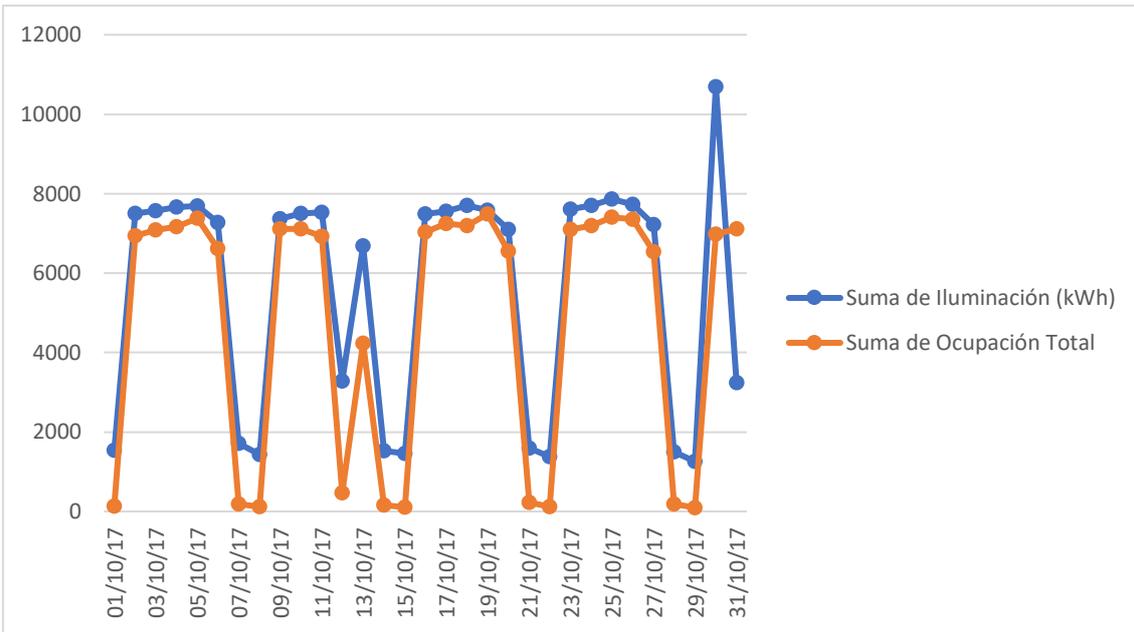
3.2.4.2.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3285,48	473
Fin de semana	1258,82	147
Laboral	3243,82	6941
Total general	1258,82	4759

Todos estos valores ya han sido comentados previamente.

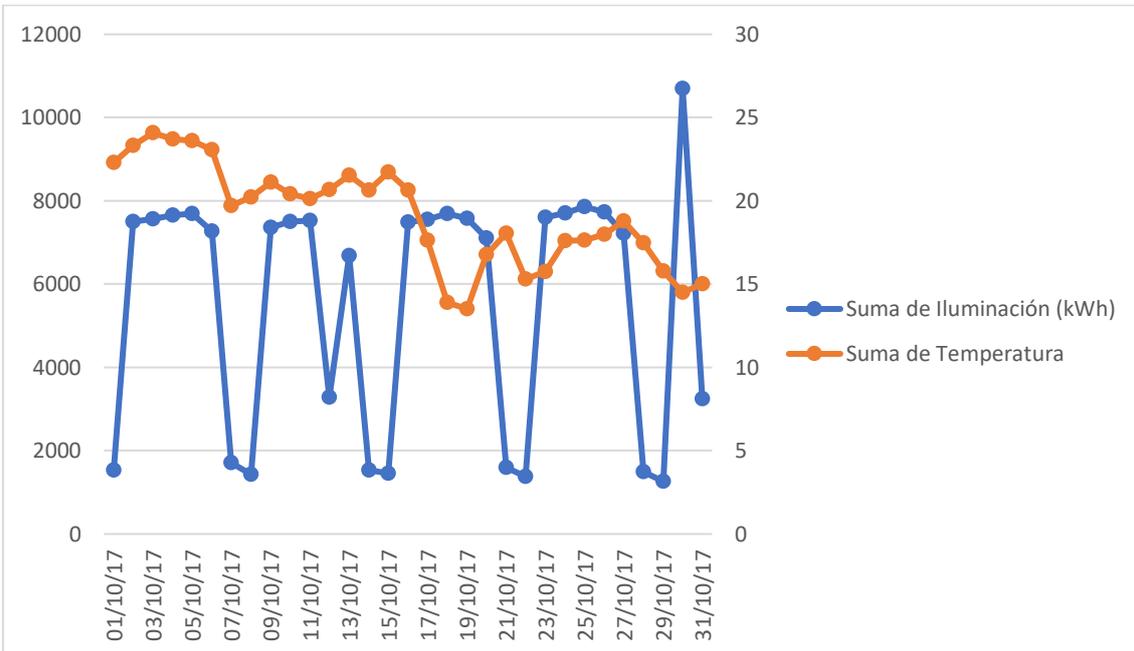
3.2.4.3. Comparativa gráfica

3.2.4.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



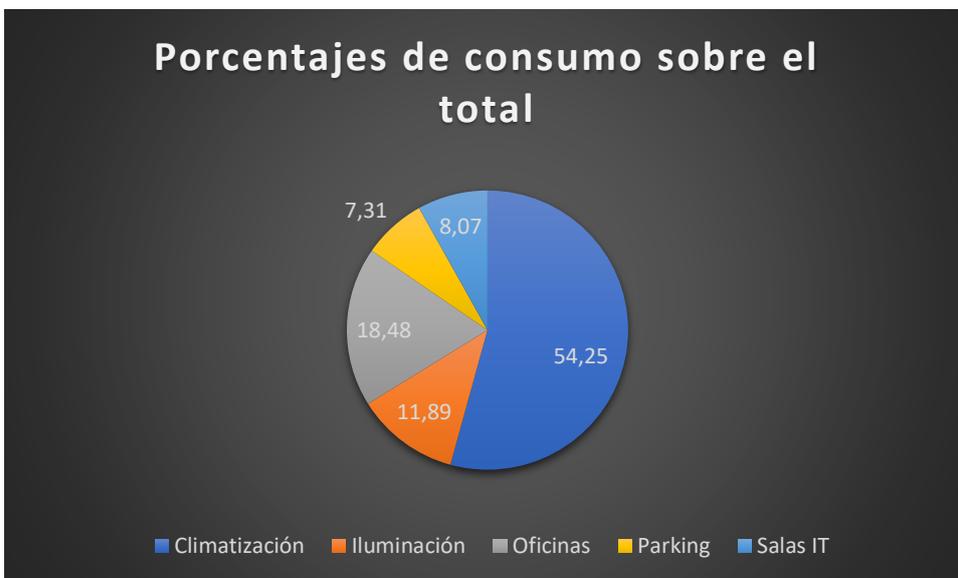
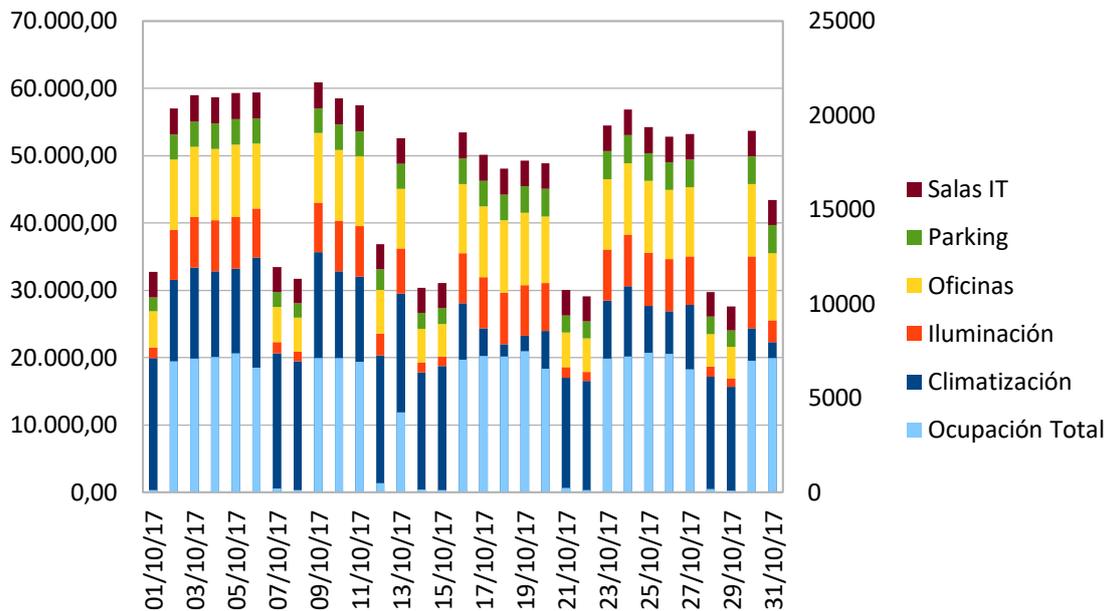
Gráficamente, observamos los dos consumos anómalos de final de mes, así como, de nuevo, se aprecia la mayor diferencia entre consumo y ocupación que existe en los festivos y fines de semana.

3.2.4.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior



De nuevo, la temperatura no influye en el consumo de iluminación.

3.2.4.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



El porcentaje del consumo dedicado a la iluminación sube ligeramente hasta el 11,89%.

3.2.5. Noviembre 2017

3.2.5.1. Comparativa días de la semana

3.2.5.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7457,32	7036
Martes	7533,44	7176
Miércoles	6667,59	5831
Jueves	6690,22	5860
Viernes	6992,49	6153
Sábado	1966,71	240
Domingo	1536,99	152
Total general	5624,56	4716

Durante el mes de noviembre se continúa con la misma tendencia descrita anteriormente, con mayor consumo los días de mayor ocupación, sin que se aprecien consumos promedios excesivamente elevados o reducidos.

Cabe destacar que la ocupación media durante el fin de semana es superior a la de los anteriores meses, es por esto por lo que el consumo promedio de sábados y domingos es ligeramente superior a lo que viene siendo habitual.

3.2.5.1.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7560,57	7036
Martes	7591,62	7176
Miércoles	7583,83	5831
Jueves	7540,86	5860
Viernes	7063,01	6153
Sábado	2681,38	240
Domingo	1858,18	152
Total general	7591,62	4716

Acerca de los máximos, no hay ningún pico de consumo que se deba destacar. El máximo del sábado es más alto registrado hasta la fecha durante los meses que aquí se están analizando. El consumo fue de 2.681,38 kWh para una población de 249 personas, lo cual supone un consumo muy elevado para esta cantidad de trabajadores.

3.2.5.1.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7399,01	7036
Martes	7493,38	7176
Miércoles	3237,64	5831
Jueves	3737,87	5860
Viernes	6928,16	6153
Sábado	1554,25	240
Domingo	1415,38	152
Total general	1415,38	4716

En cuanto a los mínimos, los de lunes, martes y viernes son bastante elevados, aunque parecidos a los máximos y al consumo promedio, por lo que ha existido mucha regularidad en el consumo a lo largo del mes.

Los consumos mínimos de miércoles y jueves se produjeron ambos en días festivos.

3.2.5.2. Comparativa tipos de día

3.2.5.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▼	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3487,76	592
Fin de semana	1751,85	196
Laboral	7387,32	6937
Total general	5624,56	4716

El consumo promedio de los días festivos, de nuevo, no se reduce lo suficiente con respecto a el consumo de los días laborales con respecto a la reducción en la ocupación del edificio.

El consumo medio de fines de semana y laborales es el habitual.

3.2.5.2.ii) Valor máximo

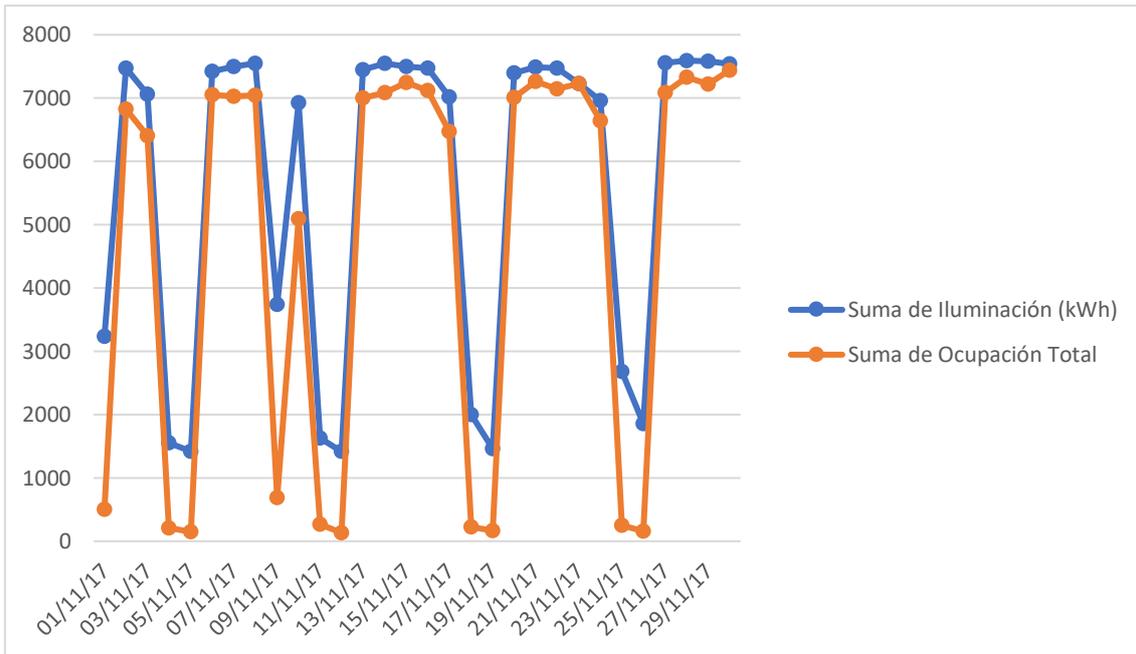
Etiquetas de fila ▼	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3737,87	592
Fin de semana	2681,38	196
Laboral	7591,62	6937
Total general	7591,62	4716

3.2.5.2.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila ▼	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3237,64	592
Fin de semana	1415,38	196
Laboral	6928,16	6937
Total general	1415,38	4716

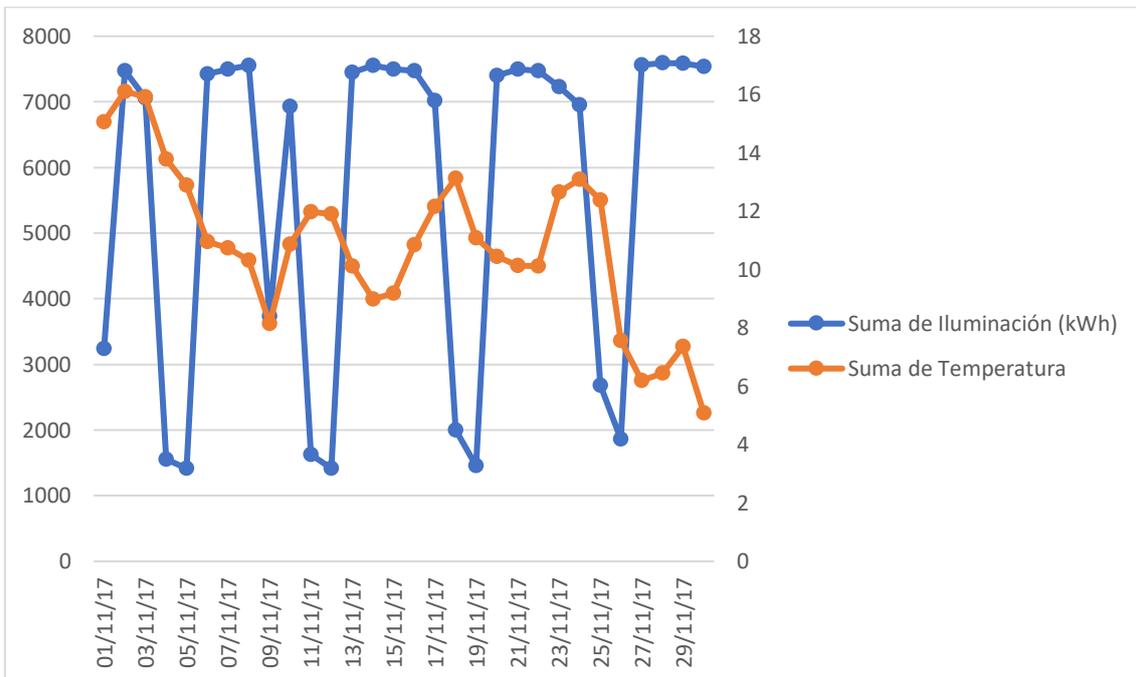
3.2.5.3. Comparativa gráfica

3.2.5.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



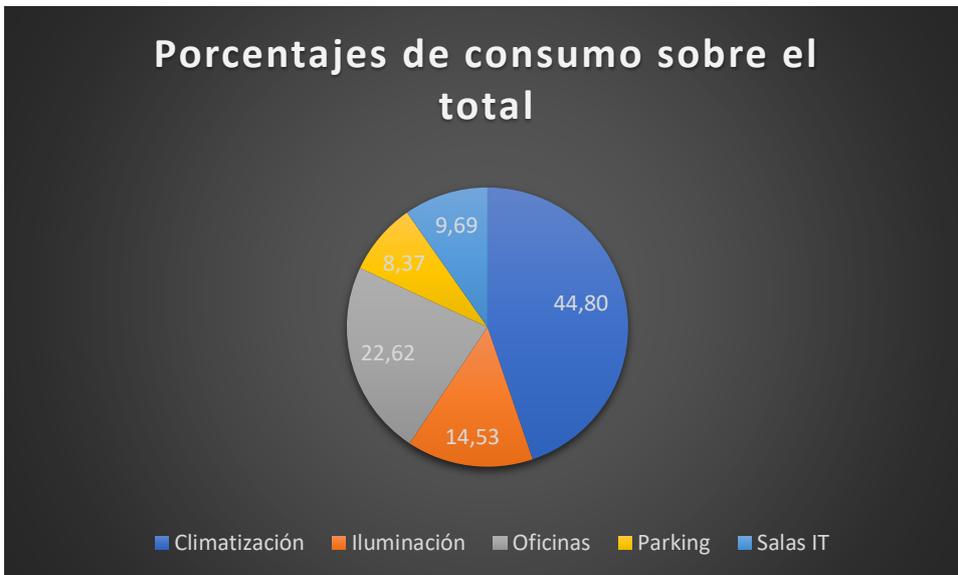
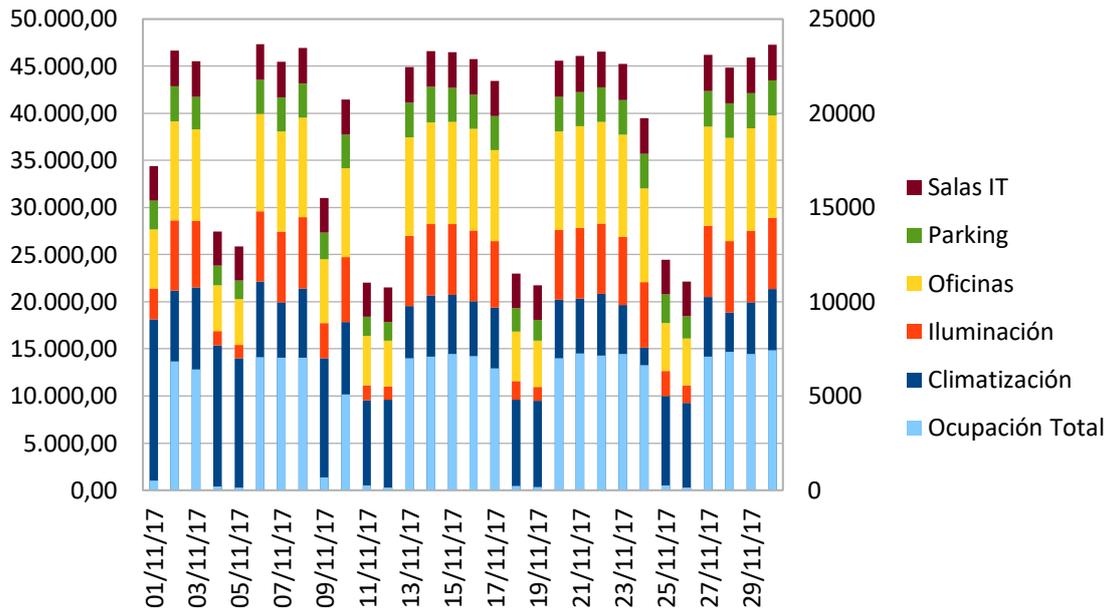
Gráficamente se constata lo descrito previamente: Un mes con mucha regularidad en los consumos, donde, de nuevo, los fines de semana y festivos el consumo no se reduce de la misma manera que la ocupación.

3.2.5.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior



Se comprueba de nuevo que el consumo de energía eléctrica para iluminación es independiente de la temperatura exterior.

3.2.5.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Durante el mes de noviembre, la iluminación gana peso y sube hasta representar un 14,53% del consumo total del edificio.

3.2.6. Diciembre 2017 (del 1 al 24)

Con el objeto de obtener unas conclusiones más adecuadas a la realidad para los meses de diciembre y enero, el análisis se ha efectuado dividiendo ambos meses entre los días normales y los que pertenecen a las vacaciones de Navidad.

3.2.6.1. Comparativa días de la semana

3.2.6.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7437,24	6725
Martes	7432,36	6896
Miércoles	6111,91	4959
Jueves	7167,26	5768
Viernes	6001,19	4686
Sábado	1781,99	225
Domingo	1422,36	134
Total general	5052,85	3884

Los valores medios de consumo durante este mes son los habituales. Destacan los bajos promedios de miércoles y viernes, debido a la presencia de sendos días festivos, lo cual rebaja el consumo medio.

3.2.6.1.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7661,07	6725
Martes	7584,54	6896
Miércoles	7458,13	4959
Jueves	7332,72	5768
Viernes	7062,93	4686
Sábado	1981,76	225
Domingo	1551,15	134
Total general	7661,07	3884

3.2.6.1.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7320,93	6725
Martes	7334,25	6896
Miércoles	3567,18	4959
Jueves	6958,36	5768
Viernes	3408,51	4686
Sábado	1632,52	225
Domingo	1238,69	134
Total general	1238,69	3884

Los máximos y los mínimos, en la línea de siempre, con la excepción de los dos días festivos.

3.2.6.2. Comparativa tipos de día

3.2.6.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3487,85	528
Fin de semana	1602,18	179
Laboral	7248,24	6481
Total general	5052,85	3884

Como ya se ha comentado, todo sigue en la misma línea. De nuevo, la reducción en la energía consumida en festivo y fin de semana no se corresponde con la bajada de la ocupación.

3.2.6.2.ii) Valor máximo

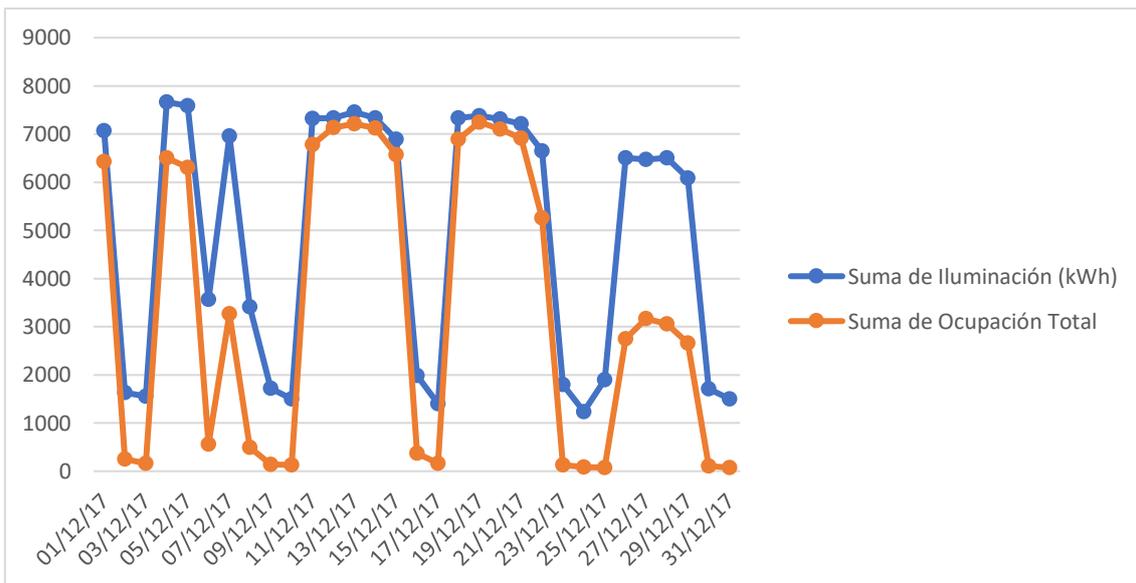
Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3567,18	528
Fin de semana	1981,76	179
Laboral	7661,07	6481
Total general	7661,07	3884

3.2.6.2.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3408,51	528
Fin de semana	1238,69	179
Laboral	6644,71	6481
Total general	1238,69	3884

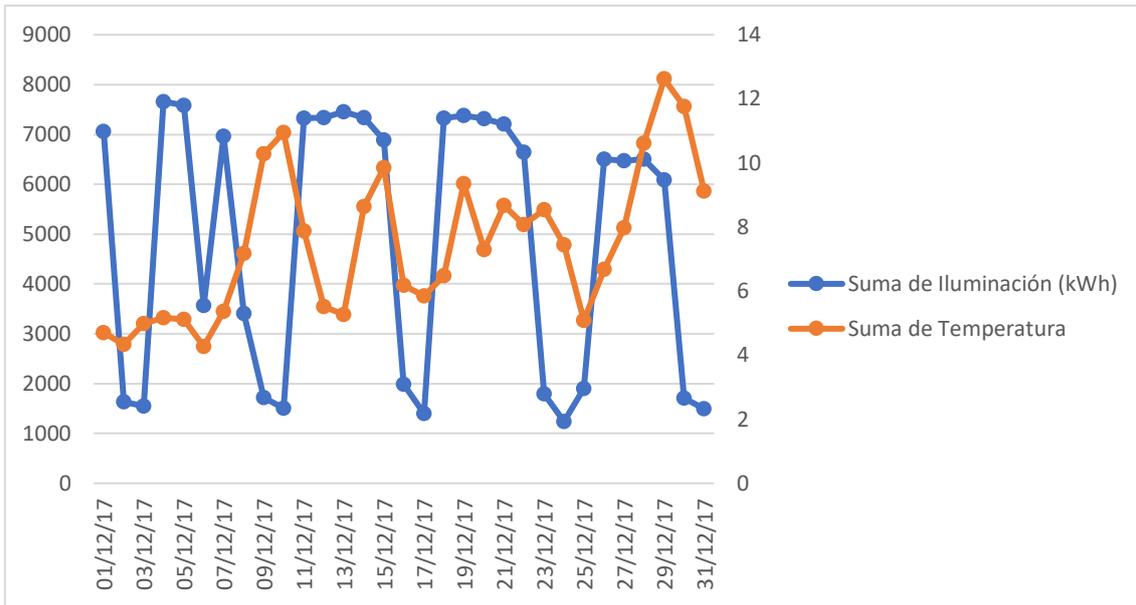
3.2.6.3. Comparativa gráfica

3.2.6.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio (todo el mes)



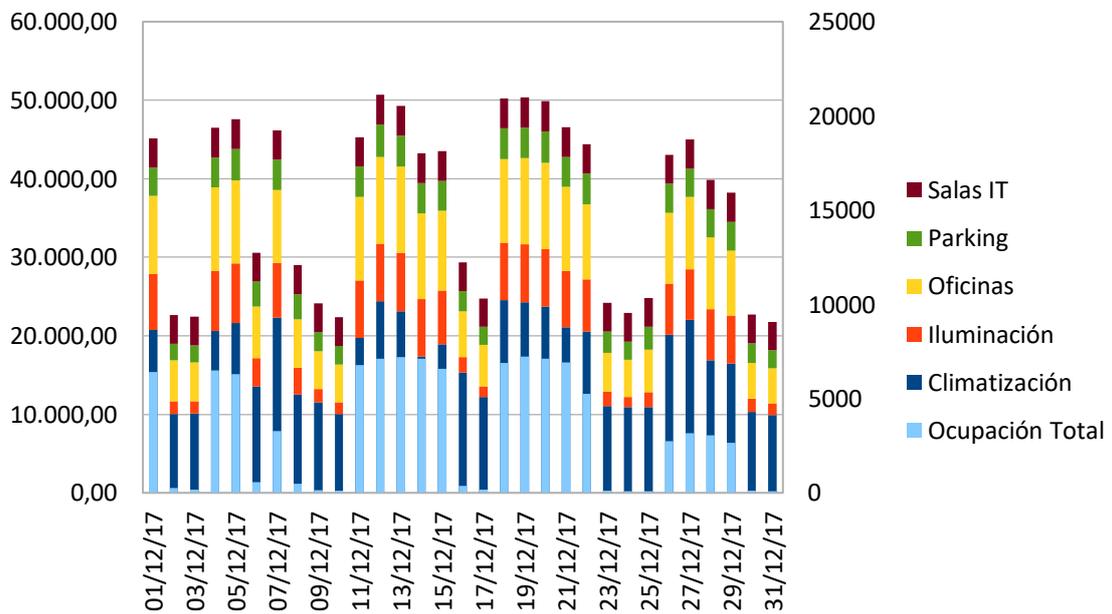
Lo más importante a destacar de este gráfico es el jueves 7 de diciembre, el día situado entre los dos festivos. Se aprecia que la ocupación del edificio desciende a la mitad de la ocupación un jueves normal, sin embargo, el consumo fue el de un día laboral normal.

3.2.6.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior (todo el mes)

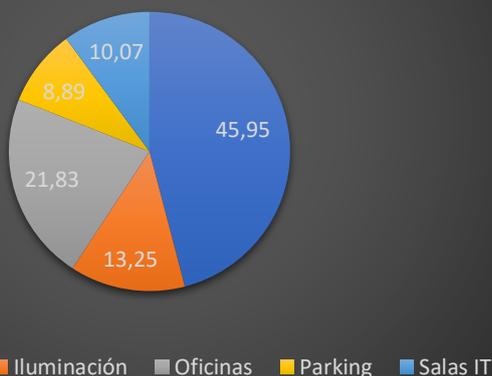


De nuevo se constata que el consumo en iluminación es independiente de la temperatura.

3.2.6.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Porcentajes de consumo sobre el total



En diciembre, el porcentaje que representa el consumo de la iluminación con respecto al consumo total desciende respecto a noviembre, pero sigue por encima de lo que es habitual. Se sitúa en un 13,25%.

3.2.7. Diciembre 2017 (del 25 al 31)

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	1895,38	77
Fin de semana	1602,76	95
Laboral	6392,73	2909
Total general	4381,69	1700

Durante las vacaciones de Navidad, se aprecia una ocupación durante fin de semana y festivo inferior a la habitual. Sin embargo, el consumo es elevado. La ocupación durante día laboral se reduce en torno al 50%, mientras que el consumo sólo se reduce un 10% respecto al promedio habitual.

Observando la gráfica del apartado se comprueba, efectivamente, el gran desequilibrio que existe entre consumo y población.

3.2.8. Enero 2018 (del 1 al 6)

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Festivo	1611,54	75
Fin de semana	1115,42	91
Laboral	6524,72	3397
Total general	4804,31	2292

En la misma línea que las conclusiones obtenidas para el periodo de Navidad en el mes de diciembre.

3.2.9. Enero 2018 (del 7 al 31)

3.2.9.1. Comparativa días de la semana

3.2.9.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7346,14	6946
Martes	7449,12	7187
Miércoles	7473,76	7362
Jueves	7450,73	7424
Viernes	6901,31	6701
Sábado	2304,68	211
Domingo	1699,05	159
Total general	5833,70	5185

En esta tabla se aprecia que el consumo promedio de cada día sigue la distribución habitual. Se aprecia, no obstante, en el caso del sábado, que siendo la ocupación menor que en los dos meses anteriores, el consumo medio es superior. Dicho consumo es de alrededor de un tercio del consumo medio de un día laboral, mientras que la ocupación se reduce más de 25 veces.

3.2.9.1.ii) Valor máximo

Etiquetas de fila ▾	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7455,81	6946
Martes	7560,95	7187
Miércoles	7608,63	7362
Jueves	7494,37	7424
Viernes	7097,65	6701
Sábado	2673,12	211
Domingo	2232,24	159
Total general	7608,63	5185

Cabe destacar que los máximos de los dos días de fin de semana son elevados comparados con éstos mismos datos para otros meses.

3.2.9.1.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila ▾	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Lunes	7301,35	6946
Martes	7371,37	7187
Miércoles	7332,44	7362
Jueves	7390,74	7424
Viernes	6525,66	6701
Sábado	2054,48	211
Domingo	1325,44	159
Total general	1325,44	5185

El mínimo valor para un sábado se sitúa por encima de los 2.000 kWh, el primer mes en que esto sucede.

El resto de los mínimos, muy parecidos tanto a los valores máximos como a los valores medios, lo cual confirma la tendencia a la estabilidad que se venía dando en los últimos meses.

3.2.9.2. Comparativa tipos de día

3.2.9.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	1958,60	181
Laboral	7340,68	7131
Total general	5833,70	5185

Mientras que el consumo promedio de los días laborales es el habitual, el de los fines de semana es algo superior al del resto de meses.

3.2.9.2.ii) Valor máximo

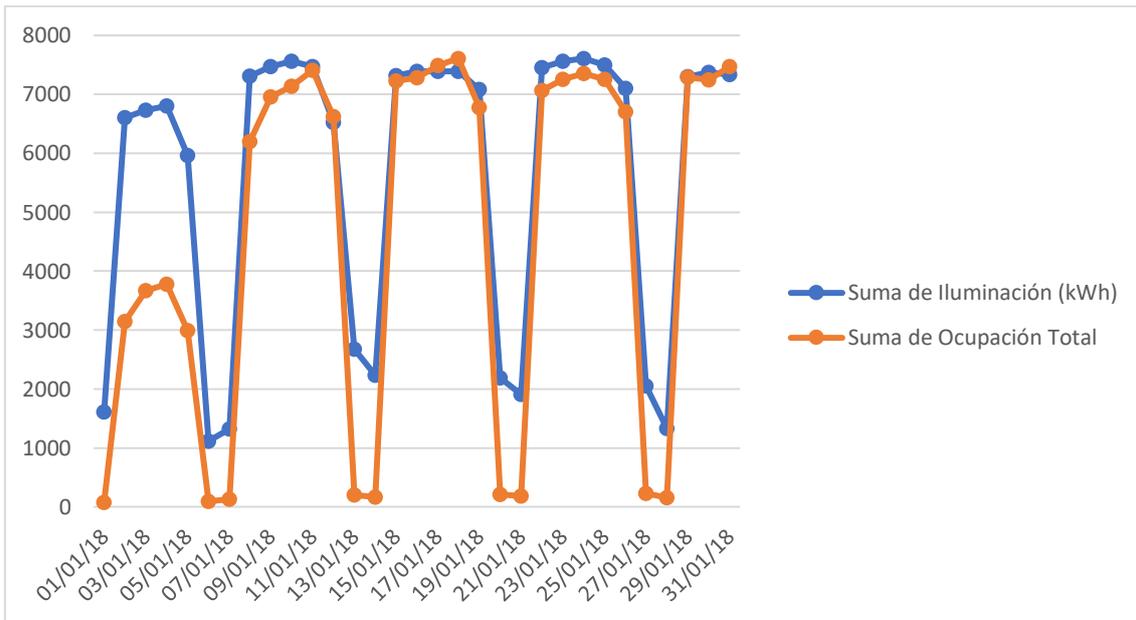
Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	2673,12	181
Laboral	7608,63	7131
Total general	7608,63	5185

3.2.9.2.iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación (kWh)	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	1325,44	181
Laboral	6525,66	7131
Total general	1325,44	5185

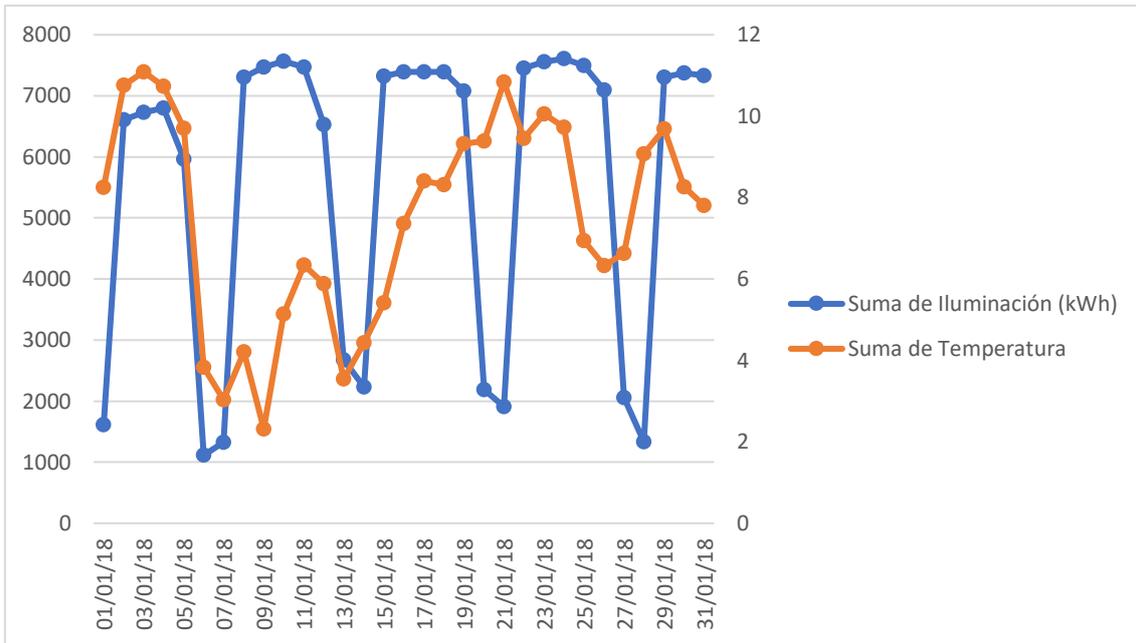
3.2.9.3. Comparativa gráfica

3.2.9.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio (todo el mes)



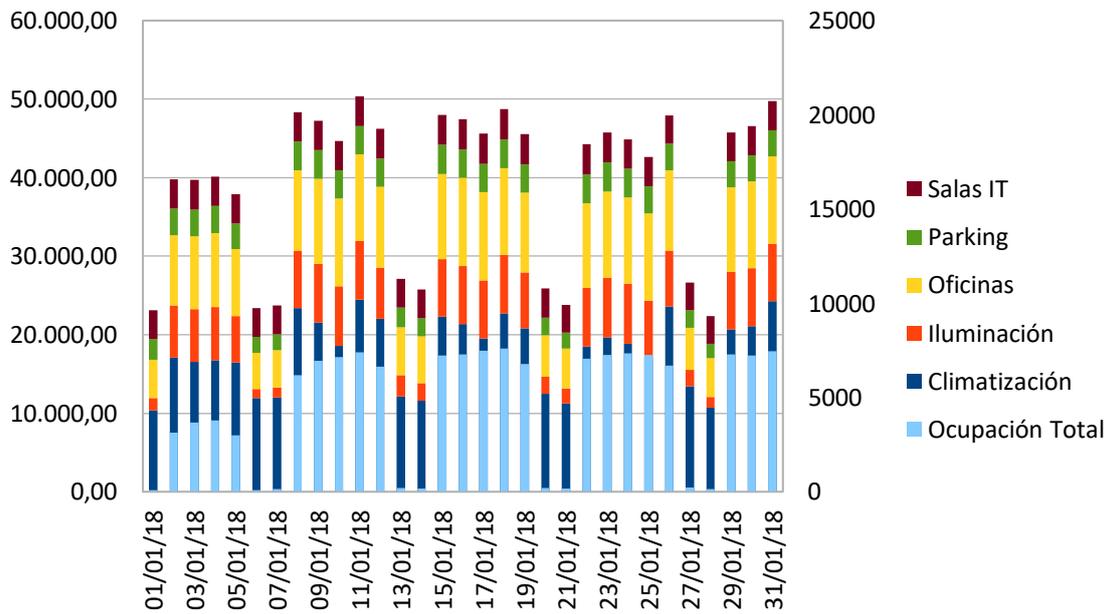
En esta gráfica se observa claramente que la distancia entre el consumo y la ocupación durante los fines de semana es superior a lo que viene siendo habitual.

3.2.9.3.ii) Consumo de iluminación – Temperatura exterior (todo el mes)

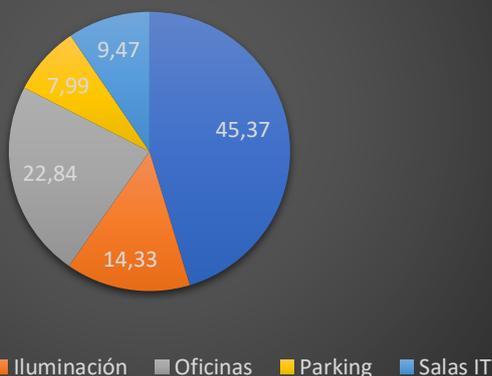


Una vez más, se constata que el consumo es independiente de la temperatura exterior.

3.2.9.3.iii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Porcentajes de consumo sobre el total



El porcentaje vuelve a ascender y se sitúa en un 14,33% sobre el total.

3.2.10. Comparativa entre meses

Esta comparativa establecida entre los distintos meses analizados en este informe pretende arrojar una vista global sobre el consumo medio de cada mes, analizando también la ocupación media registrada ese mes y las horas de luz medias de cada mes.

Mes	Consumo (kWh)	Ocupación	Horas de luz
Julio 2017	6545,81	4200	14
Agosto 2017	5325,17	2699	13
Septiembre 2017	5632,79	4682	12
Octubre 2017	5577,79	4759	11
Noviembre 2017	5624,56	4716	10
Diciembre 2017	5052,85	3884	9
Enero 2018	5833,70	5185	10

Se puede apreciar cómo, desde julio hasta octubre (con la excepción de agosto), el consumo va disminuyendo, mientras que la ocupación media va aumentando, y las horas de luz disminuyendo, lo cual es altamente paradójico. Esto supone que en los meses de verano se está consumiendo más en iluminación, cuando todos los factores apuntan a que debería ser al contrario.

El mes de agosto, cuando la ocupación se reduce a casi la mitad por vacaciones, el consumo es muy elevado, prácticamente al nivel del resto de meses.

El mes de diciembre, en el que la ocupación es también inferior a la habitual, el consumo es también parecido al del resto de meses.

3.2.11. Resumen de días reseñables

En este apartado se resumen los días en los cuales se produjeron consumos anómalos.

3.2.11.1. Fin de semana del 29 y 30 de julio

Estos dos días se produjeron unos consumos de 11.156,02 kWh y 11.182,54 kWh respectivamente, con una ocupación de 147 y 93 personas respectivamente, lo cual supone los mayores consumos diarios registrados en todos los meses que aquí se analizan.

3.2.11.2. Lunes 31 de julio

El lunes siguiente a dicho fin de semana se dio un consumo de 10.963,86 kWh, con una ocupación de 4.497. Un consumo completamente anómalo que sólo se ha repetido una ocasión en los meses analizados.

3.2.11.3. Lunes 30 de octubre

Un consumo de 10.693,95 kWh con una ocupación de 6.980, lo que supone una mayor población, pero un consumo mucho mayor que los registrados habitualmente en estos días.

3.2.11.4. Martes 31 de octubre

3.243,82 kWh para una ocupación de 7.113 personas. El consumo más bajo registrado en un día laboral y con una ocupación alta. Si no se produjo ningún incidente dicho día, esto demostraría que es perfectamente posible tener un consumo reducido en un 50% respecto a la media habitual un día laboral normal, es decir, supone la posibilidad de ahorro de una cantidad significativa de dinero.

3.3. Conclusiones al informe y propuestas

A continuación, se resumen las principales conclusiones que se han ido extrayendo a lo largo del análisis y las propuestas de mejora del consumo.

Durante el mes de julio se ha producido el consumo promedio más elevado de todos (ver apartado 3.2.10). Es un mes en el que la ocupación es menor de lo que es habitual y cuando se da el mayor número de horas de luz solar. También en este mes se han producido los mayores picos diarios de consumo (apartado 3.2.11), por lo que es un mes en donde hay un amplio margen de mejora en cuanto a ahorro de consumo de energía eléctrica para iluminación se refiere.

Durante el mes de agosto, cuando la ocupación se redujo casi a la mitad por vacaciones, el consumo no se redujo en la misma proporción. De hecho, no es el menor consumo medio de un mes de los aquí analizados. Por lo tanto, es otro mes en el que hay mucho margen de mejora. La causa de este comportamiento del consumo en los meses de verano se debe, probablemente, a la utilización de los estores por parte de los empleados para protegerse del sol.

El descenso de consumo durante los fines de semana está lejos de alcanzar el nivel de descenso que se da en la ocupación.

Lo mismo ocurre los días festivos, en los que la ocupación media desciende considerablemente con respecto a los días laborales, pero el consumo de la iluminación lo hace en proporciones mucho menores.

Durante el análisis han aparecido días laborales de consumo bajo. El caso más representativo, el martes 31 de octubre, comentado en el apartado 3.2.11, que sirve de ejemplo de que se pueden conseguir consumos diarios más bajos que los que ocurren de manera habitual, y que, por tanto, existe una amplia posibilidad de ahorro energético y económico también en los días normales.

Por ello, se propone conseguir durante los días laborales un consumo similar al de este día. Para hacer efectiva esta reducción de consumo, habría que empezar por el uso de los estores. La empresa desembolsó una sustancial cantidad económica durante la construcción del edificio para dotarlo de, entre otras, medidas contra la iluminación directa del sol, como los miles de lamas prefabricadas que se sitúan en la fachada del edificio. Hay que revisar este sistema y, una vez funcione correctamente, dirimir la necesidad de el uso de los estores.

Otra propuesta que desde aquí se quiere hacer es reducir el número de escenas del sistema de control, así como la cantidad de potencia de las escenas de reposo, y el tiempo que ha de transcurrir sin que se detecte actividad para que las luminarias entren en reposo. De esta manera, se conseguiría un sistema de control aun más eficiente con un ahorro energético mayor.

Finalmente, se propone crear programas específicos en el sistema de control para días de vacaciones, festivos y fines de semana, que se ajusten a la realidad de ocupación y de uso de los distintos espacios del edificio.

3.4. Informe iluminación parking

A la hora de hacer el análisis, no se detectó ninguna anomalía en el consumo en cuanto a máximos y mínimos. Como veremos en el informe a continuación, la iluminación del parking es mucho más consistente y cuenta con menos fluctuaciones que la iluminación del edificio. Dado que los datos de consumos máximos y mínimos son muy parecidos a los consumos promedios, no aportan información relevante para este estudio. De este modo, para no sobrecargar el proyecto, en el informe de iluminación del parking no se muestran las tablas con los datos de los consumos máximos y mínimos.

3.4.1. Julio 2017

3.4.1.1. Comparativa días de la semana

3.4.1.1.i) Promedio de consumo:

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	4442,98	5817
Martes	4531,69	6426
Miércoles	4585,99	6427
Jueves	4555,48	6417
Viernes	4560,02	5667
Sábado	3382,68	169
Domingo	3316,71	102
Total general	4149,82	4200

Se observa que, en el caso de la electricidad consumida en iluminación para el parking, los consumos medios de los días de la semana son más consistentes que en el caso de la iluminación del edificio. Vemos un consumo de en torno a 4.500 kWh durante los días de entre semana, mientras que en los días de fin de semana el consumo se sitúa en torno a unos 3.330 kWh, siendo ligeramente superior el sábado al domingo, ya que la ocupación media del sábado es también ligeramente superior a la del domingo durante el mes de julio.

Por tanto, el consumo en julio se sitúa en unos valores razonables, sin ningún dato anómalo o extraño.

3.4.1.2. Comparativa tipos de día

3.4.1.2.i) Promedio de consumo

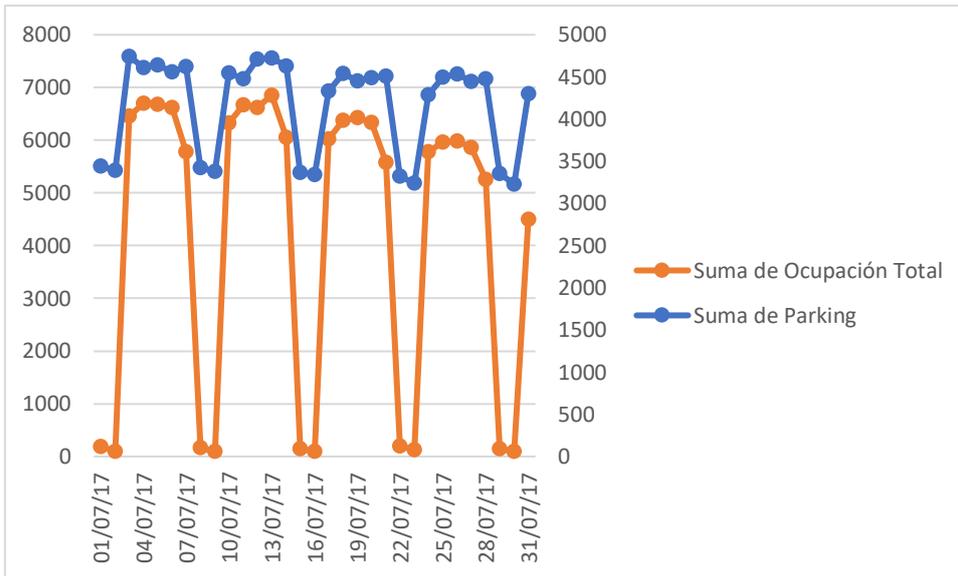
Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	3349,70	135
Laboral	4530,84	6135
Total general	4149,82	4200

En esta tabla se puede comprobar que, con respecto al consumo de energía eléctrica empleada para la iluminación del edificio, la empleada para iluminar el parking es inferior durante los días laborales, mientras que el que se produce durante los fines de semana es similar en ambos casos.

La reducción del consumo entre días laborales y fines de semana es de unos 1.200 kWh, por lo que se comprueba que, en el caso del parking, la reducción en la ocupación del edificio apenas afecta al consumo para iluminación, es decir, la dependencia entre ambos será mucho menor en el caso del parking.

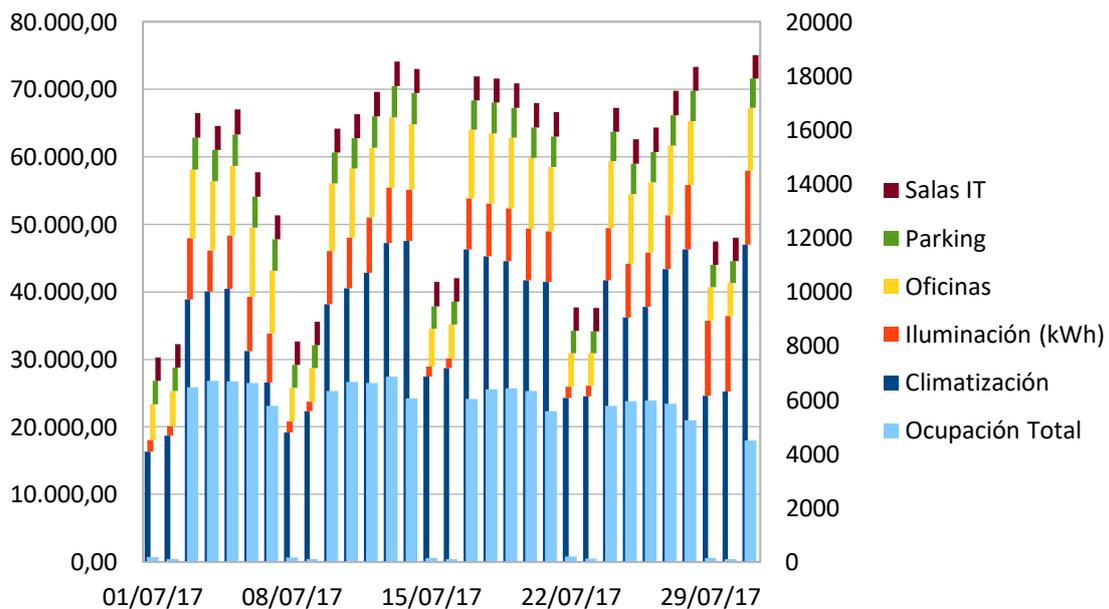
3.4.1.3. Comparativa gráfica

3.4.1.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio

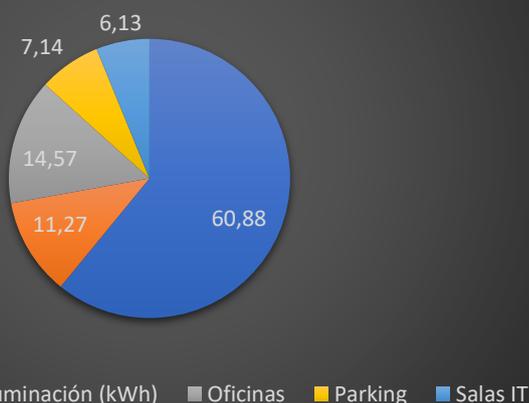


Confirmamos que, como habíamos comentado antes, la dependencia del consumo para iluminación con respecto a la ocupación del edificio es mucho menor. No podemos llegar a decir que son variables independientes, como en el caso de la temperatura, ya que al mirar el gráfico se aprecia que existe una relación entre ambos, al menos en la forma de las curvas, pero con una fuerza mucho menor.

3.4.1.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Porcentajes de consumo sobre el total



En el caso de la iluminación para el parking, durante el mes de junio, se corresponde con un 7,14% del total del consumo eléctrico del edificio.

3.4.2. Agosto 2017

3.4.2.1. Comparativa días de la semana

3.4.2.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	3964,67	3360
Martes	3948,44	3388
Miércoles	3957,72	3883
Jueves	4177,88	3910
Viernes	4198,36	3330
Sábado	2765,90	160
Domingo	2703,65	93
Total general	3708,08	2699

La ocupación se reduce a la mitad en el caso del mes de agosto. Como ya hemos visto en el apartado 3.2, aunque el consumo sí que está relacionado con la ocupación del edificio, esta relación es muy débil. Es por ello por lo que el consumo baja con respecto al mes anterior, aunque en una medida mucho menor en la que lo hace la ocupación.

3.4.2.2. Comparativa tipos de día

3.4.2.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3355,30	423
Fin de semana	2734,77	126
Laboral	4078,04	3738
Total general	3708,08	2699

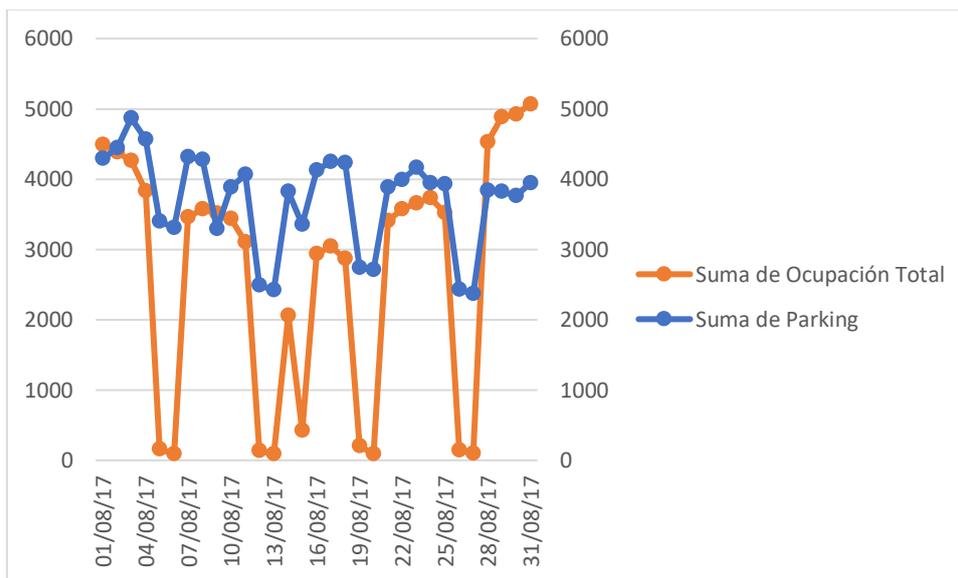
En esta tabla comprobamos lo descrito en el párrafo anterior. Cabe destacar también que, al igual que ocurría con la iluminación del edificio, en los días festivos tiene

da lugar una reducción considerable de la ocupación del complejo, sin embargo, esta reducción en la población se ve plasmada en el consumo en una reducción mucho menor. Dado que ya hemos visto que, en el caso del parking, la reducción de la ocupación no afecta tanto al consumo de iluminación, era de esperar que esto ocurriera. No obstante, al ser un fenómeno que se da también en la iluminación del edificio, es algo que puede mejorarse.

En el caso de este mes de agosto en concreto, la población media del complejo se reduce en un factor de 8,8 de los días laborales a los días festivos, mientras que en cuanto al consumo esta reducción se da en un factor de simplemente de 1,2.

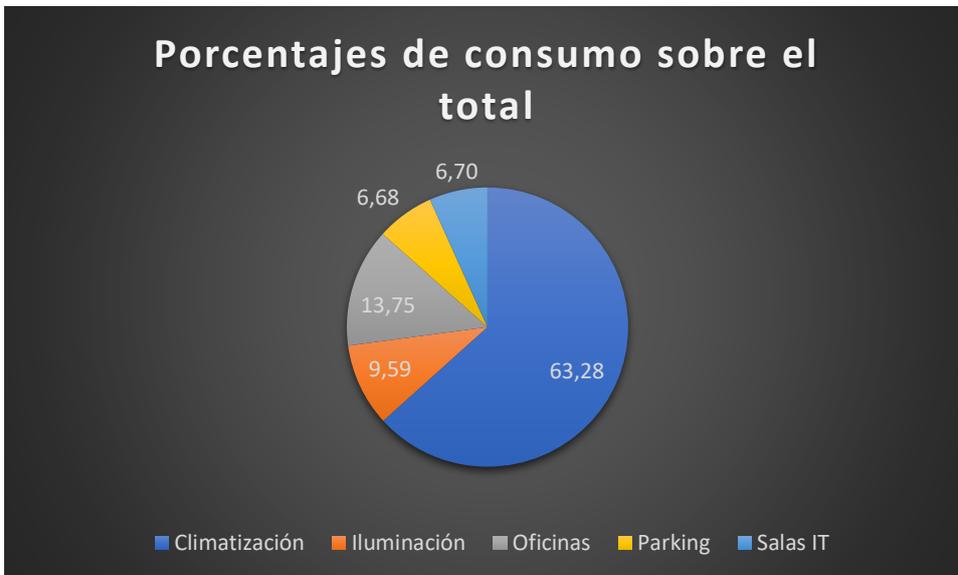
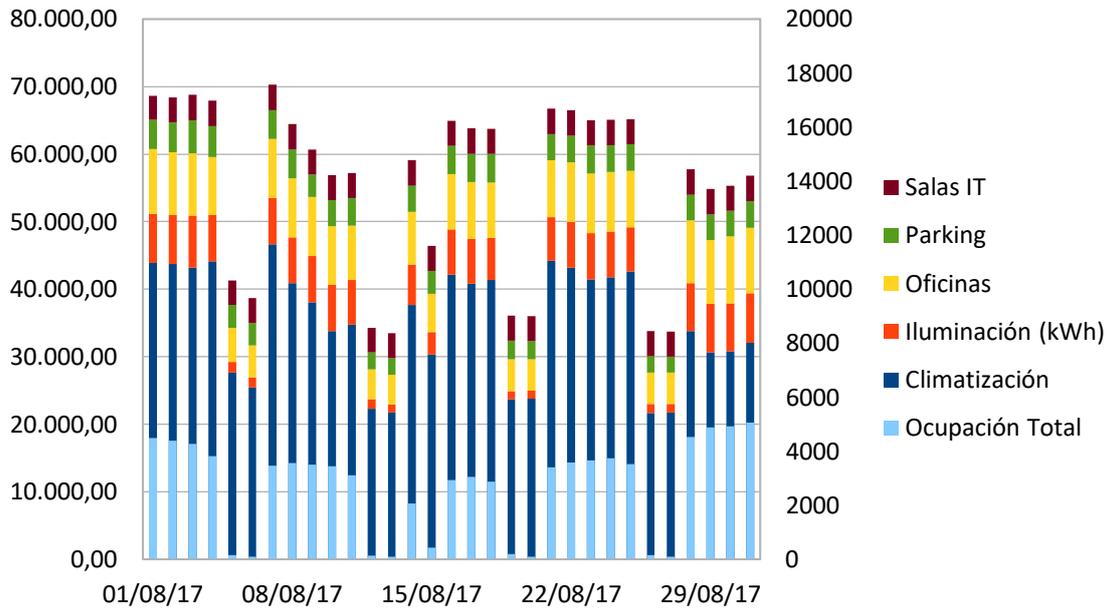
3.4.2.3. Comparativa gráfica

3.4.2.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



Vemos, de nuevo, la débil dependencia existente entre ocupación total y consumo de energía eléctrica para la iluminación del parking.

3.4.2.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



En el mes de agosto, el porcentaje sobre el total que representa el consumo de iluminación del parking baja, y se sitúa en un 6,68% sobre el total.

3.4.3. Septiembre 2017

3.4.3.1. Comparativa días de la semana

3.4.3.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	3662,23	6676
Martes	3621,83	6844
Miércoles	3619,58	6938
Jueves	3564,69	6801
Viernes	3583,45	6022
Sábado	2348,44	172
Domingo	2465,92	112
Total general	3246,55	4682

En esta ocasión, ya en pleno mes de septiembre, con las vacaciones ya finalizadas, la ocupación vuelve a recuperar los niveles del mes de julio. No obstante, la media total de energía eléctrica consumida en la iluminación del parking es casi 1.000 kWh inferior a la del mes de julio. Es más, es 500 kWh inferior a la media de consumo del mes de agosto, mes en el que la ocupación es casi la mitad que durante el mes de septiembre.

Este mismo escenario se ha observado en el informe acerca del consumo de iluminación del edificio.

3.4.3.2. Comparativa tipos de día

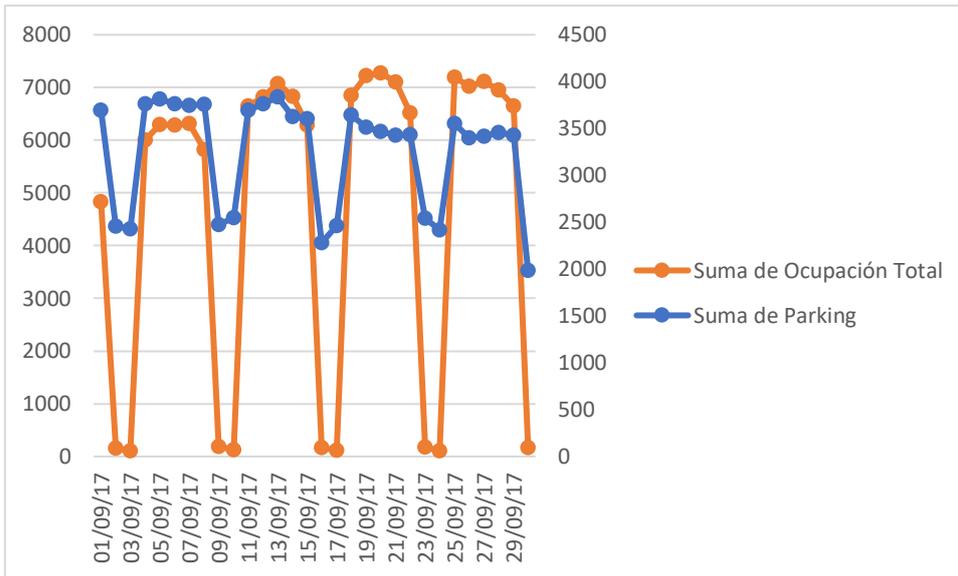
3.4.3.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	2400,65	145
Laboral	3609,07	6626
Total general	3246,55	4682

Comprobación de lo comentado el anterior párrafo: consumos menores que en el mes de julio, tanto durante los días laborales, como en fin de semana. Esto nos lleva a sacar la misma conclusión que se sacó en el análisis de la iluminación del edificio: se puede obtener una mejora significativa del consumo en términos de ahorro energético y económico durante los meses de verano.

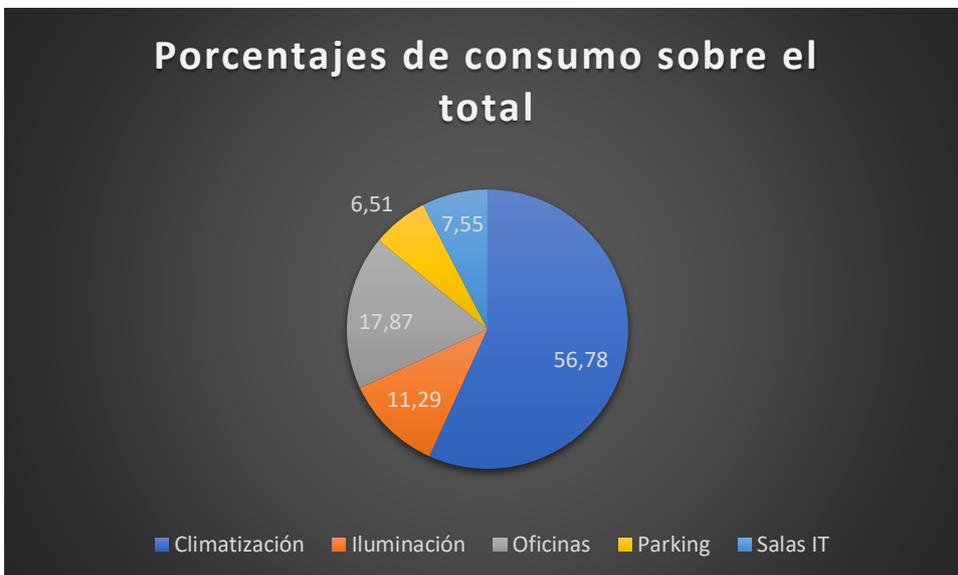
3.4.3.3. Comparativa gráfica

3.4.3.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



Gráficamente, de nuevo, comprobamos que sigue en la misma línea de los dos meses anteriores.

3.4.3.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Como era de esperar debido a la reducción en el consumo con respecto a los dos meses anteriores, el porcentaje sobre el consumo total del edificio vuelve a bajar, incluso con respecto al mes de agosto, situándose en un 6,51% del total.

3.4.4. Octubre 2017

3.4.4.1. Comparativa días de la semana

3.4.4.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	3881,56	7030
Martes	3918,33	7150
Miércoles	3877,78	7175
Jueves	3718,87	5672
Viernes	3915,43	5983
Sábado	2426,42	187
Domingo	2293,45	115
Total general	3426,47	4759

En el mes de octubre, vemos que la ocupación media aumenta ligeramente con respecto al mes de septiembre, al igual que ocurre con el consumo. Cabe destacar también que la ocupación se reduce ligeramente los jueves y viernes, no siendo así en el consumo.

3.4.4.2. Comparativa tipos de día

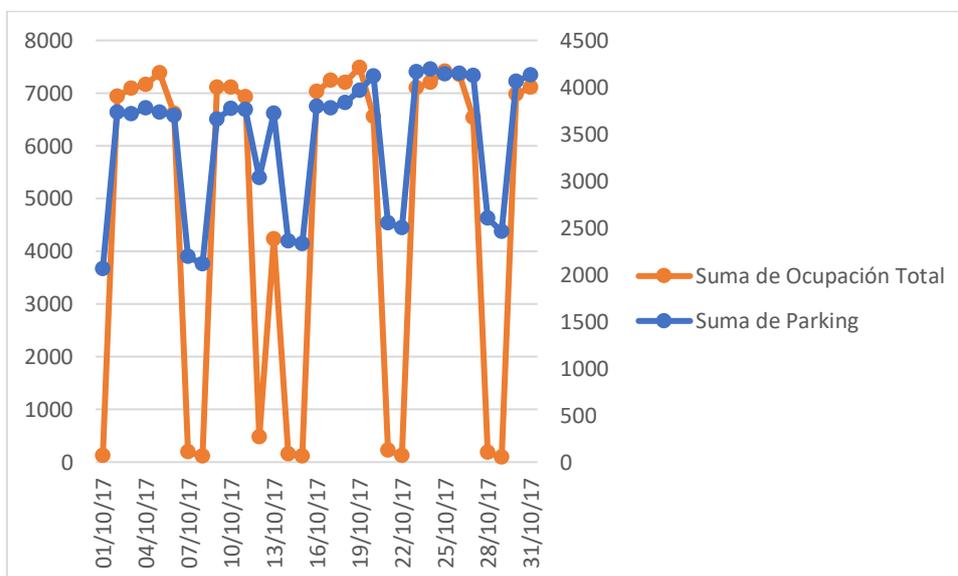
3.4.4.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3032,02	473
Fin de semana	2352,55	147
Laboral	3905,51	6941
Total general	3426,47	4759

Gracias a esta tabla apreciamos con claridad que vuelve a ocurrir lo ya mencionado previamente con los días festivos. La ocupación se reduce significativamente (en un factor de 14,7), mientras que el consumo sólo experimenta una reducción con un factor de 1,3. Esto es, aún peor que en el caso de agosto. Queda claro pues, que los días festivos son un punto donde existe una gran oportunidad de ahorro, tanto en la iluminación del edificio como en la del parking.

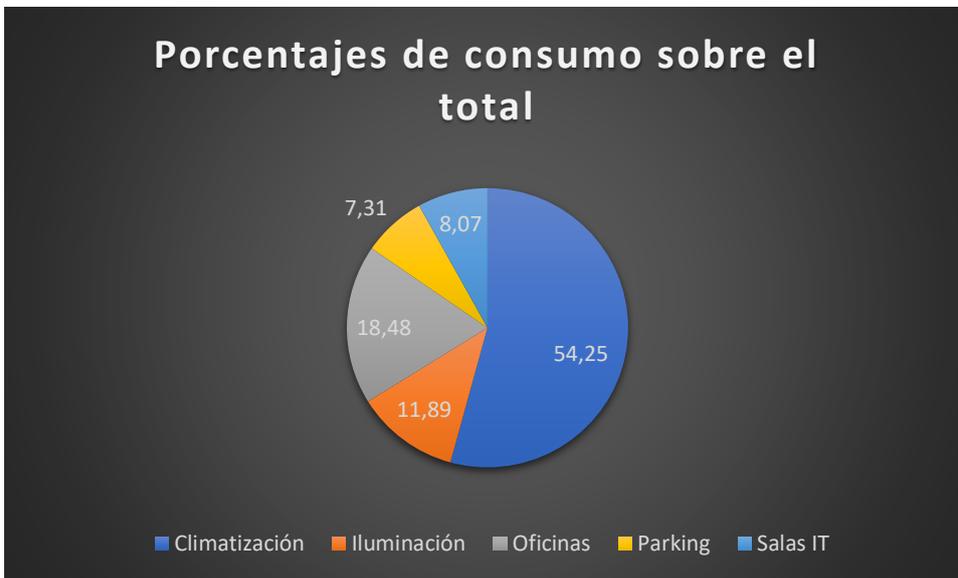
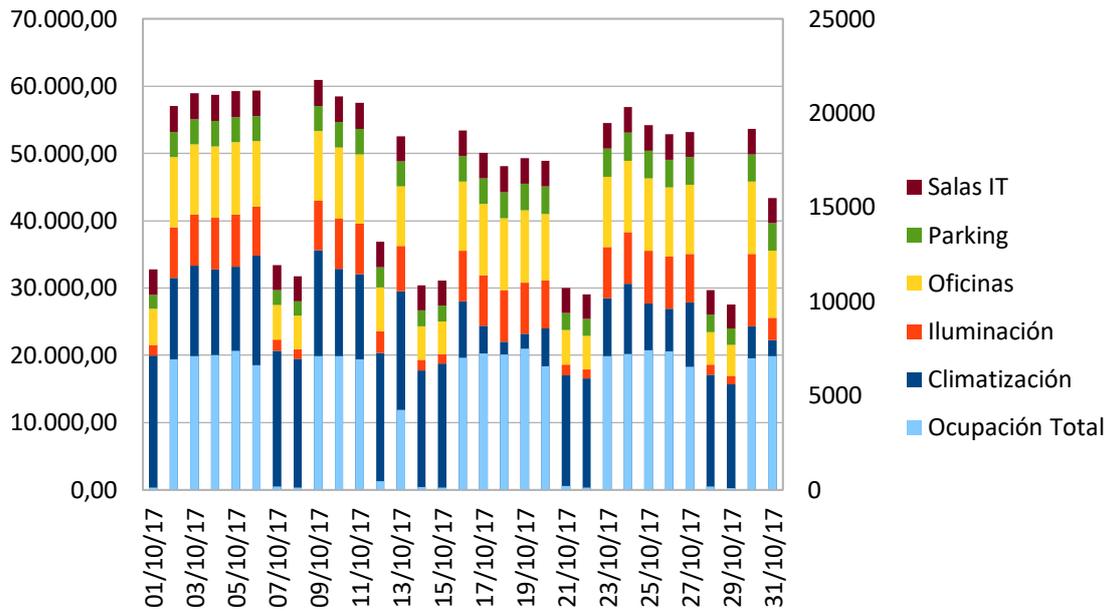
3.4.4.3. Comparativa gráfica

3.4.4.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio



En la misma línea que los meses anteriores.

3.4.4.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



El mes de octubre sube el porcentaje sobre el total de consumo, y se sitúa en un 7,31%.

3.4.5. Noviembre 2017

3.4.5.1. Comparativa días de la semana

3.4.5.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	3682,62	7036
Martes	3688,98	7176
Miércoles	3545,25	5831
Jueves	3506,43	5860
Viernes	3566,41	6153
Sábado	2412,02	240
Domingo	2125,00	152
Total general	3238,62	4716

Durante el mes de noviembre la ocupación se mantiene similar al mes anterior, aunque los consumos en este caso bajan, situándose alrededor del mismo valor que durante el mes de septiembre. Esto confirma la tendencia que existía después de las vacaciones de verano, en la que el consumo en estos meses es notablemente inferior al de los meses de verano.

3.4.5.2. Comparativa tipos de día

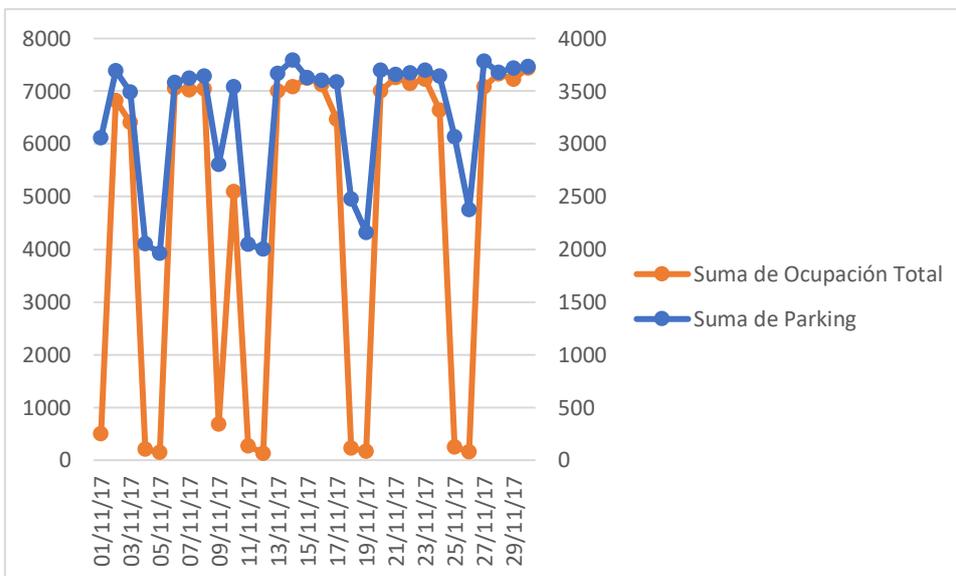
3.4.5.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Festivo	2931,01	592
Fin de semana	2268,51	196
Laboral	3657,42	6937
Total general	3238,62	4716

Nos encontramos con la misma situación en los días festivos que en los meses anteriores. En este mes en concreto, la ocupación se reduce de días laborales a festivos en un factor de 11,7 mientras que el consumo tan solo se reduce con un factor de 1,25.

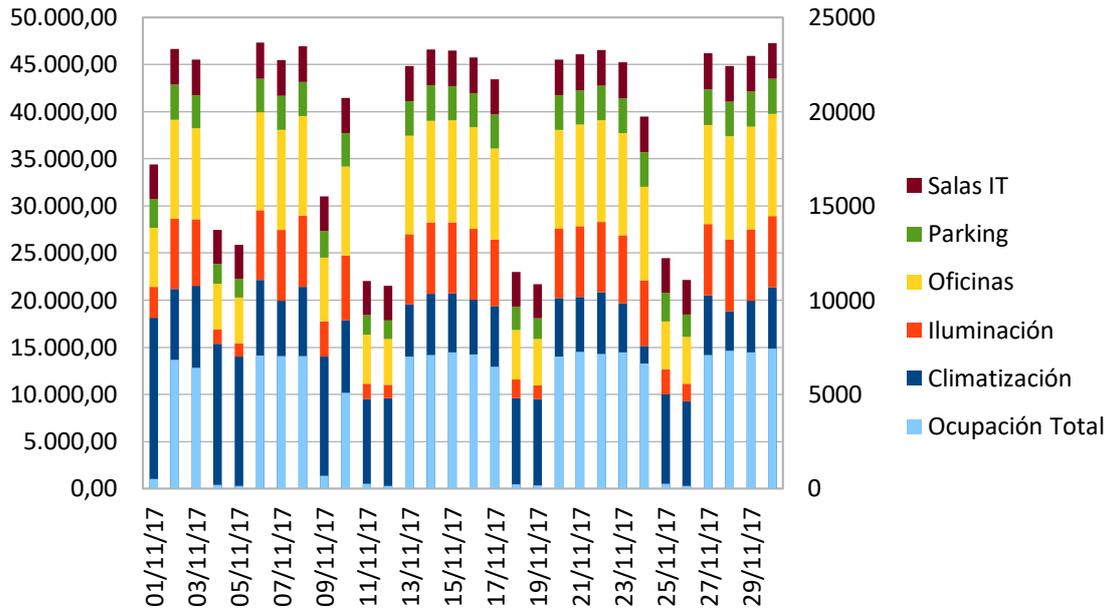
3.4.5.3. Comparativa gráfica

3.4.5.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio

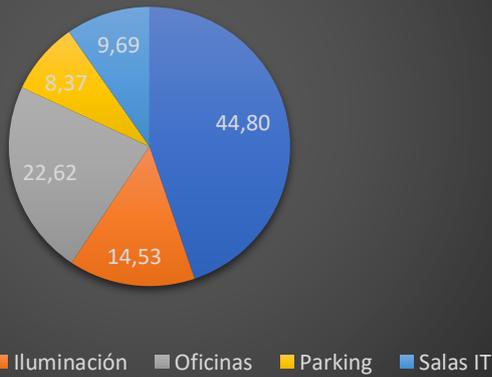


Sigue en la línea de los meses anteriores.

3.4.5.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



Porcentajes de consumo sobre el total



Continúa subiendo, y este mes la iluminación del parking representa un 8,37% del total del consumo.

3.4.6. Diciembre 2017 (del 1 al 24)

Al igual que se hiciera en el caso del informe sobre la iluminación del edificio, y con el objeto de obtener unas conclusiones más adecuadas a la realidad para los meses de diciembre y enero, el análisis se ha efectuado dividiendo ambos meses entre los días normales y los que pertenecen a las vacaciones de Navidad.

3.4.6.1. Comparativa días de la semana

3.4.6.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	3840,33	6725
Martes	4040,74	6896
Miércoles	3703,19	4959
Jueves	3845,77	5768
Viernes	3628,57	4686
Sábado	2455,11	225
Domingo	2282,99	134
Total general	3323,19	3884

Los valores son similares a los de los meses anteriores. La presencia de días festivos rebaja la ocupación, pero como hemos visto a lo largo de este informe, la bajada de ocupación en los días festivos no supone apenas una reducción significativa en el consumo, por eso no se aprecia ninguna en el mes de diciembre con respecto a los meses anteriores.

3.4.6.2. Comparativa tipos de día

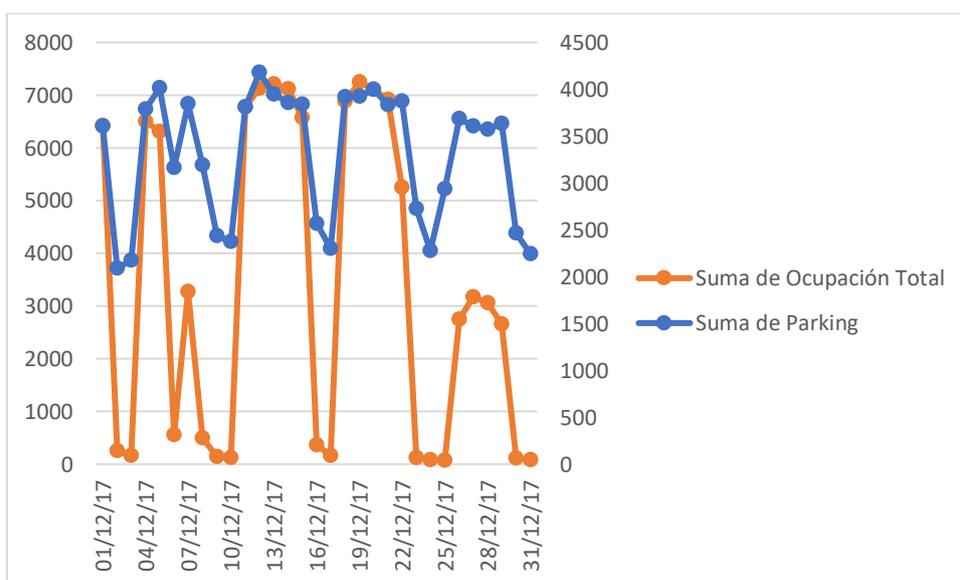
3.4.6.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Festivo	3178,06	528
Fin de semana	2369,05	179
Laboral	3889,16	6481
Total general	3323,19	3884

Como ya hemos comentado, ocurre lo mismo que viene ocurriendo con los días festivos. El consumo se reduce, pero se encuentra lejos de hacerlo en la misma medida que la ocupación.

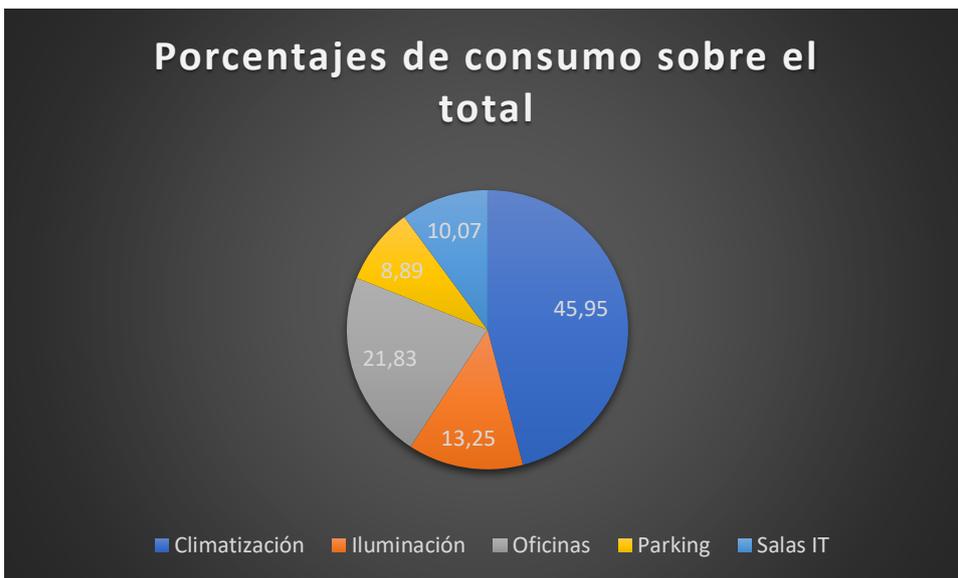
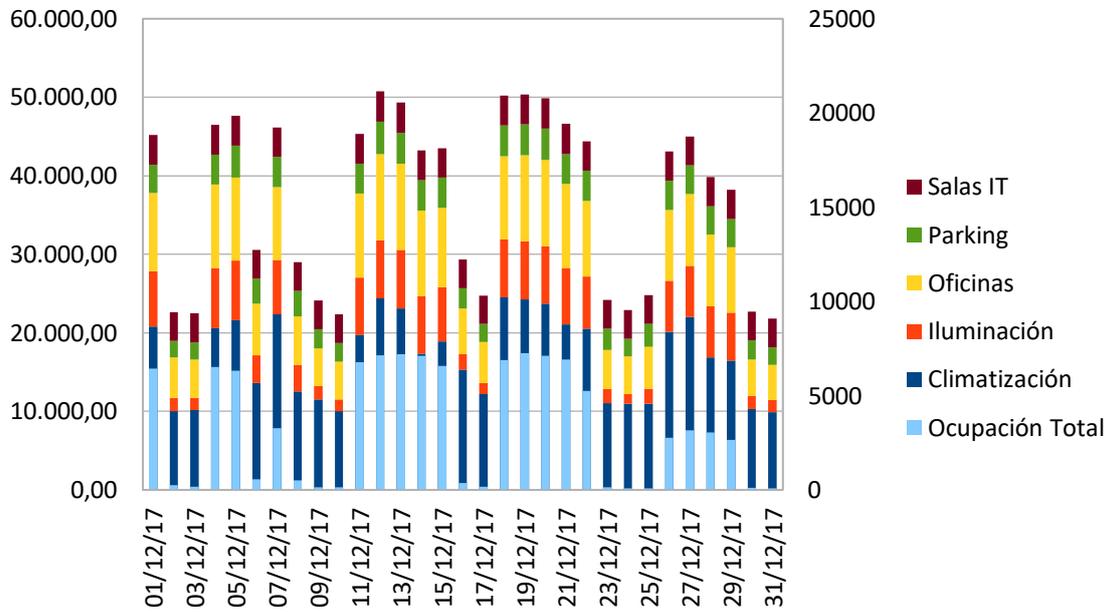
3.4.6.3. Comparativa gráfica

3.4.6.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio (todo el mes)



En la misma línea que los meses anteriores. Durante las vacaciones de Navidad se aprecia el descenso en la ocupación, pero el consumo es similar al del resto de días laborales del mes.

3.4.6.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio



En este caso, ha subido ligeramente con respecto al mes anterior, ahora supone un 8,89% del total.

3.4.7. Diciembre 2017 (del 25 al 31)

Etiquetas de fila	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Festivo	2935,85	77
Fin de semana	2358,07	95
Laboral	3626,01	2909
Total general	3165,15	1700

Al igual que se aprecia en la gráfica del apartado anterior, aquí se ve como aunque la ocupación desciende considerablemente con respecto a su valor habitual fuera de vacaciones, los consumos se mantienen en los valores típicos de un periodo fuera de vacaciones.

3.4.8. Enero 2018 (del 1 al 6)

Etiquetas de fila ▼	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Festivo	2667,22	75
Fin de semana	2036,86	91
Laboral	3402,44	3397
Total general	3052,31	2292

Ocurre lo mismo durante este periodo de las vacaciones.

3.4.9. Enero 2018 (del 7 al 31)

3.4.9.1. Comparativa días de la semana

3.4.9.1.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▼	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Lunes	3552,18	6946
Martes	3565,94	7187
Miércoles	3524,35	7362
Jueves	3562,11	7424
Viernes	3521,29	6701
Sábado	2334,05	211
Domingo	2071,76	159
Total general	3164,37	5185

De nuevo, vuelta a los valores habituales ya fuera de vacaciones. La ocupación es ligeramente superior a la habitual, y el consumo ligeramente inferior, por lo que puede ser considerado un buen mes en términos de relación consumo-ocupación, pero las diferencias no son lo bastante grandes como para resultar significativas.

3.4.9.2. Comparativa tipos de día

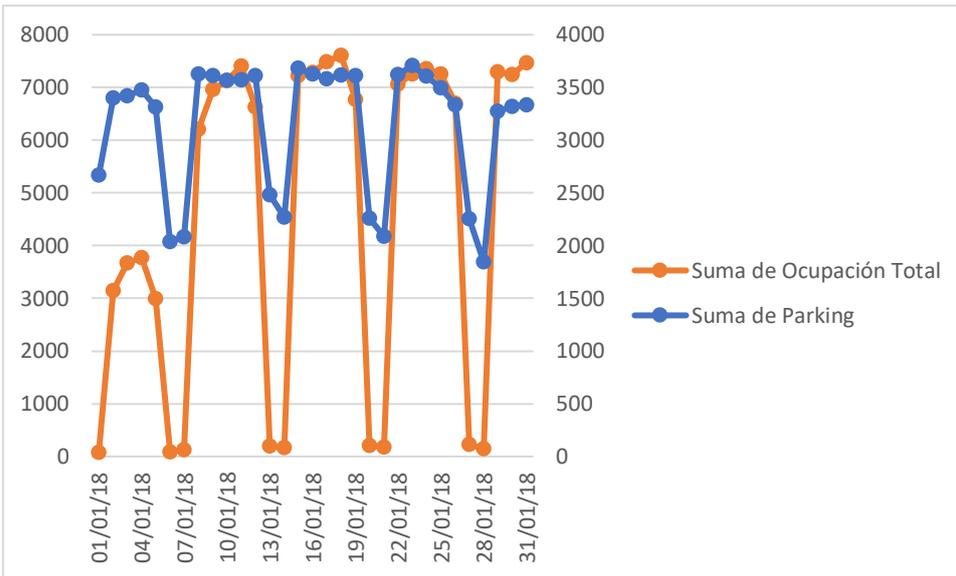
3.4.9.2.i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▼	Promedio de Parking	Promedio de Ocupación Total
Fin de semana	2184,17	181
Laboral	3545,56	7131
Total general	3164,37	5185

En la misma línea que lo ya citado.

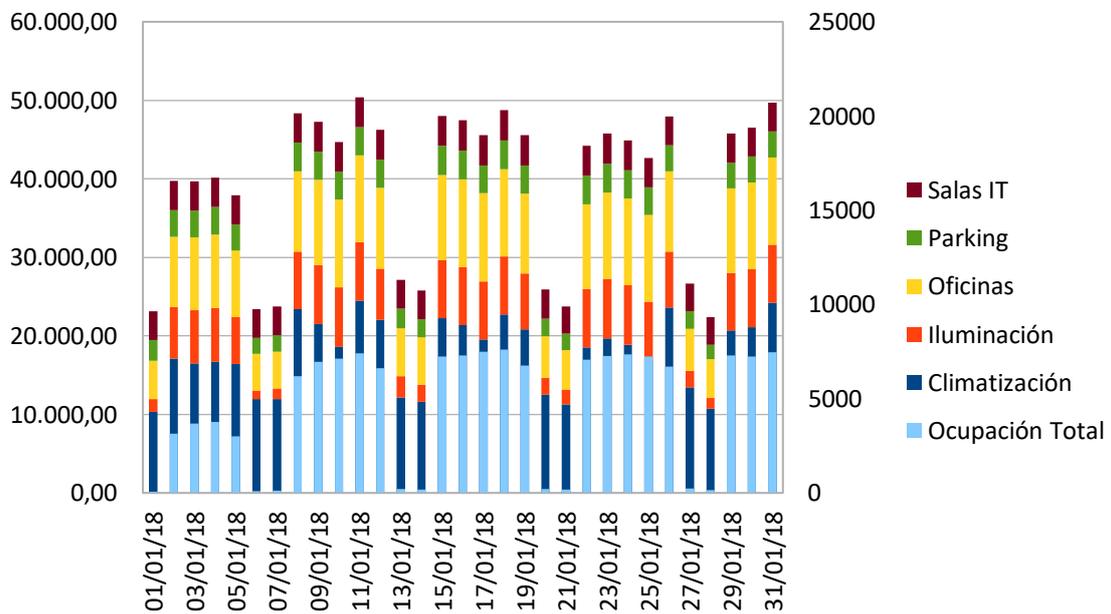
3.4.9.3. Comparativa gráfica

3.4.9.3.i) Consumo de iluminación – ocupación del edificio (todo el mes)



En la misma línea que todos los meses, sin anomalías reseñables.

3.4.9.3.ii) Datos del consumo de iluminación con respecto al total del edificio





El porcentaje este último mes analizado se sitúa en el 7,99% sobre el total de energía consumida en el edificio.

3.4.10. Comparativa entre meses

Esta comparativa establecida entre los distintos meses analizados en este informe pretende arrojar una vista global sobre el consumo medio de cada mes, analizando también la ocupación media registrada ese mes y las horas de luz medias de cada mes.

Mes	Consumo (kWh)	Ocupación
Julio 2017	4149,82	4200
Agosto 2017	3708,08	2699
Septiembre 2017	3246,55	4682
Octubre 2017	3426,47	4759
Noviembre 2017	3238,62	4716
Diciembre 2017	3323,19	3884
Enero 2018	3164,37	5185

Esta tabla permite apreciar con claridad la tendencia descendente que ha presentado el consumo de energía eléctrica para la iluminación del parking durante los meses que aquí se han estudiado. Es importante reseñar que no puede ser que, en los dos meses de verano aquí analizados, donde la ocupación es la menor de todas salvo diciembre, presenten los mayores consumos medios de todo el estudio.

3.5. Conclusiones al informe y propuestas

La primera conclusión que se ha obtenido en claro al estudiar el consumo de iluminación del parking es la más débil dependencia que existe entre consumo y ocupación. Si a la hora de analizar el consumo de la iluminación del edificio veíamos la

fuerte dependencia entre ambos factores, aquí hemos comprobado que, aunque la gráfica de ocupación modifica la del consumo, lo hace con una fuerza mucho menor.

Otra situación que se produce y que llama poderosamente la atención es lo que ocurre con los días festivos. Al igual que con la iluminación del edificio, el consumo durante los días festivos apenas se reduce en comparación con lo que se reduce la ocupación con respecto a los días laborales normales. Esto supone que exista un gran margen de mejora en los días festivos.

De nuevo, al igual que ocurriera con la iluminación del edificio, en los meses de verano se consume más que en el resto de los meses. En el caso de la iluminación del edificio, la situación era mucho más llamativa, ya que en un primer momento se puede esperar que la luz natural del sol provea una iluminación natural que haga que se reduzca el consumo, cosa que es imposible para iluminación del parking por ser éste subterráneo. No obstante, la ocupación del complejo durante los meses del verano es inferior a la del resto de los meses, por lo que sigue siendo un punto que mejorar.

Esta situación se da de manera más o menos parecida durante las vacaciones de Navidad. La ocupación del edificio decae, pero el consumo se mantiene en niveles de días laborales normales, por lo que conviene prestar atención a estas fechas de cara al futuro para intentar adecuar el consumo de energía eléctrica a la realidad de la ocupación del edificio.

Un mes que llama la atención es el mes de enero (sin contar fechas de Navidad). Es el mes con la ocupación media más alta de todos lo que en este proyecto se han analizado, y, sin embargo, presenta el consumo más bajo de todos. Es una muestra de que es posible tener un consumo reducido, por lo que se presenta como una oportunidad de ahorrar en todos los meses.

Para alcanzar la reducción del consumo se propone, en primer lugar, modificar las escenas existentes en el sistema de control para conseguir una iluminación más económica. Estas modificaciones pueden ser, por ejemplo, reducir el tiempo necesario para que se pase a la escena de espera y a la del nivel reducido.

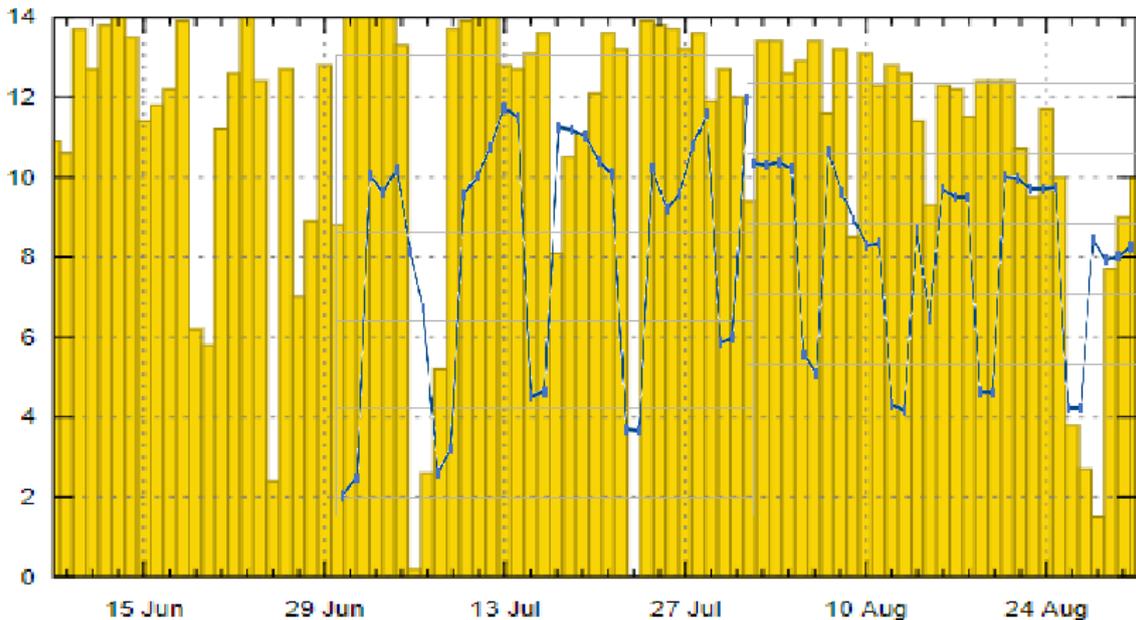
También se propone, del mismo modo que se hizo el apartado 3.3, crear programas específicos en el sistema de control para periodos de vacaciones, fines de semana y festivos. Esto días, dado que la ocupación es más reducida que de costumbre, se podría cerrar el acceso a distintas zonas del parking, que permanecerían apagadas todo el rato, con el objeto de concentrar los coches en una misma área y, de esta manera, aprovechar la bajada de ocupación.

3.6. Comparación consumo-tiempo atmosférico (WEBG05)

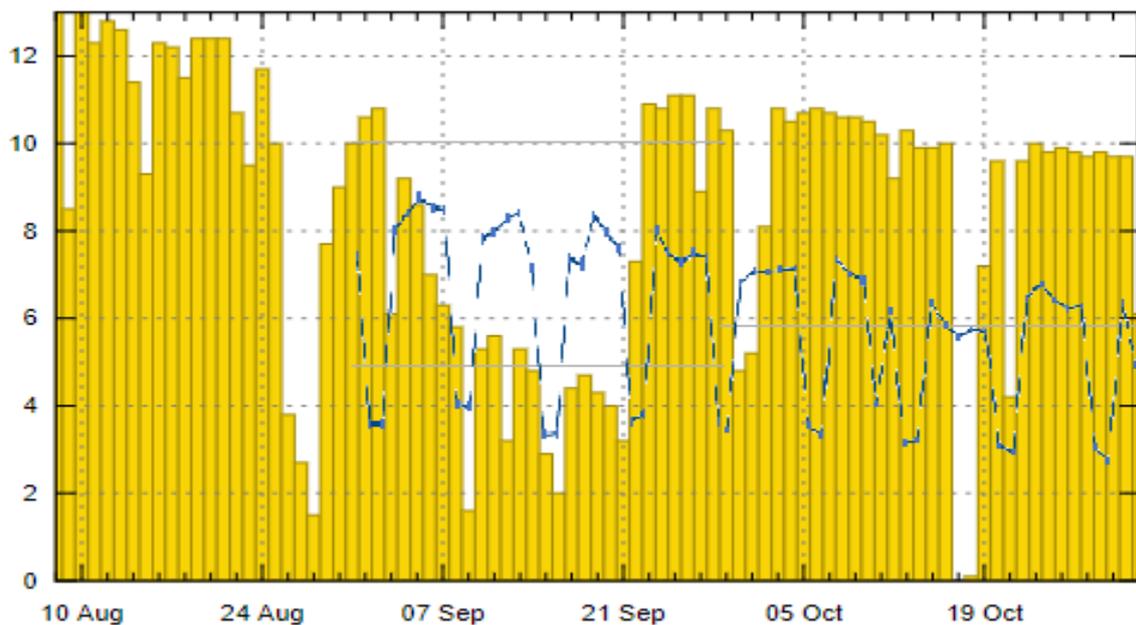
En este apartado vamos a comparar los datos de consumo de energía eléctrica para iluminación del edificio con los datos de horas de luz diarias durante los meses de julio hasta octubre. Finalizamos el análisis en octubre ya que es hasta donde los datos están disponibles.

El objetivo de este análisis es comprobar si existe una relación entre consumo eléctrico de iluminación del edificio y el número de horas de sol que se dan durante el día.

A continuación, se presenta una gráfica en la cual se presentan, en forma de barras verticales amarillas, las horas de sol correspondientes a cada día, durante los meses de julio y agosto, y el consumo eléctrico durante estos meses, en azul.



La siguiente gráfica representa lo mismo que la anterior, pero para los meses de septiembre y octubre.



De estas dos gráficas se desprende la conclusión de que el consumo de energía eléctrica para la iluminación del edificio es independiente de la cantidad de soleamiento que recibe el edificio en un día determinado. Se aprecia especialmente bien en la gráfica

de septiembre y octubre, en la que se ve como los picos de la gráfica del consumo no siguen el mismo patrón de cambio que los datos de horas de luz natural.

Se aprecia, sin embargo, en general un descenso continuado del consumo de energía eléctrica conforme se va reduciendo el número de horas de sol. Esto es lo que se viene comentando durante todo el capítulo 3, y pone de manifiesto que no están aprovechando los sistemas instalados para la difuminación de la luz al entrar al edificio.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Introducción general

A continuación, vamos a efectuar el análisis económico de los dos informes de consumo del capítulo anterior. Se llevarán a cabo dos análisis económicos distintos, uno para cada informe de consumo. En primer lugar, se van a analizar los datos de consumo de los distintos meses, traduciéndolos a coste económico, y después se dará una cuantía económica en términos de ahorro para las soluciones propuestas en cada informe.

La manera en la que se va a llevar a cabo este estudio económico es multiplicar cada kWh por 0,089 €, que es el precio al que la empresa paga la energía. Este dato ha sido facilitado por la empresa.

4.2. Análisis económico del consumo de energía eléctrica para la iluminación del edificio

A continuación, se presenta una tabla con los consumos y los costes de la iluminación del edificio reales de todos los meses estudiados en este proyecto.

Mes	Consumo promedio (kWh)	Consumo total (kWh)	Coste diario	Coste total
Julio	6.545,81	202.920,11	582,58 €	18.059,89 €
Agosto	5.325,17	165.080,27	473,94 €	14.692,14 €
Septiembre	5.632,79	168.983,70	501,32 €	15.039,55 €
Octubre	5.577,79	172.911,49	496,42 €	15.389,12 €
Noviembre	5.624,56	168.736,80	500,59 €	15.017,58 €
Diciembre	5.052,85	156.638,35	449,70 €	13.940,81 €
Enero	5.833,70	180.844,70	519,20 €	16.095,18 €

El coste total de la electricidad dedicada a iluminar el edificio durante de estos siete meses ha sido de 108.234 €. Vemos en la tabla que, tal y como se describió en el capítulo 3, julio es el mes en el que más dinero se ha desembolsado, y diciembre el mes más barato en términos de iluminación. No obstante, tal y como se señaló continuamente en aquel capítulo, existen multitud de oportunidades para reducir el consumo energético, y de esa manera ahorrar tanto energía como dinero.

Ahora, vamos a comentar algunas de las propuestas que se señalaron en el capítulo anterior con el objeto de ahorrar dinero.

4.2.1. Fines de semana

En primer lugar, una de las situaciones a la que más se hizo referencia es el descenso del consumo durante los fines de semana. En el mes de julio, por ejemplo, y sin tener en cuenta los picos anómalos ocurridos durante el último fin de semana del mes, recordamos que el factor de descenso de la ocupación del edificio es 45,44 mientras que el de descenso del consumo fue de 5,2.

Esta descompensación llama mucho la atención, y, aunque es cierto que mientras esté operativo el edificio debe mantener un consumo mínimo de iluminación, encontrar la manera de reducir más este consumo, supondría un ahorro significativo. Pongamos, por ejemplo, que, tomando las medidas oportunas para ello se consigue reducir a la mitad el consumo de fin de semana.

El consumo medio de los fines de semana se sitúa en torno a los 1.400 kWh diarios. Si se redujera la mitad, esto supondría, de media, un ahorro de 700 kWh cada día de fin de semana, lo cual supone un ahorro económico de 62,3 € cada día.

El estudio de este proyecto comprende 31 fines de semana en total, lo cual supone 62 días de fin de semana. En total, el ahorro económico que supondría esta medida, en un periodo de tiempo similar al que aquí se está estudiando, ascendería a 3.862,6 €. Esta cifra representa un 3,57% del total del gasto en iluminación del edificio durante esto 7 meses.

Es decir, si se consiguen poner en práctica las medidas necesarias para, efectivamente reducir el consumo de los días de fin de semana a la mitad, simplemente con este pequeño gesto ya se estaría ahorrando un 3,57% del gasto en iluminación del edificio.

4.2.2. Estimación de ahorro mensual

Vamos a ir más allá. Como se ha destacado en el apartado 3.3, el martes 31 de octubre se produjo un consumo significativamente bajo. Este consumo fue de 3.243,82 kWh, cuando la media de consumo de los días laborales está en torno a los 7.300 kWh.

Cabe destacar también que la ocupación del edificio el martes 31 de octubre fue superior a 7.000 personas, una de las más altas registradas en todo el periodo, lo que demuestra que es posible tener un consumo reducido los días laborales.

Pasando de nuevo a la estimación económica, digamos que somos capaces de reducir el consumo de los días laborales a unos 3.400 kWh, teniendo en consideración que siempre habrá algunos días con un consumo mayor. Esto supondría una reducción del consumo de 3.900 kWh de media, y, económicamente hablando, 347,1 € de ahorro diario durante los días laborales.

Haciendo una estimación, consideraremos un mes genérico en el cual existan 9 días de fin de semana, y 22 días laborales (ya que, de los siete meses analizados, cinco cuentan con 31 días, vamos a considerar este mes de 31 días). El ahorro durante este mes sería el que resulta de 22 días laborales, a 347,1 € ahorrados por día, más 9 días de fin de semana, que según hemos descrito previamente, supondrían un ahorro de 62,3 € al día.

El total resultante de este mes de ahorro económico viene dado por los 7.636,2 € de los días laborales más los 560,7 € que provienen de los fines de semana. Es decir, el ahorro total de este mes sería de 8.196,9 €.

Si ahora extrapolamos este análisis a un periodo de 7 meses como el que estamos analizando en este proyecto, el ahorro total arroja una cifra de 54.014,1 €. Le aplicamos un factor de corrección de 0,95 debido a las hipótesis que hemos ido asumiendo a lo largo del proceso, con el objetivo de obtener un dato más cercano a la realidad, y la cifra final que obtenemos es de 51.313,4 €.

Para poner este dato en una perspectiva global, lo comparamos con el total gastado durante este periodo en iluminar el edificio, que es de 108.234,27 €. Por lo que este ahorro del que estamos hablando supondría un 47,41%.

Esto supondría reducir casi a la mitad la energía consumida en iluminación para el edificio, simplemente con adecuar el consumo de los días laborales al consumo más bajo registrado durante los meses estudiados, y reduciendo a la mitad el consumo de los fines de semana para adecuarlo más a la bajada de ocupación del edificio.

4.2.3. Días festivos

Otro de los puntos en los que existía un gran margen de mejora eran los días festivos, en los que los factores de reducción de consumo y de reducción en la ocupación del edificio se encuentran aún más distantes que en el caso de los fines de semana.

Hay 8 días festivos presentes en los 7 meses cuyos datos han sido analizados. El consumo medio de estos días es de unos 3.400 kWh, mientras que la ocupación media del edificio se sitúa en unas 500 personas. Vamos a considerar, como ya hemos hecho en el caso de los fines de semana, que el consumo durante estos días festivos se consigue reducir a la mitad. Estaríamos hablando de considerar un consumo promedio de 1.700 kWh para estos días.

Este ahorro energético supondría 151,3 € de ahorro económico por día, lo cual arroja un total de 1.210,4 € ahorrados en tan sólo 8 días festivos.

4.2.4. Meses de verano

Hemos comentado ya el ahorro que supondría reducir el consumo diario para adecuarlo al mínimo registrado, teniendo en cuenta que todos los meses se comportan de igual manera. Pero no se han tenido en cuenta las características especiales de los dos meses de verano aquí estudiados: julio y agosto.

Vamos a repasar brevemente los datos de consumo y ocupación de estos dos meses. En primer lugar, julio presentó un consumo de 6.545,81 kWh, con una ocupación diaria media de 4.200 personas. El consumo es, con cierta diferencia el más alto registrado en estos 7 meses, y la ocupación, una de las más bajas. Por otro lado, el consumo registrado en el mes de agosto es de 5.325,17 kWh, no siendo el más bajo de los 7, para una ocupación diaria media de 2.699 personas, esta vez, sí que es la menor ocupación registrada durante los 7 meses. Cabe destacar, además, que julio cuenta con, de media, 14 horas diarias de plena luz natural, y agosto con 13, los dos meses con mayor número de horas de luz de los que aquí se analizan.

Vamos a aplicar ahora al mes de julio la misma medida de ahorro energético que hemos aplicado en el análisis económico general, es decir, considerar un consumo diario medio de 3.400 kWh en el caso de los días laborales, y un consumo de 700 kWh los fines de semana. Teniendo en cuenta que el consumo mínimo se produjo con una ocupación de más de 7.000 personas, que la ocupación media del mes es significativamente menor que ese número, y que el número de horas de luz es significativamente superior, es un hito perfectamente alcanzable durante el mes de julio. La media de consumo de los días laborales fue 8.012,18 kWh, y la de los fines de semana 3.466,44 kWh, muy elevada debido a los consumos descomunales que se produjeron a final de mes.

Energéticamente hablando, esta estimación supone un ahorro de 4.612,18 kWh por cada día laboral, y de 2.766,44 kWh por cada día de fin de semana. Julio de 2017 contó con 10 días de fin de semana y 21 días laborales, sin días festivos. Por lo tanto, el ahorro económico total que podría haberse dado durante este mes es de 8.620,16 € por parte de los días laborales, y 2.462,13 € por parte de los días festivos, es decir, 11.082,29 € ahorrados en total durante el mes de julio. Comparando esta cantidad con los 8.196,9 € mensuales ahorrados que nos salían para el mes genérico, vemos que en julio se han gastado casi 3.000 € de más en iluminación para el edificio que en el resto de los meses.

Centrándonos ahora en agosto, y teniendo en cuenta la bajada en la ocupación del edificio y las horas de luz de las que disfruta, podríamos considerar un consumo de 2.500 kWh de promedio diario para los días laborales, y, de nuevo, de 700 kWh para los fines de semana, ya que la población del edificio es similar a la del resto de fines de semana de los otros meses. El consumo diario medio en agosto de los días laborales fue de 6.867,36 kWh y el de los fines de semana de 1.332,05 kWh.

En términos de ahorro energético, esto supone 4.367,36 kWh diarios en caso de días laborales y de 632,05 kWh en el de los fines de semana. Agosto contó con 8 días de fin de semana, 22 días laborales, y un día festivo, cuya estimación económica se ha llevado a cabo en el apartado 4.2.3, y arrojó un ahorro de 151,3 € cada día. Por tanto, el ahorro económico con el que nos encontramos durante el mes de agosto es de 8.551,29 € provenientes de los días laborales, 450,02 € de los fines de semana, y los 151,3 € del día festivo. Lo cual supone un total de 9.152,61 € ahorrados durante el mes de agosto, es decir, mil euros más que en el caso de ahorro de un mes normal.

4.2.5. Vacaciones de Navidad

Las vacaciones de Navidad son un periodo en el que ocurre un fenómeno similar al que se acaba de describir en los meses de verano, la población del edificio se reduce significativamente, pero el consumo no se reduce en la misma medida. Sin embargo, al ser tan solo 14 días de vacaciones, la cuantía del ahorro será menor que en el caso de los dos meses de verano.

El consumo medio diario durante este periodo ha sido de 6.400 kWh en el caso de días laborales, y de 1.400 kWh en el caso de fin de semana y festivos. Dado que la ocupación media durante este periodo es similar a los datos del mes de agosto, al igual que se ha hecho con ese mes, vamos a considerar un objetivo de consumo de 2.500 kWh en el caso de días laborales y de 700 kWh para los fines de semana y festivos, que para este periodo analizaremos conjuntamente por ser similares sus características de consumo y ocupación.

Esto supondría un ahorro energético diario de 3.900 kWh en el caso de días laborales, y de 700 kWh para los días festivos y de fin de semana. El periodo que se está analizando en este apartado cuenta con 6 días de fin de semana y festivos y 8 días laborales. Estas cifras arrojan un ahorro total de 373,8 € proveniente de los fines de semana y festivos, y 2.776,8 € por parte los laborales, es decir, 3.150,6 € ahorrados en total durante este periodo de vacaciones.

4.2.6. Ahorro final

En este último apartado dedicado al estudio económico de la iluminación del edificio, se va a estudiar el ahorro económico total que se podría llegar a obtener combinando todos los aspectos descritos en este apartado. No se tendrán en cuenta, sin embargo, las vacaciones de Navidad, por ser un periodo comprendido entre dos meses, y cuyos datos de ahorro económico son similares al de los meses normales, por lo que no sería relevante considerarlo de manera separada al resto para hacer esta estimación económica.

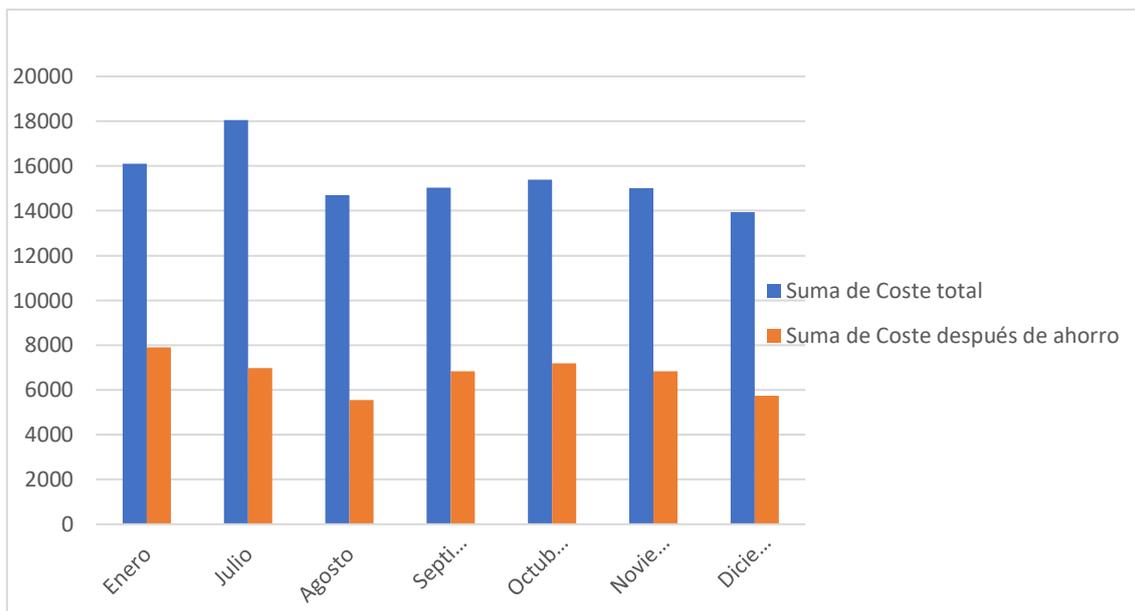
El espacio de tiempo estudiado en este proyecto comprende siete meses, desde julio de 2017 a enero de 2018. Dos de esos meses, julio y agosto, han sido estudiados como meses de verano en cuanto a consumo, ya que presentan un patrón diferente al del de los cinco restantes. Recordamos, que el ahorro de consumo que se ha estimado para los cinco meses que no presentan un patrón de consumo similar al de los meses de verano se ha valorado en 8.196,9 € mensuales, con lo cual trabajaremos con un ahorro económico de 8.200 € al mes con el objeto de simplificar los cálculos. Recordamos también que el ahorro que se estimó para el mes de julio fue de 11.082,29 €, por lo que, para simplificar cálculos consideraremos 11.100 € ahorrados en julio. Y, finalmente, para el mes de agosto, el ahorro económico se estimó en 9.152,61 €, por lo que consideraremos 9.100 €.

De esta manera, el resultado del ahorro final durante el periodo de tiempo analizado sería de 61.200 €.

Recordamos también, que la cantidad de dinero que la empresa ha tenido que desembolsar para pagar la energía eléctrica empleada en iluminar el edificio ha sido de 108.200 €. Esto supone que, llevando a cabo la política de reducción de consumo aquí propuesta, el gasto se reduciría en un 56,5%.

4.2.7. Comparativa gráfica

A continuación, se presenta un gráfico donde aparecen los costes mensuales de iluminación del parking junto a los costes mensuales que resultarían de llevarse a cabo la reducción en este apartado propuesta.



4.3. Análisis económico del consumo de energía eléctrica para la iluminación del parking

A continuación, se presenta una tabla con los consumos y los costes de la iluminación del parking reales de todos los meses estudiados en este proyecto.

Mes	Consumo promedio (kWh)	Consumo total (kWh)	Coste diario	Coste total
Julio	4149,82	128644,42	369,33 €	11.449,35 €
Agosto	3708,08	114950,48	330,02 €	10.230,59 €
Septiembre	3246,55	97396,50	288,94 €	8.668,29 €
Octubre	3426,47	106220,57	304,96 €	9.453,63 €
Noviembre	3238,62	97158,60	288,24 €	8.647,12 €
Diciembre	3323,19	103018,89	295,76 €	9.168,68 €
Enero	3164,37	98095,47	281,63 €	8.730,50 €

El coste total de la electricidad dedicada a iluminar el parking durante de estos siete meses ha sido de 66.348,16 €. De nuevo, el mes de julio es, con diferencia, el mes en el que más dinero se ha gastado en iluminación. Llama la atención el caso de agosto, que también se encuentra ostensiblemente por encima del resto de meses, a pesar de ser el mes con menor ocupación media, situación que no se producía en el caso de la iluminación del edificio.

Como se vio en el capítulo 3, el consumo de energía eléctrica es más uniforme para la iluminación del parking de lo que lo era para la iluminación del edificio. Es por esta razón que el espectro de posibilidades de ahorro es más reducido que en el caso

del apartado anterior. No obstante, tal y como se vio en ese capítulo, sí que hay ciertos puntos en los que se puede implantar una mejora del consumo y, por tanto, ahorrar energía.

Vamos a estudiar, pues, cada uno de los puntos de mejora que se propusieron en aquel capítulo.

4.3.1. Días festivos

Recordando los resultados obtenidos en el análisis del apartado 3.4, la característica más llamativa de los días festivos es, de nuevo, la enorme descompensación existente entre la bajada de ocupación ya la bajada del consumo. Esta descompensación se produce, de media en una proporción de 10 a 1. Por tanto, es posible reducir este consumo y, por consiguiente, obtener un ahorro económico.

Si ponemos cifras a esta afirmación, los días festivos se consume, de media, 3.100 kWh. Pongamos que, aplicando las medidas propuestas en el apartado 3.5 se consiguiese reducir este consumo a 1.500 kWh (sigue estando lejos de bajar en la misma proporción que la ocupación, pero hacemos esta estimación para contar con cierto margen). Supone un ahorro de 1.600 kWh cada día festivo.

Como habíamos recalado en el apartado 4.2.3, hay 8 días festivos presentes en el total analizado. Lo cual supondría un ahorro en iluminación de 1.139,2 €. Un 1,7% del total empleado en iluminar el parking, ahorrado tan solo en 8 días.

4.3.2. Verano

También en los datos de consumo de la iluminación del parking, los dos meses de verano analizados, julio y agosto, aparecen con un consumo excesivamente elevado. Concretamente, presentan los dos mayores consumos dentro de los meses analizados.

Julio tuvo una ocupación media diaria de 4.200 personas, y agosto de 2.699. Es por ello por lo que, en base a toda la información que tenemos sobre la relación entre las bajadas de consumo y ocupación, para el mes de julio vamos a considerar que se podría haber obtenido un consumo de 2.800 kWh, y para agosto, de 2.000 kWh.

Los consumos reales durante estos dos meses han sido de 4.149,82 kWh en el caso de julio, y 3.708,08 kWh en el caso del mes de agosto. Estos datos suponen un ahorro de 1.349,82 kWh diarios en julio y de 1.708,08 kWh en el caso de agosto. Traducido a euros, supone un ahorro total durante estos dos meses de 3.724,15 € durante el mes de julio, y de 4.712.59 € en el de agosto.

Por lo tanto, la reducción económica total se quedaría en 8.436,74 €. Lo cual representaría cerca de un 13% de ahorro con respecto al total consumido durante 7 meses.

4.3.3. Estimación de ahorro mensual

Para realizar la estimación de ahorro de un mes cualquiera diferente de los dos de verano, en este apartado se tomará enero como mes de referencia. Enero es un mes en el que, a pesar de que siete de sus días se encuadran dentro de las vacaciones de Navidad, cuenta con la ocupación media diaria más alta de todas, 5185 personas. Pero

lo que convierte a enero en un mes clave para este análisis es su consumo, el más bajo que se ha producido de entre todos los meses estudiados.

El consumo de energía eléctrica para iluminar el parking durante el mes de enero ha sido de 3.164,37 kWh. De nuevo, esta es una prueba de que es posible obtener un consumo bajo aun cuando existe una alta ocupación. Pongamos que, aplicando las medidas de ahorro propuestas, un consumo bajo posible de obtener es 3.000 kWh de media diaria.

El consumo promedio diario total es 3.500 kWh, por lo que el ahorro diario sería de 500 kWh. Teniendo en cuenta que hay dos meses con 30 días y 3 con 31, el ahorro monetario total resultaría ser de 6.808,5 €.

4.3.4. Ahorro final

En este último apartado dedicado al estudio económico de la iluminación del parking, se va a estudiar el ahorro económico total que se podría llegar a obtener juntando todos los aspectos descritos en este apartado. El procedimiento que se va a seguir para llevar a cabo dicho análisis consiste en considerar el ahorro total de los meses de verano, y sumarlo a la estimación de ahorro para un mes normal durante cinco meses.

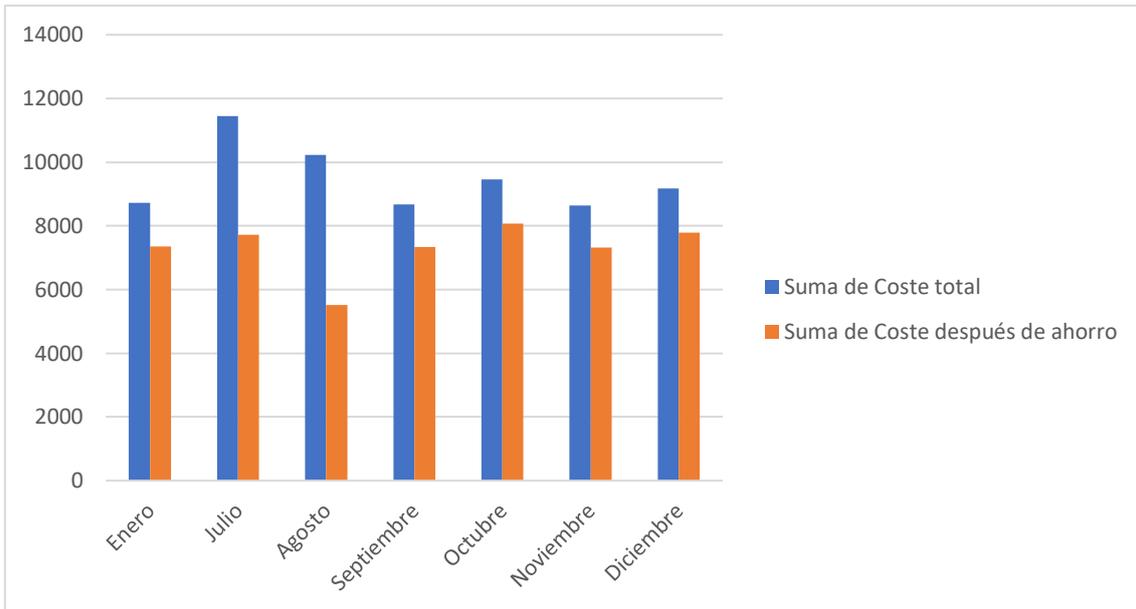
Recordemos que el ahorro total obtenido en el verano es de 8.436,74 €, mientras que el ahorro que se ha estimado previamente para los días normales asciende a 6.808,5 €. Lo cual nos deja con una cifra total de 15.245,24 € ahorrados en total en iluminación de parking.

Para poner esta cifra en un contexto global, de nuevo, lo comparamos con el desembolso total empleado en iluminar el parking. Estos 15.245 € suponen un 23% del total. Si se consigue reducir el consumo a los valores planteados, se ahorraría la cuarta parte del valor empleado.

Como ya habíamos adelantado, la iluminación del parking no presentaba la misma versatilidad que la iluminación del edificio de cara a reducir el consumo, no obstante, el 23% de ahorro sigue siendo una cifra muy a tener en cuenta.

4.3.5. Comparativa gráfica

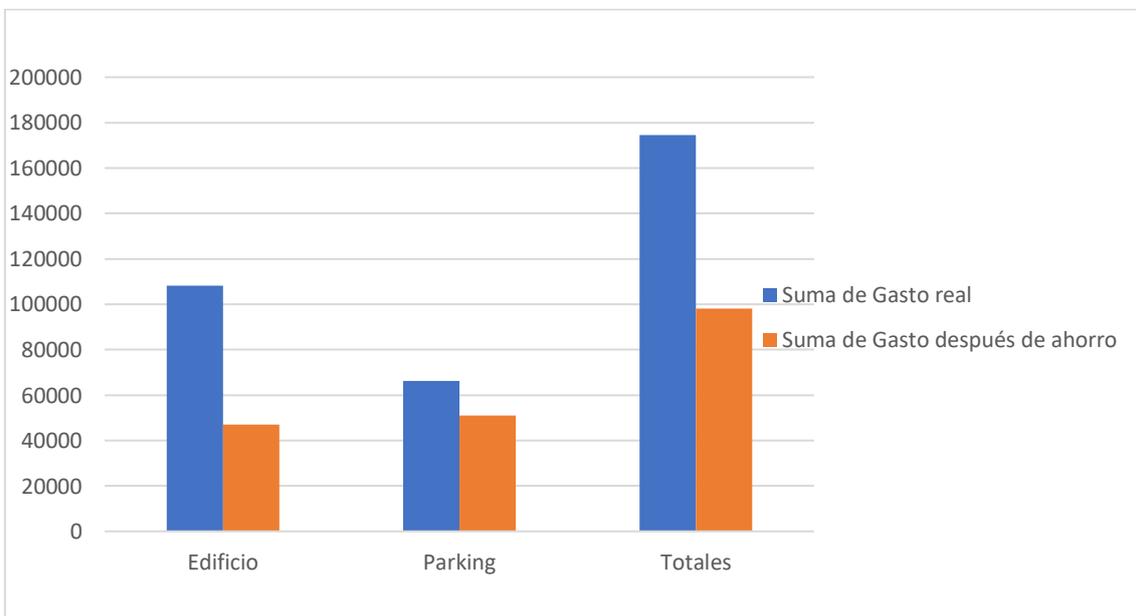
A continuación, se presenta un gráfico donde aparecen los costes mensuales de iluminación del parking junto a los costes mensuales hipotéticos de llevarse a cabo la reducción en este apartado propuesta.



4.4. Balance final

Vamos ahora a comprobar la cantidad total de dinero ahorrado, considerando el total de la iluminación del complejo, esto es, edificios más parking. A continuación, se presentan los datos de forma numérica y gráfica.

Origen	Gasto real	Gasto después de ahorro
Edificio	108.234,27 €	47.014,87 €
Parking	66.348,16 €	51.102,91 €
Totales	174.582,43 €	98.117,78 €



Comprobamos que el ahorro total sería del 43,8%. Merece pues, la pena tomar en consideración las medidas de ahorro propuestas en los apartados 3.3 y 3.5, así como buscar otras formas de ahorrar energía por parte de la empresa, ya que se ha visto que es posible obtener esta reducción en el consumo y el gasto, lo cual marcaría una diferencia económica muy relevante para la empresa.

Por último, es importante resaltar que estos valores son los obtenidos de un estudio a nivel teórico. A la hora de llevar a la práctica las medidas propuestas, es posible que se presenten complicaciones, o que no funcionen de la manera que se esperaba. Es inevitable que se produzcan consumos elevados algunos días. Es por eso, que durante el estudio económico siempre se ha tratado de proponer valores razonables de consumo que se han dado ya con anterioridad, y también se ha tratado de dejar cierto margen en algunos cálculos, con el objeto de que este estudio se adecúe lo máximo posible a la realidad.

5. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones sobre la metodología

Recordamos que la metodología que se ha seguido para desarrollar este proyecto fue comenzar con un análisis sistemático de los datos de iluminación que fueron facilitados por la empresa. Más adelante se procedió a identificar puntos destacados por sus implicaciones sobre el consumo y/o ahorro energético, y se plasmaron tanto el análisis como los puntos destacados en un informe (uno para el edificio y otro para el parking), dotándolo de conclusiones y propuestas. Finalmente, se elaboró un estudio económico sobre estos informes, con el objeto de determinar la cuantía económica que supondría conseguir un ahorro propuesto en base a las conclusiones obtenidas en el informe. En este apartado, examinaremos una por una cada una de las tres partes que componen la metodología seguida en este proyecto, para determinar, desde un punto de vista global, si han contribuido satisfactoriamente al correcto desarrollo de este trabajo.

El punto de partida de este proyecto, tal y como se acaba de comentar fue el estudio sistemático de los datos de consumo de iluminación. Dada la gran cantidad de datos disponibles, se optó por realizar un análisis sistemático mes a mes, utilizando para ello el programa de cálculo Excel de Microsoft Office.

Esta decisión resultó ser de gran importancia, ya que, por un lado, permitía un análisis sistemático de la información muy amplio. Se pudieron comparar los consumos dependiendo del día de la semana en el que se produjeron, dependiendo del tipo de día que fueran (si laboral, fin de semana o festivo), comparar numérica y gráficamente, por consumo promedio o consumos máximos y mínimos, comparar el consumo con la ocupación del edificio, etc. Gracias a que este primer paso se llevó a cabo, se obtuvo, desde los primeros pasos, una buena información acerca de cómo se comportaba el consumo de energía eléctrica para iluminación dentro de cada mes.

Por otro lado, al llevar a cabo este primer análisis, se comprobó que los días de un mismo mes tenían pautas de consumo similares, lo cual permitió llevar a cabo una comparación entre meses que arrojó mucha luz sobre la situación general, permitiendo identificar meses muy buenos en cuanto a consumo, así como meses en los que existe un gran margen de mejora.

No hay que olvidar tampoco que, tal y como se ha explicado en el apartado 3.1, fue en esta etapa en la que se detectó el error en el sistema de análisis de datos N2S, el cual ofrecía los datos de consumo descuadrados un día con respecto a la realidad. Y aunque este hecho, de cara al presente trabajo, significó que el primer análisis carecía de validez y, por lo tanto, había que volver a empezar con nuevos datos, para la empresa supuso una consecuencia muy importante.

Podemos concluir, por tanto, que fue una decisión acertada comenzar el proyecto de esta manera.

El segundo paso a seguir en este proyecto era evidente. Una vez con los informes encima de la mesa, la continuación lógica era estudiarlos y sacar conclusiones. Se

identificaron consumos anómalos en días, así como diferentes pautas del comportamiento de consumo en espacios de tiempo más amplios. Una vez identificados, la imagen global del comportamiento del consumo de iluminación tenía una forma muy definida. Fue posible entonces determinar los puntos en los cuales no se estaba obteniendo un ahorro suficiente, así como proponer soluciones a estas situaciones.

Finalmente, nos encontramos con el análisis económico, planteado al principio del proyecto como el destino al cual se quería llegar. Gracias a los dos primeros pasos tomados, se llegó con facilidad, aunque no sin esfuerzo y tiempo, a este punto. En el segundo paso se había descrito ya el comportamiento de consumo durante el periodo de tiempo analizado, y se habían puesto sobre la mesa diferentes propuestas para ahorrar energía. El análisis económico era el momento, pues, para determinar la cuantía económica que supondría un ahorro derivado de implementar las medidas propuestas.

Los resultados han sido muy alentadores; se ha comprobado que aun es posible conseguir un mayor ahorro de energía eléctrica y, por tanto, un mayor ahorro económico. El siguiente paso será implementar estas medidas en la realidad diaria de la empresa, y comprobar si, efectivamente, funcionan como se han descrito, pero eso ya no entraría dentro del objeto de este proyecto.

Podemos concluir entonces, que la metodología propuesta al comienzo de este proyecto ha resultado ser un éxito. Se han alcanzado hitos importantes en todas las etapas del proyecto; durante todo momento, la estructura a seguir ha permitido que el proyecto se desarrollase sin impedimentos, pasando de manera natural de una etapa a otra, hasta llegar al punto que se había propuesto como final de manera satisfactoria, habiendo arrojado unos resultados de análisis y unas conclusiones tanto abundantes como excelentes.

5.2. Conclusiones sobre los resultados

En este apartado, analizaremos si se han cumplido los objetivos de este proyecto, descritos en el apartado 1.4.

El primer objetivo era el de llevar a cabo un análisis del consumo de energía eléctrica para iluminación en el complejo de la nueva sede de la empresa durante el periodo de siete meses cuyos datos la empresa ha facilitado. La consecución de este objetivo ha sido, evidentemente satisfactoria. Tal y como aparece extensamente detallado en los apartados del 3.2 al 3.5 inclusive, durante este proyecto se han completado dos informes sobre la iluminación del complejo, uno sobre la iluminación de los espacios de los edificios, y otro sobre la iluminación del parking. Ambos informes cuentan con un exhaustivo análisis de los datos del consumo de la iluminación, explorando aspectos muy variados, y que presentan una imagen muy clara y completa de la realidad de consumo de la sede. Por tanto, se ha cumplido el objetivo.

En cuanto al segundo objetivo que nos marcábamos al inicio, éste se trataba de identificar situaciones de consumos anómalos, así como de identificar sus causas. A lo largo de los dos informes se han ido identificando tanto consumos anómalos de días puntuales, como tendencias de consumo extrañas, al igual que los diferentes patrones

de consumo en diferentes ámbitos. Para estas situaciones, se ha tratado de dar una explicación, así como también se han propuesto diferentes maneras de revertirlas. Como estas medidas aun no han sido implementadas, no podemos estar completamente seguros de la viabilidad de éstas; no obstante, todo ha sido propuesto de manera lógica y en base a los conocimientos disponibles de la sede y del consumo, y la repercusión económica de todas las propuestas se ha comprobado que sería de una cuantía significativa. Recordemos de nuevo el caso del primer informe, descrito en el apartado 3.1, en el cual se identificó la anomalía en el consumo de los domingos y los viernes, y se consiguió esclarecer su causa y arreglarlo a tiempo. Concluimos, por lo tanto, que el objetivo segundo se ha cumplido.

El tercer objetivo se ponía como meta la propuesta de soluciones a las anomalías identificadas en los informes que permitieran aumentar el ahorro energético y económico en iluminación. Como hemos descrito en el párrafo anterior, se han identificado suficientes patrones de consumo y días de consumos anómalos, tanto al alta como a la baja, como para poder haber sido capaces de identificar sus causas y de proponer medidas para revertir estas situaciones, tal y como este objetivo persigue. Se han conseguido ofrecer propuestas a todas las situaciones comprometidas con las que nos hemos encontrado, tanto a nivel del edificio como del parking, propuestas que mejorarán el sistema de control existente, y que permitirán aumentar el ahorro energético y económico. Por lo tanto, tercer objetivo cumplido.

Finalmente, el cuarto y último objetivo se proponía realizar un estudio económico de las medidas propuestas, y llegar a determinar una manera de obtener un ahorro sustancial, tanto a nivel energético como económico. Este era el objetivo más ambicioso, pues, previamente a comenzar este proyecto era imposible saber con qué situación de consumo nos íbamos a encontrar, ni si encontraríamos anomalías de consumo o si seríamos capaces de encontrar una forma, viable económicamente, de conseguirlo. Sin embargo, tal y como se ha desarrollado en el capítulo 4, la aplicación, en conjunto, de las propuestas hechas conllevaría un ahorro significativo. Podemos concluir, por consiguiente, que se ha encontrado una manera de reducir de manera importante el gasto que destina la empresa a iluminar la sede. Objetivo conseguido.

En resumen, el proceso seguido durante la realización de este trabajo ha permitido dirimir el potencial de ahorro existente en el consumo de la iluminación de la sede, ha dado propuestas para conseguir este ahorro, y ha comprobado que, de llevarse a cabo de manera satisfactoria, supondrían un ahorro muy importante para la empresa.

5.3. Recomendaciones para futuros estudios

La principal y única gran dificultad con la que se ha encontrado este proyecto ha sido la distancia. Este proyecto se ha tenido que llevar a cabo a distancia desde Estados Unidos. Cuando se decidió abordar este proyecto, se afrontó con mucha determinación para superar el reto que suponía la distancia.

Efectivamente, ésta resultó ser un importante impedimento para el desarrollo del trabajo. El no poder estar presente en el lugar que se estaba estudiando, el no conocer de primera mano los sistemas que estaban siendo analizados, han hecho una

tarea mucho más difícil y larga el desarrollo de este proyecto. Especialmente, a la hora de sacar conclusiones, de tratar de dar explicaciones a por qué se producían las situaciones anómalas, nos encontrábamos con una dificultad añadida

Es por ello, que la recomendación para futuros estudios que desde este proyecto se quiere hacer es que se realicen *in situ*, estando en contacto con los sistemas físicos y electrónicos que dan soporte a los datos que se analizan. Que se conozcan los espacios físicos que componen la realidad de trabajo que se estudia. De esta manera se obtendrán resultados más rápida y fácilmente.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- (FERN14) Fernández Morales, P., "Análisis Energético de Dimensionamiento de Energía en Fase de Proyecto y la Realidad de Consumo en un Edificio de Nueva Construcción", Universidad pontificia Comillas, ICAI, 2014.
- (PHIL13) PHILIPS, "Memoria de Funcionalidades, Control de Alumbrado y Estores", Informe de la empresa PHILIPS, 2013.
- (AUEN16) ATISAE, "Auditoría energética de la sede", ATISAE, 2016.

6.2. Webgrafía

- (WEBG01) <https://promateriales.com/pdf/PM-102-2.pdf>
- (WEBG02) <https://www.andimat.es/storage/2008/07/45-5.pdf>
- (WEBG03) <https://www.██████████.com/es/compromiso-██████████medioambiente/>
- (WEBG04) <https://www.██████████.com/es/ciudad-██████████ejemplo-arquitectura-sostenible/>
- (WEBG05) <https://www.woespana.es/weather/maps/city>

ANEXO A

PRIMER ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO

INFORME CONSUMO ILUMINACIÓN

Carlos Tapia García

1) Mayo-Junio

NOTA: En este bimestre, los datos de consumo de energía eléctrica para iluminación sobre la Fase I comienzan a partir del día 1 de junio.

I. **Comparativa días de la semana**

i) Promedio de consumo:

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	3084,873	4295,071
Martes	2775,308	4305,770
Miércoles	2732,635	4158,929
Jueves	2579,512	3881,397
Viernes	548,864	1128,386
Sábado	411,530	1022,545
Domingo	2878,668	3524,719
Total general	2105,798	3252,928

- De esta tabla podemos señalar el hecho de que, en ambas fases, el mayor consumo de energía eléctrica para iluminación se produce de lunes a jueves (siendo el consumo del miércoles ligeramente inferior al resto en ambas fases, y el lunes ligeramente superior en la Fase I), así como en el domingo. Esto llama poderosamente la atención, ya que el domingo es el día que en teoría hay menos personas trabajando.
- También destacar que el consumo que se produce tanto el viernes como el sábado es muy inferior al del resto de días de la semana en ambas fases, lo cual concuerda con lo que a priori cabe esperar.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila ▾	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	3773,230	5822,940
Martes	2790,830	4599,020
Miércoles	2814,440	4956,610
Jueves	2609,580	4127,390
Viernes	586,160	1341,480
Sábado	441,520	1328,190
Domingo	3044,740	4931,960
Total general	3773,230	5822,940

- La tabla de máximos sigue la misma distribución que hemos descrito en el anterior apartado. Los lunes se da el máximo en ambas fases. De nuevo, en domingo se produce un máximo muy grande.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2772,050	2292,540
Martes	2749,610	3958,210
Miércoles	2667,910	3794,550
Jueves	2497,190	3428,260
Viernes	513,070	1008,080
Sábado	393,540	895,630
Domingo	2728,970	612,190
Total general	393,540	612,190

- La tabla de mínimos también se comporta de la misma manera que las dos anteriores. No obstante, cabe destacar que, mientras en la Fase I el mínimo de un domingo es muy bajo (siguiendo la tendencia de las dos anteriores tablas), en la Fase II el mínimo absoluto del bimestre se da en domingo. Concretamente, el 21/05/2017. Sin contar con el dato de este día concreto, el mínimo consumo en día de domingo es de 2363.98 kWh, en la línea de lo ha ocurrido este bimestre. El caso del día 21 de mayo es, por tanto, un caso excepcional que requiere de una investigación más profunda para determinar qué ha ocurrido exactamente.

II. Comparativa tipos de día

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo		3464,797
Fin de semana	1645,099	2273,632
Laboral	2273,325	3619,590
Total general	2105,798	3252,928

- Poniendo ahora el foco sobre el consumo dependiendo del tipo de día que sea, vemos que en mayo no hubo festivos, por lo que en esta ocasión sólo vamos a analizar la Fase II por falta de datos. Vemos que, en promedio, el consumo de festivos y laborales es muy parecido, y bastante superior al consumo medio de los fines de semana.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo		4200,800
Fin de semana	3044,740	4931,960
Laboral	3773,230	5822,940
Total general	3773,230	5822,940

- Hablando de máximos, la situación cambia. El máximo dado en un día laboral es casi 900 kWh superior al que se da en fin de semana, que a su vez es superior al de festivos, como cabía esperar (ya que, en teoría, en festivos trabaja menos gente que en laboral).

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo		2292,540
Fin de semana	393,540	612,190
Laboral	513,070	1008,080
Total general	393,540	612,190

- El mínimo más pequeño se da en fin de semana, el domingo 21 de mayo previamente comentado. Sin contar éste, un sábado se produjo un consumo de 895.73 kWh, siendo el mínimo consumo registrado en fin de semana.
- Cabe destacar que el consumo mínimo de un día festivo fue bastante más alto que el resto de consumos mínimos.

III. Comparativa meses

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ may		3230,989
⊕ jun	2105,798	3274,868
Total general	2105,798	3252,928

- De nuevo, al carecer de datos acerca del consumo en mayo de la Fase I, sólo se analizará la fase II.
- Esta comparación nos permite comprobar que, si bien en las anteriores dos comparativas se producían diferencias significativas entre los consumos de los diferentes elementos, el consumo apenas varía entre los dos meses.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ may		4956,610
⊕ jun	3773,230	5822,940
Total general	3773,230	5822,940

- Sí que hay, no obstante, diferencia entre los máximos. El mayor consumo se dio en un día de junio. El mayor consumo de un día de mayo fue inferior al mayor de junio.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ may		612,190
⊕ jun	393,540	925,370
Total general	393,540	612,190

- En cuanto al mínimo, la diferencia no es tan grande entre los mínimos de cada mes.

IV. Total bimestre

Etiquetas de fila	Suma de Iluminación Fase I (kWh)	Suma de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ may		96929,670
⊕ jun	63173,930	98246,030
Total general	63173,930	195175,700

- Aquí podemos comprobar que en total, en junio se consumió más que en julio en la Fase II (de nuevo sólo podemos analizar la Fase II).

2) Julio-Agosto

NOTA: a partir de aquí, para evitar caer en la repetición, se comentarán sólo los casos en los que se produzca un hecho diferente a los comentados anteriormente.

I. **Comparativa días de la semana**

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila ▾	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2441,168	3496,080
Martes	2612,370	3838,901
Miércoles	2587,359	3909,960
Jueves	2507,817	3791,607
Viernes	917,871	1514,870
Sábado	796,924	1416,576
Domingo	2668,408	4029,671
Total general	2094,667	3168,776

- Ocurre lo mismo que lo descrito para el anterior bimestre, con la pequeña diferencia de que el lunes ya no es el día con mayor consumo promedio, sino que lo es el domingo, por lo que se acentúa aún más esta a priori incongruencia.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila ▾	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2749,470	4161,660
Martes	2793,340	4314,590
Miércoles	2764,660	4332,000
Jueves	2850,050	5403,300
Viernes	3809,600	5750,100
Sábado	3809,600	5774,930
Domingo	3430,860	6163,460
Total general	3809,600	6163,460

- En la Fase I, contradiciendo todo lo observado anteriormente, los máximos más altos se producen en viernes y sábado. Concretamente, los máximos de un viernes, un sábado y un domingo se dan el fin de semana del 28, 29 y 30 de julio. De nuevo, al tratarse de unos días concretos habría que estudiar concretamente qué ha pasado. Podría tratarse de la gente apurando para dejar todo el trabajo resuelto antes de marcharse de vacaciones en agosto.
- Si quitamos este fin de semana, los datos de máximos van en consonancia con lo analizado previamente.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	1477,290	1685,990
Martes	2337,980	3464,170
Miércoles	2364,390	3418,210
Jueves	2263,940	3201,180
Viernes	400,260	753,990
Sábado	366,180	711,600
Domingo	2187,700	3073,470
Total general	366,180	711,600

- Los mínimos también siguen la misma línea de siempre. Cabe destacar que el mínimo consumo que se ha dado un lunes se aleja un poco más de los de los martes, miércoles y jueves que en el anterior bimestre.

II. Comparativa tipos de día

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2337,980	3545,870
Fin de semana	1732,666	2723,123
Laboral	2240,544	3346,559
Total general	2094,667	3168,776

- Igual que en el anterior bimestre. Destaca que en este el consumo en el único día festivo que hubo superó al consumo promedio de los días laborales en ambas fases.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2337,980	3545,870
Fin de semana	3809,600	6163,460
Laboral	3809,600	5750,100
Total general	3809,600	6163,460

- Debido al fin de semana concreto que se ha comentado en el apartado anterior, el máximo mayor se sitúa en fin de semana.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2337,980	3545,870
Fin de semana	366,180	711,600
Laboral	400,260	753,990
Total general	366,180	711,600

- Igual que en el anterior bimestre, con la particularidad de que la brecha entre el festivo y el resto es más grande. Aunque debido a que sólo ha habido un día festivo, este hecho no es muy significativo.

III. Comparativa meses

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ jul	2286,071	3589,118
⊕ ago	1903,264	2748,434
Total general	2094,667	3168,776

- Este bimestre no podía ser igual que el anterior en esta estadística, ya que, en agosto, mes de vacaciones por excelencia, el consumo tenía que ser menor que en julio, y así ha sido.
- No obstante, y aunque sin contar con los datos de personal trabajando en cada mes en la sede no se pueda decir con exactitud, quizá el consumo no baje todo lo que debería bajar en un mes como agosto, por lo que probablemente se pueda mejor algo por ahí.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ jul	3809,600	6163,460
⊕ ago	2651,330	4228,120
Total general	3809,600	6163,460

- El valor máximo de consumo de julio es mayor que el máximo de agosto, como cabía esperar.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ jul	377,310	924,690
⊕ ago	366,180	711,600
Total general	366,180	711,600

- Y ocurre a la inversa con los consumos mínimos.

IV. Total bimestre

Etiquetas de fila	Suma de Iluminación Fase I (kWh)	Suma de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ jul	70868,210	111262,650
⊕ ago	59001,170	85201,460
Total general	129869,380	196464,110

- Con las estadísticas de consumo total vemos que, efectivamente, en agosto se ha consumido menos.

3) Septiembre-Octubre

I. Comparativa días de la semana

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2812,063	3837,808
Martes	2611,176	3520,927
Miércoles	2589,856	3484,689
Jueves	2574,576	3519,118
Viernes	624,062	903,219
Sábado	537,732	876,066
Domingo	2738,030	3793,907
Total general	2052,837	2826,521

- En la línea de los dos bimestres anteriores.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	3498,010	4987,380
Martes	2818,940	3932,550
Miércoles	2810,660	3867,540
Jueves	2680,400	3616,750
Viernes	708,320	1151,520
Sábado	608,670	1027,390
Domingo	3223,010	4444,190
Total general	3498,010	4987,380

- En la línea de los dos bimestres anteriores.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2669,690	3439,430
Martes	1487,500	1528,650
Miércoles	1536,560	1528,040
Jueves	2379,110	3406,960
Viernes	539,560	780,000
Sábado	416,230	770,060
Domingo	2619,320	3618,740
Total general	416,230	770,060

- Destacan los valores mínimos tanto del martes (31 de octubre) y del miércoles (11 de octubre). Por debajo de lo esperado, días laborales ambos, por lo que habría que estudiar en concreto qué ha ocurrido estos días.

II. Comparativa tipos de día

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2379,110	3406,960
Fin de semana	1637,881	2334,986
Laboral	2222,906	3023,359
Total general	2052,837	2826,521

- En la misma línea. De nuevo, el día festivo ligeramente por delante del consumo medio de los días laborales.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2379,110	3406,960
Fin de semana	3223,010	4444,190
Laboral	3498,010	4987,380
Total general	3498,010	4987,380

- En la misma línea que los anteriores bimestres.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2379,110	3406,960
Fin de semana	416,230	770,060
Laboral	539,560	780,000
Total general	416,230	770,060

- También en la misma línea. De nuevo, al sólo haber un día festivo, no aporta mucha información aquí.

III. Comparativa meses

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ sep	1997,300	2735,272
⊕ oct	2106,582	2914,826
Total general	2052,837	2826,521

- Los meses se vuelven a equilibrar, siendo el consumo medio ligeramente más superior en octubre.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ sep	2771,760	3776,580
⊕ oct	3498,010	4987,380
Total general	3498,010	4987,380

- En octubre se han dado los mayores máximos que en septiembre, quizá sea porque empieza a oscurecer antes.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ sep	511,890	780,000
⊕ oct	416,230	770,060
Total general	416,230	770,060

- Los mínimos muy parecidos en ambos meses.

IV. Total bimestre

Etiquetas de fila	Suma de Iluminación Fase I (kWh)	Suma de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ sep	59918,990	82058,170
⊕ oct	65304,040	90359,610
Total general	125223,030	172417,780

- Comprobamos que el consumo de octubre ha sido ligeramente superior.

4) Noviembre-Diciembre

I. Comparativa días de la semana

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2594,210	3829,670
Martes	2425,227	3488,928
Miércoles	2349,402	3457,222
Jueves	2253,607	3293,410
Viernes	498,182	1267,752
Sábado	416,205	1013,517
Domingo	2582,615	3817,550
Total general	1874,207	2881,150

- En la misma línea que los anteriores bimestres.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2618,260	3969,720
Martes	2631,730	3900,290
Miércoles	2610,020	3830,230
Jueves	2450,870	3616,290
Viernes	566,270	2122,010
Sábado	439,700	1297,460
Domingo	2605,520	3977,260
Total general	2631,730	3977,260

- En la misma línea que los anteriores bimestres. El viernes 24 de noviembre, y sólo en la Fase II, el consumo fue superior al que cabría esperar para un viernes (212.01 kWh).

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Lunes	2577,780	3637,040
Martes	1595,450	1821,770
Miércoles	1651,600	1809,530
Jueves	1506,150	1772,540
Viernes	410,960	913,160
Sábado	392,700	875,670
Domingo	2549,310	3621,300
Total general	392,700	875,670

- También en la misma línea.

II. Comparativa tipos de día

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	1930,520	3072,488
Fin de semana	1499,410	2415,533
Laboral	2038,526	3066,613
Total general	1874,207	2881,150

- En la misma línea.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	2572,490	3823,200
Fin de semana	2605,520	3977,260
Laboral	2631,730	3969,720
Total general	2631,730	3977,260

- Al contrario que en los anteriores bimestres, los máximos en día festivo están a la par con los de fin de semana y laborales.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
Festivo	410,960	1237,680
Fin de semana	392,700	875,670
Laboral	461,410	913,160
Total general	392,700	875,670

- En cuanto a los valores mínimos, muy parecidos en la Fase I, aunque en la fase II, el mínimo en festivo es ligeramente superior al resto.

III. Comparativa meses

i) Promedio de consumo

Etiquetas de fila	Promedio de Iluminación Fase I (kWh)	Promedio de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ nov	1947,324	3017,933
⊕ dic	1691,413	2539,193
Total general	1874,207	2881,150

- En noviembre se consumió más en iluminación que en diciembre, de nuevo, quizá por las vacaciones.

ii) Valor máximo

Etiquetas de fila	Máx. de Iluminación Fase I (kWh)	Máx. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ nov	2610,480	3912,010
⊕ dic	2631,730	3977,260
Total general	2631,730	3977,260

- Máximos, muy parecidos.

iii) Valor mínimo

Etiquetas de fila	Mín. de Iluminación Fase I (kWh)	Mín. de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ nov	392,700	875,670
⊕ dic	396,830	971,720
Total general	392,700	875,670

- Mínimos, también muy parecidos.

IV. Total bimestre

Etiquetas de fila	Suma de Iluminación Fase I (kWh)	Suma de Iluminación Fase II (kWh)
⊕ nov	58419,720	90537,980
⊕ dic	20296,960	30470,310
Total general	78716,680	121008,290

- Se corrobora el mayor consumo en noviembre que en diciembre.

5) Conclusiones generales

- I. De lunes a jueves es cuando más se consume. Viernes y sábados los que menos, y los domingos aparecen con un consumo muy alto inexplicablemente.
- II. En cuanto al tipo de día, cabe destacar que en los días festivos, de media, se consume de manera similar a los días laborables, a veces un poco por encima. También hemos observado que el consumo mínimo en festivos es bastante más elevado que en el resto de días.
- III. En cuanto a meses, el consumo es más o menos parecido, salvo los meses de agosto y diciembre por vacaciones. Como se ha comentado anteriormente, en agosto quizá se podría reducir aún más el consumo.