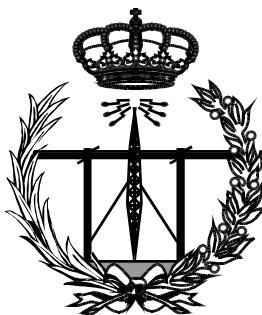


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Realización de un estudio de eficiencia
energética de iluminación interior de edificios
docentes aplicado a la ETS de Ingenieros
Industriales y de Telecomunicación**

**(Accomplishment of a study of energy efficiency of
inside lighting of educational buildings applied to
the ETS of Industrial and Telecommunication
Engineers)**

Para acceder al Título de

***Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación***

Autor: David Ibáñez Cervera

Octubre – 2014

**GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE
TELECOMUNICACIÓN**

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: David Ibáñez Cervera

Director del TFG: Pedro Corcuera Miró Quesada

Título: "Realización de un estudio de eficiencia energética de iluminación interior de edificios docentes aplicado a la ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación"

Title: "Accomplishment of a study of energy efficiency of interior lighting of educational buildings applied to the ETS of Industrial and Telecommunication Engineers"

Presentado a examen el día:

para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE
TELECOMUNICACIÓN**

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Eduardo Mora Monte

Secretario (Apellidos, Nombre): José Luis Crespo Fidalgo

Vocal (Apellidos, Nombre): Pedro Corcuera Miró Quesada

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado Nº
(a asignar por Secretaría)

Agradecimientos

En primer lugar quisiera dar las gracias a mis padres **M^a del Carmen y José Antonio** por ser los pilares de vida, lo que soy, se lo debo a ellos! y sin duda, quiero agradecerle enormemente a mi abuela **María** por estar día tras día en mi vida y en mi corazón!

Me gustaría especialmente agradecer a mi pareja **Idoia** por saber guiarme en estos momentos de mi vida. Gracias por viajar a mi lado!

A mis hermanos **José María y Raúl** por saber escucharme y apoyarme siempre y en todo lo que he necesitado.

Quisiera también agradecer al servicio de infraestructuras de la Universidad de Cantabria por la facilitación de toda la información requerida en especial a **Fernando**.

De igual manera quiero agradecer enormemente la ayuda recibida desde Philips Cantabria por parte de **Paula Abab**.

Quiero agradecer al resto de mis **amig@s y familiares**, tanto de Villanueva como del resto de pueblos o ciudades donde os encontréis, por compartir el bien más preciado, vuestro tiempo conmigo siempre que lo he necesitado!

Finalmente, quiero darte las gracias a ti **Pedro**, por empezar esta andadura a mí lado, por tu saber estar y escuchar, por enseñarme, educarme, etc. Eres un Grande!!!

MUCHAS GRACIAS A TOD@S POR FORMAR PARTE DE MI VIDA !!!!!!

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto	1
1.2 Motivación del proyecto	3
1.3 Objetivos de este proyecto.....	4
1.4 Organización del documento	5
2. INTRODUCCIÓN Y ENERGÍA.....	6
2.1. Contexto energético actual.....	6
2.1.1 Situación energética actual en el mundo	6
2.1.2. Situación energética actual en España	7
2.1.2.1. Dependencia.....	7
2.1.2.2. Desarrollo sostenible	8
2.1.2.3. Medidas para fomentar el ahorro.....	9
2.1.2.4. Eficiencia energética	10
2.2 Sistemas de etiquetado y certificación energética	10
2.2.1. Certificación energética de edificios.....	11
2.2.3. Otros sistemas de etiquetado	13
2.2.3.1. Etiquetado de la iluminación.....	13
2.2.3.2. Etiquetado de electrodomésticos	15
2.2.3.3. Etiquetado de automóviles	16
2.3 Clasificación de actividades	17
2.3.1 Actividad visual y espacios	17
2.4 Ventajas tecnología LED	25
3. ESTUDIO DE ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA ESCUELA ETSIIT.....	27
3.1 Ámbito de aplicación	27
3.1.1 Ubicación.....	27
3.1.2 Descripción del inmueble	28
3.2 Inventario de Iluminación interior.....	29
3.2.1 Medida de las alturas	29
3.2.2 Inventario de Iluminación interior.....	30
3.3 Reemplazo total de la Escuela	35
4. MEDIDAS LUMINOSAS DE ZONAS REPRESENTATIVAS	40
4.1 Aplicación de la sección HE3 al Alumbrado.....	40
4.1.2 Iluminancia y uniformidad	42
4.2 Criterios de Calidad y deslumbramiento	43
4.3 Medidas realizadas mediante el Luxómetro.....	45
4.4 Medidas reales con el Piranómetro.....	46

4.5 Diseños con Software profesional de iluminación	47
5. PROPUESTAS PARA BIBLIOTECA	49
5.1 Descripción y ubicación	49
5.2 Planos detallados de las luminarias instaladas	52
5.3 Propuesta 1: Cambio de tubos	53
5.4 Propuesta 2: Sistema de control	54
Conclusiones	55
Líneas futuras	56
Bibliografía	57
Anexos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Percepción del impacto eléctrico en nuestro planeta.

Figura 2: Vista principal de la escuela técnica superior de ingenieros industriales y telecomunicaciones.

Figura 3: Desglose de participación en consumo de energía primaria en España.

Figura 4: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible.

Figura 5: Porcentaje de generación de materias primas en España en el año 2010.

Figura 6: A partir del 31 de octubre de 2007 todos los edificios de nueva construcción deben llevar su correspondiente etiqueta de eficiencia energética.

Figura 7: Logotipo de la Eco-Etiqueta.

Figura 8: El frigorífico es el electrodoméstico que más energía consume.

Figura 9: Imagen de un laboratorio de la escuela.

Figura 10: Inclinaciones idóneas para el alumbrado.

Figura 11: Imagen del iluminado de una piscina.

Figura 12: Enfoque visual y dimensionado para el correcto posicionamiento ergonómico.

Figura 13: Tabla comparativa de diferentes tipos de iluminación.

Figura 14: Ubicación geográfica del edificio.

Figura 15: Vista en perspectiva del edificio.

Figura 16: Vista cara norte de la escuela.

Figura 17: Vista principal del sistema de control SCADA.

Figura 18: Gráficas de Energía Activa, Capacitiva e Inductiva.

Figura 20: Tabla de precios y tarifas existentes en la Universidad de Cantabria.

Figura 21: Ángulos para el control del deslumbramiento.

Figura 22: Tabla representativa de lux requeridos para una buena iluminación.

Figura 23: Imagen de un Despacho tipo en 3D mediante software Dialux.

Figura 24: Imagen de Aula tipo en 3D mediante software profesional.

Figura 25: Ejemplo de especificación resumida de luminaria tipo usada en el aula.

Figura 26: Localización de la estancia desde su exterior.

Figura 27: Plano planta baja de la biblioteca.

Figura 28: Plano planta primera de la biblioteca.

Figura 29: Imagen de un tubo LED propuesto para la solución I.

Figura 30: Imagen del sistema para propuesta II.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

Un centro docente es un conjunto de dependencias dedicado a la enseñanza donde desarrollan actividades niños, jóvenes y adultos.

Las instalaciones de iluminación de las distintas dependencias que componen un centro docente, deben estar dotadas de sistemas que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las muy variadas actividades que se van a desarrollar en cada una de las dependencias que componen el centro docente.

Si aplicamos calidad al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, obtendremos los resultados de confort visual requeridos, todo esto garantizando la máxima eficiencia energética y por tanto, los mínimos costes de explotación.

Una buena iluminación proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, es decir un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual.

Por otro lado, la diferencia de edad en el alumnado para una misma dependencia, en principio nos debe hacer tener en consideración la diferencia de visión que existe por la edad, así como los posibles defectos de visión de algunas de estas personas.

En una instalación de alumbrado de un local destinado a centro docente, podemos encontrar una problemática específica, tal como:

Luz natural que entra por una ventana y dificulta la visión del o de los tableros existentes en el aula, llegando a hacer imposible la lectura de su contenido.

- Luminarias mal ubicadas o deficientemente apantalladas, que permiten la visión directa de las lámparas, y producen deslumbramientos directos.
- Lámparas de temperatura de color y potencia inadecuada a la instalación, que tanto por defecto como por exceso, pueden hacer indescifrable la escritura realizada sobre un cuaderno escolar.
- Una deficiente distribución de los emisores de luces, tanto naturales como artificiales, hacen que la propia sombra de la mano o del cuerpo del alumno, distorsione la correcta visión que debe disfrutar el mismo.

Estas y otras causas dan lugar a una mala iluminación, que penaliza a los alumnos, especialmente a aquellos con problemas de visión, lo que puede dar lugar a un aumento del índice del fracaso escolar.

La forma tradicional de instrucción, en la que el profesor escribe o dibuja sobre un tablero y explica verbalmente a los alumnos el contenido del texto o gráfico, requiere adaptar una serie de soluciones en la iluminación que permita una perfecta visión entre ambos, como son:

Los niveles de iluminación existentes en los espacios ocupados por alumnos y profesor, deben guardar una armonía que permita esa correcta visión, evitando en lo posible diferencias significativas a favor de unos u otro.

Aprovechamiento de la luz proveniente de las ventanas y/o lucernarios.

Uniformidad horizontal en alumbrado de un local destinado a la enseñanza, no asegura altos niveles de confort visual, debido a la gran variedad de tareas que se realizan en un centro de estas características.

Iluminación específica para la pizarra tal que evite brillos y deslumbramientos.

El color de la luz emitida por las lámparas tiene también una gran importancia en el comportamiento de los alumnos y en su aprovechamiento escolar, así lámparas de luz fría, proporcionan un ambiente similar al aire libre, que ayudan a evitar la sensación que pueden sufrir algunos alumnos por la permanencia de varias horas en un recinto cerrado, mientras que las lámparas de colores cálidos, proporcionan ambientes más sociables y relajados.

En un edificio dedicado a centro de enseñanza, puede haber ocasiones y lugares para la utilización de ambos tipos de lámparas, pero la luz, por si sola, no puede obrar milagros.

Por tanto, solamente cuando se trabaja de forma conjunta con los otros elementos que intervienen en el diseño de interiores, tales como el color y la textura de las superficies fijas o móviles, los elementos auxiliares, el mobiliario, los elementos de control de la luz natural y artificial, etc., es posible alcanzar el nivel de instalaciones que permitan el máximo rendimiento académico.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, podemos destacar que aunque el peso específico de la iluminación respecto al consumo total de energía de un centro docente, varía entre un 20% y un 90%, según la zona geográfica donde esté ubicado, hay que resaltar que el consumo en iluminación de este sector es de unos 770 GWh/año, lo que representa el 0,5% del consumo eléctrico nacional y es responsable de la emisión a la atmósfera de 462.000 toneladas de CO₂/año.

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en centros docentes es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 20%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 92.000 toneladas de CO₂/año.

Por tanto, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/vatio, unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética del centro de enseñanza.

1.2 Motivación del proyecto

En el sector energético existe un gran interés para disponer de un sistema eficaz óptimo en la iluminación de las escuelas. Casi el 90% de la instalación existente posee más de diez años de vida y la calidad de la visión deja mucho que desear en la actualidad.

Resultaría interesante tratar de paliar la contribución intensa de la energía eléctrica destinada a la iluminación en la escuela ETSIT, debido a que es superior al 35% del importe de la misma. Con esto se quiere reducir el gasto económico dedicado a la iluminación de manera sustanciosa.

Durante estos últimos años, el estudio de mejorar la calidad de los sistemas de iluminación está siendo de demando por los centros de enseñanza que requieren de unos altos requerimientos de calidad, gracias a los nuevos productos en iluminación LED que ofrece el mercado en estos momentos, ofreciéndonos una mayor vida útil de las luminarias y un menor coste energético en las mismas.

Debido a satisfacer las necesidades visuales de confort de las personas que utilizan el centro educativo y aprovechando las ventajas mencionadas se obtienen unas mejoras económicas muy importantes y significativas que, a la vez, pueden ser dedicadas a otras funciones en la escuela y no menos importante, reduciendo considerablemente las emisiones de CO2 a la atmósfera.

En este estudio se desarrollará, por tanto, una auditoría interna de iluminación, un estudio inicial de todos sus tipos de luminarias existentes y emisiones, se hace de una manera conjunta con la toma de imágenes, alturas, mediciones y ubicación en planos de una manera detallada y muy específica para las zonas de mayor interés.

A la vez, se detallarán propuestas de implantación y soluciones a adoptar cumpliendo con toda normativa vigente en edificios universitarios y de iluminación interior, con el fin de satisfacer las necesidades visuales de confort y a su vez, reducir considerablemente el gasto económico en la factura de la luz y en las emisiones de CO2 a la atmósfera.

Cabe destacar, las infinitas ventajas de disponer de una tecnología LED en los sistemas de iluminación de la escuela técnica de ingenieros industriales y de telecomunicaciones de la Universidad de Cantabria.



Figura 1: Percepción del impacto eléctrico en nuestro planeta.

1.3 Objetivos de este proyecto

El objetivo del vigente trabajo consiste en una auditoría energética de iluminación interior aplicado a la ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de la Universidad de Cantabria.

Se desea proponer un estudio completo mediante la realización de una auditoría interna en iluminación interior de dicha escuela, adquiriendo así todos los datos de relevancia referente a la energía eléctrica consumida por la misma.

Del mismo modo, se plantea una propuesta de diseño en iluminación interior de todas las estancias del edificio docente. Para ello, se propone una mejora de los elementos dispuestos mediante la utilización de la nueva tecnología LED aplicado en la mayor medida posible a la instalación existente en la escuela.

Cabe destacar también, que el nuevo diseño que se propone está basado en el cumplimiento de toda la normativa existente en iluminación interior de edificios docentes al igual que el empleo de diferentes softwares específicos para obtener una propuesta que nos mejorará notablemente el gasto en energía eléctrica destinada a la iluminación, que en el conjunto de todo el campus de la Universidad de Cantabria, anda en base a los dos millones de euros anuales.

Al unísono se reducirá en gran medida los aportes CO2 a la atmósfera comprometiendo este proyecto con la mejora de nuestro medio ambiente.

Se realiza un estudio en detalle de la biblioteca proponiendo dos soluciones en exclusiva, con todo tipo de detalles dependiendo de su propuesta.

También se detallarán ubicaciones tales como un aula o despacho tipo, totalmente diseñadas mediante software específico en iluminación DIALux, obteniendo así, toda la información necesaria para su óptimo rendimiento tanto económico como visual.

Finalmente, se propondrá una renovado integral de la iluminación interior de la escuela al completo con el fin de obtener una alta eficiencia en el centro. Junto a ello se adjuntará un presupuesto global del coste de toda la renovación más una financiación económica para poder llevar a cabo el proyecto con toda garantía de satisfacción.



Figura 2: Vista principal de la escuela técnica superior de ingenieros industriales y telecomunicaciones.

1.4 Organización del documento

Tras esta breve introducción, el vigente proyecto se divide en las siguientes secciones:

- El Capítulo 2 está dedicado esencialmente a una breve introducción teórica de la situación actual en la eficiencia energética, donde se explicarán fundamentalmente los conceptos relacionados con la iluminación en centros docentes y definiciones técnicas relevantes. También se expresan las actividades detalladas en una escuela docente.
- En el Capítulo 3 se detallará la ubicación del edificio, se realizará un inventario exhaustivo de la iluminación interior de la escuela en el que se detallan alturas, cantidad, tipo, potencia, etc. de las luminarias existentes de todo el edificio por medio de tablas. Todo ello complementado mediante sus correspondientes planos detallados en el **Anexo I**.
- En el capítulo 4 serán expuestas las medidas de todas las zonas representativas del centro mediante el instrumento de medida luxómetro y exponiendo algunas mejoras posibles con la utilización de las nuevas tecnologías e insertando sistemas de control. Adjuntando a su vez el **Anexo II**, dónde se encontrarán todas las medidas reales de las alturas existentes en la escuela, en el **Anexo III**, se detalla el código técnico específico requerido en los centros docentes.
- En el Capítulo 5 se detallarán dos mejoras bien diferencias mediante tecnología LED:
Por un lado se detalla la ubicación de la biblioteca específicamente y se adjuntan los planos detallados de todas las luminarias existentes en ella, en el **Anexo IV**.

En el **Anexo V** se detalla la primera propuesta de la biblioteca. Se propone un renovado de las luminarias existentes, tipo, cantidad, modelo, etc. Junto con un presupuesto y estimación de años para su amortización.

En la propuesta II se detalla un mantenimiento del material existente y una propuesta de renovación integral, integrando sistemas de control para un aprovechamiento eficaz de la luz solar. Junto a ello se detallan los productos y presupuesto de la implantación en la escuela. Cabe destacar también la estimación de los años de amortización propuesta, todo ello detallado en el **Anexo VI**.

- Finalmente, se adjuntarán las fichas técnicas de todas las herramientas de medida utilizadas, junto con todos los soportes técnicos necesarios tanto del software como de las herramientas de diseño utilizadas para el desarrollo de este proyecto en el **Anexo VII**.

2. INTRODUCCIÓN Y ENERGÍA

2.1. Contexto energético actual

2.1.1 Situación energética actual en el mundo

Bien es sabido que la energía que llega a nuestras casas en forma de electricidad, la energía que impulsa los automóviles, barcos, aviones y en general cualquier tipo de energía de la que podamos echar mano para un consumo posterior, proviene en gran parte de materias primas en forma de combustibles fósiles.

Esto ha sido así desde la época de la revolución industrial (con las primeras máquinas de vapor alimentadas con carbón allá por el siglo XVIII), aunque existen antiguos documentos chinos que evidencian la explotación de carbón en el siglo XI A.C.

Además del carbón, el petróleo ha sido también un combustible fósil predominante. Su explotación se masificó a partir de 1895, con la aparición de los primeros automóviles, y se extendió hasta tal punto que se dice que en la década de 1957 a 1966 se usó casi la misma cantidad de petróleo que en los 100 años anteriores.

A día de hoy las cantidades de crudo demandadas son exorbitantes; según un informe extraído de la CNE (Comisión Nacional de la Energía) la demanda de crudo en el año 2007 fue de 84,9 millones de Bbl/día (bariles de crudo por día); sabiendo que un barril de crudo equivale a 159 l y que un año tiene 365 días, podemos deducir que en el año 2007 se consumieron alrededor de 4.927.171.000.000 litros de crudo en el mundo.

Este uso tan masificado de los combustibles fósiles no nos ha ocasionado problemas (o por lo menos no éramos conscientes de ello) hasta hace apenas unos 20 o 25 años. Actualmente se puede predecir que queda petróleo hasta el año 2043 (si seguimos al ritmo de consumo actual) y a parte, también conocemos algunas consecuencias más inmediatas de esta sobreexplotación del petróleo mirándolo desde la perspectiva medioambiental.

La combustión de hidrocarburos es en buena parte, responsable de la lluvia ácida, el calentamiento global y la contaminación atmosférica por las cenizas así como de muchos de los problemas respiratorios que podemos sufrir las personas.

Con esta perspectiva desalentadora merece la pena la búsqueda de soluciones que puedan sustituir esta dependencia que tenemos de los combustibles fósiles, tanto a nivel de ahorro energético en general, como en la inversión en fuentes de energía renovables.

2.1.2. Situación energética actual en España

2.1.2.1. Dependencia

España es un país dependiente energéticamente hablando. Ello se debe a que apenas tenemos unos pocos yacimientos de carbón en la zona de Galicia, Teruel, León, Córdoba y Asturias; además esta materia prima es de baja calidad, bajo poder calorífico y una extracción tan costosa que apenas sale rentable los esfuerzos económicos para extraerla.

A final de cuentas, sale más barato comprar parte de las materias primas al extranjero.

Todo esto se ve agravado por las actuales políticas de no proliferación nuclear, que bien es cierto que buscan una mejora en el futuro medioambiental del planeta, tienen por otro lado su consecuencia en los costes globales de la energía.

El gas natural es otra de las materias primas que más demandamos en nuestro país. Ello es debido a la apuesta que hay actualmente por incrementar la generación proveniente de centrales de ciclo combinado debido a su alta eficiencia (cerca del 60% de eficiencia frente al 35% de las térmicas convencionales) lo cual las hace muy atractivas desde el punto de vista económico así como en términos de emisiones de CO₂; el problema radica que todo el gas necesario para alimentar estas centrales tenemos que importarlo de terceros países (mayoritariamente de Argelia y Nigeria) lo cual termina por engordar la dependencia total que tiene España en términos de energía.

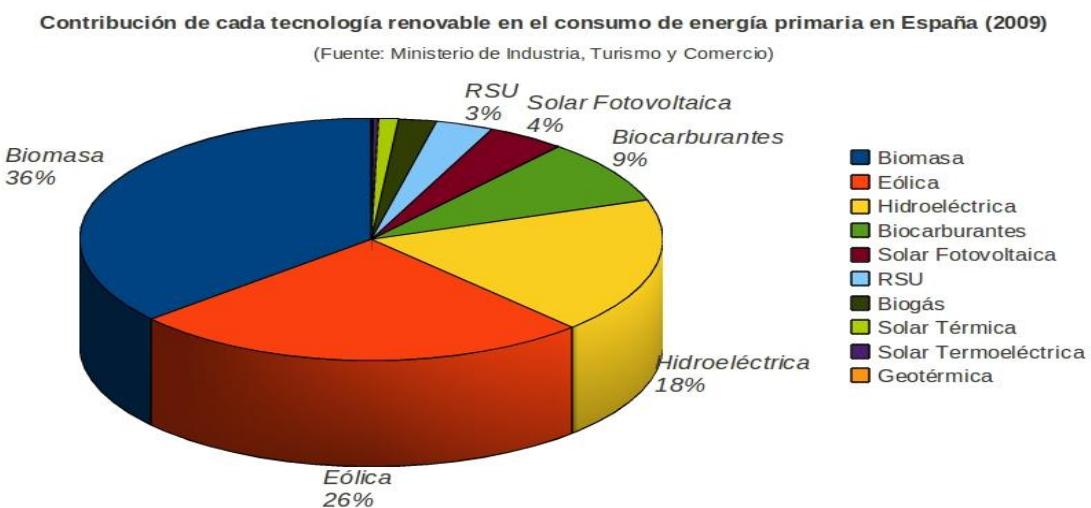


Figura 3: Desglose de participación en consumo de energía primaria en España.

Aun siendo evidente la carencia que tenemos en materias primas provenientes de hidrocarburos, es justo decir que España tiene una alta explotación en energías renovables; disponemos de un sol enviable comparado con el resto de Europa y a la vez hay bastante inversión en energía eólica, también debido a las condiciones óptimas de viento que tenemos en algunas regiones de nuestro país.

Con todo, y de nuevo mirando la figura 3 se puede apreciar cómo esta contribución es pequeña en comparación con la energía generada a partir de petróleo, carbón o gas natural.

2.1.2.2. Desarrollo sostenible

Definimos desarrollo sostenible como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo 1987).

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes (ver figura 4): ambiental, económica y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica.

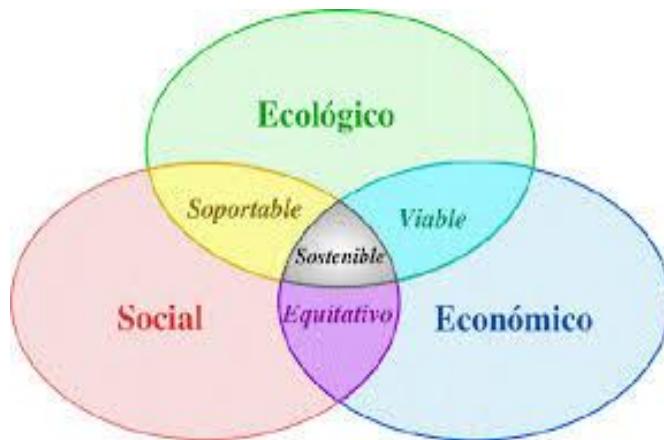


Figura 4: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible.

Partiendo de estos conceptos existen tecnologías de generación de energía sostenibles desde el punto de vista:

- Económico: porque su implantación produce beneficios dentro de su ciclo de vida.
- Social: con respecto a las consecuencias sociales de la actividad de la empresa en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc.), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general, necesidades humanas básicas.
- Ecológico: Con respecto a compatibilidad entre la actividad social de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Incluye un análisis de Los impactos del desarrollo social de las empresas y de sus productos en términos de flujos, consumo de recursos difícil o lentamente renovables, así como en términos de generación de residuos y emisiones... Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables.

En España se explotan algunas tecnologías para generación de energía que podemos considerar como sostenibles atendiendo a la definición antes hecha. Las tecnologías que más ayudan al desarrollo sostenible son las renovables dentro de las cuales podemos distinguir la tecnología fotovoltaica, la eólica, la térmica solar, etc.

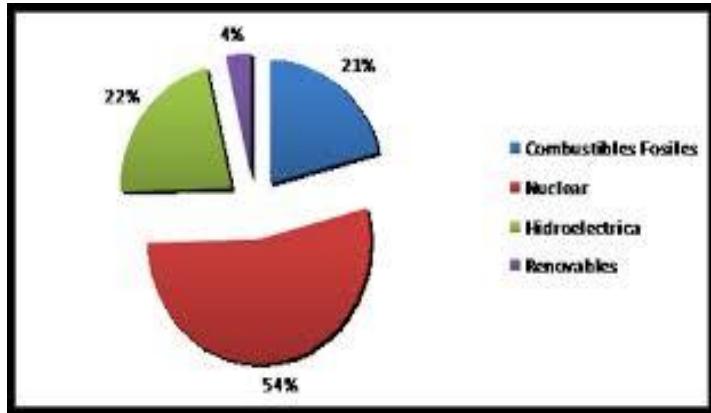


Figura 5: Porcentaje de generación de materias primas en España en el año 2010.

2.1.2.3. Medidas para fomentar el ahorro

Ante nuestro objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y asegurar un mundo sostenible a las futuras generaciones, podemos actuar, como ya se ha explicado, invirtiendo en tecnologías renovables. Pero existe una solución mejor si consumimos menos energía, demandaremos menos y al final supondrá un ahorro tanto económico como ecológico.

Desde esta perspectiva es desde donde queremos abordar nuestro proyecto. Se quiere hacer un estudio energético exhaustivo en iluminación interior de la escuela, con el fin de disponer de los datos reales de consumo entre otros en primera instancia.

Después se propondrán soluciones en base a nuevas tecnologías en iluminación (LED), las cuales, son tecnologías donde su consumo es reducido como mínimo a la mitad del consumo actual a la vez que se reduce el aporte de CO₂ a la atmósfera de manera sustancial.

A través de un Software profesional se estudiarán diferentes estancias del edificio con el fin de obtener un catálogo de datos exhaustivo, proponiendo soluciones para ahorrar energía e incluso ver qué efecto puede tener la contratación de “energía verde” o la instalación de paneles solares.

En última instancia, se realizará un estudio de cuánta energía se puede ahorrar en relación con un edificio estándar, proponiendo diferentes medidas de solución posibles para zonas estratégicas del edificio, ya que, como se verá a lo largo del proyecto, este edificio posee dimensiones muy considerables.

2.1.2.4. Eficiencia energética

Siguiendo en la línea anteriormente descrita, ahorrarán más energía aquellas entidades que tengan una buena eficiencia energética frente a aquellas otras cuya eficiencia sea baja.

Es decir, el mejor de los edificios, energéticamente hablando, será el que menos energía necesite para “funcionar” en relación con la envergadura de los servicios que deba cubrir. Por ejemplo unas oficinas que tengan ciertas necesidades de iluminación y temperatura, serán más eficientes si tiene unas grandes ventanas y un buen aislamiento ya que necesitarán comprar menos energía.

Este término de eficiencia energética se aplica también a otros ámbitos, como por ejemplo a los electrodomésticos o a los automóviles donde los más eficientes son los que menos consumen en función de la potencia que deban suministrar.

También es aplicable a la iluminación; de hecho el 1 de septiembre de 2009 se aprobó en el senado la prohibición de la venta de bombillas incandescentes. Es un ejemplo más de la tendencia por lo eficiente y consecuentemente, de trabas hacia lo ineficiente.

Pero, ¿cómo sabemos a priori si algo es eficiente energéticamente? Hasta hace poco no era fácil responder a esta pregunta porque requería de estudios técnicos que podían no ser fácilmente entendibles para una persona no formada para ello.

Actualmente se está apostando por políticas de ahorro que informen cuán eficiente es un aparato, automóvil, edificio, etc. a través de un sencillo sistema de etiquetado, fácilmente entendible por cualquiera. De este modo todo el mundo podrá estar informado a este respecto teniendo entonces la garantía de que aquello que están comprando es eficiente o no.

2.2 Sistemas de etiquetado y certificación energética

Los sistemas de etiquetado provienen de normativas europeas y todos pretenden ponerle una “nota” al aparato o edificio en cuestión para calificarle como eficiente o derrochador.

Le esta forma, en España se le está poniendo esta etiqueta a los edificios en nueva construcción (o de grandes remodelaciones), así como a electrodomésticos, automóviles o elementos de iluminación.

A continuación detallaremos un poco más en profundidad en qué consiste el etiquetado energético de edificios, ya que el objeto de nuestro trabajo se centra en el etiquetado de un edificio en concreto, estudiando la repercusión que tiene en este la contratación de “energía verde”.

2.2.1. Certificación energética de edificios

Los edificios de nueva construcción deben disponer de la Certificación de Eficiencia Energética, según establece el Real Decreto 47/2007 en transposición de la directiva 2002/91/CE de Eficiencia Energética de los Edificios. Este certificado, similar al empleado para los electrodomésticos, debe ser entregado a los compradores o arrendatarios y describe las características del edificio.

Hay que tener en cuenta que aproximadamente el 20% del consumo energético en España procede de los edificios, por lo que el fomento de la eficiencia energética es una parte importante del conjunto de medidas necesarias para alcanzar los objetivos marcados por el Protocolo de Kioto. Los elementos a tomar en consideración son:

- La eficacia de la envolvente térmica.
- El aislamiento.
- La infiltración.
- La ventilación.
- El agua sanitaria.
- La eficacia de los sistemas.
- La incorporación de energías renovables.



Figura 6: A partir del 31 de octubre de 2007 todos los edificios de nueva construcción deben llevar su correspondiente etiqueta de eficiencia energética.

La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE.

En lo referente a Certificación Energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Para los edificios existentes está prevista la elaboración de otro R.D. con anterioridad a enero de 2009.

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea el Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría General de Energía, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, teniendo carácter público e informativo.

Así mismo, en el artículo 14 del mismo, se crea la Comisión asesora para la certificación de eficiencia energética de edificios como órgano colegiado de carácter permanente que depende orgánicamente de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Su misión es la de asesorar a los Ministerios competentes en materias relacionadas con la certificación energética.

Este Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, entrará en vigor 3 meses después de su publicación, siendo voluntario su aplicación durante un periodo de 6 meses. A partir de ese momento (31 de octubre de 2007), los proyectos de edificios que soliciten licencia de obras deberán cumplir la normativa establecida en este R.D.

En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la obtención de la escala de calificación, en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad.

Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopasan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 "Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings".

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.

La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007.

Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado Calener, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

2.2.3. Otros sistemas de etiquetado

2.2.3.1. Etiquetado de la iluminación

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales, industriales y fundamentalmente académicas. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

La iluminación representa en muchos edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico. Así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a iluminación puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50 %. En nuestro proyecto adquiere un valor económico mayor al 35% de la factura eléctrica.

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar.

La Directiva Europea 92/75/CEE, de 22 de septiembre de 1992, obliga a los fabricantes de lámparas al etiquetado de los productos con el fin de informar sobre sus características energéticas. Por medio del etiquetado energético, es posible conocer el consumo del producto con el fin de comparar con otro de la misma funcionalidad y elegir la opción más eficiente.

Los requisitos de aplicación de esta directiva, en lo que respecta al etiquetado energético de lámparas de uso doméstico, quedan establecidos en la Directiva 98/11/CE de la Comisión de 27 de Enero de 1998. El ámbito de aplicación está compuesto por las lámparas de uso doméstico alimentadas por la red eléctrica (lámparas de filamento, excluyendo las reflectoras, y lámparas fluorescentes compactas integradas) y por las lámparas fluorescentes de uso doméstico (incluidas las tubulares y las fluorescentes compactas no integrales), incluso cuando se comercialicen para uso no doméstico.

Existen siete clases de eficiencia energética, identificadas con una letra desde la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). Si se adquiere una lámpara de clase A, el consumo es casi tres veces menor que si fuera de clase G. Este ahorro energético y, por lo tanto, económico es muy interesante para los hogares y edificios en general.

En el embalaje de las lámparas debe aparecer esta etiqueta, además de la potencia de la lámpara (W), el flujo luminoso (lm) y la vida media (h).

Las dos lámparas anteriores son equivalentes en flujo luminoso; sin embargo, la clasificada A energéticamente consume un 80 % menos de energía y su vida útil es 10 veces superior, que la incandescente clasificada E.

ETIQUETADO ECOLÓGICO

Las lámparas, además de poseer la etiqueta energética, pueden poseer la Etiqueta Ecológica Comunitaria o Eco-Etiqueta. La Eco-Etiqueta es un distintivo de calidad ambiental cuyos criterios de concesión están fijados en la Decisión 2002/747/CE de la Comisión de 9 de Septiembre de 2002 aplicable a las lámparas eléctricas de bajo consumo, así como a las lámparas fluorescentes compactas con balasto electrónico y los tubos fluorescentes. No se incluyen en ella lámparas fluorescentes compactas con reactancia magnética, lámparas de proyectores, lámparas fotográficas y lámparas solares.

Para obtener la Eco-Etiqueta las lámparas eléctricas deben no sólo tener un bajo consumo de energía, sino también ofrecer una garantía de vida media superior a las 10.000 horas y un mantenimiento del flujo superior al 70 % pasado ese tiempo.

Un producto con etiqueta ecológica posee las siguientes características:

- Reducción del consumo energético.
- Contenido en mercurio estrictamente limitado.
- Aumento del control de calidad del producto y de su durabilidad.
- Reducción de los residuos gracias al uso de embalajes reciclables.
- Mejor información a los consumidores para un uso óptimo.



Figura 7: Logotipo de la Eco-Etiqueta.

BUENAS PRÁCTICAS EN LA ILUMINACIÓN DEL SECTOR TERCIARIO

- Aproveche al máximo la iluminación natural mediante la instalación de células fotosensibles que regulen la iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.
- Establezca circuitos independientes de iluminación para zonificar la instalación en función de sus usos y diferentes horarios.
- En grandes instalaciones los sistemas de control centralizado permiten ahorrar energía mediante la adecuación de la demanda y el consumo además de efectuar un registro y control que afecta tanto a la calidad como a la gestión de la energía consumida.
- Instale detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).
- Una fuente de ahorro importante es instalar programadores horarios que apaguen o enciendan las luces a una determinada hora.
- Elija siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de sus necesidades de iluminación.
- Emplee balastos electrónicos, ahorran hasta un 30 % de energía, alargan la vida de las lámparas un 50 % y consiguen una iluminación más agradable y confortable.
- Realice un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz y luminarias y reemplazando las lámparas en función de la vida útil indicada por los fabricantes.

En nuestro caso, según se ha mostrado en estas líneas, también puede ser interesante adquirir material para iluminación con un alto etiquetado energético, y mejor aún, si tiene Eco-Etiqueta. Al introducir estas tecnologías, y al llevar a cabo esta pequeña guía de buenas prácticas en la iluminación del sector terciario, se estará contribuyendo a la mejora de la eficiencia energética global del edificio, lo cual es uno de los objetivos de este proyecto.

2.2.3.2. Etiquetado de electrodomésticos

El frigorífico es el electrodoméstico de los hogares que consume más electricidad, haciendo un uso racional del mismo se consigue un buen ahorro energético.



Figura 8: El frigorífico es el electrodoméstico que más energía consume.

En los países de la Unión Europea los fabricantes de electrodomésticos están obligados a etiquetar sus productos con la llamada etiqueta energética, con el fin de contribuir al ahorro energético y a la preservación del medio ambiente.

La etiqueta energética es una herramienta informativa que indica la cantidad de energía que consume un electrodoméstico y la eficiencia con que utiliza esa energía, además de otros datos complementarios del aparato.

Existen siete clases de etiquetas energéticas que se tipifican, en función de los consumos eléctricos en diferentes colores y con letras del abecedario de la A (Más eficiente) hasta la G (Menos eficiente).

De esta manera, los usuarios pueden valorar y comparar en el mismo momento de la compra el rendimiento energético de los distintos modelos de un mismo tipo de electrodoméstico.

Los electrodomésticos que, según la normativa comunitaria, deben llevar obligatoriamente etiqueta energética son los siguientes: Frigoríficos, congeladores y aparatos combinados, lavadoras, secadoras y lava-secadoras, lavavajillas, fuentes de luz, aparatos de aire acondicionado, hornos eléctricos, calentadores de agua y otros aparatos que almacenen agua caliente.

2.2.3.3. Etiquetado de automóviles

En España la etiqueta energética se encuentra disponible también para los coches. Los vehículos clasificados como A y B emiten niveles de CO₂ por debajo del umbral de 120 g/km, los vehículos clasificados como G, en cambio, emiten más del doble.

La etiqueta hace referencia a consumos relativos. Lo que pretende es dar una idea de la eficiencia de los vehículos en comparación con los de similar tamaño (en realidad, el criterio de comparación es el de consumo/superficie en planta), con la idea de orientar al consumidor sobre la eficiencia del vehículo que desea adquirir en un determinado segmento.

No es objeto de nuestro proyecto introducirnos más en el etiquetado de automóviles, pero se quería dejar constancia de los distintos tipos de etiquetado existentes y de los más importantes.

También me gustaría dejar constancia en este apartado que la nueva tendencia tanto en los automóviles como en el resto de herramientas para uso diario va en la línea eléctrica. Ya que de aquí a quince años más de un 30% de los automóviles existentes de nueva compra van a ser eléctricos.

A este detalle me gustaría incluir las inmensas aportaciones que se están aplicando a poder conseguir energía eléctrica de una manera ecológica. Con esto quiero decir que se genere energía por fisión, requiriendo agua como materia prima y simulando la energía del sol para poder obtenerla, siendo los residuos de este proceso el Helio(He).

Con que en resumidas cuentas en la década del 2020 empezaremos a ver avances muy satisfactorios en la generación de la energía eléctrica a un coste muy inferior al actual y sin dejar residuos en la misma.

2.3 Clasificación de actividades

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro docente, observamos la existencia de distintas tareas que requieren de un tratamiento específico. Trataremos los espacios uno por uno, no aislándolos, sino relacionándolos en un todo que forma el centro, ya que los alumnos los ocupan de una forma indiscriminada durante la jornada escolar.

La luz natural exterior participará de una forma definitiva en la iluminación de los interiores, si bien de manera distinta en las distintas salas, en función de la orientación de estas y de la superficie acristalada (ventanas, lucernarios, claraboyas) que dispongan.

2.3.1 Actividad visual y espacios

Contemplando la similitud de las tareas, en los centros docentes se pueden distinguir, genéricamente, los siguientes grupos, clasificados según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea o función específica.

Espacios con actividad visual elevada: Aulas de enseñanza práctica, (tales como dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales, informática). Los locales destinados a estas actividades deben ser iluminados de forma distinta a las aulas de enseñanza teórica, donde la uniformidad del nivel de iluminación debe predominar sobre otras propiedades del mismo.

En general, la luz del día proveniente de la exterior y adecuadamente tratada, es bien recibida. En estas aulas, donde la apariencia del color es muy importante, las fuentes de luz utilizadas deben tener la capacidad de reproducir bien los colores.

Puede utilizarse iluminación suplementaria, con fuentes de luz direccionales para tareas de exposición y modelado, con el fin de crear, si así se desea, zonas con niveles de iluminación más intensos. Es recomendable la utilización de sistemas de regulación de la luz emitida por las luminarias.

Mención aparte merecen las aulas destinadas a impartir clases de informática, por la problemática de los brillos y reflejos producidos sobre las pantallas de los ordenadores por las fuentes de luz artificial y los ventanales.

Laboratorios.

Es aconsejable la utilización de la luz artificial, fundamentalmente por seguridad (la llama de un mechero bunsen puede ser invisible a la luz del día), destinando el área de las ventanas para demostraciones y colocación de estanterías y armarios.

Se debe considerar la posibilidad de conseguir una zona oscura, para la realización de experimentos ópticos y proyecciones de diapositivas o similares. Donde la discriminación de colores es vital, por ejemplo en laboratorios de química o biología, se deberán utilizar tubos fluorescentes con espectro próximo a la luz del día (Índice de rendimiento al color Ra alto).



Figura 9: Imagen de un laboratorio de la escuela.

Bibliotecas.

Las bibliotecas de los centros educativos pueden abarcar desde una simple aula de lectura con estanterías en alguna de sus paredes, hasta las más complejas instalaciones de centros universitarios y escuelas técnicas.

Algunas bibliotecas incluyen un área de lectura donde se requiere un nivel de iluminación uniforme, adecuado para la lectura de letra impresa, junto a áreas de estanterías para almacenamiento de libros, las cuales requieren una iluminación especial.

Si existen ventanas, las estanterías que contienen los volúmenes, deben formar ángulo recto con las mismas. Si el alumbrado de las estanterías es artificial, este deberá proporcionar una adecuada iluminación vertical sobre aquellas.

Espacios con actividad visual normal.

En este apartado dedicaremos especial atención al alumbrado de aulas, asimilando al mismo el de otros locales, tales como seminarios, salas de profesores y oficinas administrativas. Dedicaremos

unas líneas al alumbrado de cocinas y gimnasios, que por las características de las tareas realizadas en ellas, requieren un trato especial.

Aulas.

Dentro del alumbrado de los centros docentes, el de las aulas es el más común y a la vez el que más requiere la atención del proyectista. En las escuelas elementales, como en secundaria o facultades universitarias, es en las aulas donde los alumnos pasan la mayor parte de las horas lectivas. La iluminación de las aulas depende de la tarea que se realiza en ellas, y comprende desde la toma de notas, hasta la realización de exámenes, utilización de calculadoras, etc.

La tarea de mayor dificultad consiste en la lectura de un texto impreso o más aún, a lectura de un texto escrito con lápiz; por lo tanto, el nivel de iluminación debe ser el apropiado para la realización de esta tarea.

En un aula estándar, cuya superficie puede oscilar entre 60 y 80 metros cuadrados (pueden existir otras aulas de dimensiones distintas, pero el criterio de iluminación será el mismo que el utilizado para la estándar), es habitual que una de las paredes está ocupada por un amplio ventanal, que abarque toda la pared, desde el techo hasta el suelo, o una parte de ella, generalmente desde el techo hasta una altura de 1m. sobre el suelo.

Algunas aulas pueden tener lucernarios o ventanas en alguna de las esquinas, pero siempre la luz natural estará presente. En primer lugar analizaremos la penetración de la luz natural en el aula. Si esta es muy profunda, consideraremos el aumentar la reflectancia del fondo de la misma.

Posteriormente consideraremos la instalación de las luminarias en el techo. Una vez que la iluminancia o nivel de iluminación haya sido determinado, otros factores como el deslumbramiento, sombras y colores deben ser considerados en la elección de las luminarias y lámparas.

Las luminarias a instalar dependen de la altura y tipo del techo. En techos altos, pueden ser utilizadas luminarias suspendidas (directas/indirectas) que emitan luz hacia el techo y hacia los planos de trabajo. Una bien diseñada iluminación indirecta, proporciona una iluminación libre de sombras.

Pero la mayor parte de las aulas disponen de techos bajos, que necesitan luminarias adosadas o empotradas en falsos techos. Son más adecuadas las luminarias empotradas que las adosadas, porque a igualdad de tamaño, tienen mejor estética.

Las luminarias de un aula pueden ser colocadas en varias posiciones; sin embargo se debe tener especial cuidado en la orientación de las mismas, de acuerdo a los siguientes factores:

- Posición y orientación de los pupitres y mesas de trabajo.
- Situación y proximidad de las ventanas.
- Altura de los techos.
- Características fotométricas de las luminarias.
- Flexibilidad del espacio para otras funciones.
- Situación del tablero o pizarra.

El tablero no debe ser brillante, y no debe ser necesariamente negro.

La iluminación del tablero debe reunir dos condicionantes:

- No debe producir reflejos sobre su superficie.
- Se debe obtener una adecuada iluminación en la parte más baja del mismo, asegurando que la relación entre las iluminancias mínima y media (uniformidad media) existente en el tablero sea superior a 1/3.

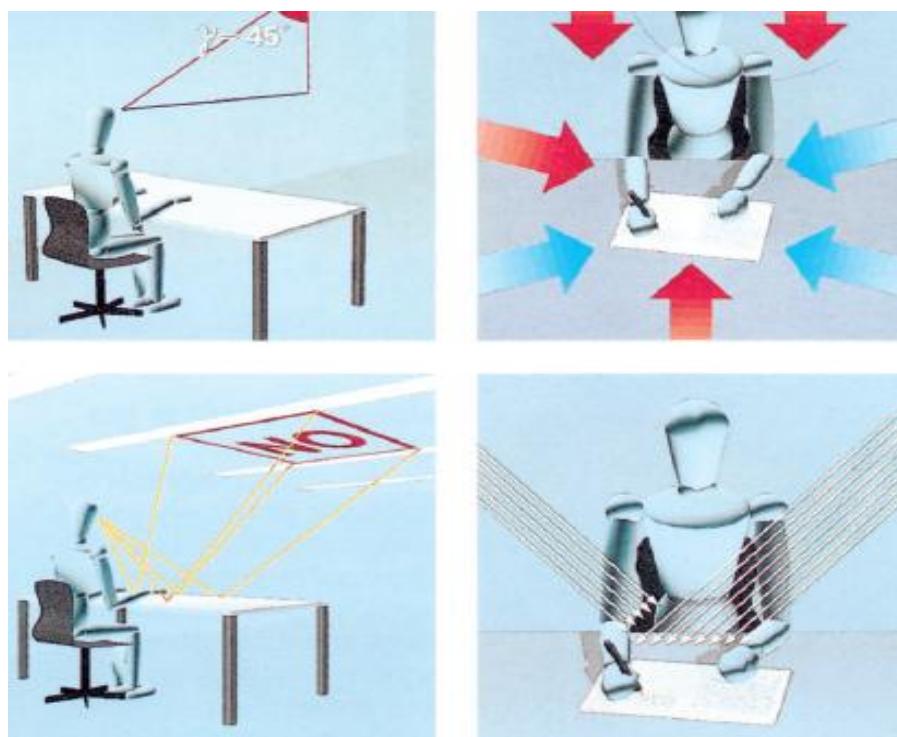


Figura 10: Inclinaciones idóneas para el alumbrado.

Si las luminarias son colocadas más próximas al tablero, la luz puede no ser suficiente en el pie del mismo. Si son colocadas más alejadas, los brillos serán observados desde los pupitres de los alumnos, es decir, la luminaria se situará a una distancia tal que los ángulos θ , según se define en la Figura 17, tomando como ángulo el haz luminoso con la horizontal coincidan.

Para evitar reflejos en la pizarra que dificulten la visión total o parcial de la misma, se utilizarán luminarias tipo “bañador” de pared. Se deben considerar también los brillos producidos por la luz recibida de otras luminarias o desde las ventanas existentes en la sala.

Cocinas.

Si la luz natural proveniente del exterior no es suficiente, las cocinas deben dotarse de un alumbrado artificial adecuado a la tarea a realizar, con luminarias de características especiales, dotadas de un elevado grado de estanqueidad, con protectores plásticos que impidan la caída de cristales por la rotura de alguna lámpara. Las lámparas habitualmente utilizadas son los tubos fluorescentes.

Gimnasios.

Los gimnasios y espacios destinados a la educación física, ocupan generalmente las salas más amplias del edificio. Por ello pueden ser empleadas como salas polivalentes dedicadas a actividades no relacionadas con la educación física, tales como reuniones generales, auditorio, representaciones dramáticas o musicales, graduaciones, actividades extra escolares o incluso como salón de baile en el caso de centros de enseñanza media y universitaria.

El alumbrado debe diseñarse de acuerdo a estas actividades y ser fácilmente adaptable a sus requerimientos luminosos. Un buen diseño del alumbrado de un gimnasio debe prever la creación de varios circuitos, para reducir o ampliar los requisitos de iluminación cuando sea necesario.

Así mismo, la utilización de luminarias portátiles o suplementarias, debe ser tenida en cuenta para casos especiales. Las lámparas habitualmente utilizadas, adecuándolas a la altura de los techos de estas salas, son las de descarga y los tubos fluorescentes. Las luminarias utilizadas en los gimnasios deben llevar rejillas protectoras, si no existe una red a tal fin que ocupe todo el techo de la sala.

Piscinas.

Si en el centro docente existe piscina, para la iluminación de esta se debe intentar aprovechar al máximo la luz natural a través de grandes superficies acristaladas situadas en las paredes o en el techo, teniendo especial cuidado con los brillos y reflexiones producidas sobre el agua, que pueden dificultar la vigilancia de los monitores sobre las personas que se encuentran en el interior de la misma.

El alumbrado artificial se realizará situando las luminarias fuera de la vertical de las paredes que forman el vaso de la piscina, para facilitar el mantenimiento.

Las luminarias empleadas, sea cual fuese el tipo, deben poseer un alto grado de estanqueidad, y una gran seguridad contra la rotura de vidrios y lámparas, habida cuenta de la falta de protección contra cortes y heridas de los usuarios de la piscina.

Algunas piscinas pueden incorporar, como elemento fundamentalmente decorativo, iluminación propia a través de las paredes del vaso, utilizando para ello luminarias especiales.

En función de las alturas de implantación de las luminarias, se pueden utilizar lámparas fluorescentes con elevada reproducción cromática o lámparas de halogenuros metálicos.

Espacios con actividad visual baja:

- Vestíbulos
- Pasillos y escaleras

- Comedores y cafeterías
- Aseos y duchas
- Almacenes
- Zonas de esperas y paso
- Zonas exteriores

En los espacios de actividad visual baja, los requerimientos del alumbrado no son tan exigentes como en las aulas u otros lugares donde se desarrollan actividades visuales altas o normales. Las lámparas habitualmente utilizadas son los tubos fluorescentes.



Figura 11: Imagen del iluminado de una piscina.

Vestíbulos, pasillos y escaleras.

Los vestíbulos y escaleras no deben iluminarse como meros lugares de paso, ya que pueden considerarse como espacios de ampliación de las aulas, y en algunas ocasiones, sobre todo en las zonas próximas a la puerta de acceso, como continuación de estas.

Donde los pasillos sean utilizados únicamente como lugares de paso o movimiento de personas, se deberá reforzar la iluminación en las uniones de estos, para seguridad y guiado.

Es muy usual que las paredes de los pasillos sean utilizadas para la colocación de tableros de noticias, fotografías, trabajos de los alumnos, obras de arte, etc. En ese caso, los lugares ocupados por estos, deberán tener una iluminación especial.

En el alumbrado de escaleras se debe evitar que los peldaños produzcan sombra en el inmediato inferior, por lo que la iluminación deberá realizarse en los descansillos superior e inferior, y si los tramos fuesen largos, también a lo largo de los mismos.

Comedores.

En el caso de las salas destinadas a comedores, como en los gimnasios, el alumbrado debe ser previsto para las múltiples tareas que además de la habitual, se realizan en ellas (salas de juegos, reuniones, etc.). Cuando los alumnos no tienen libertad de movimientos, considerar la protección contra el deslumbramiento y radiación directa del sol.

Algunas lámparas de descarga y tubos fluorescentes, pueden provocar que la comida aparezca como poco apetitosa. Es por tanto preferible la utilización de lámparas fluorescentes tubulares y compactas de nueva generación.

Duchas y aseos.

En estas instalaciones, el alumbrado debe ser individual por cada cubículo o bien compartido con luminarias colocadas de forma que puedan iluminar a varios de ellos sin producir sombras acusadas. Dado el ambiente de gran humedad reinante, son recomendables las luminarias estancas con lámparas fluorescentes tubulares o compactas y la utilización de interruptores temporizados o utilización de detectores de presencia para el control de encendido.

Almacenes.

El tiempo de permanencia en estas salas suele ser corto, pero no por ello debemos dejar de dotarlos con la iluminación adecuada a las tareas a realizar, que en algunos casos, como en los almacenes de material escolar y archivos, no requieren niveles similares a los de las aulas, como es el caso de otros almacenes, como por ejemplo los destinados a material deportivo, artículos de limpieza, etc., donde los requerimientos de luminancia son inferiores.

Exteriores.

Se detalla de manera teórica el alumbrado en los exteriores debido a su importancia aunque en el vigente proyecto no se estudie en detalle. En muchos centros docentes la actividad continúa cuando la luz solar ya no existe, y es por ello importante tener en consideración varios aspectos relacionados con el alumbrado de exteriores.

Las fachadas de los edificios, sus alrededores y las áreas para actividades deportivas exteriores, deben ser iluminadas para la realización de la actividad y por seguridad general, así como por la protección contra el vandalismo y robo.

El alumbrado exterior y el de seguridad están tan próximos el uno al otro, que deben ser considerados conjuntamente. A menudo la misma instalación puede servir para los dos propósitos. El alumbrado exterior de los centros docentes debe facilitar la aproximación y entrada en los mismos durante las horas nocturnas, tanto a pie como en cualquier vehículo, facilitar la seguridad del edificio y de su contenido y realzar la arquitectura del mismo.

En muchos casos esto último se consigue como consecuencia de conseguir los anteriores objetivos.

El rendimiento de color de las lámparas utilizadas no tiene por qué ser excelente. En los centros docentes existen determinados locales o zonas especialmente significativas que requieren soluciones en las que no siempre deba ser predominante la exigencia de la eficiencia energética. Estos pueden ser el salón de actos y la zona de dirección.

Podemos definir como aulas especiales, aquellas en las que se realiza una actividad con exigencias de iluminación distintas a las habituales. Entre estas podemos resaltar las aulas para alumnos discapacitados, aulas de informática y el salón de actos.

Los alumnos con dificultades en la audición, a menudo dependen de la comprensión de los gestos o de la lectura de los labios del profesor o de sus compañeros, por lo que es necesario que las caras de estos aparezcan perfectamente iluminadas.

La iluminación debe proveer del modelado suficiente para que el movimiento de los labios sea percibido por los alumnos.

En las aulas de informática, la presencia de brillos generados tanto por la luz natural como por la artificial, sobre las pantallas de los ordenadores, se convierte en el principal problema a resolver para la consecución de un buen alumbrado.



Figura 12: Enfoque visual y dimensionado para el correcto posicionamiento ergonómico.

Sera necesaria la utilización de luminarias dotadas con reflectores y apantallamientos especiales, así como el control riguroso de la luz solar proveniente del exterior.

El salón de actos es el espacio multidisciplinar por excelencia, incluso superando al gimnasio y al comedor.

Por lo tanto, los sistemas de iluminación deben adaptarse a las múltiples tareas que se pueden desarrollar en él, proveyendo del suficiente nivel luminoso para tareas como realización de exámenes, y de sistemas de regulación para anular en su totalidad y progresivamente la emisión de luz de las lámparas en el caso de proyección de películas, cintas de video, diapositivas, representaciones teatrales, etc.

Si por problemas de acceso, las luminarias no se pudiesen ubicar en el techo, debemos considerar la posibilidad de colocar las luminarias en las paredes de la sala.

Las lámparas utilizadas deben reproducir adecuadamente los colores, aún a costa de su eficiencia energética.

Valoración del tiempo anual de la actividad

El tiempo anual de la actividad de cada local o espacio, es muy importante a la hora de valorar el ahorro energético que supondría la implantación de un sistema de iluminación eficiente en cada tipo de espacio.

En los centros de enseñanza primaria y secundaria, se han de considerar de 6 a 8 horas diarias durante unos nueve meses al año. En otros tipos de centros, la duración de la actividad puede estimarse entre 10 y 12 horas diarias, aunque existen algunas estancias como la biblioteca que tienen otro período estipulado de horas de uso.

Esto representa una utilización anual de:

- Enseñanza primaria y secundaria
$$= 7 \text{ h} \times 20 \text{ días} \times 9 \text{ meses} = 1260 \text{ horas año.}$$
- A estos tiempos hay que añadir los empleados en la limpieza, si bien es cierto que en este caso, el encendido de la iluminación se realiza por sectores. Y destacando que la biblioteca aumenta considerablemente esta estimación como se podrá observar en el capítulo 5.

2.4 Ventajas tecnología LED

Muchas son las ventajas que nos ofrece el mercado en estos tiempos referente a la iluminación mediante la tecnología LED (Light-Emitting Diode).

Las tres fundamentales destacadas a lo largo de los anteriores capítulos han sido:

- * **Ahorro energético y económico.**
- * **Respetuoso con el medio ambiente.**
- * **Alto potencial estético.**
- * **Luz de calidad Centros Universitarios**
$$= 12 \text{ h} \times 20 \text{ días} \times 9 \text{ meses} = 2160 \text{ horas año.}$$

A continuación, se van a destacar otras muchas ventajas de esta tecnología en iluminación con el fin de detectar su gran potencial en la instalación de dicha tecnología en cualquier tipo de sistema de iluminación:

- Larguísima vida útil (50.000 a 100.000 horas).
- Reducción en costes de mantenimiento y climatización.
- Mayor eficacia que las lámparas convencionales.
- Gran calidad de luz: sin UV, sin IR en el haz de luz.

- Productos más pequeños.
- Flexibilidad en diseño (luz oculta).
- Colores saturados (sin necesidad de filtros ópticos).
- Posibilidad de regulación y de luz dinámica (colores base RGB).
- Robustez, seguridad ante vibraciones (iluminación en estado sólido).
- Fuente de luz libre de mercurio.
- Encendido instantáneo, sin parpadeo.
- Arranque a bajas temperaturas (hasta -40°C).
- Funcionamiento a bajo voltaje.

Light source (60W equivalent)	Minimum lumen output	Input power level	Efficacy (lm/W)	Lifetime	Lamp price per piece
60W Incandescent	800 lm	60W	13.3 lm/W	1,000 hours	US \$0.60
43W Halogen	750 lm	43W	17.4 lm/W	1,000 hours	US \$2.50
CFL	825 lm	13W	63.5 lm/W	10,000 hours	US \$3.50
LED	800 lm	9.5W	84.2 lm/W	20,000 hours	US \$9.00

Figura 13: Tabla comparativa de diferentes tipos de iluminación.

3. ESTUDIO DE ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA ESCUELA ETSIIT

3.1 Ámbito de aplicación

Si bien antes hemos justificado normativamente la necesidad de realizar un estudio de iluminación interior de la escuela. De lo que si tenemos que concienciarnos es de que en la época en la que nos encontramos de las nuevas tecnologías, en un edificio de ámbito universitarios, donde se forman a los ingenieros, se debe apostar en la medida de lo posible por sistemas inteligentes y productos de última generación “Iluminación LED” para mejorar nuestras condiciones de trabajo y habitabilidad.

A la vez que de esta manera se reducirá sustancialmente la cantidad energía eléctrica consumida por la iluminación, este suceso implica dos aspectos directamente proporcionados.

Por un lado, la reducción del gasto económico en la factura de la luz y por otro lado y no menos significativo la reducción de la cantidad del aporte de CO₂ a nuestra atmósfera.

Esta escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicaciones de la Universidad de Cantabria está destinada íntegramente a la docencia e investigación, con lo que se tienen que cumplir con los criterios específicos de iluminación en centros docentes como se ha mencionado con anterioridad en todas y cada una de sus instancias.

3.1.1 Ubicación

El inmueble se encuentra ubicado en la Avenida de los Castros s/n en la ciudad de Santander (Cantabria). En la siguiente figura se puede encontrar la ubicación del edificio y el entorno que le rodea.

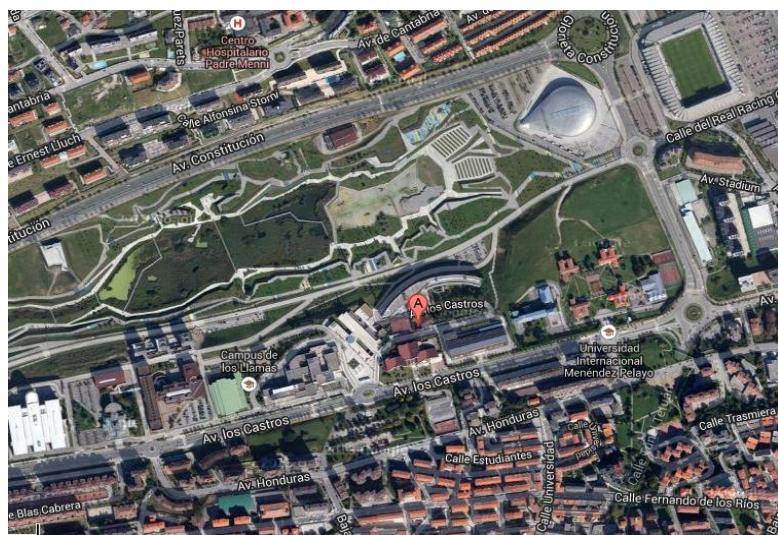


Figura 14: Ubicación geográfica del edificio.

De una manera un poco más detallada y enfocada se puede observar la estructura completa de la escuela donde se va a proceder al estudio de iluminación interior.

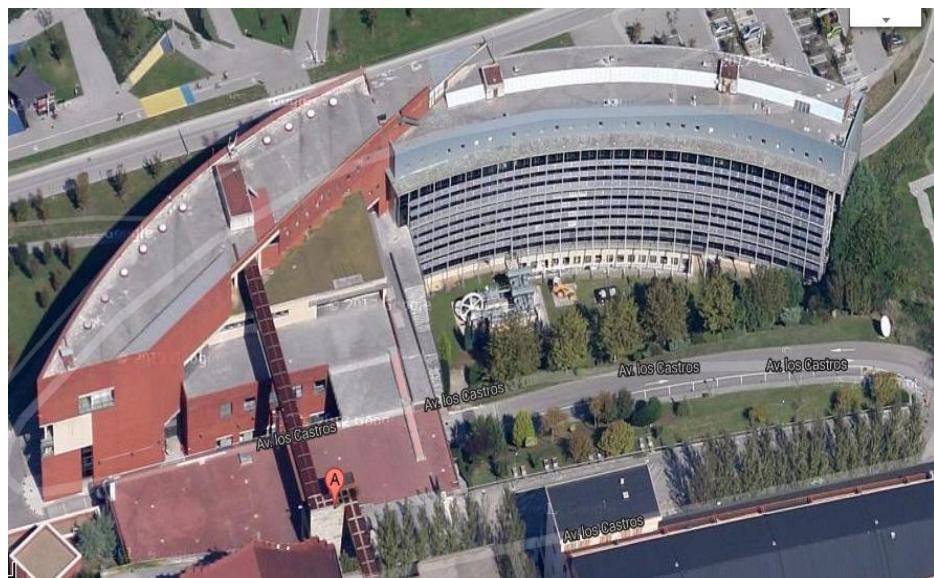


Figura 15: Vista en perspectiva del edificio.

En el **Anexo I** se incluirán los planos relevantes de todas las plantas de la escuela que se han estudiado en detalle, con el fin de obtener la máxima información respecto al estudio del presente edificio docente y hacernos una idea de la envergadura del vigente estudio.

3.1.2 Descripción del inmueble

Para desarrollar nuestro estudio de iluminación interior en la escuela, es importante conocer las características constructivas que presenta el edificio, ya que éstas serán consideradas posteriormente en la decisión de medidas a adoptar en alguna instancia del inmueble.

En la figura 15 se puede observar la forma de media luna que posee el edificio. Este hecho nos detalla implícitamente lo difícil que es el buen estructuramiento del sistema de iluminación ya que, continuamente nos vamos encontrando con ángulos de curvatura que precisan un masivo número de puntos de luz.

El edificio consta de 8 plantas, distribuidas como planta 0, planta 1 y planta 2 y de manera inversa desde la planta S1 hasta la planta S5. Consta de tres escaleras principales A, B y C.

La escalera A se encuentra justo en la zona de la pasarela que se observa en la fotografía, en la parte principal del edificio mientras que las escaleras B y C se encuentran en la parte derecha del edificio, donde en la figura 12 se pueden observar ambas salidas a la azotea describiendo así su ubicación.

3.2 *Inventario de Iluminación interior*

3.2.1 *Medida de las alturas*

A continuación se muestra una tabla detallada de las diferentes alturas existentes en el edificio de la escuela. Las alturas existentes son de especial interés en el diseño de la iluminación interior de cualquier edificio debido a su proporcionalidad directa en la calidad de visión de cada instancia en detalle.

No es lo mismo que una lámpara, tubo fluorescente o cualquier tipo de luminaria se encuentra a 2 metros de distancia que a 3 m por ejemplo. Los rayos luminosos se van dispersando en mayor grado a mayor distancia.

Al igual que su potencia luminosa, son aspectos que están relacionados con la distancia o altura en este caso, ya que a mayor altura, mayor potencia deberá poseer las luminarias para que en la zona de medida, se obtengan los lux requeridos en cada instancia o zona de aplicación.

Para estas medidas, se ha utilizado un medidor láser de la marca Bosch que se incluye en las hojas técnicas al final del vigente proyecto, con el fin de disponer de todas sus características técnicas en detalle.

Se han elegido la planta 0, planta 1 y planta -1 en más detalle, ya que, son las plantas donde se centra casi la totalidad de uso académico de la escuela.

También se han tomado como ejemplo diferentes aulas (aulas planas y aulas escalonadas), diferentes tipos de laboratorios, escaleras, baños y ascensores. Con el fin de poder obtener medidas de todas las zonas representativas de la escuela con alto grado de exactitud y así abarcar la totalidad del edificio.

Este apartado lleva incluido el **Anexo II**, documento donde se detallan todas las alturas representativas medidas reales existentes en la escuela mediante una tabla explicativa.



Figura 16: Vista cara norte de la escuela.

3.2.2 Inventario de Iluminación interior

El edificio consta de 8 plantas de altura como se describió en el apartado 3.1.2, se ha realizado un inventario con el fin de obtener el total de luminarias existentes en el edificio. Se obtienen cinco tipos de luminarias distintos, estos son: tubos fluorescentes de 36W y 55W, luminarias de 15W, focos especiales y luces de emergencia.

Se ha realizado una agrupación de cada tipo de luminaria con el fin de poder obtener un cálculo bastante aproximado de la cantidad de vatios de potencia que demanda el edificio en la actualidad sin contar su grupo electromagnético que posteriormente en las propuestas sí que se tendrá en consideración para realizar las propuestas de manera exacta.

Planta	Escalera	Fluorescentes 36W	Fluorescentes 55W	Luminarias 15W	Luces de emergencia	Focos 40W
-5	A B C	109	24	15	65	0
-4	A B C	1056	24	25	75	0
-3	A B C	823	24	45	131	0
-2	A B C	598	24	29	99	0
-1	A B C	809	24	5	84	6
0	A	144	8	130	23	0
0	B	268	8	8	25	0
0	C	3	6	3	18	0
1	A	283	6	22	25	0
1	B	12	6	160	29	0
1	C	282	24	6	25	0
2	A B C	143	18	21	38	0
Total luminarias:		4530	196	469	637	6

A la vista de la tabla anterior, se puede observar la envergadura del proyecto, es un estudio de iluminación interior gigantesco. Supone más de 5000 puntos de luz o luminarias, ya bien sean de los diferentes tipos descritos.

Son **5832** luminarias sin contar las luces de emergencia ya que su potencia es muy inferior al resto, aunque no despreciable ya que suponen otros 637 puntos de luz a sumar.

En su mayoría son tubos fluorescentes de 36 Vatios de potencia, más del 90% de la instalación como podemos observar. Habría que sumar en el consumo de potencia todas las potencias de las reactancias de cada tubo fluorescente.

Por lo tanto, este tipo de luminarias es el que más hay que tener en cuenta en todos los aspectos a la hora de considerarlo tanto energéticamente como económicoamente.

En primer lugar se va a realizar una estimación propia en el cálculo de la potencia consumida al año con un 74% de iluminación que se estima en unas 1200horas/año.

En segundo lugar, se va a tomar las 2160h anuales para su cálculo, como se mencionó con anterioridad según las bases del instituto de eficiencia energética de nuestro país y se realiza el cálculo con las potencia únicamente de las luminarias sin sumarle las reactancias para este cálculo.

- Factor de KgCO2 = 1.536

Iluminación interior 1200h/año	Potencial consumo energético
--------------------------------	------------------------------

Total luminarias:	4530	196	469	637	6
--------------------------	-------------	------------	------------	------------	----------

Medidas	Kwh	Kwh/año	Kg CO2/año
Tubo fluorescente 36W	163.08	195696	127205
Tubo fluorescente 55W	10.78	12936	8408.571
Luminarias 15W	7.035	8442	5487.412
Luces de emergencia	3.185	3822	2484.35
Focos adaptados	0.24	288	187.203

Total potencia consumida:	184.32	221184	143772.536
----------------------------------	---------------	---------------	-------------------

Para esta cantidad de Kg CO2 / año se necesitarían aproximadamente unos 778 7650 árboles.

Iluminación interior 2160h/año	Potencial consumo energético
--------------------------------	------------------------------

Total luminarias	4530	196	469	637	6
-------------------------	-------------	------------	------------	------------	----------

Medidas	Kwh	Kwh/año	Kg CO2/año
Tubo fluorescente 36W	163.08	352253	229331
Tubo fluorescente 55W	10.78	23285	15160
Luminarias 15W	7.035	15196	9893
Luces de emergencia	3.185	6880	4479
Focos adaptados	0.24	518	337
Total potencia consumida:	184.32	398132	259200

A continuación se va ha realizar un pequeño resumen del modelo existente que posee la Universidad de Cantabria para el control de la energía eléctrica enfocada a la escuela donde se está realizando el estudio energético de iluminación interior.

La escuela tiene un programa particular SCADA, contratado a una empresa privada externa a la universidad, para tener un control y seguimiento desde el servicio de infraestructuras de la universidad y desde la empresa en cuestión. Desde dicho programa, se tiene un control en detalle de toda la energía eléctrica de todo el edificio como se verá en las siguientes imágenes que se presentan.

A continuación se muestra la visión de la pantalla del contador principal:

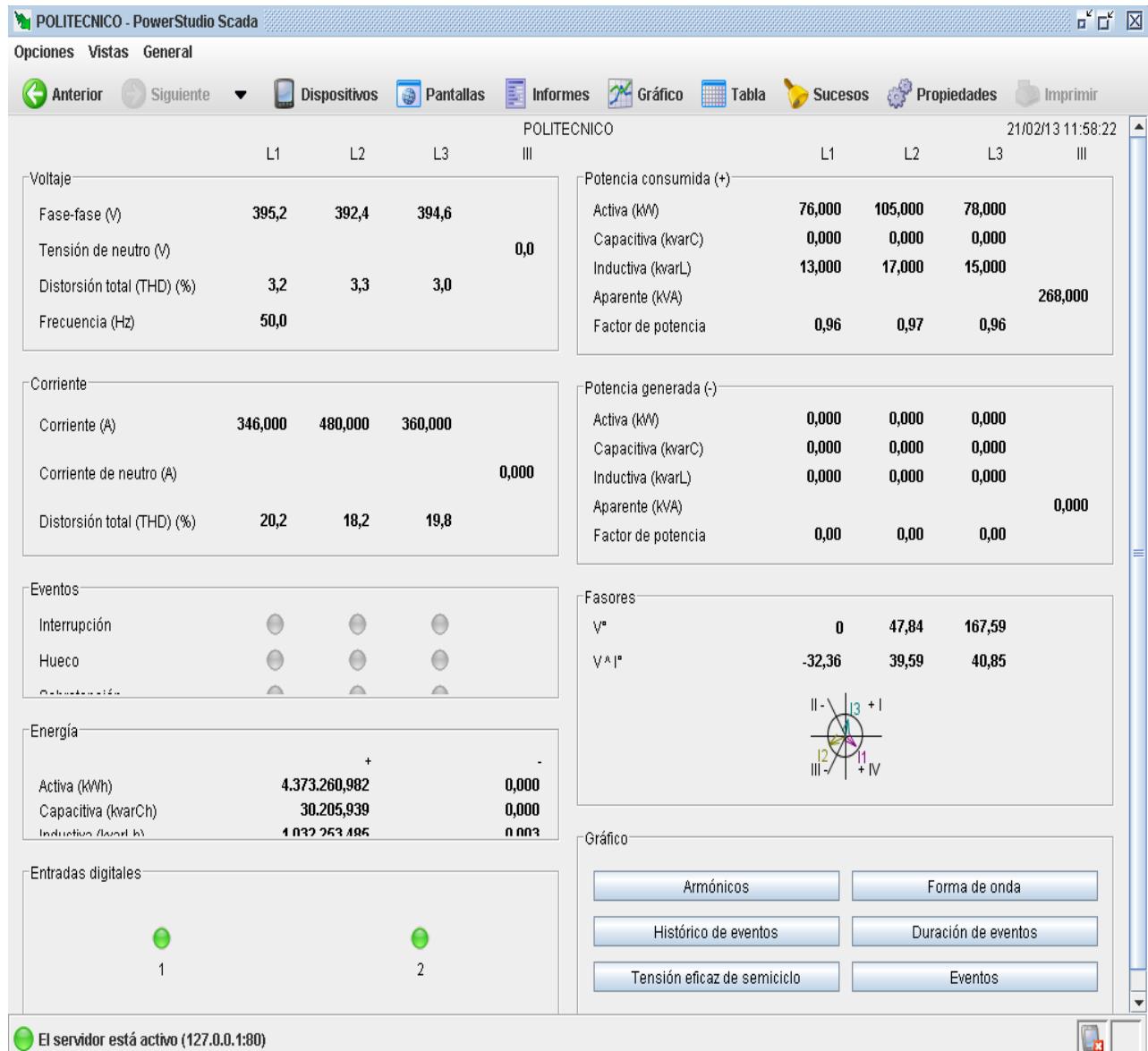


Figura 17: Vista principal del sistema de control SCADA.

En la imagen principal observamos los voltajes existentes en las líneas L1 L2 L3, son las correspondientes líneas de control de las tres escaleras existentes en la escuela con se podrán observar más en detalle en el vigente estudio.

También se pueden encontrar otros datos de interés, como pueden ser las intensidades acordes a cada línea, distorsiones, las diferentes energías existentes, las diferentes potencias consumidas en cada línea, un gráfico ilustrativo de la posición de los fasores, etc.

A continuación se muestra una imagen de lo que representa la semana del 11 al 17 de febrero de 2013, con las gráficas de consumo de las energías activas, capacitivas y reactivas de toda la escuela de manera gráfica:

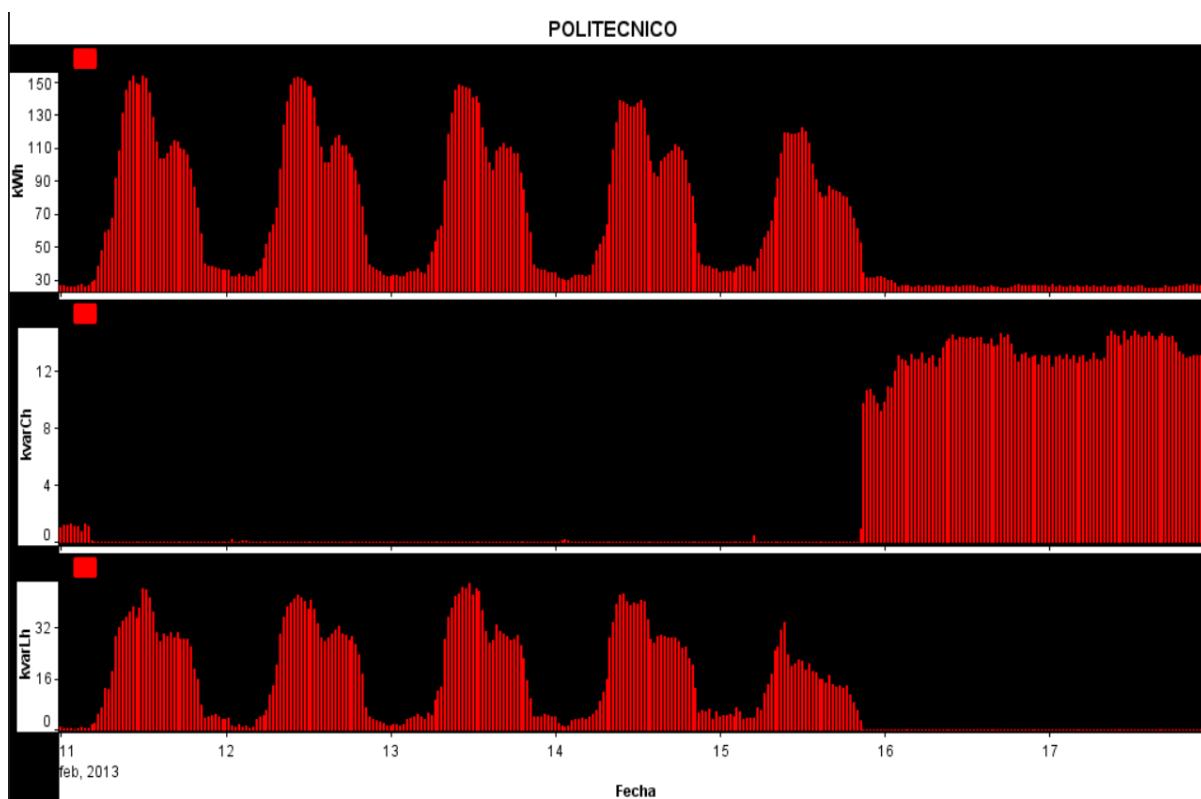


Figura 18: Gráficas de Energía Activa, Capacitiva e Inductiva.

Como se ha mencionado con anterioridad, esta imagen representa toda la semana, del 11 al 17 de febrero de 2013, con lo cuál, se puede observar como la energía capacitativa casi no existe de lunes a viernes, mientras el fin de semana sólo existe dicha energía para su compensación en la red eléctrica, como se vé en la segunda gráfica.

También se observa como de lunes a jueves son los días de mayor consumo, dejando el viernes un consumo menor de la energía eléctrica, tanto activa como inductiva, al observar el gráfico superior e inferior.

De manera similar a obtener los consumos de manera gráfica, se pueden obtener en hojas de cálculo con toma de medidas exactas de las tres energías cada cierto período de tiempo, cada escalera(cada línea) y con todo tipo de detalle.

A continuación se muestra el total del consumo de la misma semana de febrero expuesta con anterioridad de manera gráfica, pero ahora, obteniendo los datos de manera numérica y resumiendo su total en las tres energías que componen la energía eléctrica:

Semana 7, 11 febrero
2013 - 17 febrero 2013

Fecha/hora	E.Activa (21201,574 kWh)	E.Capacitiva (1364,581 kvarCh)	E.Inductiva (4272,049 kvarLh)
------------	-----------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

Figura 19: Consumo semanal de energía Activa, Capacitiva e Inductiva.

COPIA DE PRECIOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA A FECHA DE FEBRERO DE 2013

TARIFA	TÉRMINO DE ENERGIA POR PERIODO SIN IVA					
	nuevo Pfina (sin IEE €/kWh) P1	nuevo Pfina (sin IEE €/kWh) P2	nuevo Pfina (sin IEE €/kWh) P3	nuevo Pfina (sin IEE €/kWh) P4	nuevo Pfina (sin IEE €/kWh) P5	nuevo Pfina (sin IEE €/kWh) P6
2.0A	0,150279	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2.1A	0,158337	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
3.0A	0,128068	0,107822	0,076642	0,000000	0,000000	0,000000
3.1A	0,109177	0,098365	0,073303	0,000000	0,000000	0,000000
6.1	0,121408	0,105045	0,097057	0,087728	0,085730	0,069903
6.2	0,109046	0,095630	0,091255	0,084268	0,083046	0,068240
TÉRMINO DE POTENCIA POR PERIODO SIN IVA						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
6.1	38,102134	19,067559	13,954286	13,954286	13,954286	6,366846

Figura 20: Tabla de precios y tarifas existentes en la Universidad de Cantabria.

3.3 Reemplazo total de la Escuela

En este subcapítulo se presenta un reemplazo total de la iluminación interior existente en la escuela, que consta de:

- Tubos fluorescentes de 36W.
- Tubos fluorescentes de 58W.
- Lámparas de 26W.

Por una parte se realizan los consumos actuales existentes de las tres potencias de toda la instalación del centro docente, para obtener el consumo exacto que producen los tubos fluorescentes y sus reactancias por un lado y los focos por otro, todo en (kWh).

Además a continuación se ha calculado el consumo propuesto por la futura instalación, también en (kWh) y el ahorro estimado según la instalación propuesta y la existente.

Se proponen dos tipos de tubos fluorescentes LED y unas lámparas de última generación con el fin de mejorar la eficiencia energética de la iluminación interior de la escuela.

Se expresan también varias gráficas de consumo, donde de una manera simple se observan los distintos consumos previamente descritos, tanto los actuales como los posibles futuros consumos.

Se describen también los costes de mantenimiento que acarrean las tres instalaciones, al igual que los factores medioambientales que producen las instalaciones propuestas.

Finalmente se describen los costes de instalación, inversión real y una estimación anual de los años para la amortización de las mismas.

Los siguientes datos han sido verificados por el departamento de Philips de Cantabria por medio de la Sra. Paula Abaz.

Conclusiones Generales**CONSUMO TOTAL ACTUAL DE LA INSTALACION (x Año)**

668.685 kWh

CONSUMO TOTAL PROPUESTO (x Año)

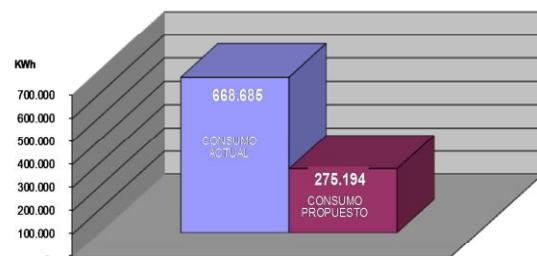
275.194 kWh

AHORRO ENERGETICO

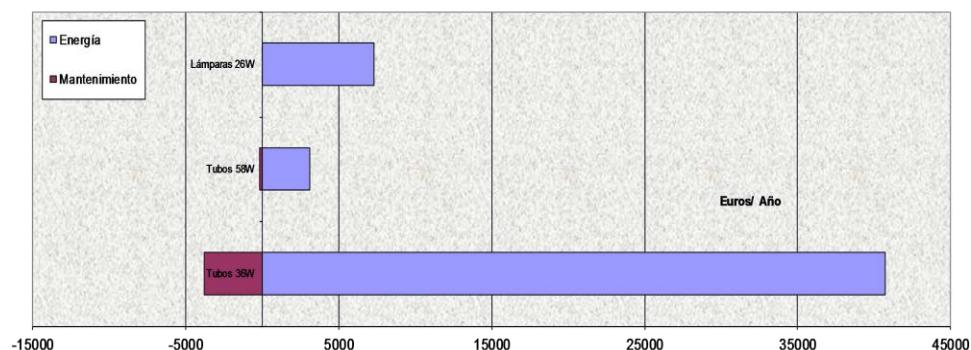
393.491 kWh

REDUCCION DEL CONSUMO 59%

Diferencia Consumo Instalación kWh

**Ahorro Anuales x Sector**

	<i>Energía</i>	<i>Mantenimiento</i>	<i>Total Sector</i>
Tubos 36W	40.736 €	- 3.786 €	36.950 €
Tubos 58W	3.118 €	- 161 €	2.957 €
Lámparas 26W	7.299 €	3.863 €	11.162 €
51.154 €		- 85 €	51.069 € AHORRO TOTAL x año

**Factores Medioambientales:****Disminución de Kg de CO2 anuales**

165.266 Kg/año

**Equivalente al consumo de**

8.263 Arboles

**Disminución en Productos de Desecho**76% **Ahorro en Mercurio al Año**

9.150 mg

**Inversiones iniciales:****Instalación Actual**

26.116 €

Inversión real

217.923 €

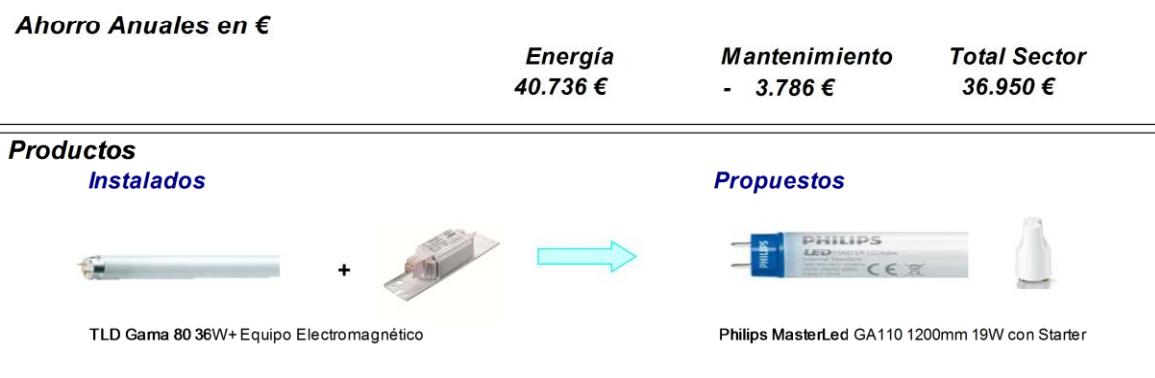
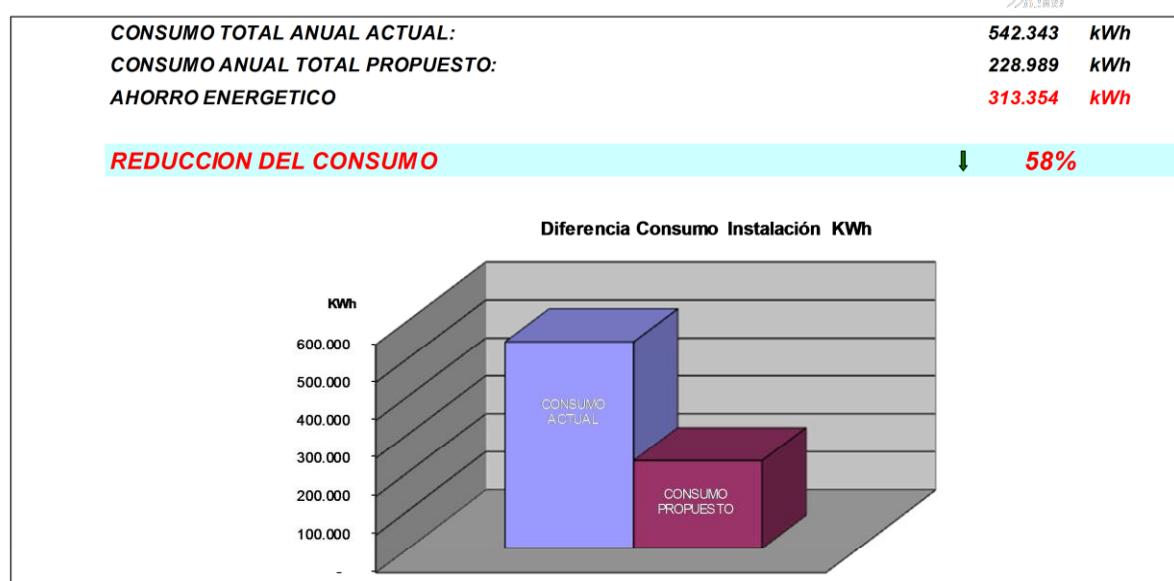
Instalación Propuesta

244.039 €

Amortización (Años)

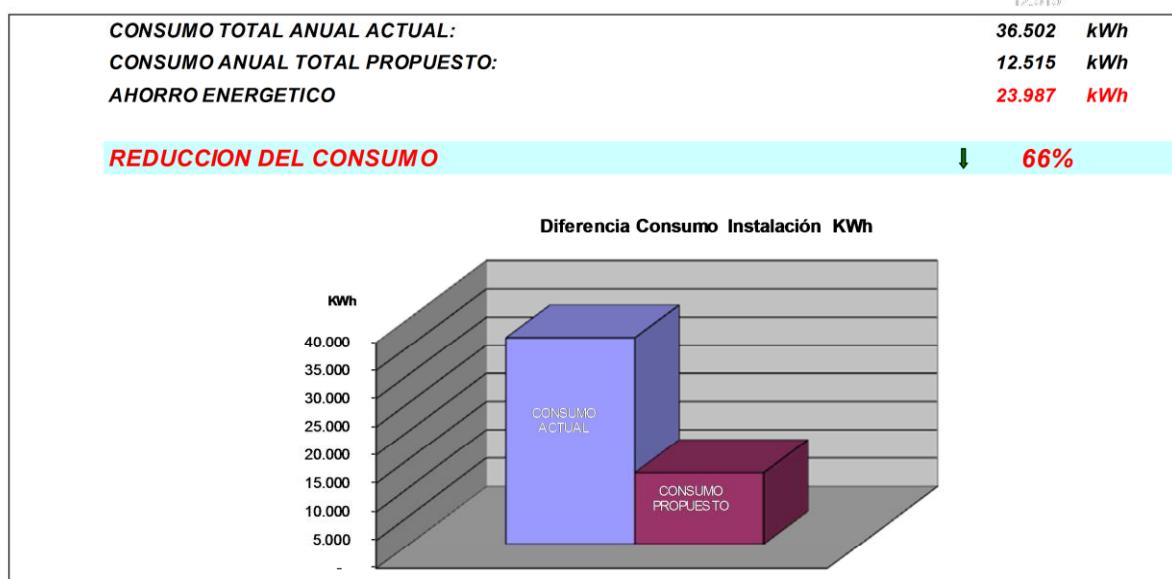
4,3

RESUMEN: Tubos 36W

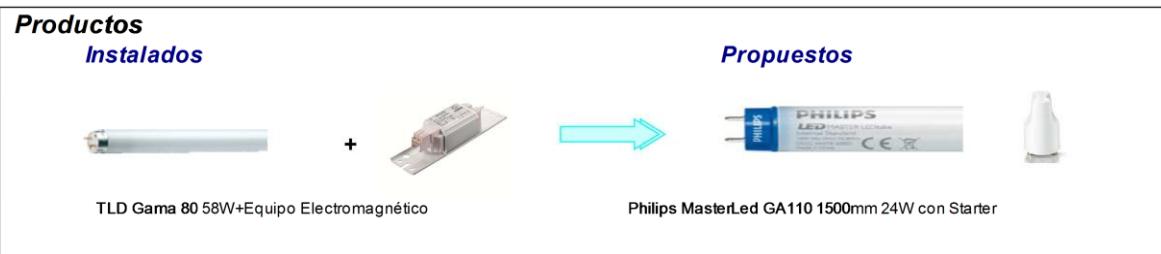


Inversiones iniciales y periodo de amortización:	
<i>Instalación Actual</i>	18.709 €
<i>Instalación Propuest</i>	199.320 €
<i>Inv.real</i>	180.611 €
<i>Amortización (Años)</i>	4,9

RESUMEN: Tubos 58W



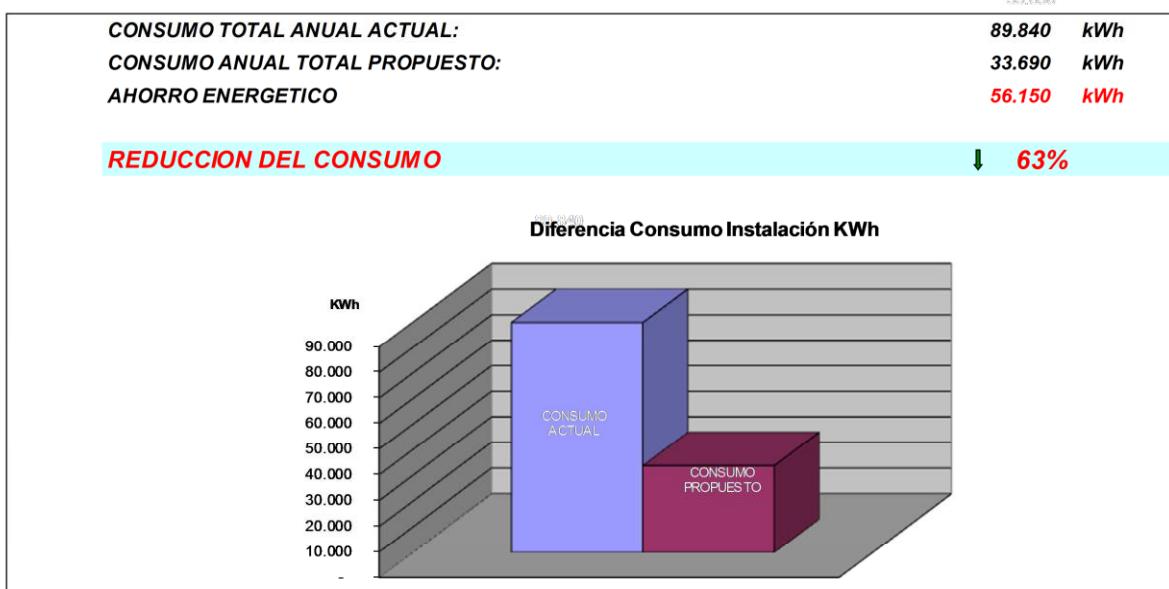
Ahorro Anuales en €	Energía 3.118 €	Mantenimiento - 161 €	Total Sector 2.957 €
----------------------------	---------------------------	---------------------------------	--------------------------------



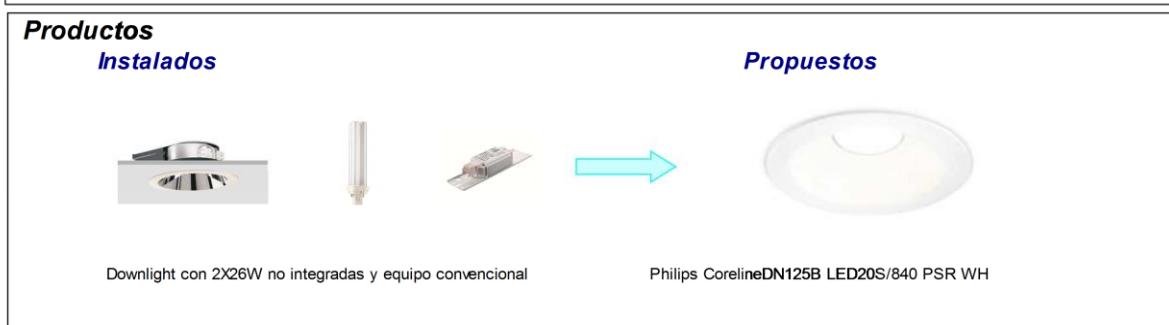
Factores Medioambientales:	
Disminución de Kg de CO₂ anuales:	10.075 Kg/año
Equivalente al consumo de:	504 Arboles
Disminución en Productos de Desecho:	76%
Ahorro en Mercurio al Año:	348 mg

Inversiones iniciales y periodo de amortización:	
Instalación Actual	898 €
Instalación Propuesta	9.544 €
Inv.real	8.646 €
Amortización (Años)	2,9

RESUMEN: Lámparas 26W



Ahorro Anuales en €	Energía 7.299 €	Mantenimiento 3.863 €	Total Sector 11.162 €
----------------------------	---------------------------	---------------------------------	---------------------------------



Factores Medioambientales:	
Disminución de Kg de CO₂ anuales:	23.583 Kg/año
Equivalente al consumo de:	1.179 Arboles
Disminución en Productos de Desecho:	78%
Ahorro en Mercurio al Año:	768 mg

Inversiones iniciales y periodo de amortización:	
Instalación Actual	6.510 €
Instalación Propuest	35.175 €
Inv.real	28.665 €
Amortización (Años	2,6

4. MEDIDAS LUMINOSAS DE ZONAS REPRESENTATIVAS

Dicho capítulo se va a tratar de manera individual debido a que se basa en la iluminación, tema en el que se basa el vigente proyecto, dándole de este modo la relevancia que merece.

Se indican directamente los niveles de luminosidad y lux necesarios que se requieren para las distintas zonas de aplicación o estancias de la escuela, cumpliendo siempre con la normativa vigente para centros universitarios.

4.1 Aplicación de la sección HE3 al Alumbrado

Éste es sin duda el documento que supondrá un mayor avance en materia de iluminación de las edificaciones.

Se destacan varios apartados de este reglamento debido a su gran relevancia en la realización del vigente proyecto, pudiendo observar la sección HE3 en detalle en el **Anexo III**.

Su ámbito de aplicación son las instalaciones de iluminación de interior en:

- Edificios de nueva construcción.
- *Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil de más de 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada. (Proyecto vigente).*
- Reformas de locales comerciales y edificios de uso administrativo donde se renueve la instalación de alumbrado.
- Se excluyen específicamente:
 - Edificios y monumentos de valor histórico, cuando la aplicación de estas exigencias suponga alteraciones inaceptables para ellos.
 - Construcciones provisionales para menos de 2 años.
 - Instalaciones Industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
 - Edificios independientes de menos de 50 m².
 - Interiores de viviendas.

Aún en estos casos, se deben adoptar soluciones, debidamente justificadas en el proyecto, para el ahorro de energía en la iluminación.

Para la aplicación de esta sección se establece un procedimiento de verificación, que debe incluir:

- Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (según se explica más delante).
- Comprobación de la existencia del sistema de control y regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.
- Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento. Así mismo, debe incluirse en la memoria del proyecto.
- Así mismo, debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda.

A continuación se detalla la caracterización y cuantificación de estas exigencias:

Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

Este valor se define como:

Las unidades son, por tanto: W/m² por cada 100 Lux.

Las unidades son, por tanto: W/m² por cada 100 Lux.

Para este valor se establecen unos valores mínimos, diferenciándose en los edificios dos tipos de zonas: las de representación y las de no representación. Se entiende por zonas de representación aquellas donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Por el contrario, zonas de no representación son aquellas donde los criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio. Los valores límite de exigencia energética incluyen la iluminación general y de acento pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Analizando, los sistemas actualmente utilizados, para iluminación de los distintos espacios interiores, hay que prestar especial atención a:

Zonas de no representación

Cabe destacar en este capítulo que todas las regiones de interés del centro docente se destacaron en el apartado 2.3.1 *Actividad visual y espacios*.

a) Iluminación general de oficinas, zonas de no representación: En general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 (siempre Potencia instalada x 100 VEEI= Superficie iluminada (m²) x iluminancia media mantenida que sean gama 80 -trifósforo-), como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia exigidos.

Únicamente determinadas soluciones con luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3,5 W/m² por cada 100 Lux.

Siempre se ha de tener especialmente en cuenta que el alumbrado de acentuación se debe incluir en el cálculo de eficiencia aunque no es muy habitual su uso en zonas de no representación.

b) Andenes de transporte: En este punto, también se cumplen habitualmente los niveles mínimos, siempre que se utilice fluorescencia gama 80 (trifósforo). Se tendrá que prestar más atención cuando se utilicen difusores opales en las luminarias, ya que en este caso, los valores de eficiencia energética, fácilmente se superarán los niveles mínimos exigidos.

c) Pabellones de exposición o ferias: Las soluciones habitualmente utilizadas para la iluminación general de estos espacios, como las luminarias para lámparas de descarga (halogenuros metálicos o vapor de mercurio) así como las luminarias para fluorescencia lineal (siempre que incorporen reflector de aluminio y reactancia electrónica), cumplen sobradamente con los mínimos exigidos.

d) Habitaciones de hospitales: En este tipo de instalaciones hay que prestar especial atención a la proporción de luz indirecta utilizada, así como al rendimiento de los difusores utilizados, ya que en muchos de los casos, las eficiencias obtenidas no llegarán a los mínimos exigidos. Las luminarias

tipo “Cabeceo de cama” deberán tener un estudiado diseño para maximizar su eficiencia y cumplir así con los mínimos requeridos.

e) Zonas comunes: En estas zonas hay que prestar especial cuidado al uso abusivo de lámparas halógenas (para iluminación general), ya que harían imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. Si se utilizan este tipo lámparas, deben ser en todo caso para aportar luz de acentuación en puntos concretos, y utilizando las tecnologías más eficientes disponibles. Lámparas halógenas ahorradoras del tipo MASTERLine y utilizar transformadores electrónicos.

Zonas de representación

En general, los niveles de eficiencia exigidos para las zonas de no representación son conseguidos con cierta facilidad, siempre que el alumbrado no se base en lámparas incandescentes o halógenas estándar. Este tipo de iluminación es todavía habitual en determinadas oficinas, galerías de exposiciones, pequeños comercios y hoteles. Para aumentar la eficiencia es importante utilizar lámparas con la mayor eficiencia posible, como las lámparas de bajo consumo.

En los hoteles y hostelería también es habitual la instalación de luminarias de diseño decorativo que incorporan difusores opales de vidrio o tela. Este tipo de luminarias no se deberá utilizar para hacer la iluminación general, ya que imposibilitará obtener las eficiencias mínimas exigidas. En todo caso ayudará el sustituir, en el interior de estas luminarias, cualquier fuente de luz halógena o incandescente por lámpara fluorescentes compactas.

4.1.2 Iluminancia y uniformidad

Se entiende por iluminancia o nivel de iluminancia, a la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) que emitido por una fuente de luz, llega vertical u horizontalmente a una superficie, dividido por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux.

a) El nivel de iluminancia debe fijarse en función de:

- El tipo de tarea a realizar (necesidades de agudeza visual).
- Las condiciones ambientales.
- Duración de la actividad.

Según el tipo de actividad, las iluminancias a considerar serán:

- Horizontales
- Verticales

En el plano horizontal la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadriculado simétrico.

4.2 Criterios de Calidad y deslumbramiento

En general el deslumbramiento es un efecto no deseado en el diseño y práctica de la iluminación.

El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillante), que pueden estar en el campo de visión del observador.

El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador está en función del tipo de actividad que se realiza en el local. El deslumbramiento directo de lámparas, se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

Para validar la idoneidad de las luminarias para la actividad a desarrollar, se utilizará el criterio C.I.E., este sistema tiene clasificada las tareas o actividades en cinco grupos que definen otras tantas clases de calidad.

Cada grado de calidad tiene asignado un índice de deslumbramiento surgido de la evaluación subjetiva del deslumbramiento, llevado a cabo en el laboratorio por un grupo de observadores.

Las cinco clases de calidad son:

- a. La clase de calidad “A” será para una actividad visual muy alta, índice de deslumbramiento 1'15.
- b. La clase de calidad “B” será para una actividad visual alta, índice de deslumbramiento 1'50.
- c. La clase de calidad “C” será para una actividad visual media, índice de deslumbramiento 1'85.
- d. La clase de calidad “D” será para una actividad visual baja, índice de deslumbramiento 2'20.
- e. La clase de calidad “E” será para una actividad visual muy baja (donde los trabajadores no están confinados en un puesto concreto), índice de deslumbramiento 2'55.

El diagrama C.I.E que permite comprobar la idoneidad de la luminaria a utilizar está formado por valores de iluminancia media en servicio (lux) como se puede observar en la siguiente figura, curvas patrón de limitación de la luminancia (línea negra), escala de índices de deslumbramientos (de 1'15 a 2'55) y clases de calidad (de A a E).

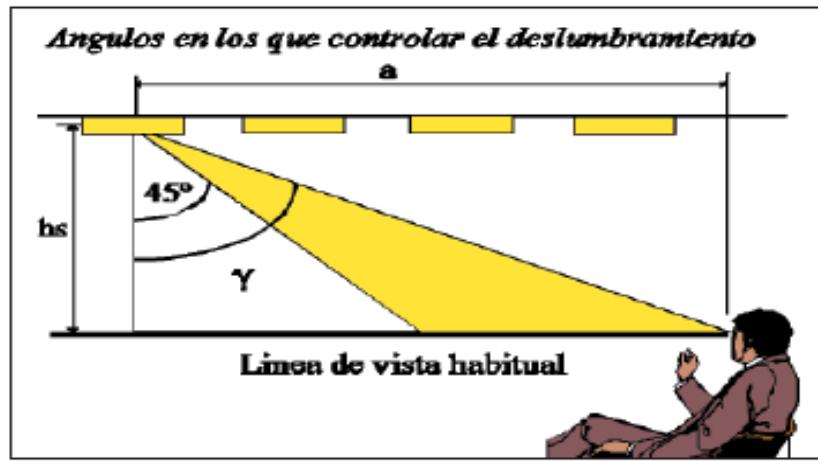


Figura 21: Ángulos para el control del deslumbramiento.

Procedimiento para el uso del diagrama C.I.E. Es:

Selección de la curva patrón adecuada (línea negra) a partir de la clase de calidad (A....D) y el nivel de iluminancia recomendado para la dependencia o actividad. Definir el ángulo máximo, para la longitud (a) y altura del local (hs), entre el nivel del ojo del observador más desfavorable y el plano de las $\alpha > 45^\circ$.

Comparación de la curva de luminancia de la luminaria seleccionada (línea azul) con la parte elegida de la curva patrón de limitación (intersección entre la curva patrón y $\alpha > 45^\circ$).

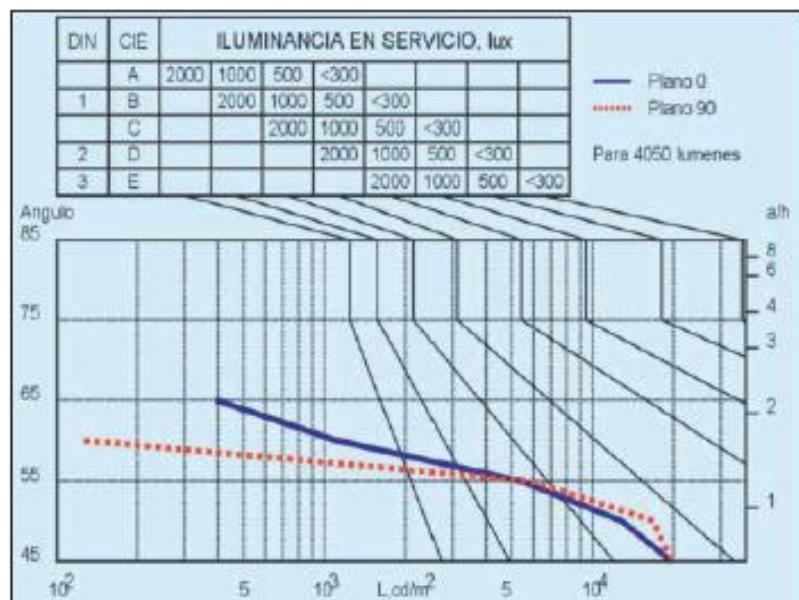


Figura 22: Tabla representativa de lúxes requeridos para una buena iluminación.

4.3 *Medidas realizadas mediante el Luxómetro*

El instrumento de medida utilizado para esta medida en todo el edificio ha sido el luxómetro **Hibok 33**, teniendo en cuenta que se realiza una aproximación estimada a los valores obtenidos en las diferentes estancias de la escuela.

Esto se debe a que no llega la misma cantidad de luxes a todas las partes de la mesa por igual, por ejemplo en un despacho, con lo que existe un gran rango de valores en los que valoraremos la estimación con la mayor exactitud posible.

Ubicación	Alturas	Valor de medida Lux.
Hall Planta 0	Mesa a 0.8m	171 lux.
Biblioteca	Mesa a 0.75m	345 lux.
Aula normal	Mesa a 0.73m	325 lux.
Aula escalonada	Pupitre a .576m	229 lux.
Despacho	Mesa a 0.85m	317 lux.
Laboratorios	Mesa a 1.22m	380 lux.
Cafetería	Mesa a 0.65m	287 lux.
Escalera B planta 0	Visión a 1.5m	350 lux.
Escalera B planta -1	Visión a 1.5m	317 lux.

Todas las medidas se han realizado en la zona de cálculo o región de interés, con esto se quiere decir, lugar donde el estudiante o profesor han de realizar sus tareas cotidianas.

Mediante esta tabla se pueden observar la cantidad de luxes exactos que se obtienen en los diferentes lugares del edificio y a la distancia que se encuentra cada región de interés con el suelo.

En la tabla de medidas del **Anexo I** es donde se encuentran todas las medidas reales existentes en el edificio ya bien sea, entre suelo y techo o bien, entre mesa y techo.

De esta manera tenemos una presión exacta de todas las medidas de relevancia del edificio, para su posterior uso en el software de cálculo que se empleen. A su vez, se obtienen todos los cálculos exactos donde se muestran de diferentes maneras la calidad de las nuevas propuestas a implantar.

4.4 *Medidas reales con el Piranómetro*

Tomando en este caso otro instrumento de medida muy común en el campo de la iluminación, se ha escogido el **piranómetro** (también llamado **solarímetro** y **actinómetro**) es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra.

Se trata de un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (kilovatios por metro cuadrado o btu/ft²h) en un campo de 180 grados.

Entrada principal

Ubicación	Distancia al suelo	Unidad de medida Avg. btu/ft ² h
Hall de entrada	1.73m	0.3
Mesas de estudio	0.8m	0.25

Resto del edificio

Ubicación	Distancia al suelo	Unidad de medida Auverage (btu/ft ² h)

Biblioteca:

Mesa ordenador	0.8 m	0.8
Mesa de estudio	0.8 m	0.7

Aula escalonada:

Pupitre de trabajo	0.5 m	0.4

Laboratorio:

Mesa de trabajo	1.3 m	0.6

Aula de informática:

Mesa pc	0.75 m	0.5

Despachos:

Mesa del profesor	0.852 m	0.9

Escaleras y Pasillos:

A, B ,C	1.70 m	0.3
Planta 1	1.70 m	2

4.5 Diseños con Software profesional de iluminación

En este proyecto a la vez que se ha auditado toda la iluminación interior de la escuela también se ha querido obtener información relevante para este estudio mediante el empleo de un software profesional en iluminación **DIALux**.

En este software se dibuja la estancia requerida con toda su iluminación que se pretende disponer, se insertan las luminarias con todo tipo de detalle y se obtienen proyectos detalladas en función de las necesidades que requiera el cliente.

Realiza un estudio detallado de todas las zonas de interés que se le propongan, incluye gráficos de luminarias, techos, suelos, fachadas, etc. También se incorporan todas las hojas técnicas y diagramas de cada luminaria más infinidad de cálculos en detalle, por este motivo no se incluyen nada más que las presentaciones de cada propuesta tipo.

En este proyecto se proponen dos estancias tipo tales como un *Aula_tipo* y un *Despacho_tipo*, con el fin de obtener una visión del objetivo de este programa de iluminación. Se pueden construir proyectos de grandes dimensiones con sólo mencionar con un simple clic de toda la información que se desee tras disponer de la ubicación en el mismo.

Se presentan dos tipos de estancias que son muy comunes en la escuela. Por un lado se propone un aula y por otro lado se propone un despacho, ambas estancias son las dos estancias más repetidas en el edificio.



Figura 23: Imagen de un despacho tipo en 3D mediante software Dialux.

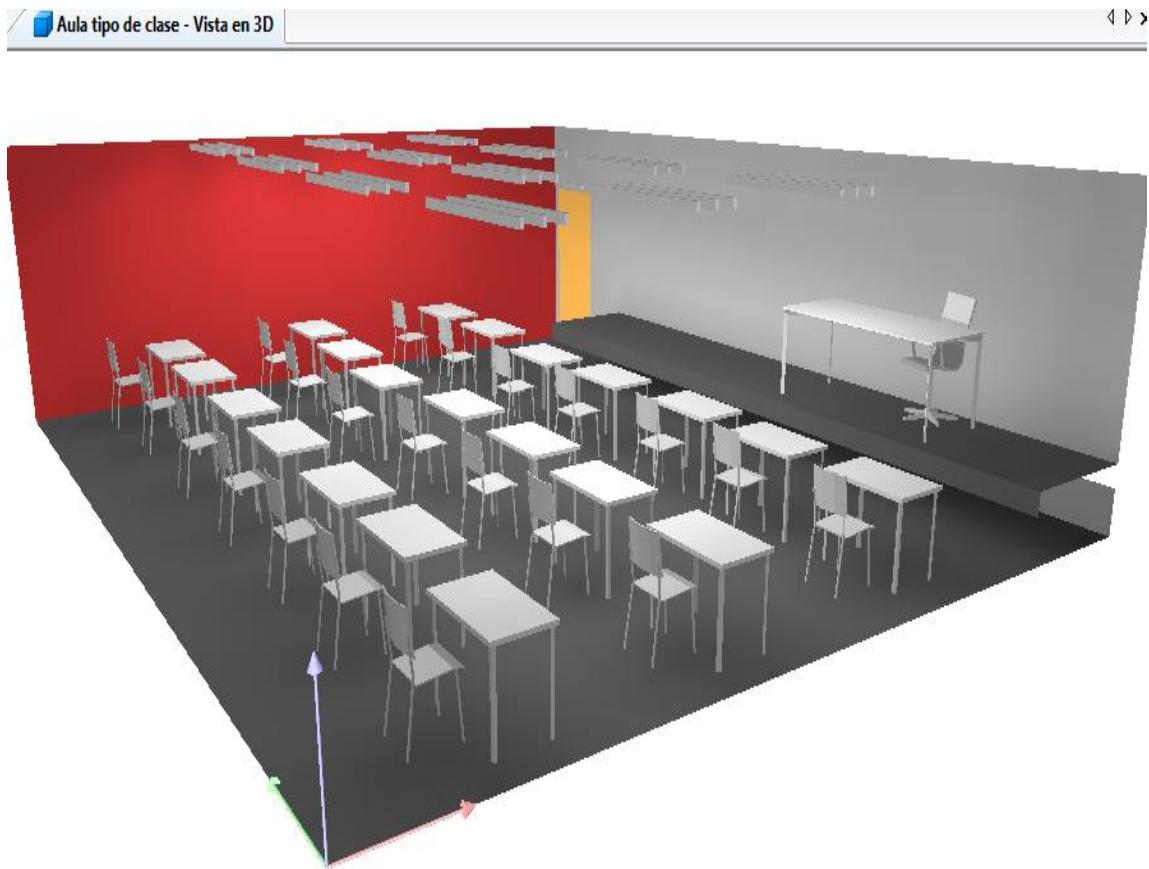


Figura 24: Imagen de Aula tipo en 3D mediante software profesional.

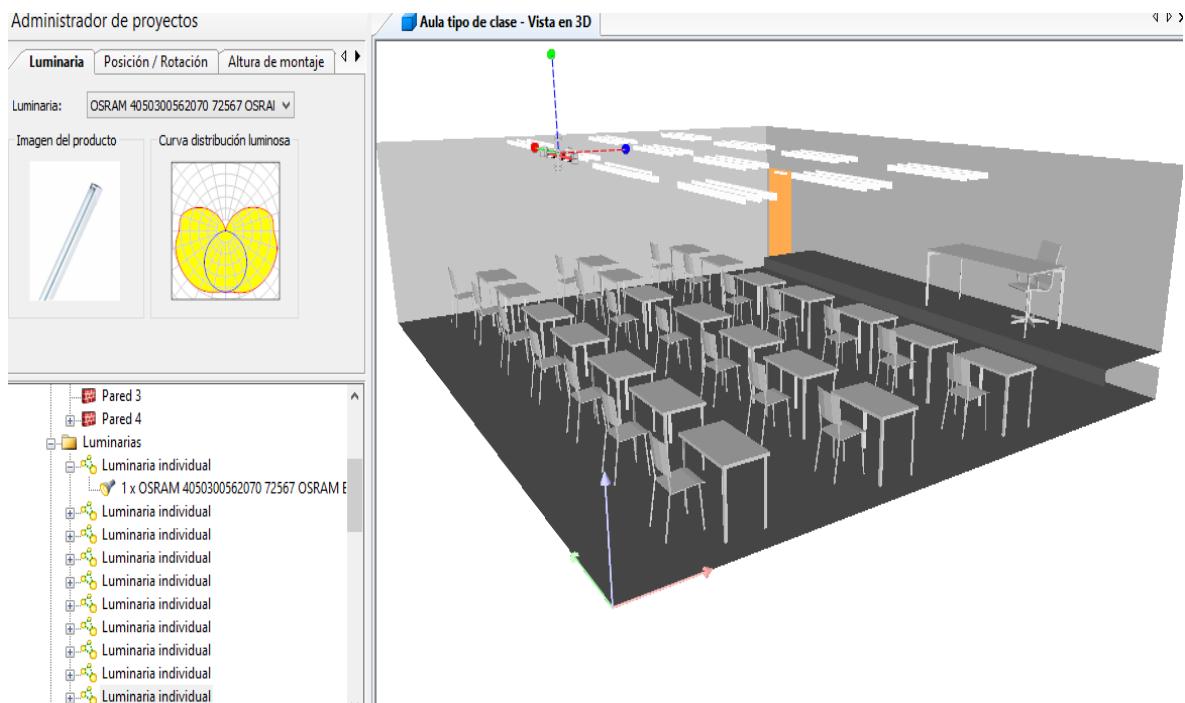


Figura 25: Ejemplo de especificación resumida de luminaria tipo usada en el aula.

5. PROPUESTAS PARA BIBLIOTECA

Este es un capítulo que se ha tratado de manera individual debido a la transcendencia e importancia tanto para la escuela como para las personas que realizan sus tareas en ella.

Dicho lugar es el lugar más usado por la totalidad de los estudiantes, ya que, si no son todos, la mayoría de los alumnos la visitan frecuentemente o han visitado alguna vez en su período universitario, cosa que no se puede decir del resto de las estancias del edificio.

Es la ubicación que mayores dimensiones posee de toda la escuela.

Tiene que poseer diferentes tipos de iluminación y control debido a que existen diferentes usos en ella, ya bien sea para estudio y consulta de libros, como para el uso de los ordenadores existentes.

Sus horas de uso supera enormemente las horas establecidas en anteriores cálculos como se verá a continuación.

Tiene que poseer un grado alto de confort debido a que los estudiantes se pasan largas horas fijando su vista en apuntes y libros por lado, o ya bien, fijando sus ojos en las pantallas de los ordenadores.

En definitiva, la biblioteca es la sala donde se deben de cuidar muchos aspectos, tanto, enfocados al confort visual como a la eficiencia energética.

5.1 Descripción y ubicación

La biblioteca de esta escuela de ingenieros de Cantabria, se encuentra situada en la zona este del edificio, zona lateral izquierda. Desde la pasarela que se observa hasta el final del extremo izquierdo de la imagen del edificio.

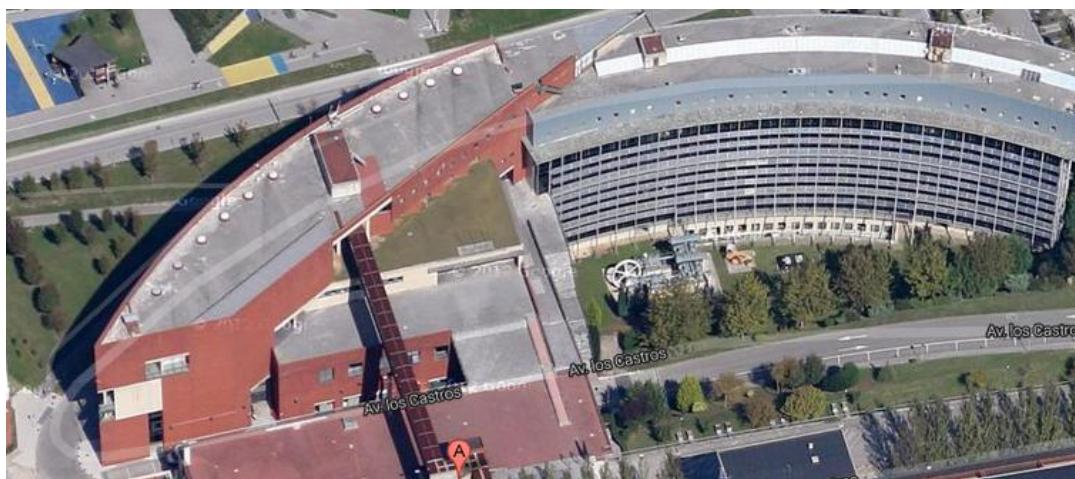


Figura 26: Localización de la estancia desde su exterior.

Siguiendo la imagen descrita a continuación, la biblioteca consta de dos plantas de altura, en la primera planta se encuentran la gran mayoría de estanterías de libros y referencias con las mesas de estudio en su lateral izquierdo.

En su lado derecho se encuentra la recepción y despacho de los responsables de la biblioteca junto con una sala abierta de ordenadores de consulta y trabajo que se une con una sala cerrada de trabajo. También existe una pequeña sala al final de la estancia que proporciona salida al exterior del edificio más dos escaleras de acceso a la segunda planta.

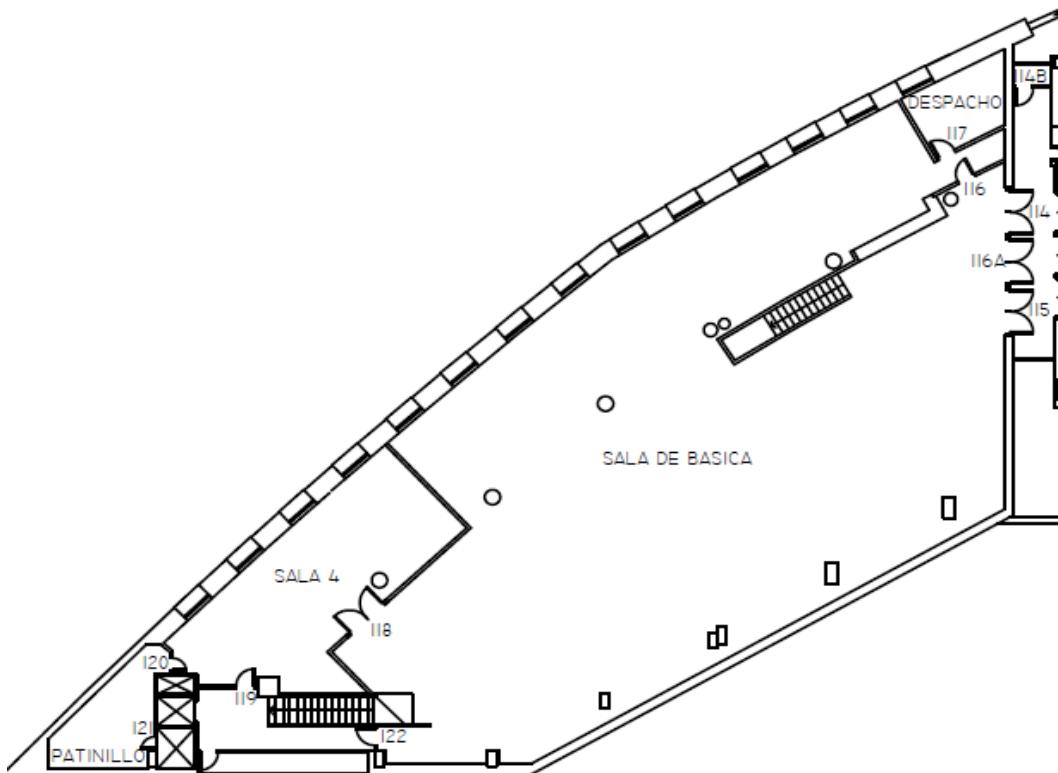


Figura 27: Plano planta baja de la biblioteca.

En su segunda planta, nos encontramos con una gran sala abierta de monografías y revistas que abarca casi el 50% del total de la planta.

Junto a ellas existen varias decenas de mesas de estudio donde poder estudiar y tres aulas acristaladas, contiguas e independientes donde poder realizar trabajos en común.

Todo ello se puede observar en el siguiente plano que se presenta a continuación en detalle.

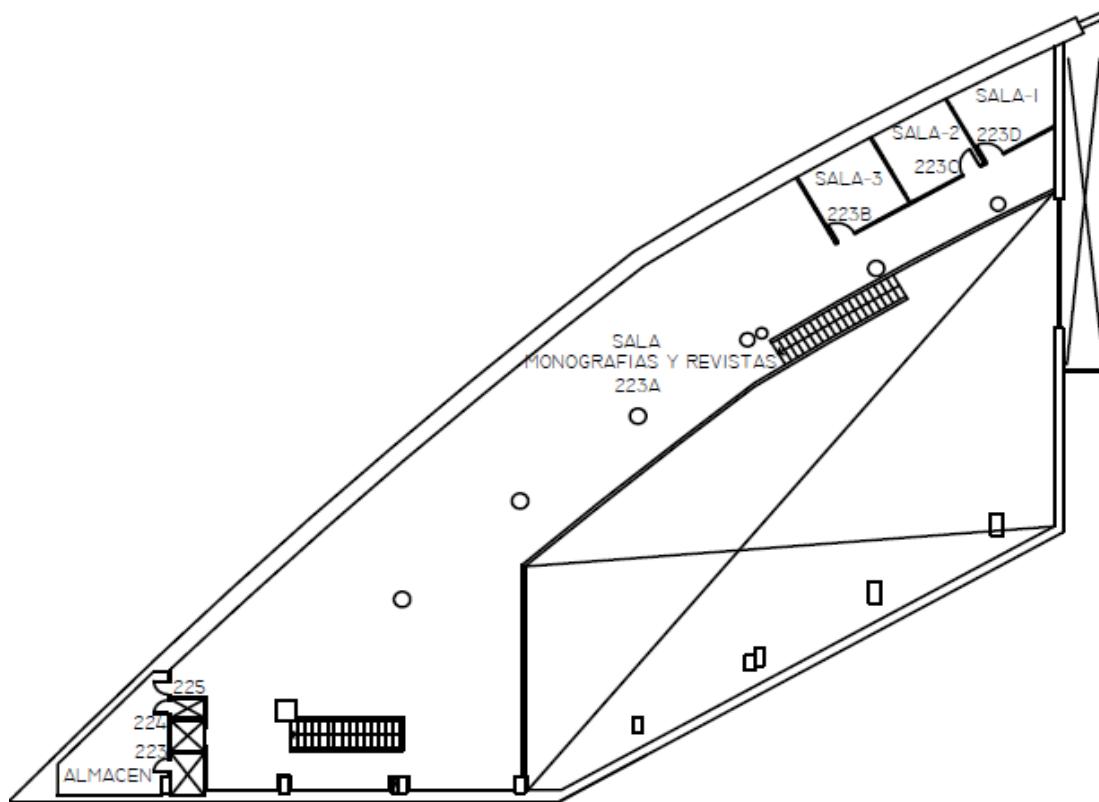


Figura 28: Plano planta primera de la biblioteca.

Se propone esta fotografía con el fin de darse una idea de la magnitud que posee la biblioteca del centro universitario, obteniendo así, una visión real de la misma y pudiendo observar las dos plantas en detalle definiendo así su magnitud.

Se hace constar en el vigente proyecto, que las propuestas que se mencionan a continuación, ya bien, la *Propuesta I* de cambio de tubos y lámparas de manera directa, como, la *Propuesta II* que incluye un sistema de control, son verificadas y aprobadas por el departamento de la casa Philips en Cantabria, a fecha del vigente proyecto.

5.2 Planos detallados de las luminarias instaladas

Debido al estudio en detalle que se ha realizado de la biblioteca, existen los planos en formato digital con todas las luminarias dibujadas en su lugar. Nos permite tener un control en detalle de los tipos de luminarias existentes junto con su ubicación exacta de las mismas.

También se han tomado fotografías de todas y cada una de las mismas con el fin de obtener la máxima información de la instalación existente en la estancia.

La presentación de los planos detallados con la ubicación y tipo de luminarias se exponen en el **Anexo IV** con el fin de disponer de una buena organización del proyecto.

Existen cuatro tipos de luminarias en la biblioteca, como se pueden observar en los planos del **Anexo IV**:

El plano **P1_Base** contiene:

* **70** luminarias de **un sólo tubo** con su óptica incorporada. Tipo: Philips**TL-D 36W/840**.

El plano **P2_Base**:

- * 7 filas 7 x 2 tubos
- * 2 filas 7 x 2 tubos

Ambas poseen TL-D 36W/840 con óptica integrada al igual que las de un sólo tubo.

TOTAL TUBOS TL-D 3W/840 -> 70 + 98 + 28 = 196 TUBOS.

TOTAL LUMINARIAS DE 2 BOMBILLAS CADA UNA 17 LUMINARIAS.

No están dibujadas en los planos, aunque se tiene en cuenta que también existen alrededor de 20 puntos de luz de emergencia, de un sólo tubo.

Las líneas amarillas de los planos se corresponden con tubos fluorescentes con óptica incorporada, ya bien sean de uno y dos tubos como se ve en los planos y en las imágenes del Anexo IV, incluyen reactancias y su potencia es de 36w.

Por otro lado existen tubos individuales en color rojo, sin óptica integrada en la esquina superior de la pared lateral y justo debajo del techo como se aprecian en las figuras del Anexo IV, estos son más largos y de 58W de potencia.

Existe una línea roja en la parte superior del plano de la planta 2 de la biblioteca que se corresponde con los 20 tubos existentes de este tipo.

Finalmente también existen focos dibujados como círculos verdes y se corresponde con la cuarta figura que se menciona a continuación en el mismo anexo IV.

Todas las luminarias dibujadas en los gráficos, aparecen de manera consecutiva en fotografías a continuación, de esta manera se identificará el tipo, modelo y ubicación de las mismas, de una manera fácil y eficaz.

Consumos reales de los tubos fluorescentes:

1X36W EM → que son 45W totales

2X36W EM → que son 90 W totales

Regletas de 1X58W EM que son 70W totales

Estos consumos son debidos a que, los tubos fluorescentes necesitan un grupo electrónico o electromagnético para su correcto funcionamiento “reactancias”, que también consumen su energía correspondiente por cada punto de luz. Con lo que sumados el consumo de la luminaria más la reactancia se obtiene estos valores.

5.3 Propuesta 1: Cambio de tubos

En esta primera propuesta, se ha intentado realizar la mínima inversión posible económicamente y el menor trastorno posible para el uso de la biblioteca.

La decisión se ha tomado en función a realizar el cambio de todas las luminarias existentes en la biblioteca de manera directa, cambio tubo por tubo y lámpara por lámpara.

Incluyendo tubos fluorescentes de tecnología LED, con lo que se ahorra una cantidad económica sustanciosa al igual que se realiza una menor aportación sustancial de CO2 a la atmósfera.

La propuesta se presenta con todo tipo de detalle en el **Anexo V**, en ella se puede encontrar el tipo de luminarias que se proponen para el cambio, las potencias actuales y futuras de consumo, las aportaciones de CO2 a la atmósfera tanto actuales como futuras, el presupuesto de la renovación del cambio, etc.



Figura 29: Imagen de un tubo LED propuesto para la solución I.

5.4 Propuesta 2: Sistema de control

La segunda propuesta que se propone para la biblioteca se basa en su aprovechamiento máximo de la luz solar mediante sistemas de control que regularán la cantidad de luz que se debe aportar en cada instante del día.

Se pretende decidir en todo momento el % de luminosidad que tiene que poseer las luminarias para que siempre se mantenga el confort visual requerido en toda la estancia.

Por medio de varios sistemas de control, “Occuswitch” de la casa Philips, se controla en todo momento la cantidad de luz necesaria para mantener los niveles de luminosidad en cada zona de trabajo y así aprovechar al máximo toda la energía eléctrica destinada a la iluminación en la biblioteca de la escuela.

Se reduce sustancialmente la cantidad de Kwh necesarios para su correcto funcionamiento y a la vez se reduce en gran medida la cantidad de KgCO₂ que se emiten a la atmósfera

La propuesta de implantación de este sistema junto con todos los elementos requeridos para la misma, se presentan en el **Anexo VI**. Al igual que en la anterior propuesta se detallan todos los datos requeridos para su posterior instalación.

Finalmente en el **Anexo VII** se detallan las fichas técnicas de las herramientas utilizadas para las mediciones obtenidas en el vigente proyecto.

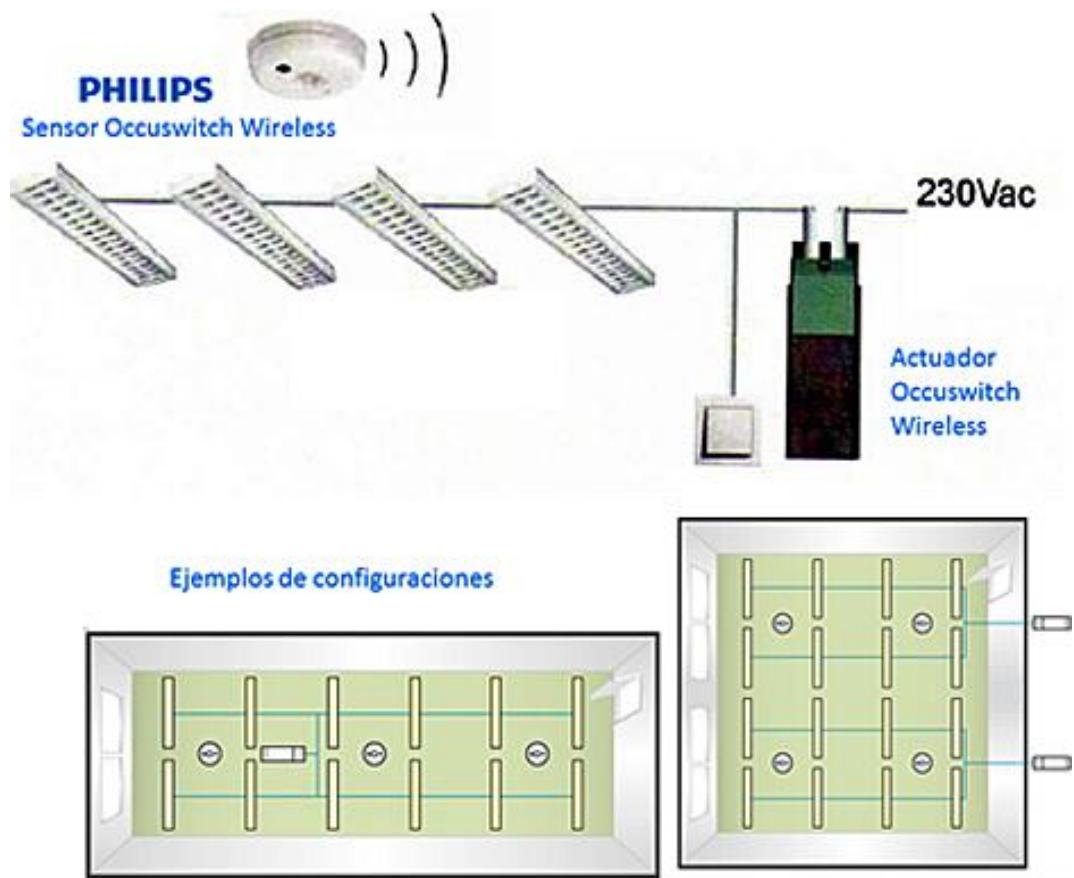


Figura 30: Imagen del sistema para propuesta II.

Conclusiones

Las conclusiones que se obtienen tras este estudio de iluminación interior de la escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicaciones de la Universidad de Cantabria son las siguientes:

La enorme cantidad de energía eléctrica destinada a la iluminación de este edificio, con su consecuente aporte económico en la factura de la luz por un lado, más la cantidad de aporte de Kg de CO2 que se aporta a la atmósfera por dicho motivo de su alto consumo en iluminación.

- *La reducción enorme del consumo eléctrico de todas las luminarias existentes en la instalación eléctrica en iluminación interior vista en el vigente proyecto que conlleva directamente a la reducción económica en su factura de la luz.*
- *Una reducción enorme en sus aportes de KgCO2 a la atmósfera con su correspondiente contaminación al medio ambiente.*
- *En un alargamiento de vida al doble o triple en algunos casos, de las horas útiles de vida de cada luminaria a instalar, por lo tanto, reducción en los gastos de mantenimiento.*
- *Mayor calidad y confort visual de las personas que utilizan el centro docente.*
- *Obtención de mejores resultados académicos del alumnado junto a la obtención de un mayor agrado por parte del profesorado.*

Con estos motivos y su mucha más dilación, se establecen premisas claras de la necesidad de la renovación de las luminarias interiores de este centro, comenzando con pequeñas propuestas como las detalladas anteriormente para llegar a conseguir una mayor calidad de visual.

Focalizando en la parte económica, cabe destacar de nuevo los resultados obtenidos con el cambio integral de las luminarias de toda la escuela:

- * Ahorro energético TOTAL = 393.491KWh
- * Reducción del consumo = 59% respecto Actual.
- * Disminución de contaminación: 165.266Kg/año.
- * Reducción Coste Económico: **51.069€/año**
- * Amortización: 4.3 años.

Finalmente, destacar también los grandes beneficios económicos y ecológicos que se presentan en las diferentes propuestas en iluminación interior específicas para la biblioteca de la escuela presentados en el Anexo V y Anexo VI del vigente proyecto.

Líneas futuras

Para futuras líneas de estudio, como continuación del vigente proyecto de iluminación interior de la escuela de ingenieros industriales y de telecomunicaciones de la Universidad de Cantabria, se pueden destacar las siguientes vías de desarrollo:

- *Aplicación del estudio a la iluminación externa del edificio.*
- *Realizar pruebas de campo e implantación de propuestas descritas.*
- *Ampliación a otros edificios docentes, focalizando el estudio en función de cada edificio.*

Bibliografía

- [1]http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf. Ministerio de Ciencia y tecnología. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, 2001.
- [2]<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Auditorias-Energeticas-en-Centros-Docentes-fenercom-2010.pdf> Auditoría energética en instalaciones. Madrid, 2010.
- [3]Departamento de infraestructuras de la Universidad de Cantabria. Negueruela Jorge, José Fernando, 2013.
- [6]<http://www.upv.es/upl/U0561596.pdf>. Escrivá Escrivá, Guillermo, 2011.
- [7]<http://www.designnews.com/Artículos como Design News - Features - LED Lamp Electronics: Past, Present & Future>, 2014.
- [8]<http://www.intechopen.com/books/energy-management-systems/energy-efficiency-in-industrial-utilities/Energy Efficiency in Industrial Utilities/>^[2] [School of Informal Technology & Electrical Engineering, The University of Queensland, Australia](#)
- [9]http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/application_areas/assets/Folleto%20Philips%20LEED.pdf LEED: certificación de edificios sostenibles, 2013.
- [10]Proyecto para la mejora de la eficiencia energética de diversos equipamientos públicos, educativos, deportivos y de servicios en el municipio de Rubí. *AYUNTAMIENTO DE RUBÍ. À B A C E N G I N Y E R S S.L.P.*, enero de 2010.
- [11] http://www.lighting.philips.com/pwc_li/main/lightcommunity/assets/sustainability/LED-lighting-revolution.pdf. The LED lighting revolution, 2013.

Referencias Web:

- [1] www.philips.com
- [2] www.osram.com
- [3] www.madeinLed.es

Herramientas Software:

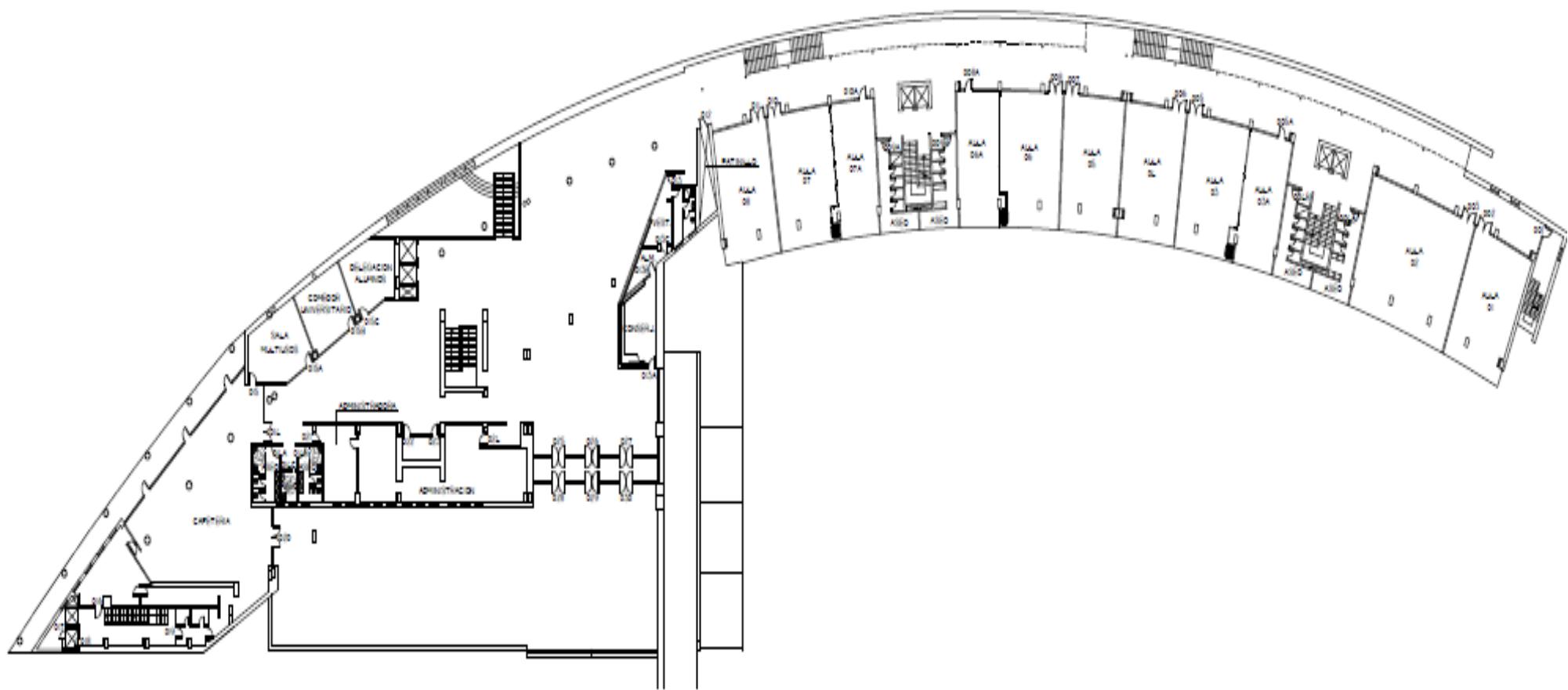
- [1] Software profesional de iluminación *DIALux*.
- [2] Software de diseño *AutoCAD*.

Anexo I:

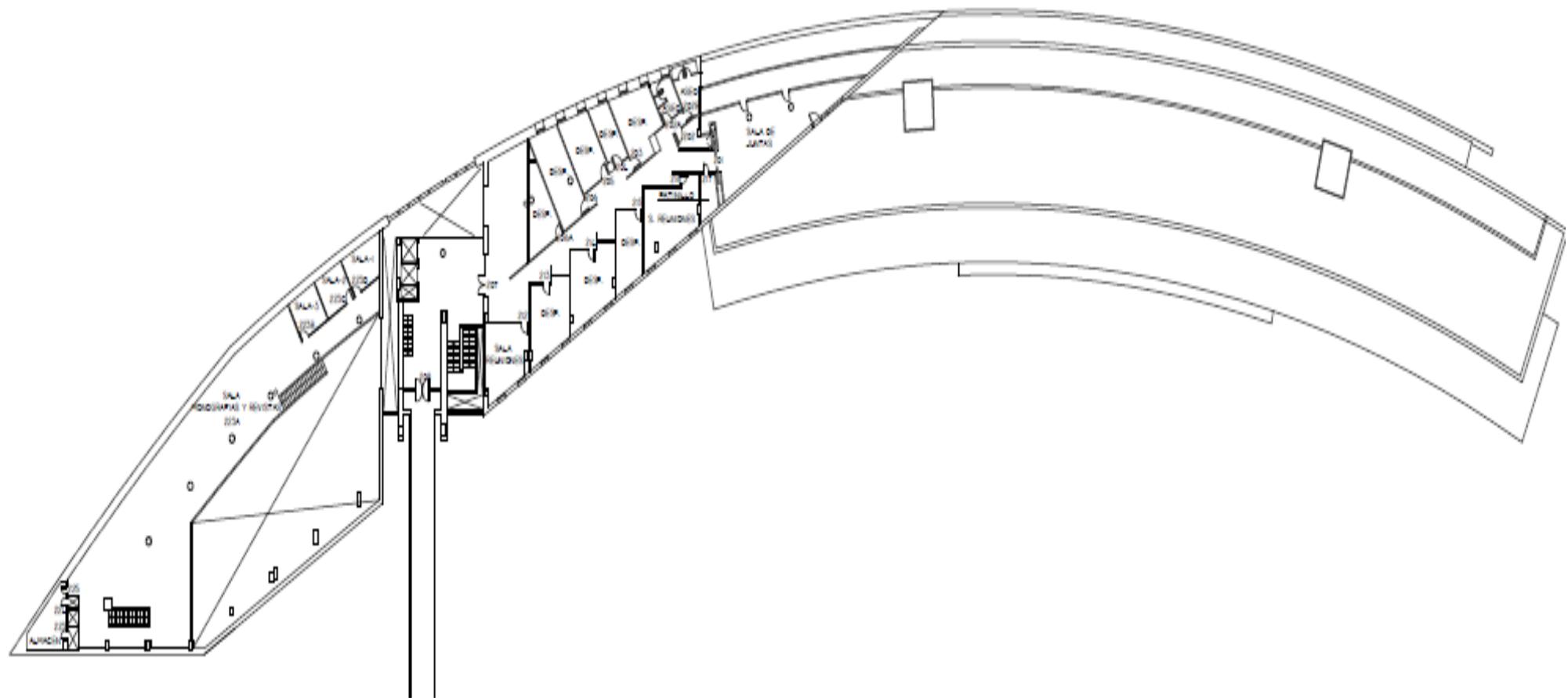
Planos de edificación de todas las plantas existentes en la Escuela.

Planta	Escalera	Fluorescentes 36W	Fluorescentes 55W	Luminarias 15W	Luces de emergencia	Focos 40W
-5	A B C	109	24	15	65	0
-4	A B C	1056	24	25	75	0
-3	A B C	823	24	45	131	0
-2	A B C	598	24	29	99	0
-1	A B C	809	24	5	84	6
0	A	144	8	130	23	0
0	B	268	8	8	25	0
0	C	3	6	3	18	0
1	A	283	6	22	25	0
1	B	12	6	160	29	0
1	C	282	24	6	25	0
2	A B C	143	18	21	38	0
Total luminarias:		4530	196	469	637	6

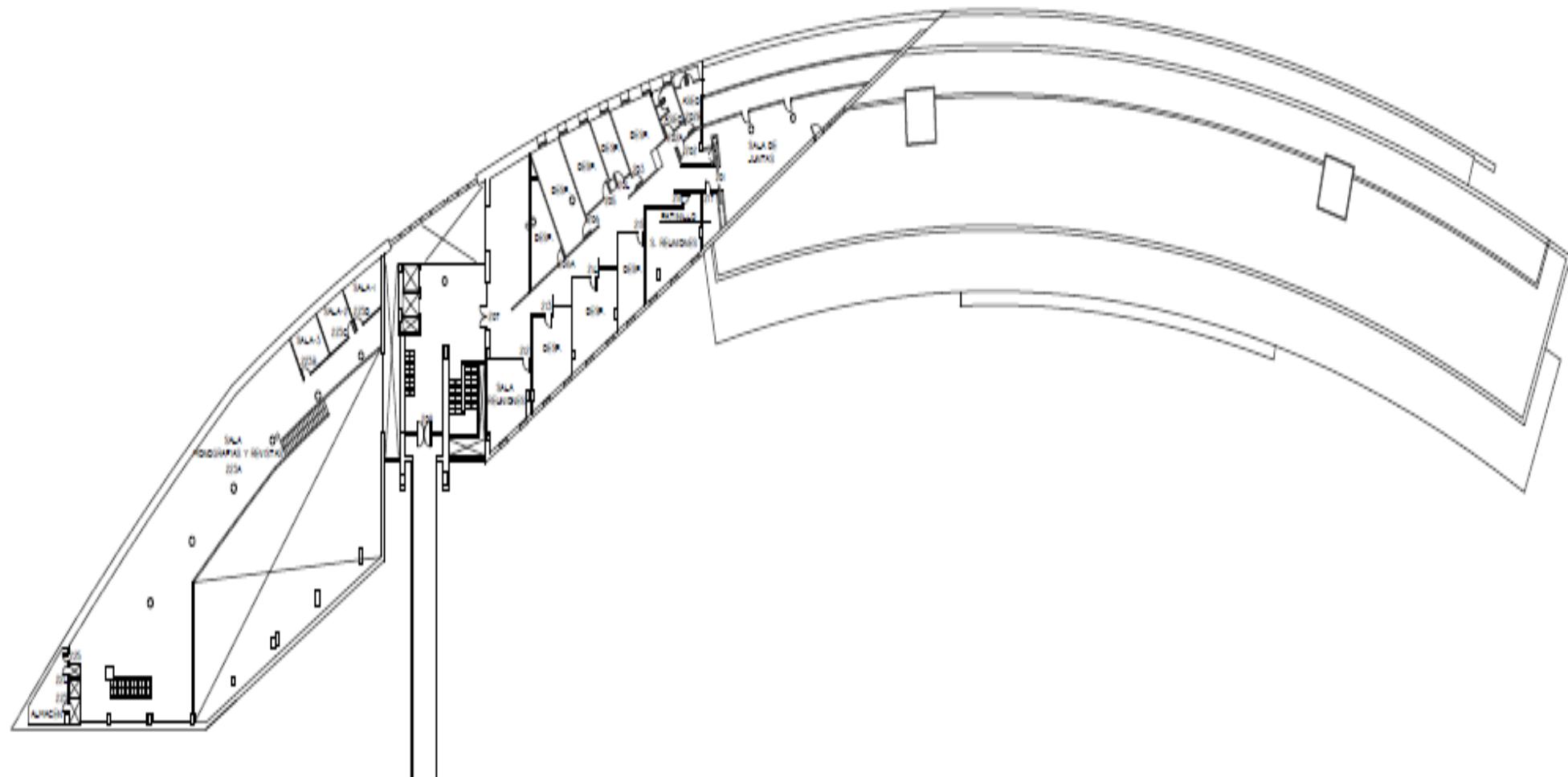
PO_Base



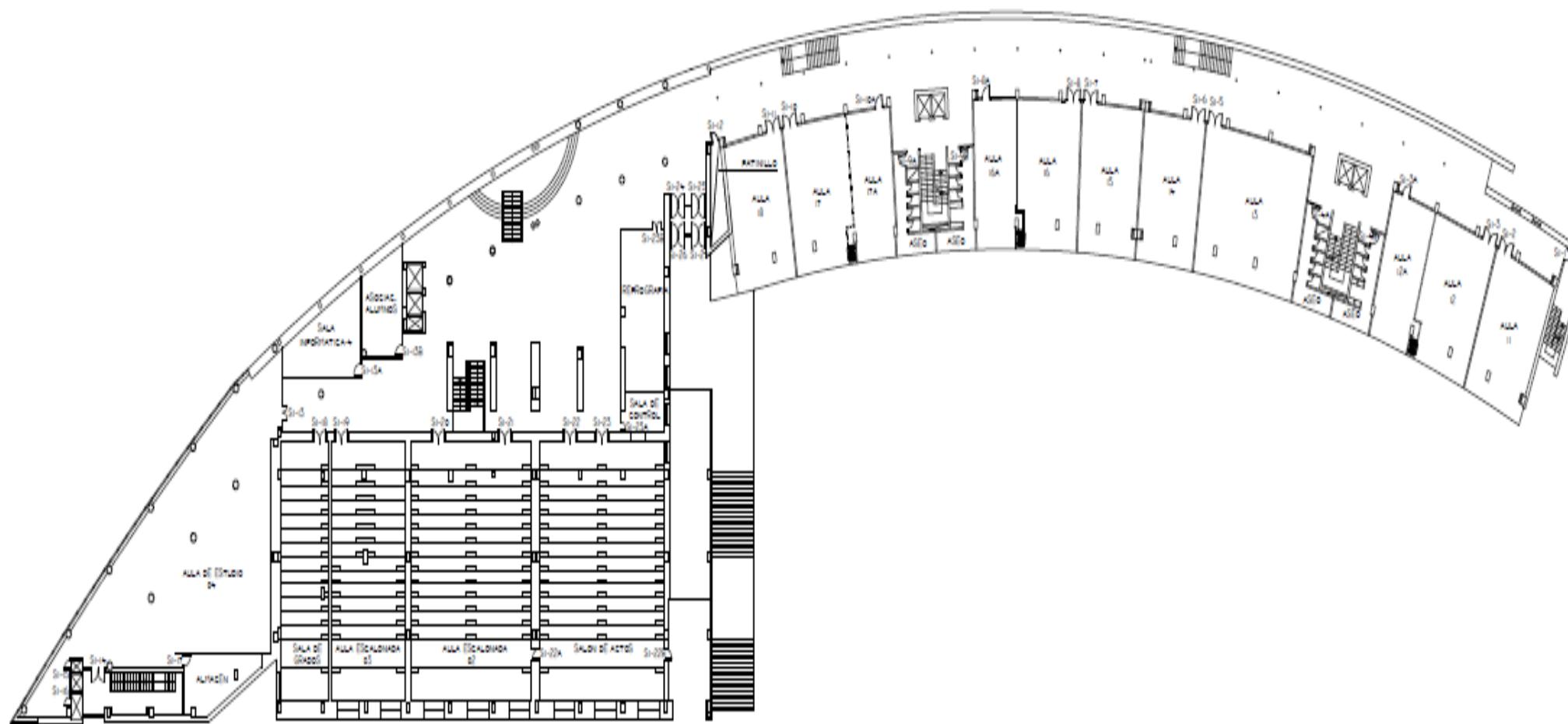
P1_Base



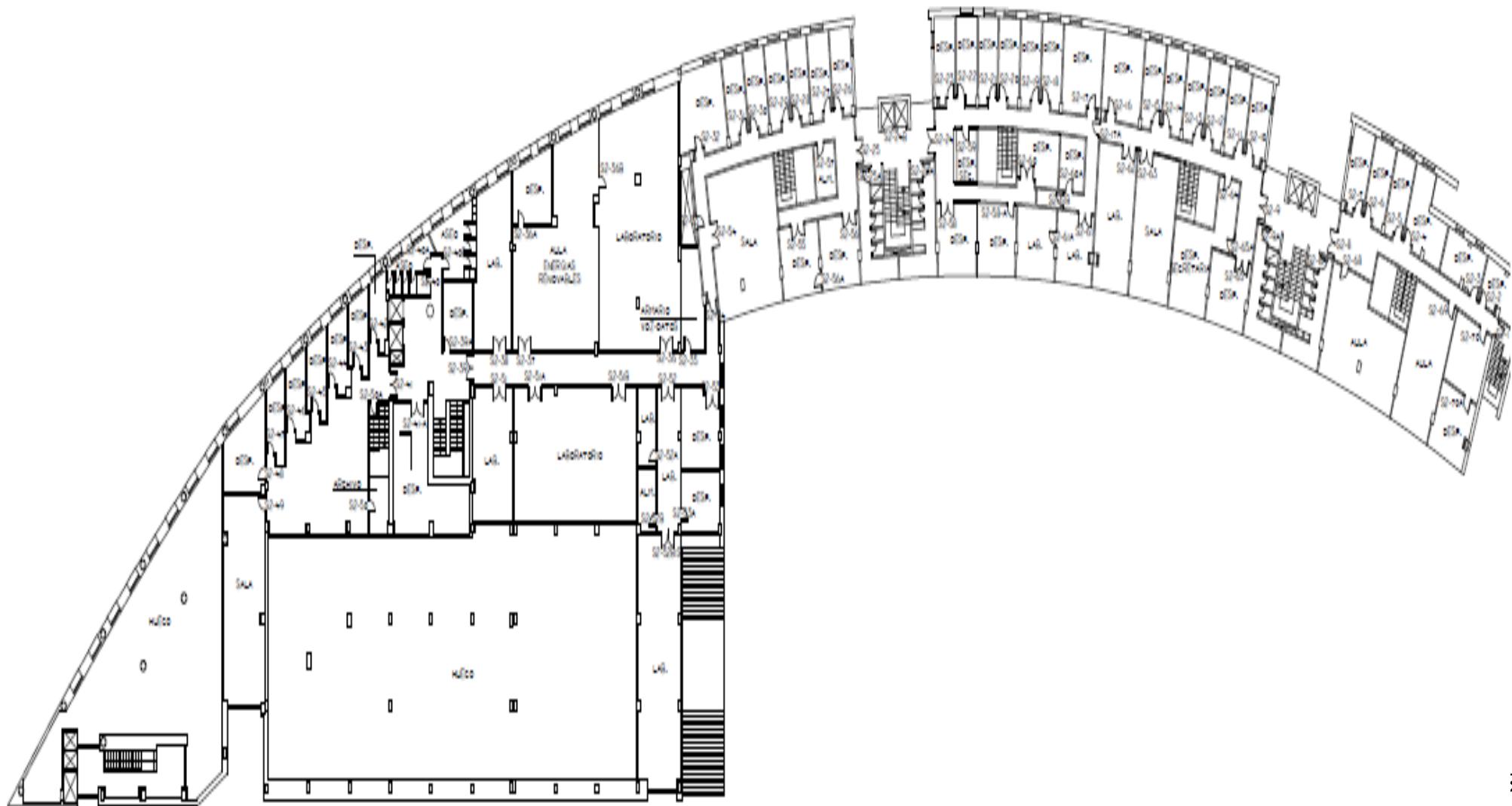
P2_Base



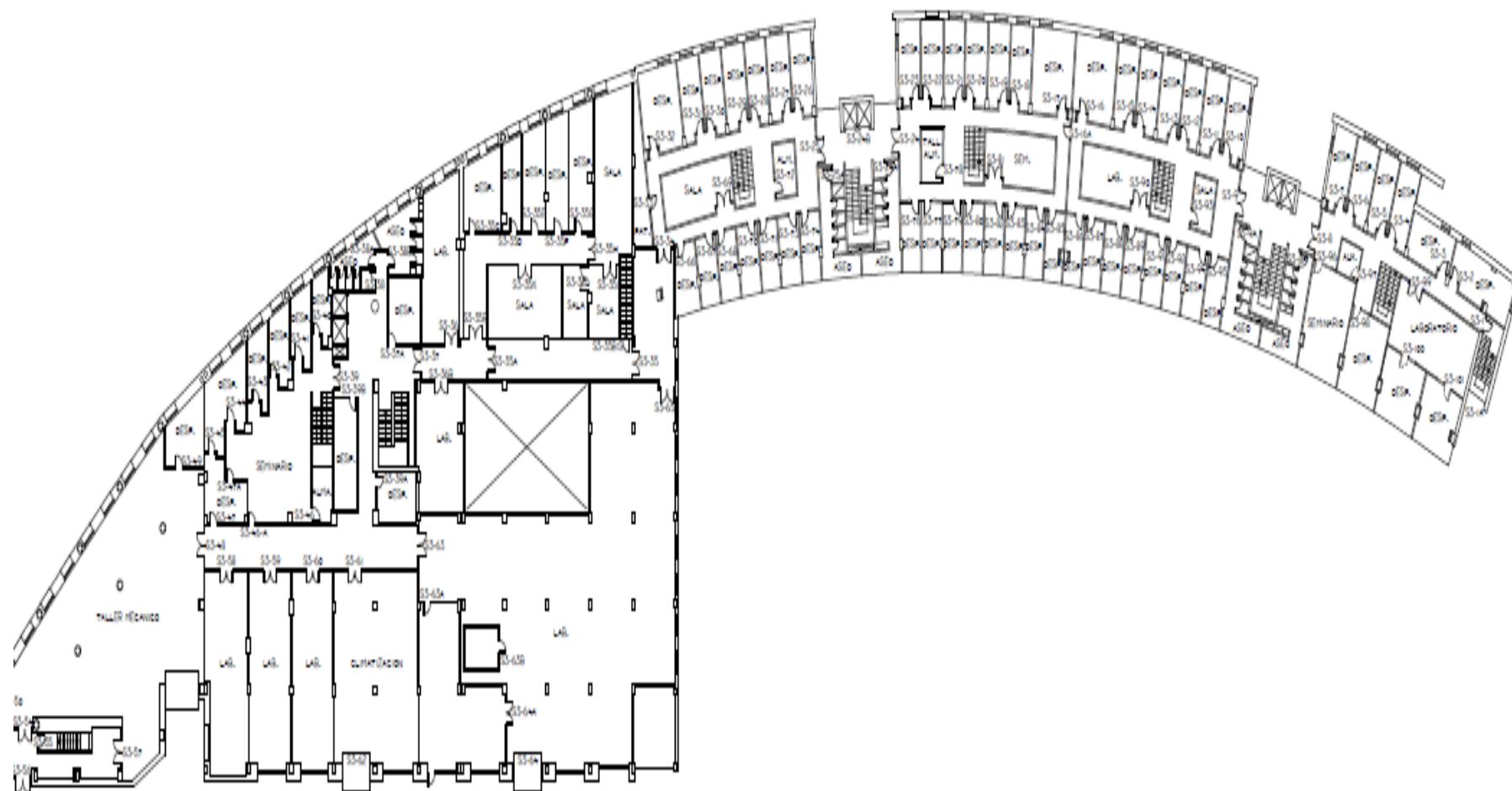
S1_Base



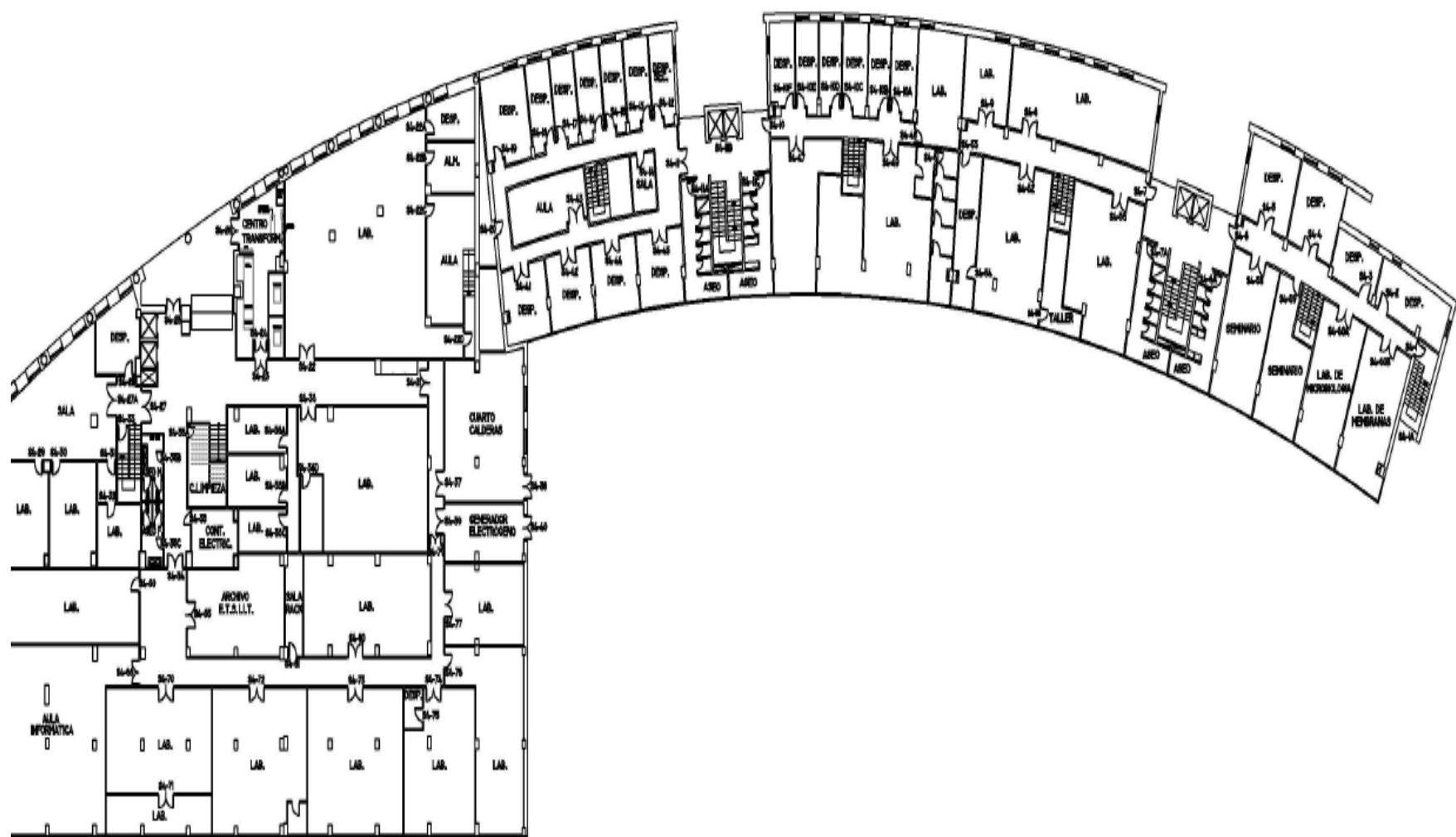
S2_Base



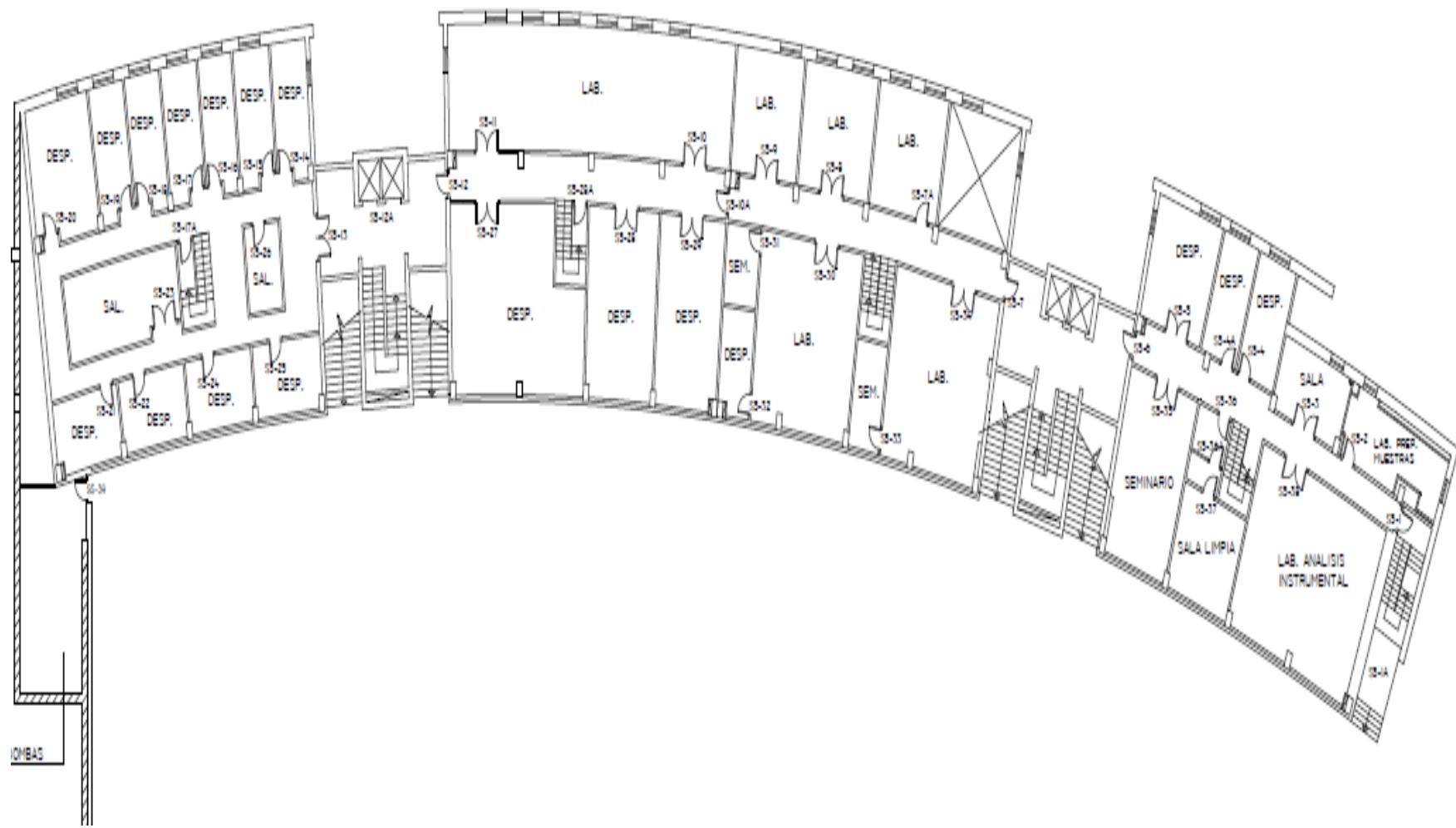
S3_Base



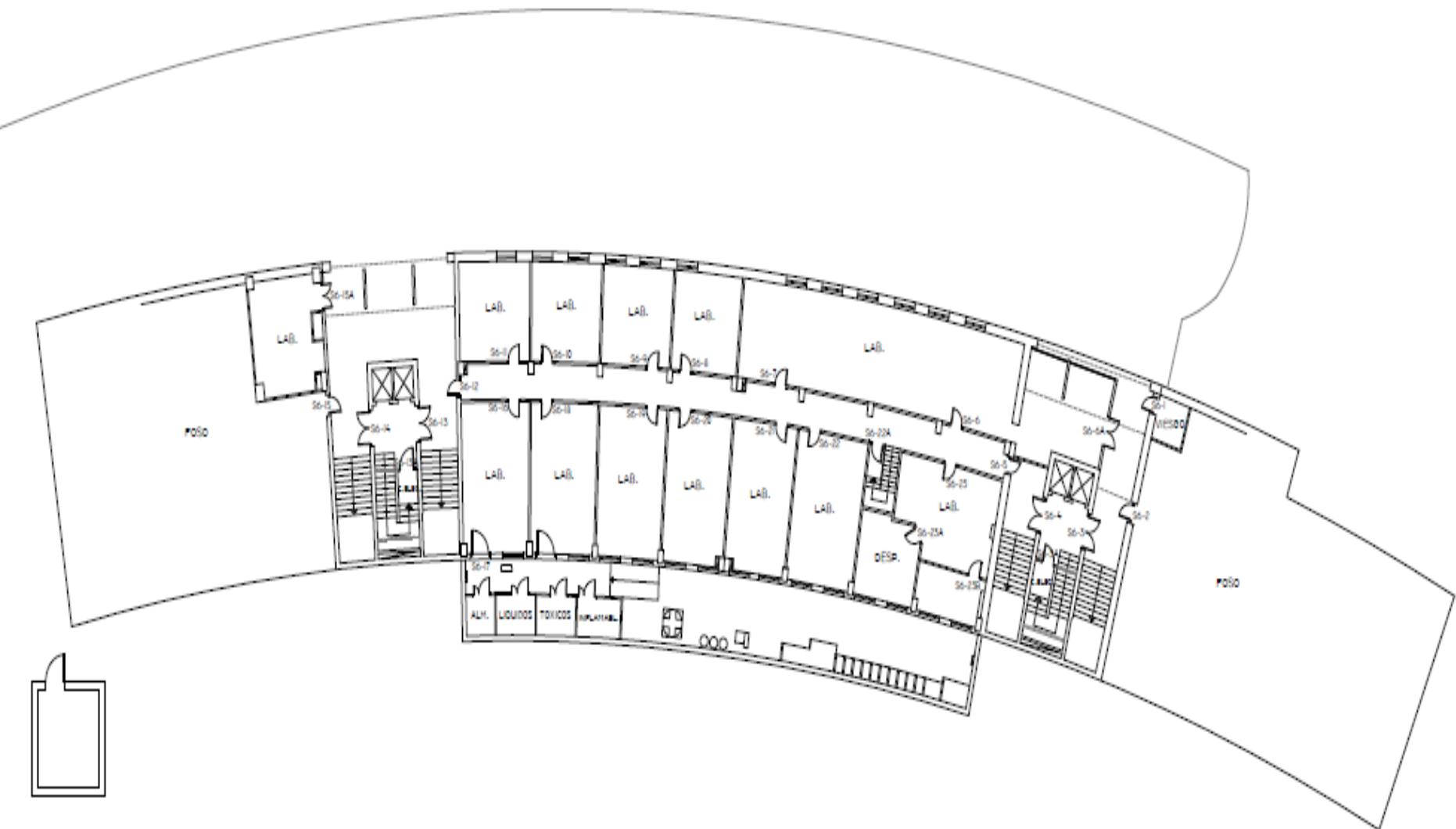
S4 Base



S5_Base



S6_Base



Anexo II:

*Medidas exactas de alturas
de cada instancia*

En la presente tabla se pueden encontrar todas las medidas características de las diferentes alturas de todo el edificio, realizadas con el medidor láser Bosch que se detalla en las hojas técnicas del final del proyecto, obteniendo los resultados exactos de todas las medidas existentes con los siguientes resultados:

Ubicación	Distancias – Alturas	Medida en m.
Planta 0	Mesa – techo	2.284m
	Suelo – techo	3.069m
Hall de entrada	Suelo – techo	3.048m
Cafetería	Suelo – techo	2.684m
Planta 1	Suelo – techo	2.486m
Biblioteca - entrada	Suelo – techo	5.572m
Biblioteca – planta 1	Mesa – techo	4.809m
	Suelo – techo	5.563m
Biblioteca – planta 2	Suelo – techo	2.347m
Pasillos - planta 1	Luminaria – suelo	2.610m
	Suelo – techo inferior	4.194m
	Suelo – techo superior	4.890m
Aula informática planta 1, izquierda	Mesa – techo	1.868m
	Suelo – techo	2.599m
Aula informática planta 1, derecha	Mesa – techo	2.576m
	Suelo – techo	3.307m
Aula informática planta 1, frente	Mesa – techo	1.866m
	Suelo – techo	2.597m
Planta 2 – dirección	Suelo – techo	2.536m
Planta -1	Suelo – techo	2.786m
Planta -1	Escaleras – tejado	14.031m
Despacho planta -4	Mesa – techo	1.793m
	Suelo – techo	2.584m

<i>Laboratorios planta 1</i>	<i>Mesa – techo</i>	<i>4.152m</i>
	<i>Suelo – techo</i>	<i>4.891m</i>
<i>Laboratorios plantas inferiores</i>	<i>Mesa – techo</i>	<i>1.489m</i>
	<i>Suelo – techo</i>	<i>2.584m</i>
<i>Aula escalonada E-3</i>	<i>Mesa profesor – techo</i>	<i>5.055m</i>
	<i>Suelo inferior – techo</i>	<i>6.046m</i>
	<i>1^a fila – techo</i>	<i>5.032m</i>
	<i>5^a fila – techo</i>	<i>3.948m</i>
	<i>Suelo superior – techo</i>	<i>2.526m</i>
	<i>Pupitre – techo</i>	<i>2.054m</i>
<i>Aula E-4</i>	<i>Suelo – techo</i>	<i>3.239m</i>
<i>Baños</i>	<i>Suelo – techo</i>	<i>3.057m</i>
<i>Escaleras</i>	<i>Entresuelo de cada piso</i>	<i>3.686m</i>
	<i>Entresuelo de planta - 1 a planta 0</i>	<i>5.208m</i>
	<i>Luminarias – suelo</i>	<i>2.604m</i>
<i>Ascensor planta 0</i>	<i>Suelo – techo</i>	<i>3.713m</i>

Anexo III:

*Código Técnico de la
Edificación
y otras normas relacionadas
con el alumbrado interior*

El Consejo de Ministros mediante el Real Decreto 314/2006, del 17 de Marzo de 2006, a prueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones.

El auge de la construcción en los últimos años y en décadas anteriores no siempre ha alcanzado unos parámetros de calidad adaptados a las nuevas demandas.

El punto de inflexión que significó la firma del Protocolo de Kyoto en 1999 y los compromisos más exigentes de la Unión Europea con respecto a las emisiones de CO₂, marcan el desarrollo de una serie de normativas que salen ahora a la luz y que cambiarán los parámetros básicos de construcción.

El CTE se aprueba con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación y la sostenibilidad. Aumentando la calidad básica de la construcción según se recogía en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (LOE).

Además, se han incorporado criterios de eficiencia energética para cumplir las exigencias derivadas de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de edificios.

A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

Esta nueva norma regulará la construcción de todos los edificios nuevos y la rehabilitación de los existentes, tanto los destinados a viviendas como los de uso comercial, docente, sanitario, deportivo, industrial o sociocultural.

La estructura del Código se ha ordenado en torno a dos partes:

Primera parte: Define el objeto, ámbito de aplicación, contenido y los llamados “Documentos Reconocidos”.

Se entienden por “Documentos Reconocidos” aquellos documentos técnicos, de carácter no reglamentario, que cuenten con el reconocimiento del Ministerio de la Vivienda y cuya finalidad es la ayuda para cumplir las exigencias de los “Documentos Básicos”.

Segunda parte: Está formada por una serie de “Documentos Básicos” (DB) en donde se recogen las exigencias mínimas básicas cuantitativas y cualitativas que deben cumplir los edificios.

Dichos niveles o valores límite serán de obligado cumplimiento cuando así lo establezcan los DB correspondientes.

También forman parte de estos DB algunos procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de dichas exigencias. Se regulan las exigencias básicas para:

- Seguridad estructural (SE)
- Seguridad en caso de incendio (SI)
- Seguridad de utilización (SU)
- Salubridad: “higiene, salud y protección del medio ambiente” (HS)
- ahorro de energía (HE)

Esta nueva legislación afecta a la iluminación de edificios en varios aspectos que se recogen en las siguientes secciones del Código:

- SU 4 – Seguridad frente al riesgo derivado de iluminación inadecuada: se limitará el riesgo de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada En zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.
- HE 3 – Eficiencia energética en instalaciones de iluminación: los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.

Se consideran las exigencias mínimas a cumplir lo dispuesto en las siguientes normativas:

- UNE 12464-1 de iluminación de los lugares de trabajo en interiores (Véase: Otras Normas relacionadas con el alumbrado: Nuevo marco jurídico de la iluminación en España y Europa).
- Guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos laborales.
- UNE 12193: Iluminación de instalaciones deportivas (Véase: Otras Normas relacionadas con el alumbrado: Nuevo marco jurídico de la iluminación en España y Europa).
- HE 5 – Aportación fotovoltaica mínima de energía eléctrica: prevé que en aquellos edificios donde no se pueda instalar un sistema de captación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos, se debe proveer al edificio de un modo alternativo de ahorro eléctrico equivalente a la potencia fotovoltaica que se debería instalar.

Entre los modos indicados en el CTE la gestión del alumbrado se considera como una forma para conseguirlo.

El CTE entró en vigor al día siguiente de su publicación en el BOE nº 74 con fecha 28 de marzo de 2006. En lo que respecta a los DB sobre Seguridad contra Incendios (SI) y Ahorro de Energía (HE), existe un periodo transitorio de aplicación de 6 meses, en los que se puede conceder licencias al amparo de las normas anteriores. En el caso de las obras a las que se conceda licencia de edificación y que se acojan a estos periodos transitorios (y por lo tanto no se adapten al CTE), tendrán un máximo de 3 meses para iniciar los trabajos de construcción. En caso contrario tendrá que rehacerse el proyecto.

Atendiendo a la evolución técnica y a la evolución de la sociedad se tendrán que elaborar propuestas, recomendaciones y medidas pertinentes en materia de sostenibilidad, innovación y calidad de la edificación. A tal fin, el Consejo de Ministros establece el RD 315/2006, del 17 de marzo, por el que se crea el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación (CSICE). Entre las funciones de este Consejo está impulsar el desarrollo y la permanente actualización del CTE, atendiendo a la evolución de la técnica y a las necesidades de la sociedad.

Hay que destacar que tras el CTE, se aprobará el reglamento de Certificación Energética de Edificios, donde estos se clasificarán en una escala según su eficiencia energética. En el escalón más bajo de esta clasificación estarán los edificios que se limiten a cumplir con los mínimos indicados en el CTE, por lo que se estimulará a mejorar estos mínimos con el uso de sistemas con una mayor eficiencia energética.

Este documento contiene las disposiciones del CTE que son de aplicación en el ámbito de la iluminación de edificios: las secciones SU4, HE3 y HE5. Tras una exposición introductoria a cada capítulo, se transcribe literalmente el texto publicado en el Boletín Oficial del Estado.

Sección HE3

Energía mantenida (Em), Índice de deslumbramiento unificado (UGR), Índice de rendimiento del color (Ra), el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) y las potencias de los conjuntos lámpara más equipo auxiliar.

- Así mismo, debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda.

A continuación se detalla la caracterización y cuantificación de estas exigencias:

1. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):

Este valor se define como:

Las unidades son, por tanto: W/m² por cada 100 Lux.

Las unidades son, por tanto: W/m² por cada 100 Lux.

Para este valor se establecen unos valores mínimos, diferenciándose en los edificios dos tipos de zonas: las de representación y las de no representación. Se entiende por zonas de representación aquellas donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Por el contrario, zonas de no representación son aquellas donde los criterios como el nivel de iluminación, confort visual, seguridad y eficiencia energética son más importantes que cualquier otro criterio.

Los valores límite de exigencia energética incluyen la iluminación general pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Analizando, los sistemas actualmente utilizados, para iluminación de los distintos espacios interiores, hay que prestar especial atención a:

Zonas de no representación:

a) Iluminación general de oficinas, zonas de no representación: En general, las luminarias más comúnmente utilizadas, tanto con tubos fluorescentes T8 que sean gama 80 (trifósforo), como con lámparas fluorescentes compactas, cumplen con los niveles mínimos de eficiencia exigidos.

Potencia instalada x 100

VEEI= Superficie iluminada (m²) x iluminância media mantenida.

Únicamente determinadas soluciones con luminarias con sistemas de iluminación indirecta no cumplen con las exigencias mínimas de 3,5 W/m² por cada 100 Lux.

Siempre se ha de tener especialmente en cuenta que el alumbrado de acentuación se debe incluir en el cálculo de eficiencia aunque no es muy habitual su uso en zonas de no representación.

b) Andenes de transporte: En este punto, también se cumplen habitualmente los niveles mínimos, siempre que se utilice fluorescencia gama 80 (trifósforo). Se tendrá que prestar más atención cuando se utilicen difusores opales en las luminarias, ya que en este caso, los valores de eficiencia energética, fácilmente se superarán los niveles mínimos exigidos.

Pabellones de exposición o ferias: Las soluciones habitualmente utilizadas para la iluminación general de estos espacios, como las luminarias para lámparas de descarga (halogenuros metálicos o vapor de mercurio) así como las luminarias para fluorescencia lineal (siempre que incorporen reflector de aluminio y reactancia electrónica), cumplen sobradamente con los mínimos exigidos.

d) Habitaciones de hospitales: En este tipo de instalaciones hay que prestar especial atención a la proporción de luz indirecta utilizada, así como al rendimiento de los difusores utilizados, ya que en muchos de los casos, las eficiencias obtenidas no llegarán a los mínimos exigidos. Las luminarias tipo "Cabecero de cama" deberán tener un estudiado diseño para maximizar su eficiencia y cumplir así con los mínimos requeridos.

e) Zonas comunes: En estas zonas hay que prestar especial cuidado al uso abusivo de lámparas halógenas (para iluminación general), ya que harán imposible conseguir los mínimos exigidos de eficiencia. Si se utilizan este tipo lámparas, deben ser en todo caso para aportar luz de acentuación en puntos concretos, y utilizando las tecnologías más eficientes disponibles. Lámparas halógenas ahorradoras del tipo MASTERLine y utilizar transformadores electrónicos.

Zonas de representación:

En general, los niveles de eficiencia exigidos para las zonas de no representación son conseguidos con cierta facilidad, siempre que el alumbrado no se base en lámparas incandescentes o halógenas estándar. Este tipo de iluminación es todavía habitual en determinadas oficinas, galerías de exposiciones, pequeños comercios y hoteles.

Para aumentar la eficiencia es importante utilizar lámparas con la mayor eficiencia posible, como las lámparas de bajo consumo. En los hoteles y hostelería también es habitual la instalación de luminarias de diseño decorativo que incorporan difusores opales de vidrio o tela. Este tipo de luminarias no se deberá utilizar para hacer la iluminación general, ya que imposibilitará obtener las eficiencias mínimas exigidas. En todo caso ayudará el sustituir, en el interior de estas

luminarias, cualquier fuente de luz halógena ó incandescente por lámpara fluorescentes compactas.

2. Sistemas de control y regulación:

Las instalaciones de iluminación deberán contar con un sistema de regulación y control. Se prohíbe expresamente utilizar como único sistema de control el apagado y encendido en cuadros eléctricos, práctica muy habitual en la actualidad, por lo que se tendrá que instalar para cada zona, al menos, un sistema de encendido y apagado manual.

El sistema de control dispondrá, al menos de detección de presencia o temporización en zonas de uso esporádico. Esto implica la obligación de instalar estos sistemas en aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc.

Además los edificios que dispongan de una suficiente iluminación natural tendrán un sistema de regulación en las luminarias más próximas a las ventanas, de manera que se aproveche el aporte de luz natural.

El CTE incluye las fórmulas que permiten calcular en qué tipo de edificios es obligatoria hacer esta regulación, en función de la superficie acristalada, respecto a la de la planta del edificio, la tramitación del cerramiento acristalado y los posibles obstáculos exteriores al edificio, y que proyecten sombras sobre ellos. Se puede concluir que, en la mayoría de las configuraciones de los actuales edificios de oficinas, será necesaria su instalación. Así mismo, en muchos centros comerciales y polideportivos cubiertos se cuenta hoy en día con el suficiente aporte de luz natural.

Quedan explícitamente excluidas del requerimiento de regulación:

1. Las zonas comunes de edificios residenciales.
2. Las habitaciones de hospitales.
3. Las habitaciones de hoteles.
4. Tiendas y pequeños comercios.

3. Cálculo:

Se establece que los parámetros de calidad de la instalación aceptados como mínimos, son los que se establecen en la norma UNE 12464-1, “Iluminación en lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo interiores”, en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos laborales y en la norma UNE 12193 “Iluminación de instalaciones deportivas” (Véase: Otras Normas relacionadas con el alumbrado: Nuevo marco jurídico de la iluminación en España y Europa).

Dentro de la norma UNE 12464-1, hay que prestar especial interés a los valores de deslumbramiento directo (UGR) e indirecto (límite de luminancia en luminarias con flujo hacia el hemisferio inferior; $cd/m^2 < 65^\circ$), ya que en las instalaciones actuales estos parámetros de calidad suelen no ser considerados.

Los parámetros mínimos de cálculo que se tienen que obtener para cada zona son:

- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Iluminancia media mantenida (E_m) en el plano de trabajo.
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Así mismo se deberán indicar el índice de rendimiento cromático (Ra) y las potencias de los conjunto lámparas – equipo auxiliar. El cálculo se puede realizar manualmente o bien mediante ordenador (por ejemplo con el programa Dialux).

4. Productos de la construcción:

Se establecen en este punto unos valores mínimos de eficiencia de los equipos eléctricos asociados a las lámparas fluorescentes, halógenas de baja tensión y de descarga. Los valores exigidos para fluorescencia son los ya incluidos con anterioridad en el Real Decreto 838/2002.

(Véase: Otras Normas relacionadas con el alumbrado: Nuevo marco jurídico de la iluminación en España y Europa)

Para lámparas de descarga y halógenas de bajo voltaje, se exigen unos niveles inferiores a los que ofrecen algunos fabricantes en equipos convencionales. Utilizar reactancias y transformadores electrónicos garantiza el cumplimiento de este punto, en todos los casos.

5. Mantenimiento y conservación:

El CTE obliga a elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación, de manera que se garantice el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y de la eficiencia energética. Éste contemplará los periodos de reposición de las lámparas, los de la limpieza de luminarias, así como la metodología a emplear. Actualmente es práctica común hacer un mantenimiento puntual de las lámparas, lo cual impide garantizar las condiciones de calidad de la instalación.

TEXTO OFICIAL DEL B.O.E

1. Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

1.- Esta sección es de aplicación a las instalaciones de iluminación interior en:

- a) edificios de nueva construcción;
- b) rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada;
- c) reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo en los que se renueve la instalación de iluminación.

2.- Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- b) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 2 años;
- c) instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
- d) edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m²;
- e) interiores de viviendas.

3.- En los casos excluidos en el punto anterior, en el proyecto se justificarán las soluciones adoptadas, en su caso, para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.

4.- Se excluyen, también, de este ámbito de aplicación los alumbrados de emergencia.

1.2 Procedimiento de verificación.

1.- Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- a) cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEI en cada zona, constatando que no se superan los valores límites consignados en la siguiente Tabla.
- b) comprobación de la existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en el apartado 2.2;c) verificación de la existencia de un plan de mantenimiento, que cumpla con lo dispuesto en el apartado 5.

1.3 Documentación justificativa

1.- En la memoria del proyecto para cada zona figurarán junto con los cálculos justificativos al menos:

- a) el índice del local (K) utilizado en el cálculo;
- b) el número de puntos considerados en el proyecto;
- c) el factor de mantenimiento (Fm) previsto;
- d) la iluminancia media horizontal mantenida (Em) obtenida;
- e) el índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado;
- f) los índices de rendimiento de color (Ra) de las lámparas seleccionadas;
- g) el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante en el cálculo;
- h) las potencias de los conjuntos: lámpara más equipo auxiliar;

2.- Asimismo debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda.

2. Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

1.- La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m²) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión: P la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W]; S la superficie iluminada [m²]; Em la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

2.- Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

$$P \times 100 \text{VEEI} = S \times Em$$

a) Grupo 1: Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

b) Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

3.- Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la tabla 2.1. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Grupo Zonas de actividad diferenciada VEEI límite Administrativo en general 3,5 Andenes de estaciones de transporte 3,5 Salas de diagnóstico (4) 3,5 Pabellones de exposición o ferias 3,5 Aulas y laboratorios (2) 4,0 Habitaciones de hospital (3) 4,5 Zonas comunes (1) 4,5 Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas 5 Aparcamientos 5 Espacios deportivos (5) 5 Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior 4,5 Administrativo en general 6 Estaciones de

transporte (6) 6 Supermercados, hipermercados y grandes almacenes 6 Bibliotecas, museos y galerías de arte 6.

Zonas comunes en edificios residenciales 7,5 Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9) 8 Hostelería y restauración (8) 10 Religioso en general 10 Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7) 10 Tiendas y pequeño comercio 10 Zonas comunes (1) 10 Habitaciones de hoteles, hostales, etc.

Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior.

Zonas de no representación - Zonas de representación.

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
I Zonas de no representación	Administrativo en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Aparcamientos	5
	Espacios deportivos (5)	5
	Recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
2 Zonas de representación	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros Comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Religioso en general	10
	Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12
	Recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10

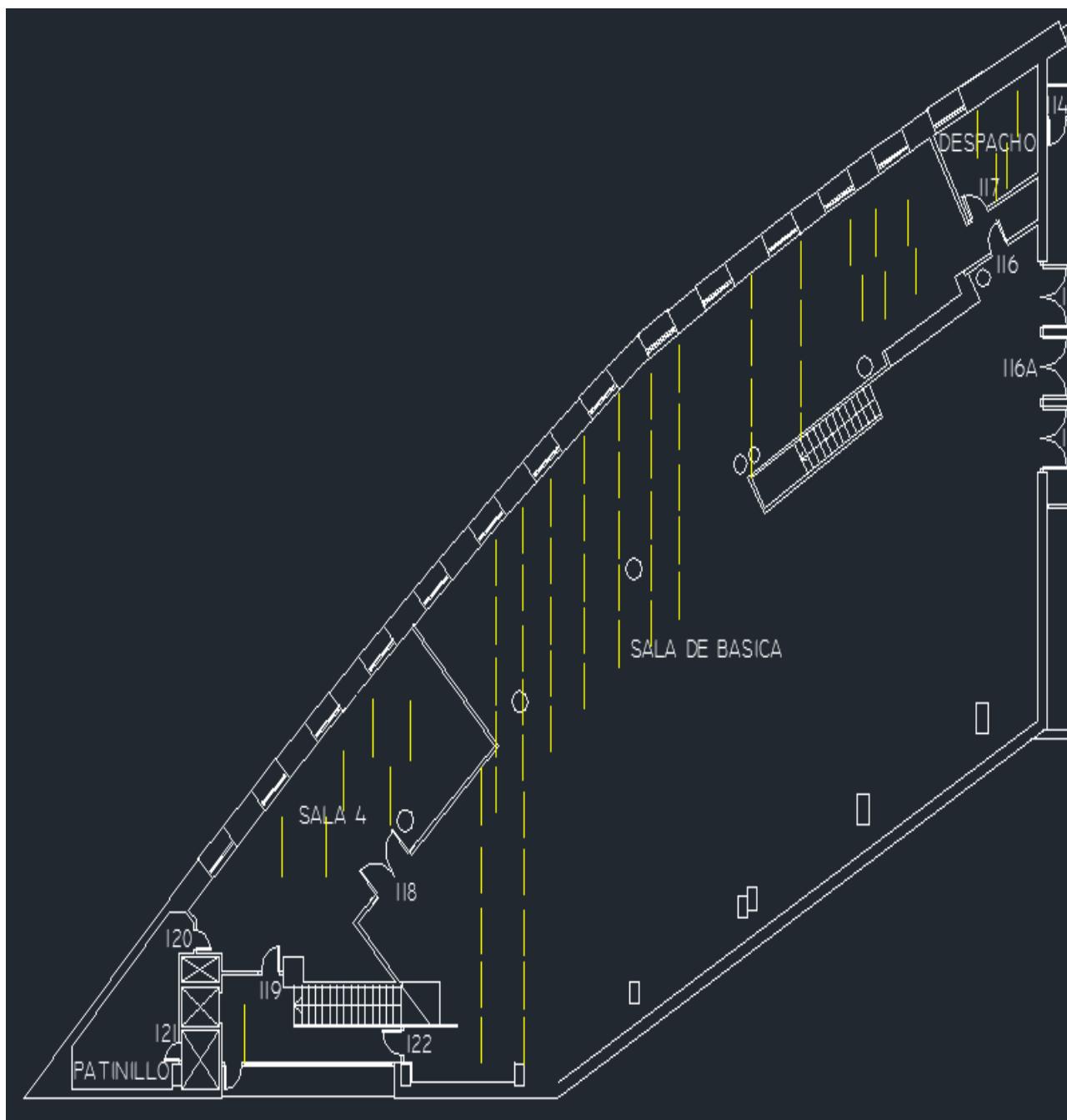
Valores límite de eficiencia energética de la instalación.

Anexo IV:

*Luminárias
de la biblioteca
en el plano*

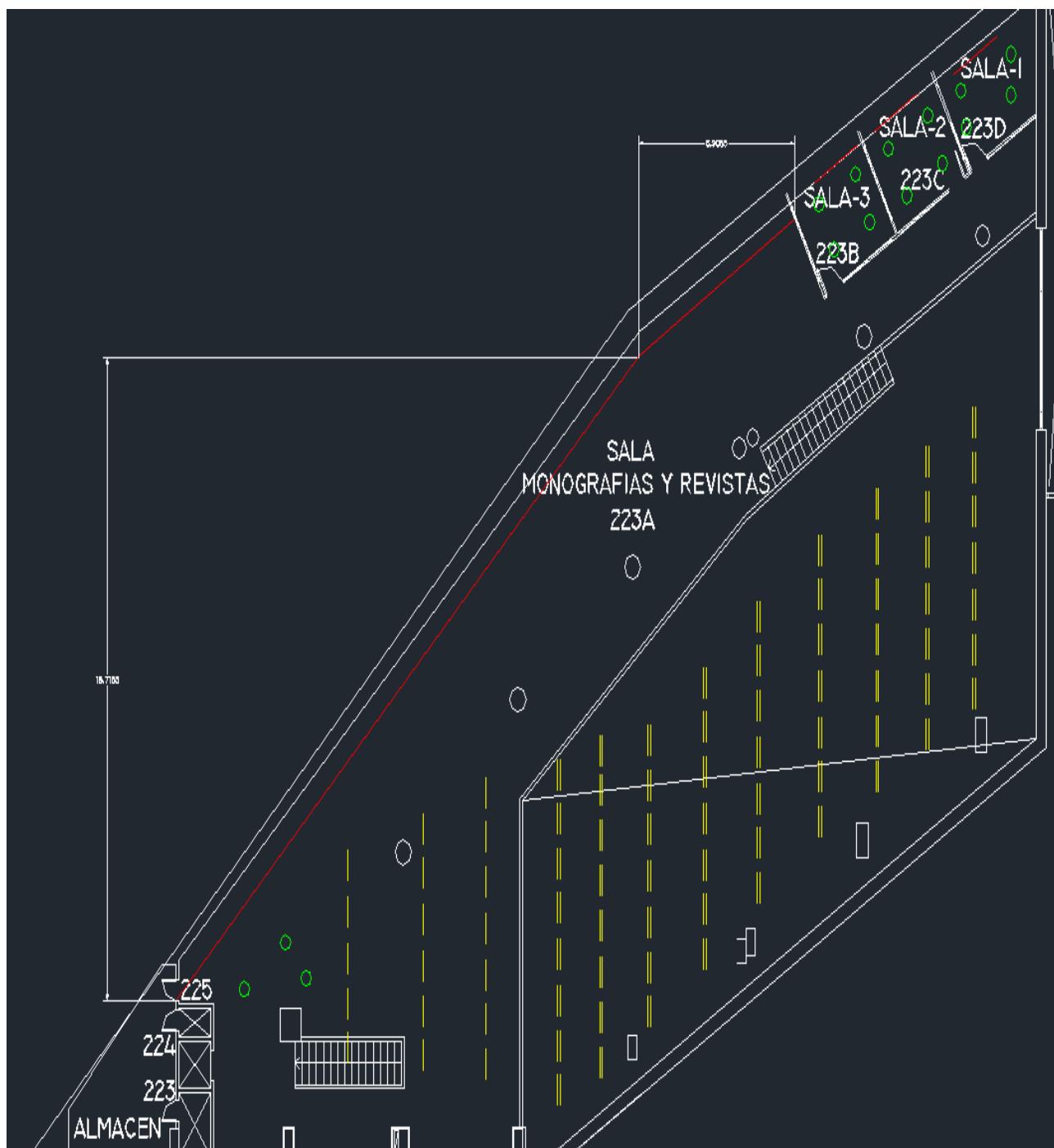
Todas las luminarias dibujadas en los gráficos mediante la herramienta software *AutoCAD*, son especificadas en el apartado cuatro del vigente proyecto en detalle, con el fin de poder identificar con exactitud y facilidad cada tipo de luminaria instaladas actualmente en la biblioteca, obteniendo así una ubicación con exactitud del modelo y ubicación existente.

Biblioteca Planta 0:



Tubos fluorescentes existentes en la planta baja de la biblioteca de la escuela.

Biblioteca Planta 1:



Diferentes tubos fluorescentes y lámparas existentes en la planta primera de la biblioteca de la escuela.

Imagen de las luminarias existentes en la biblioteca de la escuela:

* Luminaria de un sólo tubo fluorescente. Tipo: Philips **TL-D 36W/840**.



* Luminaria de dos tubos fluorescente. Tipo: Philips **TL-D 36W/840**.



* Luminaria de un sólo tubo fluorescente. Tipo: Philips **TL-D 58W/855**.



* Luminaria de bajo consumo. Tipo: Philips **15W**.



Anexo V:

“Propuesta I”

Renovado de Luminarias

Conclusiones Generales

CONSUMO TOTAL ACTUAL DE LA INSTALACION (x Año)

33.011 kWh

CONSUMO TOTAL PROPUESTO (x Año)

13.490 kWh

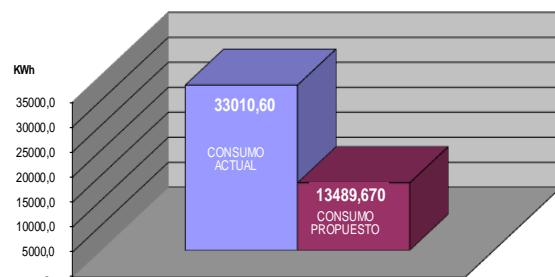
AHORRO ENERGETICO

19.521 kWh

REDUCCION DEL CONSUMO

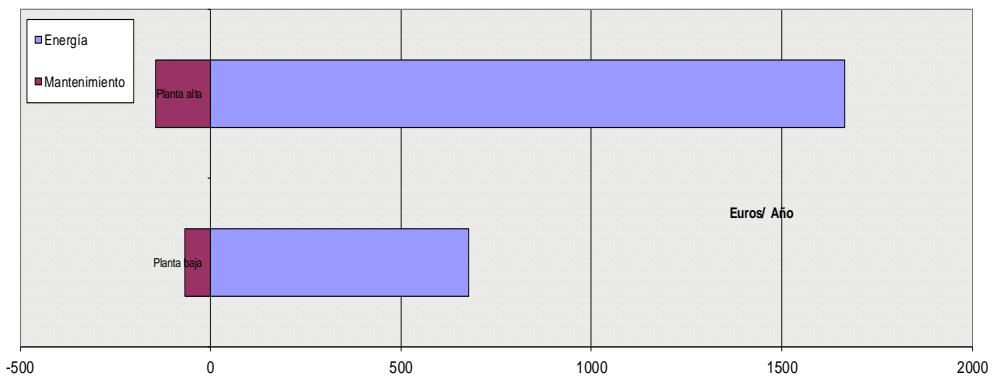
59%

Diferencia Consumo Instalación kWh



Ahorro Anuales x Sector

	Energía	Mantenimiento	Total Sector
Planta baja	678 €	- 68 €	609 €
Planta alta	1.665 €	- 145 €	1.520 €
	2.343 €	- 213 €	
2.129 € AHORRO TOTAL x año			



Factores Medioambientales:

Disminución de Kg de CO2 anuales	8.199 Kg/año	
Equivalente al consumo de	410 Arboles	
Disminución en Productos de Desecho	76% ↓	
Ahorro en Mercurio al Año	459 mg	

Inversiones iniciales:

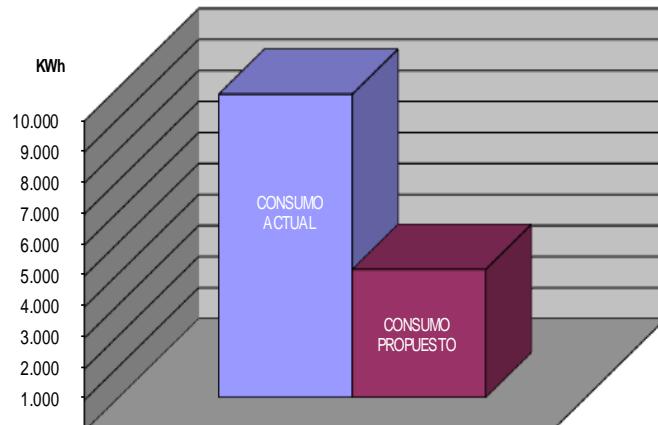
Instalación Actual	929 €	Inversión real	8.839 €
Instalación Propuesta	9.768 €	Amortización (Años)	4,2

RESUMEN: Planta baja

CONSUMO TOTAL ANUAL ACTUAL:	9.773 kWh
CONSUMO ANUAL TOTAL PROPUESTO:	4.126 kWh
AHORRO ENERGETICO	5.647 kWh

REDUCCION DEL CONSUMO ↓ **58%**

Diferencia Consumo Instalación KWh



Ahorro Anuales en €

	Energía	Mantenimiento	Total Sector
	678 €	- 68 €	609 €

Productos

Instalados



TLD Gama 80 36W+Equipo Electromagnético

Propuestos



Philips MasterLed GA110 1200mm 19W con Starter

Factores Medioambientales:

Disminución de Kg de CO₂ anuales:

2.372 Kg/año



Equivalente al consumo de:

119 Arboles



Disminución en Productos de Desecho:

76%

145 mg



Ahorro en Mercurio al Año:

Inversiones iniciales y periodo de amortización:

Instalación Actual **289 €**

Inv.real **2.791 €**

Instalación Propuest **3.080 €**

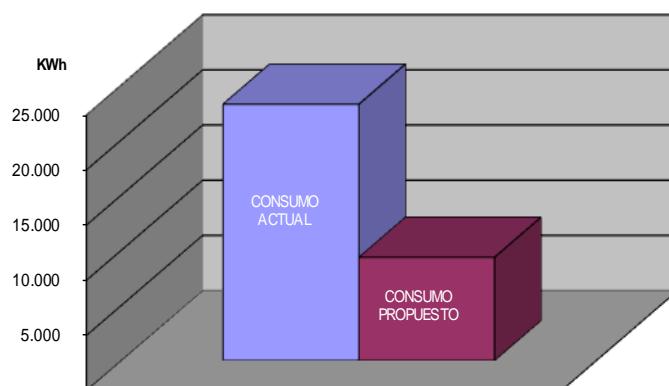
Amortización (Años) **4,6**

RESUMEN: Planta alta

CONSUMO TOTAL ANUAL ACTUAL:	23.238 kWh
CONSUMO ANUAL TOTAL PROPUESTO:	9.363 kWh
AHORRO ENERGETICO	13.874 kWh

REDUCCION DEL CONSUMO ↓ **60%**

Diferencia Consumo Instalación KWh



Ahorro Anuales en €

Energía	Mantenimiento	Total Sector
1.665 €	- 145 €	1.520 €

Productos

Instalados



+



TLD Gama 80 36W+Equipo Electromagnético

Propuestos



Philips MasterLed GA110 1200mm 19W con Starter



+



TLD Gama 80 58W+Equipo Electromagnético



Philips MasterLed GA110 1500mm 24W con Starter

Factores Medioambientales:

Disminución de Kg de CO₂ anuales:

5.827 Kg/año



Equivalente al consumo de:

291 Arboles



Disminución en Productos de Desecho:

76%



Ahorro en Mercurio al Año:

314 mg



Inversiones iniciales y periodo de amortización:

Instalación Actual

639 €

Instalación Propuesta

6.688 €

Inv.real

6.049 €

Amortización (Años)

4,0

Anexo VI:

“Propuesta II”

Sistema de control

Conclusiones Generales**CONSUMO TOTAL ACTUAL DE LA INSTALACION (x Año)**

36.808 kWh

CONSUMO TOTAL PROPUESTO (x Año)

13.392 kWh

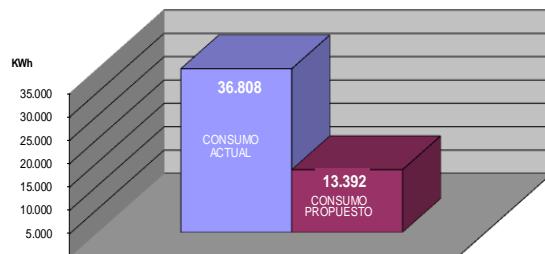
AHORRO ENERGETICO

23.416 kWh

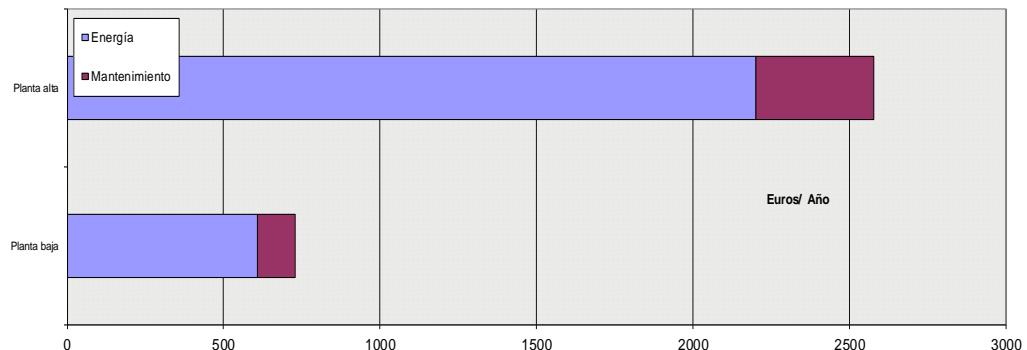
REDUCCION DEL CONSUMO

64%

Diferencia Consumo Instalación kWh

**Ahorro Anuales x Sector**

	Energía	Mantenimiento	Total Sector
Planta baja	607 €	123 €	730 €
Planta alta	2.203 €	376 €	2.579 €
2.810 €			3.309 € AHORRO TOTAL x año

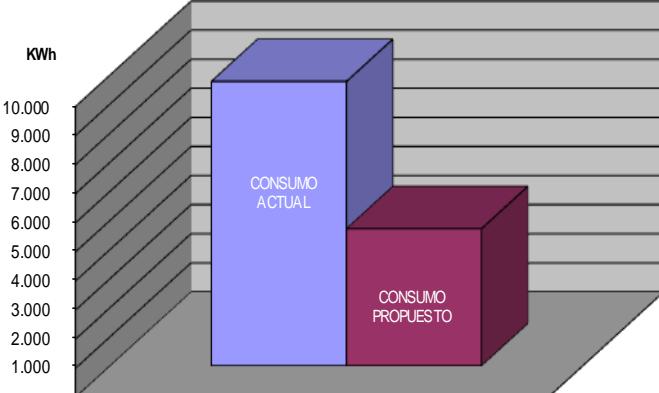
**Factores Medioambientales:**

Disminución de Kg de CO2 anuales	9.835	Kg/año	
Equivalente al consumo de	492	Arboles	
Disminución en Productos de Desecho	76%		
Ahorro en Mercurio al Año	589	mg	

Inversiones iniciales:

Instalación Actual	1.165 €	Inversión real	32.869 €
Instalación Propuesta	34.034 €	Amortización (Años)	9,9

RESUMEN: Planta baja

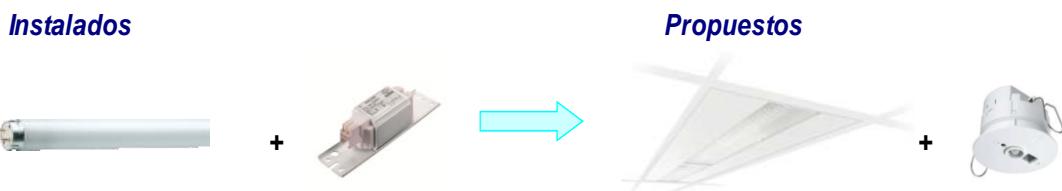
CONSUMO TOTAL ANUAL ACTUAL:	9.773 kWh
CONSUMO ANUAL TOTAL PROPUESTO:	4.713 kWh
AHORRO ENERGETICO	5.060 kWh
REDUCCION DEL CONSUMO	
↓ 52%	
Diferencia Consumo Instalación KWh	
	

Ahorro Anuales en €

Energía	Mantenimiento	Total Sector
607 €	123 €	730 €

Productos

Instalados



TLD Gama 80 36W+ Equipo Electromagnético

Philips Coreline RC120B LED27S/840 PSD W30L120+ Occupyswitch

Factores Medioambientales:

Disminución de Kg de CO₂ anuales:

2.125 Kg/año



Equivalente al consumo de:

106 Arboles



Disminución en Productos de Desecho:

76%



Ahorro en Mercurio al Año:

145 mg



Inversiones iniciales y periodo de amortización:

Instalación Actual	289 €
Instalación Propuest	16.205 €

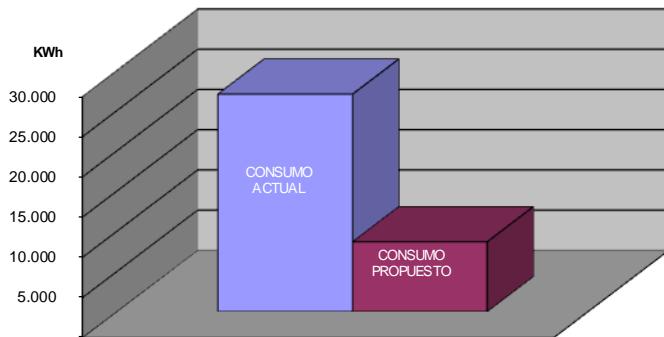
Inv.real	15.916 €
Amortización (Años)	21,8

RESUMEN: Planta alta

CONSUMO TOTAL ANUAL ACTUAL:	27.035 kWh
CONSUMO ANUAL TOTAL PROPUESTO:	8.679 kWh
AHORRO ENERGETICO	18.356 kWh

REDUCCION DEL CONSUMO  **68%**

Diferencia Consumo Instalación KWh



Ahorro Anuales en €

Energía	2.203 €
Mantenimiento	376 €
Total Sector	2.579 €

Productos

Instalados



TLD Gama 80 36W+Equipo Electromagnético

Propuestos



Philips Coreline RC120B LED34S/840 PSD W30L120+ Occupyswitch



TLD Gama 80 58W+Equipo Electromagnético



Philips MasterLed GA110 1500mm 24W con Starter



Downlight con 2X26W no integradas y equipo convencional



Philips CorelineDN125B LED20S/840 PSR WH+ Occupyswitch

Factores Medioambientales:

Disminución de Kg de CO₂ anuales:

7.709 Kg/año



Equivalente al consumo de:

385 Arboles

Disminución en Productos de Desecho:

77%



Ahorro en Mercurio al Año:

444 mg



Inversiones iniciales y periodo de amortización:

Instalación Actual **875 €**

Inv.real **16.954 €**

Instalación Propuesi **17.829 €**

Amortización (Años **6,6**

Anexo VII:

Fichas técnicas

Telémetro láser: *GLM 50 Professional*



Datos técnicos:

Diodo láser	635 nm, < 1 mW
Margen de medición	0,05 – 50 m
Clase de láser	2
Exactitud de la medición habitual	± 1,5 mm
Tiempo de medición habitual	< 0,5 s
Tiempo máx. de la medición	4 s
Alimentación de tensión	2 x 1,5 V LR03 (AAA)
Desconexión automática	5 mín.
Peso, aprox.	0,14 kg
Longitud	115 mm
Anchura	53 mm
Altura	32 mm
Unidades de medida	m/cm/mm

Medidor de radiación PCE-SPM1

Resolución	0,1 W/m², 0,1 Btu / (ft² x h)
Precisión	$\pm 10 \text{ W/m}^2$ o $\pm 5 \%$ <i>(cuenta con el valor más elevado)</i>
Rango espectral	400 ... 1.000 nm
Memorización de datos	43.000 valores de medición
Cuota de medición	Ajustable
Transmisión de datos	interfaz RS232 de serie
Pantalla	LCD
Rango de temperatura ambiente	De 0 ... a +50 °C
Humedad máxima	<80 % r.F.
Alimentación	4 pilas AAA x 1,5 V <i>(para una duración de uso de 16 días)</i>
Medidas	111 x 64 x 34 mm
Peso	165 g



Luxómetro digital hibok 33

Datos técnicos:

- Medidas de iluminancia (lux) lx
- Medida de intensidad luminosa (candela) cd
- Controlado por microprocesador
- Cumple norma ITC28 del R.E.B.T.
- Modo Peak (picos), y retención de lectura (Hold)
- Aparición de símbolos en pantalla y luz en display
- Manejable, ergonómico y fácil de usar
- Selección de rango: manual



Especificaciones:

Medidas de ILUMINANCIA

Rango 20lux / 200lux / 2.000lux / 20 Klux

Resolución / Precisión 0.01 lux / \pm (3%) \pm 10 dig.

Medidas de INTENSIDAD LUMINOSA

Rango 2 / 20 / 200 / 2.000Candelas

Resolución / Precisión 0.01 cd / \pm (3%) \pm 10 dig.

Otras especificaciones

Sensor de captación desplazable

Longitud de onda 390nm - 700nm

Captación de pico: tiempo en 50ms

Ajuste a cero automático

Unidades de medida lux / candela

Tiempo de muestreo 2s.

Alimentación 1 bat. de 9V (6F22)

Tamaño 190 x 65 x 33 mm

Peso 335g.