

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

**Desarrollo de una herramienta para el
análisis del consumo eléctrico en standby de
los edificios de la Universidad de Cantabria
(Development of a tool for the analysis of the
standby power consumption of the University
of Cantabria's buildings)**

Para acceder al Título de

***Máster Universitario en
Ingeniería de Telecomunicación***

Autor: David Carriles Pérez

Mayo - 2017



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MASTER

Realizado por: David Carriles Pérez

Director del TFM: Mario Mañana Canteli

Título: “Desarrollo de una herramienta para el análisis del consumo eléctrico en standby de los edificios de la Universidad de Cantabria”

Title: “Development of a tool for the analysis of the standby power consumption of the University of Cantabria’s buildings “

Presentado a examen el día: 3 de mayo de 2017

para acceder al Título de

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Adolfo Cobo García

Secretario (Apellidos, Nombre): Ramón Agüero Calvo

Vocal (Apellidos, Nombre): Luisa M^a de la Fuente Rodríguez

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

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

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Máster Nº
(a asignar por Secretaría)

Agradecimientos

A Mario, por la confianza y empeño puestos en mí en la beca del Vicerrectorado, y por permitirme trabajar con él todo este tiempo posterior. También por la paciencia y los conocimientos transmitidos. Gracias.

A los miembros del Vic. De Campus, Servicios y Sostenibilidad, por la ayuda prestada para llevarlo a cabo.

A mi familia y a Fran, por el apoyo incondicional a los primeros, y por la insistencia y los ánimos para que hiciese y acabase el máster al segundo.

Índice

1	Introducción y motivaciones	2
1.1	Eficiencia energética. Marco regulatorio	2
1.2	Universidad de Cantabria. Gasto energético. Consumo en stand-by	6
2	Arquitectura general del sistema	14
3	Sistema de adquisición de datos	18
4	Gestión y tratamiento de datos	21
4.1	Base de datos relacional	21
4.2	Aplicación de tratamiento de los datos y generación de Reports	26
4.3	Código para generar Reports manualmente	42
5	Visualización de los datos	45
5.1	Arquitectura del sistema. Consideraciones de seguridad	45
5.2	Desarrollo del portal web	47
6	Conclusiones y líneas futuras	52
6.1	Metodología para alcanzar los objetivos	52
6.2	Análisis de los informes	54
6.3	Líneas futuras	56
	Bibliografía	57

1 Introducción y motivaciones

1.1 Eficiencia energética. Marco regulatorio

La ingente cantidad de energía que se demanda en la sociedad actual, así como el imparable aumento de dicho consumo, han hecho necesario el desarrollo y la implementación de nuevas fuentes que generen estos recursos. Este reto se tuvo que asumir durante los años pasados y, aunque sigue siendo un área donde quedan muchas cosas por descubrir e innovar, es un aspecto bien conocido por toda la sociedad en su conjunto. Desde las tradicionales centrales hidroeléctricas, las nucleares o las térmicas, con sus respectivos problemas medioambientales; hasta la energía solar para generar electricidad y agua caliente mediante paneles solares o campos de helióstatos, la energía eólica, la biomasa, o la mareomotriz (una gran desconocida para parte de la sociedad), que van conformando un horizonte más sostenible en lo que se refiere a la contaminación y al consumo de los recursos que nos proporciona la Tierra.

Según datos del Banco Mundial y de Red Eléctrica Española, en España se consumieron 248 TWh de energía eléctrica en 2015, de los que Cantabria demandó 4208 GWh, es decir, en toda España se consumió 59 veces la energía que necesita Cantabria. Sin embargo, las desigualdades geográficas en el consumo hicieron que España ronde los 5000 kWh por persona y año, frente a otros países que están por debajo de los 50 (Sudán del Sur, con un consumo 100 veces menor), y otros que superan los 50 000 (Islandia, consumiendo 10 veces más que España). Es tarea de todos promover iniciativas que ayuden a desarrollar un sistema más sostenible.

Pero una pregunta importante que debe hacerse la sociedad, tanto en este ámbito como en muchos otros del día a día, es: ¿necesitamos tantos dispositivos que consumen energía? Posiblemente sí, pero ¿realmente somos conscientes del buen o mal uso que hacemos de los recursos que están a nuestro alcance? El conjunto de la sociedad dispone de la energía sin hacerse cargo del derroche que suponen los malos hábitos que se cometen. Dejar el ordenador encendido durante toda la noche sin ningún uso, no apagar las luces del despacho cuando sales del trabajo, o mantener los aparatos en standby sin apagarlos completamente, son algunos de los hábitos que se suelen tener, sobre todo en los lugares de trabajo o estudio, y que tienen un gran impacto tanto medioambiental como económico. ¿Por qué no hacer en tu oficina lo que sueles hacer en tu casa?

Este trabajo pretende hacer frente al último punto mencionado, relacionándolo con la Universidad de Cantabria (UC) y con el análisis del consumo en standby de los edificios que la forman, así como la evolución seguida en el coste derivado de dicho consumo. Es decir, se propondrá una herramienta para analizar el uso racional de energía eléctrica durante las horas de escasa actividad humana, que permita obtener conclusiones y explicar las variaciones halladas en el consumo entre los diversos periodos del año. Se

desarrollarán herramientas que integren los mecanismos disponibles para adquirir, almacenar, tratar e interpretar los datos del consumo eléctrico de la Universidad, permitiendo visualizar los resultados de manera sencilla por todo aquel que quiera consultarlo. Para ello se ubicarán los informes correspondientes en la web de “Sostenibilidad energética en la UC”, dependiente del Vicerrectorado de Espacios, Servicios y Sostenibilidad (www.sostenibilidadenergetica.unican.es).

Con anterioridad, la Universidad de Cantabria se ha visto obligada a impulsar planes que fomenten los aspectos destacados. La principal motivación ha sido la detección del elevado consumo que se produce en los diferentes edificios, así como la disparidad de dicho consumo, con un impacto económico importante sobre el presupuesto anual, que se ha visto reducido drásticamente durante los últimos años. Como antecedentes de este trabajo se pueden destacar los proyectos desarrollados durante los periodos 2008-2012 y 2012-2016, que son “Ecocampus Agenda 21” y el proyecto “Enefgy”. Lo que se propone es la continuación de este último proyecto.

En cuanto a la legislación española, (1) hay una serie de Leyes, Directivas, normativas, recomendaciones, comunicaciones y reglamentos que pretenden regular todos estos aspectos de ahorro y eficiencia energética. El objetivo es aportar las directrices necesarias para la mejora social en esta materia, orientando las actividades humanas hacia el desarrollo sostenible y la competitividad mediante la transmisión de conocimiento y la formación de los ciudadanos.

Los correspondientes planes desarrollados se han ido actualizando y renovando de un periodo a otro. Como referencia se pueden destacar los siguientes:

- Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.
- Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España. (2)
- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 (3)

En los documentos mencionados se comienzan a definir las normas y directrices que marcarán los planes posteriores, iniciando la forma de aunar el aumento de la demanda energética con la generación y el buen aprovechamiento de dicha energía en cuanto a los aspectos medioambientales se refiere.

Entre las medidas que se destacan, y que se relacionan con el tema tratado, son las siguientes:

- La temperatura en edificios públicos no podrá bajar de 26º en verano, ni superar los 21º en invierno.
- Implementar obligatoriamente una alta calificación energética para los edificios nuevos de la Administración.

- Impulsar medidas que ahorren energía en las instalaciones (eliminar bombillas de baja eficiencia gradualmente, reducir el consumo eléctrico en edificios un 10% en la primera mitad de cada año, mejorar la eficiencia del alumbrado público, reducir un 50% el consumo en el alumbrado de autovías).

En cuanto a las medidas que aún siguen en vigor y que se definieron en los últimos planes, destaca obtener un ahorro del 9% en 2016, llegando a alcanzar un ahorro del 20% en energía primaria para 2020.

Por otro lado, en cuanto a las condiciones de ahorro y la eficiencia energética de una edificación, se puede destacar también el Real Decreto 235/2013 del 5 de abril (4), que define la necesidad de obtener un certificado de eficiencia energética para todos aquellos edificios que vayan a ser comprados o arrendados a un tercero. Se pretende comprobar que el inmueble cumple con los requisitos mínimos que se establecen en el Código Técnico de la Edificación, informando del grado de eficiencia del edificio y de las emisiones de CO₂ derivadas de su ocupación.

El resultado de este informe consiste en una calificación del edificio de mayor a menor eficiencia, de la A a la G, así como de una serie de valores numéricos que muestran la potencia por metro cuadrado (kWh/m²) y las emisiones de CO₂ por metro cuadrado (kgCO₂/m²).

En relación a las normativas internacionales que regulan las certificaciones energéticas, cabe destacar la norma ISO 50001 (5). En ella se establecen las exigencias que debe cumplir un Sistema de Gestión Energética para analizar los diferentes consumos de energía y realizar mejoras continuas en el rendimiento obtenido. Esta norma, aparte de la certificación y el reconocimiento que aporta, te asegura un beneficio económico tangible obtenido del ahorro energético conseguido.

Se parte del desarrollo de una política energética, estableciendo los objetivos reales que se desean alcanzar, así como los planes de acción que es necesario tomar para lograr ese consumo de energía. Se basa en la metodología Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) (5) que, según se observa en la Figura 1.1, involucra también factores de difusión y análisis de las políticas implementadas, seguimiento de las mismas y constantes acciones de corrección de errores y de acciones preventivas para evitar futuras no conformidades con los resultados obtenidos.

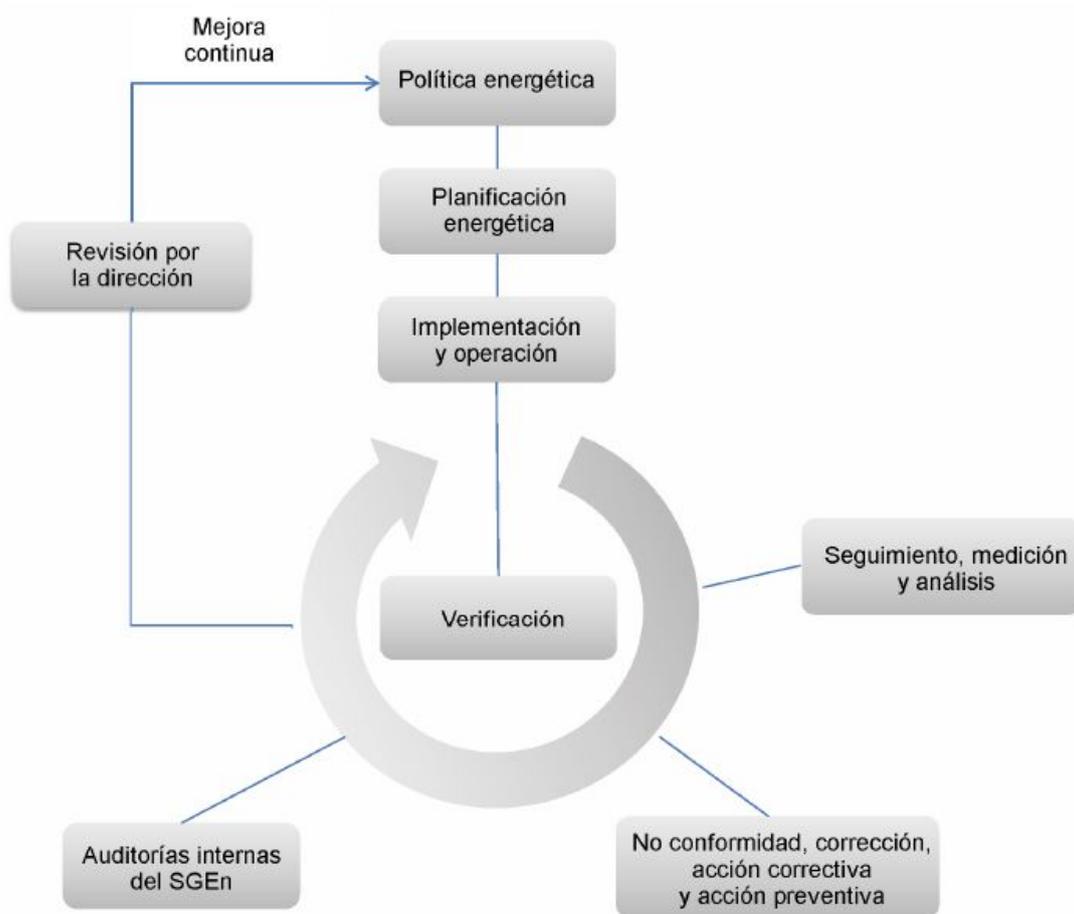


Figura 1.1: Modelo de gestión de la Energía.

Dentro de esta norma se utilizan diferentes conceptos que es necesario destacar:

- Mejora continua: Se trata de un proceso en el que se ponen a prueba las diferentes medidas acordadas, revisando e innovando constantemente.
- No conformidad: Incumplimiento de un requisito.
- Acción correctiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad detectada.
- Acción preventiva: Acción para eliminar la causa de una no conformidad potencial. Tanto en este caso como en el anterior, puede ser necesario considerar más de una causa para este tipo de no conformidades.
- Energía: Hace referencia tanto a electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares. Se trata de una norma aplicable a cualquiera de estos ámbitos.
- Línea de base energética: Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético. Para poder actuar sobre ella es imprescindible disponer de datos históricos de consumo. Este es el elemento

clave para futuros usos de este trabajo, ya que el objetivo final es reducir todo lo posible este parámetro en las horas nocturnas.

Para terminar este breve resumen de la norma hay que hacer referencia a los elementos que influyen a la hora de determinar el valor cuantitativo de la línea de base energética que se quiere implementar. Tras los estudios pertinentes para determinar aquellas actividades que influyen directamente en el consumo de energía, es necesario valorar factores como el tipo de edificación, los materiales de aislamiento, los usos habituales de la instalación, la climatología, la antigüedad de los equipos, ... Todos ellos influyen de una u otra forma en el consumo energético y, poniéndose en el caso de la Universidad de Cantabria, el consumo de electricidad dependerá en gran medida de factores de este estilo.

1.2 Universidad de Cantabria. Gasto energético. Consumo en stand-by

La Universidad de Cantabria (6) está formada por un campus ubicado en el Parque de Las Llamas de Santander, distribuido de manera lineal y que lo componen 13 edificios, así como por otro campus en Torrelavega y por varios centros adscritos en estas dos localidades y en Comillas. Esta distribución de los diferentes centros y edificios determina las particularidades que posee la Universidad a la hora de repartir y gestionar los recursos energéticos.

Ya se han mencionado algunos proyectos que implican el ahorro y la eficiencia en la Universidad, por lo que este apartado se centrará en describir el gasto energético y la distribución del consumo de la misma.

Este consumo está distribuido de manera asimétrica entre los diferentes edificios, ya que, aunque en todos hay patrones comunes para establecer una correcta iluminación, climatización, seguridad y accesibilidad de los espacios, no se dedican todos al mismo tipo de actividad. Cabe destacar también que la eficiencia y el gasto energético necesario para prestar estos servicios depende igualmente de la propia estructura del edificio, es decir, tanto de la distribución de los espacios y de los aislamientos térmicos y los materiales que aportan luz natural al edificio, como de los equipos concretos instalados para proporcionar la climatización (antigüedad, eficiencia, ...).

Las diferencias de consumo más significativas son debidas también al equipamiento que tiene cada edificación, dependiendo de su uso concreto. Número de quipos informáticos y de aulas de estudio, maquinaria específica de diferentes tipos de laboratorios y áreas de investigación, etc. son algunos de los aspectos que se deben valorar para determinar

el grado de aprovechamiento de los recursos disponibles. Es decir, un correcto análisis del consumo comienza por una auditoría exhaustiva de todos los edificios que se van a estudiar, para detectar todos los puntos de consumo.

La Universidad tiene un gasto energético en electricidad y gas natural de aproximadamente 2.500.000 € y de unos 200.000 € necesarios para mantener las instalaciones relacionadas con este ámbito, representando en torno al 2,5% del presupuesto total, y que está dentro del rango que manejan las demás universidades españolas.

Para profundizar más en estos datos se puede acudir al documento “Seguimientos energéticos sectoriales: Centros Educativos-Universidades”, elaborado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) (7). En él se hace hincapié en el gran desconocimiento que hay sobre el uso energético de los centros educativos dentro de la administración, valorando sobre todo el gran impacto que evidentemente tiene desde el punto de vista económico. El consumo principal es de origen eléctrico y térmico (calefacción), como ya se ha comentado.

Se parte estudiando el consumo de la mayoría de las universidades españolas durante los últimos años, teniendo en cuenta factores como la ubicación geográfica de los centros, para separarles en 3 grupos. La información es recogida mediante cuestionarios distribuidos a través de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE). Con estos datos se elaboran los correspondientes informes, pretendiendo replicar el sistema en años venideros. Se barajan datos relacionados con la superficie en función de los alumnos (m^2 /alumno), consumo eléctrico por alumno y superficie (kWh/alumno y kWh/ m^2), coste unitario (€/kWh), coste eléctrico/alumno (€/alumno) y coste eléctrico/superficie (€/m²). Más adelante se mostrará como la UC dispone de algunos de estos datos en abierto para cualquier persona que quiera consultarlos. La última etapa del proceso consiste en extrapolar los resultados obtenidos al resto de universidades, sin distinción de zonas climáticas en el caso de la electricidad, como se explica a continuación.

Se consideró el consumo eléctrico de todas las universidades en su conjunto debido a que los resultados eran muy similares independientemente de la zona climática (solo en este caso, ya que para la energía térmica si se disgregó en 3 zonas). En la Figura 1.2, Figura 1.1 y Figura 1.3, obtenidas del citado documento (7), se puede observar el consumo en kWh/ m^2 y kWh/persona respectivamente. Son datos de cada una de las universidades participantes, de los años 2007, 2008, 2009 y 2010, con el correspondiente valor medio superpuesto. Tomando como referencia estos valores, en la Figura 1.6 y Figura 1.7, que se muestran más adelante, se observa el consumo en estos mismos términos y se describe detalladamente el tipo de suministro de la UC.

Desarrollo de una herramienta para el análisis del consumo eléctrico en standby de los edificios de la Universidad de Cantabria

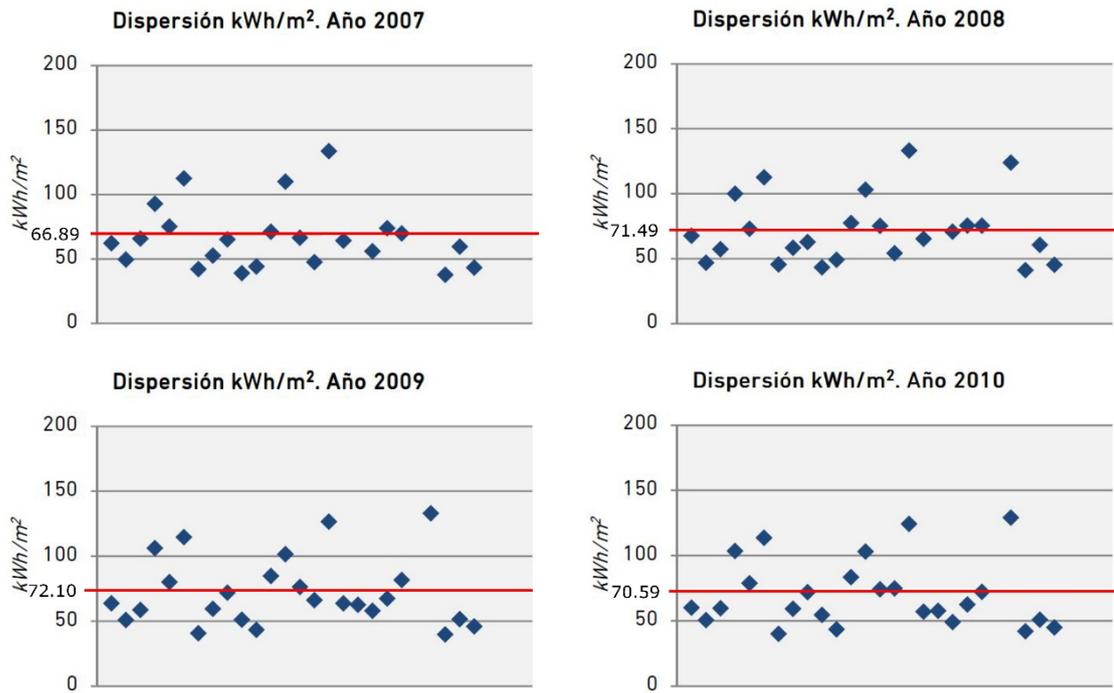


Figura 1.2: Consumo eléctrico/superficie de diversas universidades españolas y nivel medio (Adaptado de IDAE).

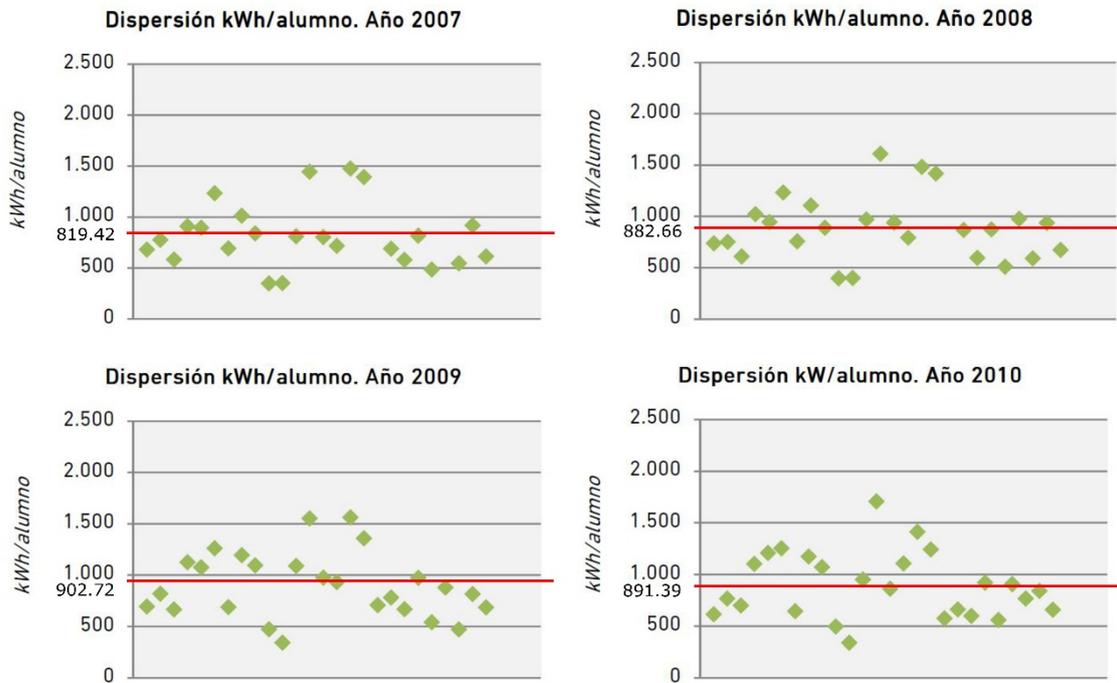


Figura 1.3: Consumo eléctrico/alumno de diversas universidades españolas y valor medio (Adaptado de IDAE).

Con respecto al contrato eléctrico de la Universidad de Cantabria, al igual que el de la mayoría de los centros con grandes consumos, se puede definir como un contrato con discriminación horaria, esto es, dependiendo de la hora del día y del mes del año, se tiene un periodo tarifario u otro. El precio y el rango de horas de cada periodo está determinado también por el tipo de suministro recibido, es decir, por la capacidad contratada, según la Orden ITC/2794/2007. En este caso, la UC cuenta con diferentes contratos, dependiendo del edificio.

En lo que a esto último se refiere, se pueden diferenciar desde algunos contratos de baja tensión (tarifas 3.0A, menores de 15 kW), que se emplean únicamente para edificios con un bajo consumo de energía eléctrica; hasta otros, que forman la mayoría de edificios, que son de alta tensión (tarifas 3.1A y 6.1 de 1kV a 36 kV). Los contratos 3.0A y 3.1A están formados únicamente por 3 periodos tarifarios (P1, P2, P3), mientras que el contrato 6.1 consta de 6 (P1, P2, P3, P4, P5, P6). Estos contratos permiten al consumidor definir en cada periodo horario el máximo de potencia que desea contratar para su consumo, y en el caso de exceder ese consumo prefijado, se impone una sanción que implica pagar el coste de la energía consumida más una multa por exceso. Hay que resaltar unas limitaciones que se imponen para estos contratos, y es que la potencia de cada periodo debe ser igual o mayor que el del periodo anterior ($P1 \leq P2 \leq P3 \leq P4 \leq P5 \leq P6$), siendo aplicable tanto para el contrato de 3 periodos, como para el de 6. En este último caso, el periodo P6 debe tener contratado 451 kW de manera fija.

En la Tabla 1 se observa la distribución horaria de los diferentes periodos tarifarios en función del mes del año. La correspondencia entre cada periodo y su coste económico asociado se representa en la Tabla 2.

h\mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio (1ª quincena)	Junio (2ª quincena)	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0-1													
1-2													
2-3													
3-4	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4-5													
5-6													
6-7													
7-8													
8-9	P2	P2				P4	P2	P2		P4			P2
9-10													
10-11	P1	P1	P4			P3				P3			P1
11-12													
12-13													
13-14													
14-15	P2	P2		P5	P5		P1	P1	P6		P5		P2
15-16													
16-17													
17-18													
18-19	P1	P1	P3			P4				P4		P3	P1
19-20													
20-21													
21-22	P2	P2					P2	P2					P2
22-23												P4	
23-24													

Tabla 1: Distribución horaria de los periodos de facturación por meses.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Precio (€/kWh)	0.123706	0.106153	0.097378	0.087908	0.085861	0.07077

Tabla 2: Precio del kWh según el periodo tarifario.

En la Figura 1.4 (6) se muestra el gasto en energía eléctrica y en gas natural con respecto al presupuesto general de la Universidad durante los últimos años. Se aprecia el incremento del gasto en los años centrales de la crisis económica sufrida en España, sin embargo, hay que resaltar que este incremento brusco no implica un incremento directo en el consumo, ya que esto fue debido al aumento constante que sufre el precio de la energía. Podemos comparar en la Figura 1.5 (6) la evolución del incremento del consumo de electricidad con respecto al periodo anterior, y observamos que el consumo descendió en los años en los que creció el gasto.

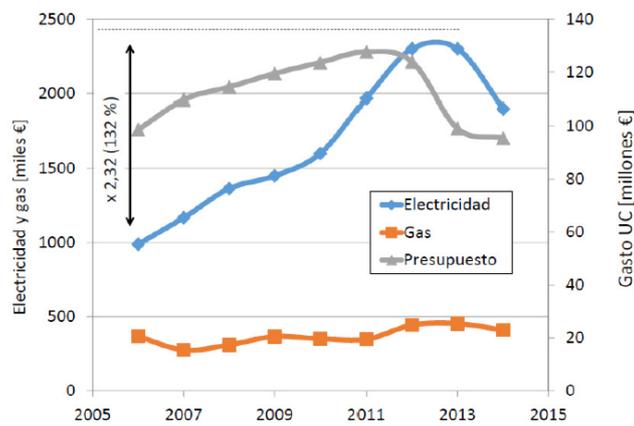


Figura 1.4: Gasto de energía eléctrica y de gas natural frente al presupuesto total de la Universidad.

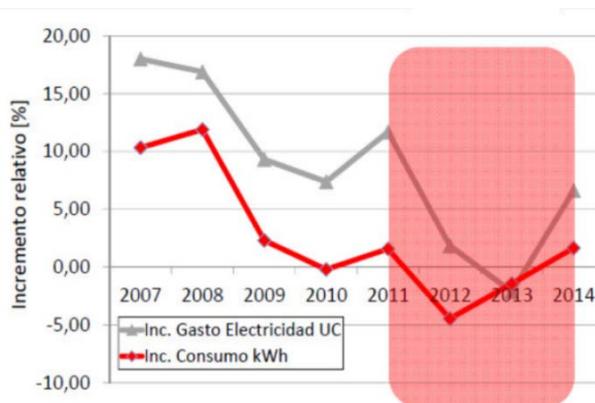


Figura 1.5: Evolución del incremento del consumo de electricidad.

Se puede destacar que estos datos no implican que se hayan conseguido estas reducciones de consumo como resultado de las políticas de ahorro y eficiencia energética, sino que, en gran medida, pueden deberse al menor volumen de trabajo e

investigación que recibieron los diferentes departamentos de la Universidad, esperándose un repunte en los próximos años debido a las previsiones de mejora económica y de trabajo. Por lo tanto, el objetivo fijado es plantear las herramientas necesarias para analizar el consumo que se ha tenido hasta ahora y facilitar un uso responsable de los equipos e instalaciones en el futuro.

Los datos de consumo de la UC disponibles permiten obtener gráficas similares a las mencionadas anteriormente en el documento del IDAE (7). La Figura 1.6 y Figura 1.7 (8) completan la información de la Figura 1.5, mostrando la distribución del consumo eléctrico a lo largo del año, tanto en kWh/m² como en kWh/persona, respectivamente (incluyendo alumnos, personal de administración y servicios y personal de investigación). Son datos desde el año 2009 hasta el 2014, pudiéndose apreciar tanto el descenso en el consumo total de los últimos años, como el hecho de que el consumo es muy constante a lo largo del año, con rangos entre 4.5 y 5 kWh/m² y entre 800 y 1000 kWh/persona, sin grandes oscilaciones mensuales en la demanda de energía (obviando el error de la base de datos de octubre de 2010).

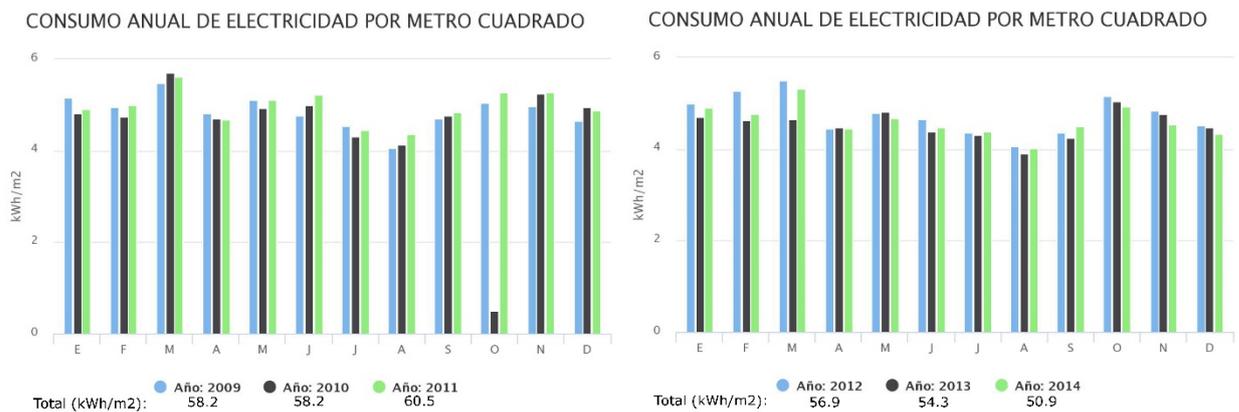


Figura 1.6: Distribución del consumo eléctrico anual por m².

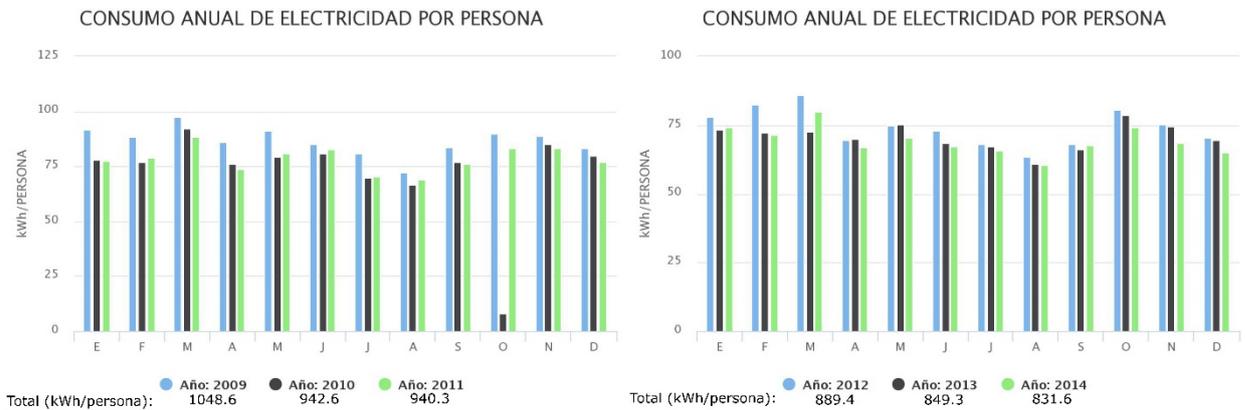


Figura 1.7: Distribución del consumo eléctrico anual por persona.

Si se comparan los datos anteriores con los del resto de universidades españolas representadas en el estudio del IDAE, se aprecia que la UC se mantiene en torno a los niveles medios señalados, con umbrales que pueden estar algo por encima o por debajo.

Hasta ahora se han realizado, tanto una descripción económica del consumo, como una distribución anual. Por último, es necesario analizar el consumo diario de la Universidad en su conjunto, intentando destacar una serie de particularidades que se pretenderán explicar y analizar en los siguientes apartados.

En la Figura 1.8 (9) se muestra la curva diaria de consumo eléctrico del conjunto de la Universidad. Se destaca un aumento del consumo en las primeras horas del día debido al inicio de la actividad académica, una disminución a medio día y un repunte en la jornada de tarde. Como se aprecia en la gráfica, hay tres aspectos destacables, señalados con flechas:

- Estancamiento del consumo al iniciar la jornada de mañana. Es necesario estudiar a qué son debidos. Una primera hipótesis apunta al tiempo de espera del comienzo de las clases y demás actividades, por lo que cabría plantearse si realmente es necesario consumir tanto en ese periodo, ya que esto se produce por el encendido de luces y ordenadores en la aulas y departamentos antes de comenzar. ¿Por qué no encender las cosas justo cuando se necesitan?
- Un valle a mediodía cuando se acaba la jornada de mañana. Se podría destacar que las únicas zonas que quedan en uso son despachos y zonas comunes (pasillos, cafetería, comedores, ...). Es necesario estudiar la demanda de energía que se produce o si se están quedando cosas encendidas sin necesidad.
- Una caída lenta en el consumo al final de la jornada. Este hecho puede deberse a las labores de limpieza y mantenimiento que se deben realizar a diario. Implica un consumo importante, ya que la iluminación de gran parte del edificio permanece encendida para estas tareas. Se debería estudiar una correcta planificación para centrar estos trabajos en horas diurnas, durante los horarios de actividad habitual, pudiendo solapar ambas actividades y minimizado el uso de los edificios fuera de este horario.



Figura 1.8: Curva diaria de consumo eléctrico.

El último aspecto importante que es necesario destacar es la zona de consumo nocturno, ya que observamos un valor mínimo del que no es posible bajar (esta es la línea de base sobre la que se pretende actuar para disminuir el consumo durante las horas propuestas, como se mencionó en el apartado anterior). Este valor (en torno a 600 kWh) supone un 20% del consumo total, y se produce durante las horas nocturnas, en las que todos los edificios están completamente cerrados y sin actividad humana. Cabe analizar el uso que se les da a los diferentes equipos que quedan encendidos en los edificios durante la noche y su utilidad. Como dato adicional, se han llegado a contabilizar en la Universidad hasta 1400 direcciones IP activas durante la noche, lo que significa que se quedaron todos esos dispositivos conectados, consumiendo energía. ¿Realmente son necesarios?

En este aspecto pretende profundizar este trabajo, aportando la información necesaria para analizar el comportamiento de los edificios en ese intervalo temporal.

2 Arquitectura general del sistema

La perspectiva que abarca este apartado es aquella que describe las unidades funcionales y la arquitectura que define el sistema, analizando la distribución de todos los elementos que forman parte de la red utilizada.

Como ya se ha mencionado, la Universidad de Cantabria está formada por diversos edificios, algunos de ellos agrupados en el Campus de Las Llamas, y otros disgregados por la ciudad de Santander, Torrelavega y Comillas. En la Figura 2.1 se muestra una ortofoto con los edificios del campus de Las Llamas.



Figura 2.1: Distribución lineal de los edificios del campus de Las Llamas.

A continuación, se muestra una lista con los edificios que vamos a tomar como referencia y las características y equipos de medida de los que dispone cada uno (6). Todos ellos disponen de una instalación eléctrica básica y otra de climatización (calderas y aires acondicionados puntuales). Esta selección se basa en que son aquellos edificios de los que podemos obtener datos fiables con regularidad.

- ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (tarifa de acceso: 6.1): 11 400 m² distribuidos en 6 plantas en el edificio antiguo y 9 061 m² en otras 6 plantas en el edificio nuevo. Dispone de 9 contadores de energía.
- Edificio Interfacultativo (tarifa de acceso: 6.1a): 3 166 m² en 6 plantas. Dispone de 6 contadores de energía.
- Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales (tarifa de acceso: 6.1a): 43 236 m² en 7 plantas. Dispone de 8 contadores de energía.
- EP de Ingeniería de Minas y Energía (tarifa de acceso: 3.1a): 10 200 m² en 6 plantas. Dispone de 1 contador de energía.
- Facultad de Medicina (tarifa de acceso: 3.1): 23 960 m² en 4 plantas. Dispone de 8 contadores de energía.
- ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación (tarifa de acceso: 6.1): 21 000 m² en 10 plantas. Dispone de 37 contadores de energía.

- Facultad de Ciencias (tarifa de acceso 6.1A): 14 717 m² distribuidos en 5 plantas, con instalación eléctrica básica e instalación de climatización. Dispone de 55 contadores de energía.

Los equipos de medida que se utilizan están repartidos por los diferentes edificios. Cada centro de la Universidad, en términos de energía eléctrica, está suministrado de manera individual, existiendo una acometida y un contrato independiente para la mayoría de los edificios, con una tensión de alimentación diferente. Todo esto incrementa las facturas en torno a un 20% con respecto a una alternativa de contrato y de suministro único. Como proyecto de futuro, se puede realizar una fuerte inversión que implemente una única acometida eléctrica, donde se instalen equipos de transformación, y que sea la propia Universidad la encargada de distribuir la energía a los diversos centros, con el consiguiente ahorro económico. Un sistema similar ya se ha llevado a cabo con el suministro de gas natural.

Existen dispositivos instalados tanto a la entrada de la acometida de cada edificio, en los cuadros generales, como en áreas concretas. Se puede destacar que el tipo de informes propuestos se centran en el medidor principal del consumo, es decir, aquel que muestra los datos del edificio completo y, por consiguiente, los informes generados no disciernen las áreas de las que proviene el gasto. Todo este sistema es extensible a un estudio pormenorizado de zonas de un edificio, donde se podrían analizar los gastos de determinadas actividades particulares, para identificar las causas de las anomalías en el perfil de consumo del edificio.

Así mismo, hay que destacar que si se extienden las herramientas propuestas a zonas concretas (departamentos, laboratorios, grupos de investigación, ...), se puede poner en marcha algún sistema de control del consumo energético. Esto viene a raíz de que la dirección de la Universidad es la que asume el gasto generado y, para evitar los usos indebidos, se puede intentar que cada área de trabajo controle la utilización que hace de estos recursos. Lo que se plantearía sería discutir el uso de la energía dependiendo de las necesidades de cada uno, para conseguir así que se realice un buen uso de todos los dispositivos conectados y que, si se detectan singularidades, se pueda repercutir el gasto económico en esa área concreta, investigando las causas y proponiendo soluciones. Todo esto, teniendo presente el desigual uso que se hace de la energía, ya que las necesidades de todos los grupos no son iguales y que, dependiendo de las herramientas y la maquinaria utilizadas, es necesario contemplar un perfil de consumo u otro.

Hasta ahora se ha hablado de las distribuciones de los edificios y de los servicios disponibles en ellos, pero también es necesario identificar las comunicaciones que existen. Estando distribuidos espacialmente los elementos de medida, es necesario transportar todos los datos que proporcionan, almacenarlos, procesarlos y mostrarlos al público. La arquitectura lógica de todo este sistema se describirá en el siguiente

apartado y, por el momento, se va a describir la arquitectura física, al igual que se ha venido haciendo hasta ahora.

Por un lado, dentro del Universidad están definidas varias redes para interconectar e intercambiar datos entre las diferentes áreas. Debido a los diferentes grupos de trabajo y alumnado que existen, podemos distinguir tres redes independientes, que en muchos casos comparten los equipamientos físicos pero que, desde un punto de vista lógico, están independizadas:

- Red de Infraestructuras y Seguridad.
- Red de Gestión.
- Red UNICAN-PDI.

Toda esta red está desplegada mediante fibra óptica que interconecta los edificios, con más de 100 km de fibra propiedad de la Universidad (10). Esto alimenta en torno a 80 armarios de comunicaciones para dar servicio a más de 8000 puntos de conexión, tanto en el Campus de Las Llamas, como en los demás centros descritos. Todo esto orquestado mediante dos CPD's, uno ubicado físicamente en el Servicio de Informática del edificio de Filosofía y Letras y otro en la Facultad de Ciencias. La red completa se puede contemplar en la Figura 2.2 (10).

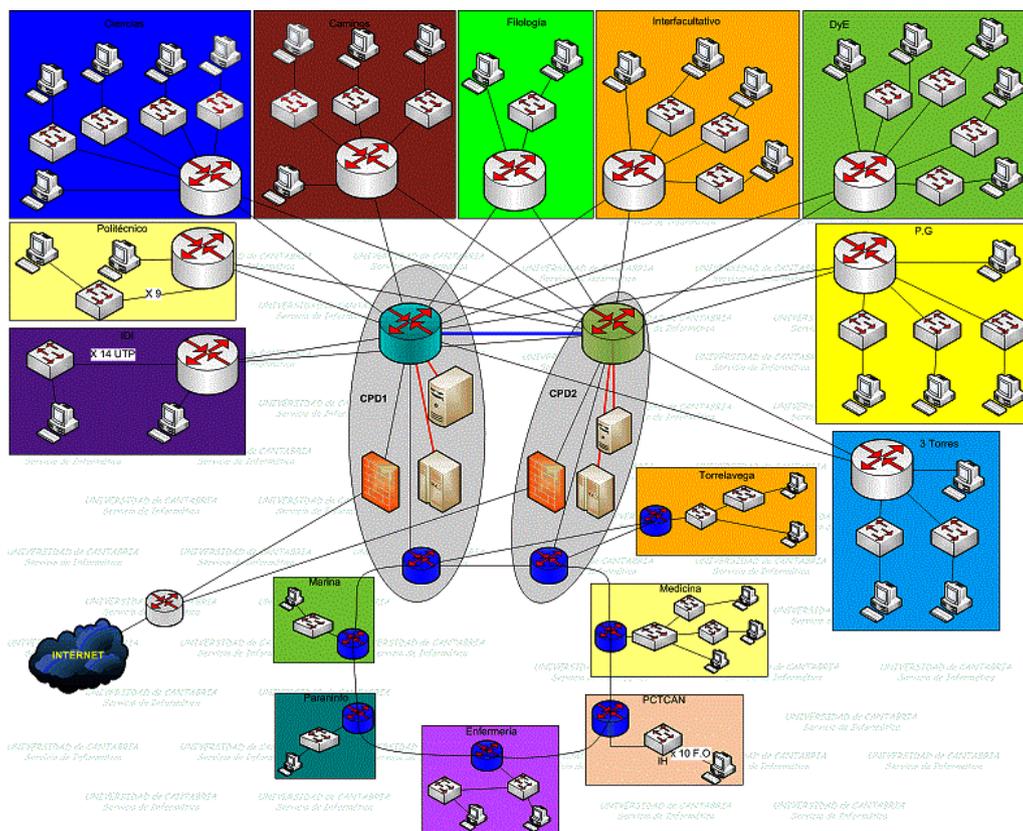


Figura 2.2: Red de comunicaciones entre centros de la Universidad de Cantabria.

Desarrollo de una herramienta para el análisis del consumo eléctrico en standby de los edificios de la Universidad de Cantabria

Esta infraestructura permite proporcionar accesos de hasta 1 Gbps para el usuario final, o desde 10 a 40 Gbps para interconectar los edificios. Además de esto, se accede a Internet desde el nodo del Servicio de Informática, conectado con IRIS-Nova, que es una red óptica que interconecta todos los centros de investigación de las comunidades autónomas con Internet. En la Figura 2.3 (10) se muestra en qué consiste esta última red.

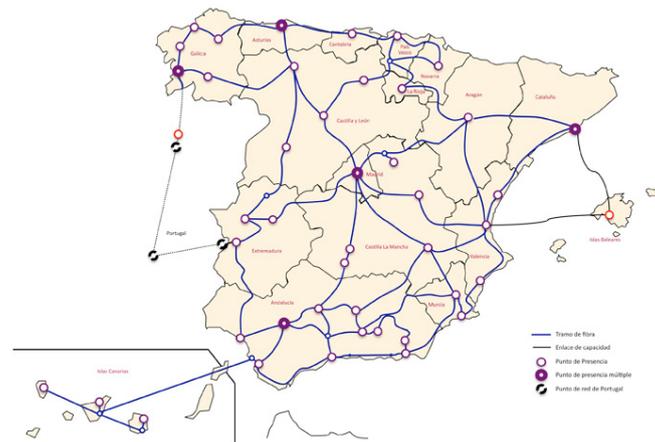


Figura 2.3: Distribución de RedIRIS.

3 Sistema de adquisición de datos

La red interna que comunica todos los dispositivos y elementos que se describirán a continuación es la comentada en el apartado anterior. Partiendo de esto, se procede a esquematizar de manera lógica el sistema disponible, definiendo todos los componentes que interactúan en todo el proceso de adquisición, almacenamiento, tratamiento y muestra de los datos.

Se puede definir el siguiente listado que muestra el proceso de análisis de los datos:

- 1) En primer lugar, están los contadores eléctricos ubicados en los edificios. Estos toman datos mediante un transductor de campos magnéticos adherido a los cables y después los procesa con una CPU.
- 2) Se conectan a la red de Infraestructuras y Seguridad de manera cableada, para poder transmitir a través de ella los datos obtenidos.
- 3) Los datos se transportan por la red de la Universidad hasta dos sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), Circutor y Setelsa, dependientes del Servicio de Infraestructuras. El SCADA de Setelsa pertenece a un nivel superior con respecto al de Circutor, ya que alberga una mayor cantidad de datos. Solo se puede tener acceso a los datos que almacena este último equipo.
- 4) Se obtiene una copia de estas Bases de Datos en un PC del Servicio de Informática y en otro del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética (DIEE) de la Universidad, mediante un túnel VPN (Virtual Private Network). Estos equipos son el único punto al que se puede tener acceso para leer los datos desde el exterior. Cabe destacar que no se puede escribir en la Base de Datos del Servicio de Informática, pero si en el PC del DIEE.
- 5) El procesamiento de los datos se realiza en el DIEE, mediante código Visual Basic, y es allí donde se almacenan los registros generados por el código desarrollado, en una nueva tabla de la Base de Datos SQL.
- 6) Los informes generados se almacenan en el equipo anterior del Departamento y se suben al servidor web mediante un protocolo FTP. (<http://www.sostenibilidadenergetica.unican.es/energiaelectrica/standby.aspx>) Esto se realiza de manera sistemática y automática todos los lunes de madrugada.
- 7) Así mismo, el servidor web donde se mostrarán los resultados obtenidos y el análisis de los datos también accede directamente al equipo del Servicio de Informática o al del DIEE. Esto se emplea básicamente para mostrar gráficas del consumo y generación instantáneos de la Universidad, así como datos meteorológicos.

En la Figura 3.1 se muestra un esquema lógico de los dispositivos señalados anteriormente. Se diferencia claramente las dos zonas que componen el sistema. Por un lado, está la zona militarizada a la que no se tiene acceso, que es donde se ubican tanto los analizadores como los principales sistemas SCADA y sus respectivas interconexiones. Por otro lado, están los equipos de la Universidad, tanto del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, como de Informática y de Servicios Web, que son las redes donde se pueden manejar los datos e interactuar con ellas.

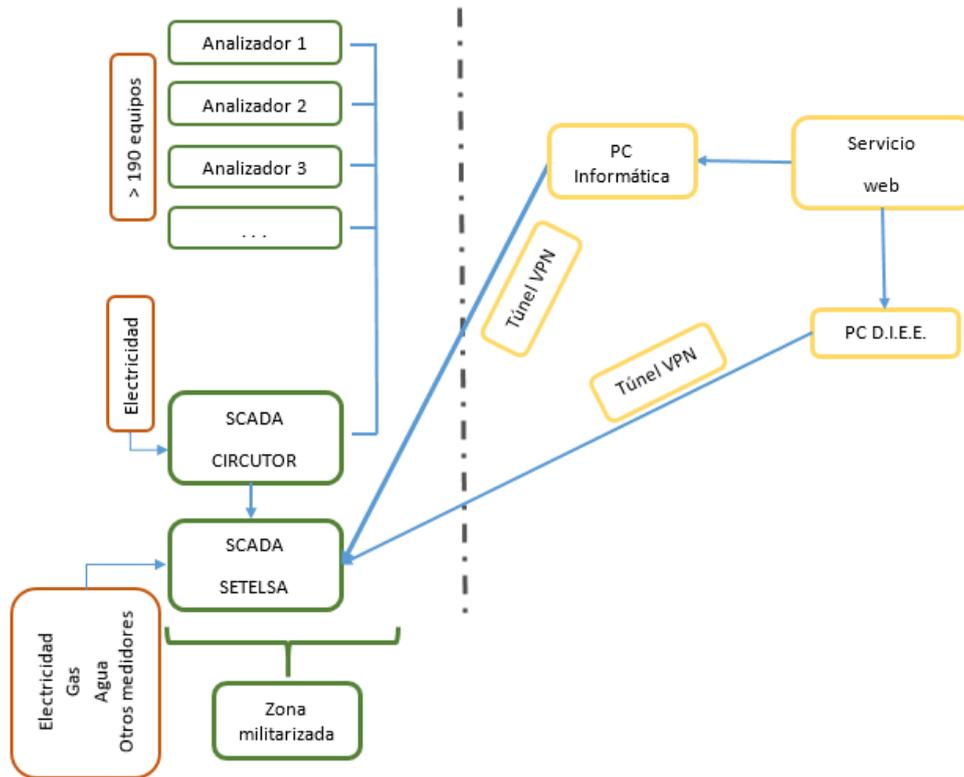


Figura 3.1: Esquema lógico de las zonas diferenciadas del sistema.

La red descrita presenta una gran complejidad en lo que se refiere a las comunicaciones entre equipos y redes. Se parte de zonas muy diferenciadas y aisladas entre sí, lo que supone un problema a la hora de acceder para extraer datos. Por lo tanto, ya que es necesario crear conexiones entre las diferentes zonas, se deben implementar varios túneles VPN que permitan el acceso entre las zonas de la Universidad que inicialmente estaban aisladas desde un punto de vista lógico.

Una VPN es una conexión momentánea para transmitir unos datos concretos de un equipo determinado, ubicado en una red local, a otro situado en otra red externa y no controlada. Esta conexión se centra en una serie de servicios que permiten transportar únicamente la información a la que se tiene acceso de manera segura y mediante herramientas de gestión de redes privadas, haciendo uso de las redes intermedias, que pueden ser públicas, como Internet.

Las conexiones entre los equipos ya citados permiten acceder a los datos que se necesitan siempre que haya un correcto funcionamiento de estos sistemas. No obstante, puede darse el caso de que no se disponga de datos actualizados en determinados equipos, o de que los datos sean erróneos. En estos casos, el fallo suele estar en alguna de las conexiones VPN. Dependiendo del equipo en el que fallen se diferencian varios tipos de problemas:

- Fallo en el SCADA de SETELSA: Si se produce algún error en SETELSA, los datos que se leen desde los equipos posteriores son nulos o erróneos, ya que no se actualizan las bases de datos correspondientes, pudiéndose obtener valores de consumo negativos o menores de los que había en registros anteriores.

Solución: Reiniciar el SCADA SETELSA. Implica un reinicio manual por parte del Servicio de Infraestructuras, que es el encargado de este sistema.

- Fallo en el PC del DIEE.: Las bases de datos de este equipo son el punto al que se accede para representar los datos que se visualizan en la página web, tanto los datos del consumo instantáneo de la Universidad, como los datos necesarios para elaborar los informes de consumo en Standby. Si hay fallos y no se copian datos suele ser un problema con los ejecutables del túnel VPN, ya que la ejecución programada de los archivos .exe que abren el túnel entre este equipo y SETELSA no se realiza correctamente.

Solución: Momentáneamente se pueden ejecutar manualmente los archivos, y será necesario revisar el código de los programas para solucionar los errores correspondientes (este código es competencia del Servicio de Informática y son ellos los que proporcionan los archivos .exe para realizar la conexión).

- Fallo en el PC de Informática: Este equipo es el que proporciona los datos principales del consumo instantáneo y que únicamente se pueden leer.

Solución: la misma que en el caso del PC de Ing. Eléctrica, ya que se debe a un fallo en la VPN.

Como resumen de estos problemas encontrados está la Tabla 3: Resumen de los fallos y soluciones en la adquisición de datos. Tabla 3.

	Valores obtenidos	Fallos	Solución
SCADA SETELSA	Erróneos, nulos o negativos	Lectura de datos de CIRCUTOR	Reiniciar manualmente SETELSA
PC Informática	No se obtienen datos	Túnel VPN	Ejecutar manualmente y solicitar nuevos ejecutables de la VPN
PC DIEE	No se obtienen datos	Túnel VPN	Ejecutar manualmente y solicitar nuevos ejecutables de la VPN

Tabla 3: Resumen de los fallos y soluciones en la adquisición de datos.

4 Gestión y tratamiento de datos

Ya se ha descrito anteriormente los métodos seguidos tanto para la adquisición de datos, como para su transporte y almacenamiento, destacando las áreas a las que tenemos acceso para poder leer o escribir los datos correspondientes.

Este apartado se centra en desarrollar aquellos aspectos relacionados con el análisis en standby que se intenta analizar en este trabajo. Se pretende hacer una descripción detallada del tratamiento de los datos anteriores para obtener ciertos indicadores que muestren el grado de eficiencia en el consumo eléctrico que tiene cada edificio.

Como comienzo, se pueden detallar las principales características de una Base de Datos relacional, debido a que se necesitará manejar dos de estas bases al mismo tiempo. En este caso será necesario acceder a la Base de Datos del Servicio de Infraestructuras para poder leer los consumos y, posteriormente, almacenar los resultados obtenidos en otra Base de Datos de un PC del laboratorio del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética.

También se abordarán las diversas opciones barajadas para realizar los informes donde queden plasmados los resultados de una manera clara y comprensible para su difusión entre los miembros de la Universidad.

Por último, se describirá por separado el formato seguido para realizar este tratamiento de la información, describiendo aquellos aspectos necesarios para realizar las operaciones y almacenar los datos de manera correcta.

4.1 Base de datos relacional

Una Base de Datos Relacional (11) (12) es un elemento formado por un conjunto de tablas que poseen campos y datos dependientes unos de otros y que están interrelacionados y compartidos entre ellas. Estos campos están especificados mediante categorías predefinidas a las que se pueden añadir una serie de restricciones para definir un conjunto finito de valores que se pueden introducir. Permiten realizar una interconexión entre los datos de las tablas involucradas de manera externa al software mediante el que se accede, permitiendo que puedan interactuar varios usuarios y aplicaciones sobre la información almacenada.

Por lo tanto, se puede definir el Sistema Gestor de Bases de Datos como el elemento encargado de proporcionar el acceso y la transmisión de las consultas y de la información. Su cometido va desde el tratamiento de los datos (definir, crear, manipular, recuperar, ... los datos), hasta el ámbito de la seguridad e integridad en los accesos que se realizan.

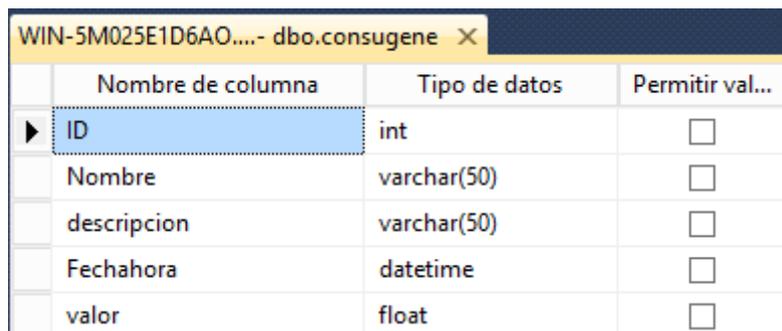
En este caso se va a trabajar con dos Bases de Datos Relacionales. Ambas tienen el mismo tipo de datos, solo que una de ellas es únicamente de lectura y la otra es también de escritura, y son las siguientes:

- Base de Datos del Servicio de Infraestructuras: Es únicamente para lectura de los datos, en ella se encuentran registros tanto de los consumos concretos de todos los contadores instalados, como de los cálculos que se realizan mediante la suma de determinados campos para hallar el consumo total de la Universidad.
- Base de Datos del PC del Dpto. Ing. Eléctrica y Energética: Es el PC donde se encuentran todos los códigos programados para realizar los cálculos y generar los informes. Aquí se escriben todos los valores obtenidos sobre una tabla de una Base de Datos. Así mismo, también se ubica una tabla con la configuración de la página web donde se mostrarán los resultados.

A continuación, se van a detallar los elementos que componen cada una de las Tablas que se utilizarán en este trabajo, comenzando por la tabla del Servicio de Infraestructuras que tiene registros de los contadores generales de cada edificio. Para organizar los datos se han descrito los siguientes campos:

- ID: Hace referencia al identificador de cada registro. Es la llave que permite acceder de manera unívoca a un único registro. Su generación es automática y se le asigna un valor en el momento de anotar el consumo. Se trata de un número definido como un entero.
- Edificio: Representa el nombre del edificio al que hace referencia el consumo indicado. Este elemento no representa el nombre completo del edificio, sino que es una abreviatura que permite manejar con facilidad los datos al realizar las búsquedas. Es un campo "varchar(50)" que admite una cadena de hasta 50 caracteres.
- Descripción: Representa un breve texto que indica el edificio concreto al que hace referencia el campo anterior. Al igual que el edificio, es un "varchar(50)".
- Fechahora: Indica la fecha y la hora del valor medido por el contador. Se obtienen registros cada 15 minutos aproximadamente. Este campo es de tipo "datetime", lo que representa valores de fecha y hora con formato: "yyyy-MM-dd HH:mm:ss".
- Valor: Es la medida que muestra el contador en el momento de tomar los datos. Es un número que se va acumulando y que, en condiciones normales, siempre vale más que el registro anterior, es decir, para calcular el consumo de un periodo de tiempo hay que realizar la diferencia entre la fecha más reciente y la más antigua. Es un elemento de tipo "float".

La descripción de las columnas anteriores se puede observar en la Figura 4.1, y es aplicable para las tablas de "histodest" y "consugene", que se describirán más adelante.



Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir val...
ID	int	<input type="checkbox"/>
Nombre	varchar(50)	<input type="checkbox"/>
descripcion	varchar(50)	<input type="checkbox"/>
Fechahora	datetime	<input type="checkbox"/>
valor	float	<input type="checkbox"/>

Figura 4.1: Estructura de las columnas de las tablas.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se debe hacer referencia a la manera de acceder a los datos, tanto en términos de seguridad, como para realizar consultas de extracción de ciertos datos filtrados según un determinado criterio. En capítulos anteriores se esquematizó la red de equipos donde se almacenan los datos, y en cualquiera de ellos se puede encontrar una estructura similar a la que se describe a continuación, con bases de datos relacionales que albergan diferentes tablas.

En este caso se utiliza únicamente la base de datos “Sostenibilidad”, que es aquella en la que se almacenan los datos de consumo y generación eléctrica e información meteorológica. La estructura de esta base de datos se observa en la Figura 4.2, con las tablas correspondientes.

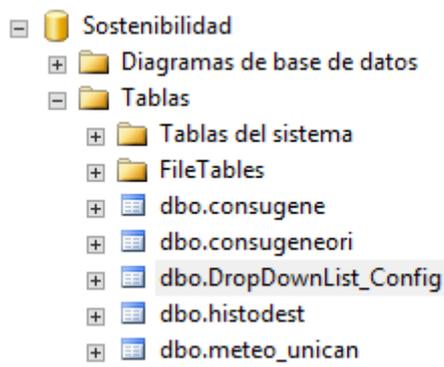


Figura 4.2: Base de datos “Sostenibilidad”.

Las tablas relevantes donde se almacenan los datos necesarios se observan también en la figura anterior. El contenido de cada una de ellas es el siguiente:

- Consugene: Registros de los contadores generales de los edificios de la UC en términos cuarto horarios. Se almacena también el consumo total de la Universidad a partir de un programa Visual Basic que se ha implementado para calcularlo a partir de los registros individuales de los contadores. En esta tabla solo es posible realizar una lectura de los datos, no está permitido modificar o

escribir datos nuevos. En la Figura 4.3 se observa una captura de las diferentes entradas de esta tabla.

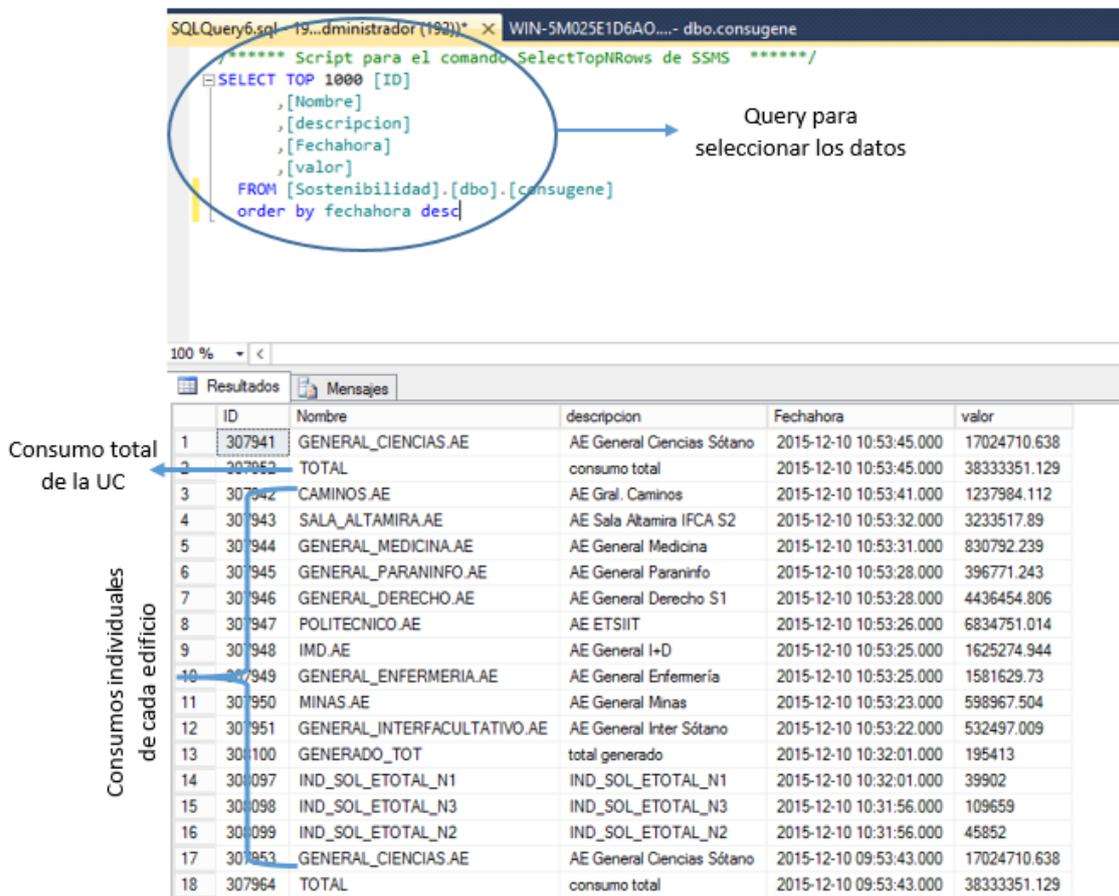


Figura 4.3: Datos de la tabla “consugene”.

- Histodest: Tabla de destino de los datos generados mediante el código Visual Basic que se desarrollará para los informes deseados. En esta tabla se tiene pleno control sobre el acceso, lectura y escritura de los datos. El proceso de generación y uso de esta tabla es el siguiente: con Visual Basic se accede a los datos necesarios en “consugene”, a partir de los cuales se generan nuevos registros (consumo nocturno mínimo del edificio seleccionado para cada día de la semana y consumo semanal total) que se guardan en la tabla “histodest”; a continuación, estos datos se leen para generar el informe semanal del edificio. Se puede observar un ejemplo de estos datos en la Figura 4.4.

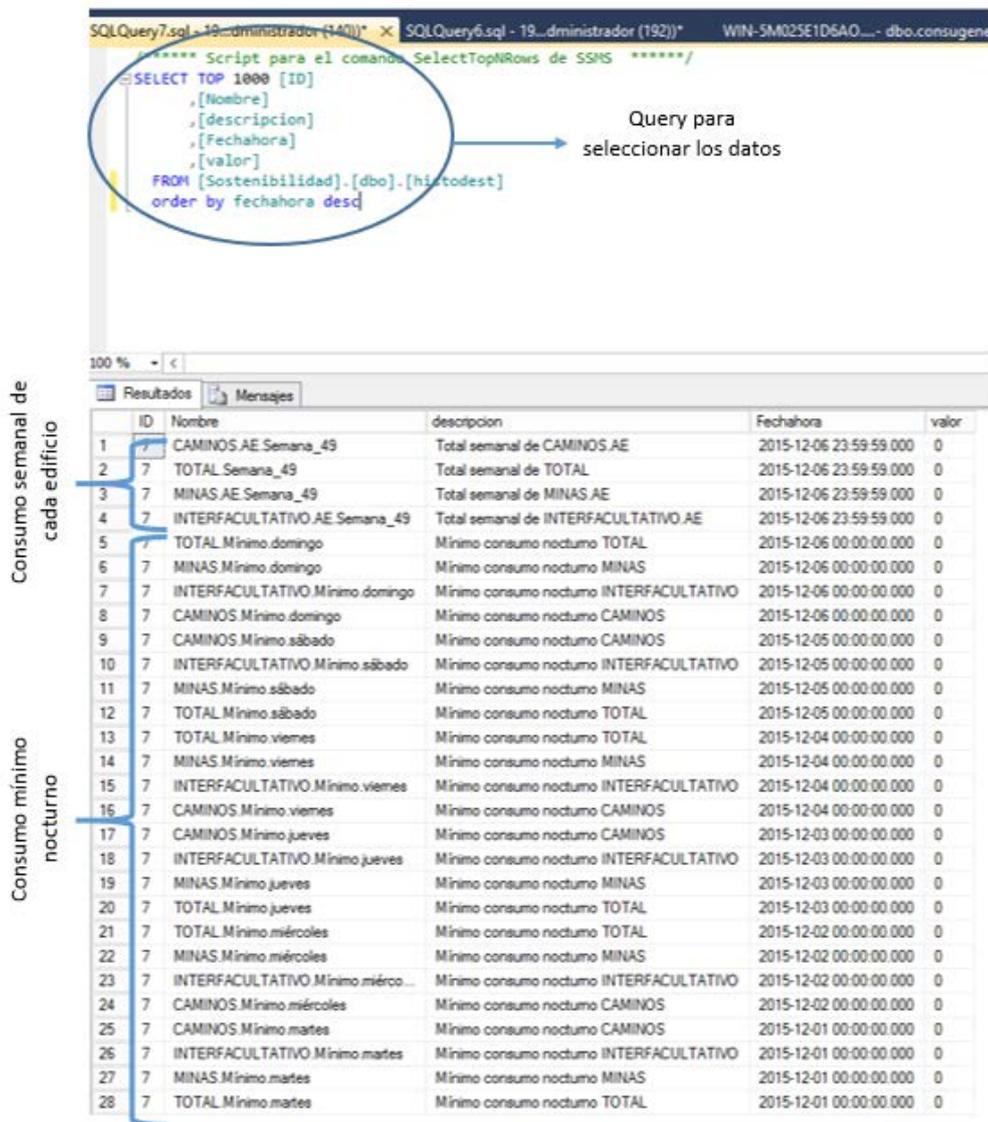


Figura 4.4: Datos de la tabla "histodest".

- DropDownList_Config: Tabla con diversas columnas de configuración para la página web donde se mostrarán los informes. Esta información es la que aparece en los desplegables que permiten seleccionar el edificio deseado, con el nombre oficial del mismo, la semana del año de la que se quiere obtener el informe y una columna que estipula si el edificio está accesible desde la web. La estructura de esta tabla y un ejemplo de los datos almacenados se observan en la Figura 4.5.

	Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir val...
▶	Año	real	<input checked="" type="checkbox"/>
	Semana	real	<input checked="" type="checkbox"/>
	Edificio	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Descripcion	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Active	bit	<input checked="" type="checkbox"/>

	Listado de años	Listado de semanas	Nombre abreviado de los edificios	Nombre oficial de los edificios	Edificio activado en la web
	Anho	Semana	Edificio	Descripcion	Active
33	2047	33	NULL	NULL	NULL
34	2048	34	NULL	NULL	NULL
35	2049	35	NULL	NULL	NULL
36	2050	36	CAMINOS	ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos	1
37	2051	37	MINAS	EP Ing. Minas y Energía	1
38	2052	38	INTERFACULTATIVO	Edif. Interfacultativo	1
39	2053	39	MEDICINA	Facd. Medicina	0
40	2054	40	ALTAMIRA	EU Turismo Altamira	0
41	2055	41	DERECHO	Facd. Derecho y CC. Ec. y Empresariales	0
42	2056	42	IMD	Edif. I+D Telecom.	0
43	2057	43	POLITECNICO	ETS Ing. Indust. y de Telecom.	0
44	2058	44	PARANINFO	Paraninfo	0
45	2059	45	ENFERMERIA	EU Enfermería	0
46	2060	46	CIENCIAS	Facd. Ciencias	0
47	2061	47	TOTAL	Total UC	1
48	2062	48	NULL	NULL	NULL
49	2063	49	NULL	NULL	NULL

Figura 4.5: Descripción y datos de la tabla “DropDownList_Config”.

- A parte de estas tablas, se encuentra también una copia de “consugene” (“consugeneori”); y otra, “meteo_unican”, que tiene registros sobre radiación solar, viento, temperatura, presión atmosférica y lluvia, provenientes de una estación meteorológica ubicada en la ETS de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. En este caso no será necesaria para ninguno de los propósitos planteados.

4.2 Aplicación de tratamiento de los datos y generación de Reports

Una vez que se ha definido el funcionamiento tanto lógico como físico del sistema de partida, se puede pasar a la descripción de aquellas aplicaciones desarrolladas para realizar el tratamiento de los datos y la obtención de los informes.

Como ya se ha introducido en capítulos anteriores, se empleará Visual Basic como lenguaje de programación para realizar estas tareas. Se trata de un lenguaje de propósito general, con herramientas útiles para la generación de interfaces gráficas,

tratamiento de Bases de Datos, así como la implementación de librerías para funciones específicas.

En cuanto al entorno de programación, se ha empleado Visual Studio 2012 como herramienta que permita depurar los errores cometidos durante la programación, permitiendo analizar exhaustivamente los pasos seguidos para definir el correcto flujo de datos y de instrucciones que implementan las funcionalidades deseadas. Además, es utilizado como compilador para poder ejecutar el código completo y obtener los correspondientes resultados. Esta ejecución del código puede hacerse tanto desde la propia herramienta (lo que implica el acceso directo al programa generado), como desde el archivo ejecutable .exe que se genera al compilar, siendo únicamente necesario en este último caso el archivo generado.

La descripción del proceso seguido es la siguiente:

- 1) Definir las variables de entrada que requiere el código (nombre de los edificios para los que se quieren realizar los cálculos, precio del kWh en €, datos de configuración, umbrales de consumo del edificio, ...).
- 2) Obtener la fecha del último registro que se guardó en la tabla "histodest" para realizar los cálculos a partir de esa fecha.
- 3) Conectar con la Base de Datos correspondiente donde se encuentran ubicados todos los registros del consumo, en la tabla "consugene". Se puede conectar con el PC del Servicio de Informática o con el PC del Dpto. Ing. Eléctrica y Energética.
- 4) Operar con los datos obtenidos y guardar los nuevos resultados en "histodest" (consumo mínimo nocturno para cada día y edificio, y consumo semanal).
- 5) Obtención de los datos necesarios en "histodest" para generar las gráficas que se ubicarán en el informe junto con los datos necesarios.
- 6) Generar el informe correspondiente, tanto en .pdf como en .jpg.
- 7) Mediante otro proyecto de Visual Basic se suben al servidor web los informes generados en ambos formatos mediante el protocolo File Transfer Protocol (FTP).

Cabe destacar que todo este proceso se realiza de manera automática todos los lunes de madrugada. Para ello se han definido dos tareas programadas (generación de datos e informes y subida de archivos mediante ftp) que ejecutan los archivos .exe de ambos proyectos en un intervalo de 5 minutos entre cada una.

Para poder comprender mejor el objetivo final de todos los elementos que se describirán a continuación, se va a realizar una breve introducción a los informes que deseamos obtener. En la Figura 4.6 se observa una captura de un informe tipo con las diferentes áreas identificadas, para comprender los datos representados.

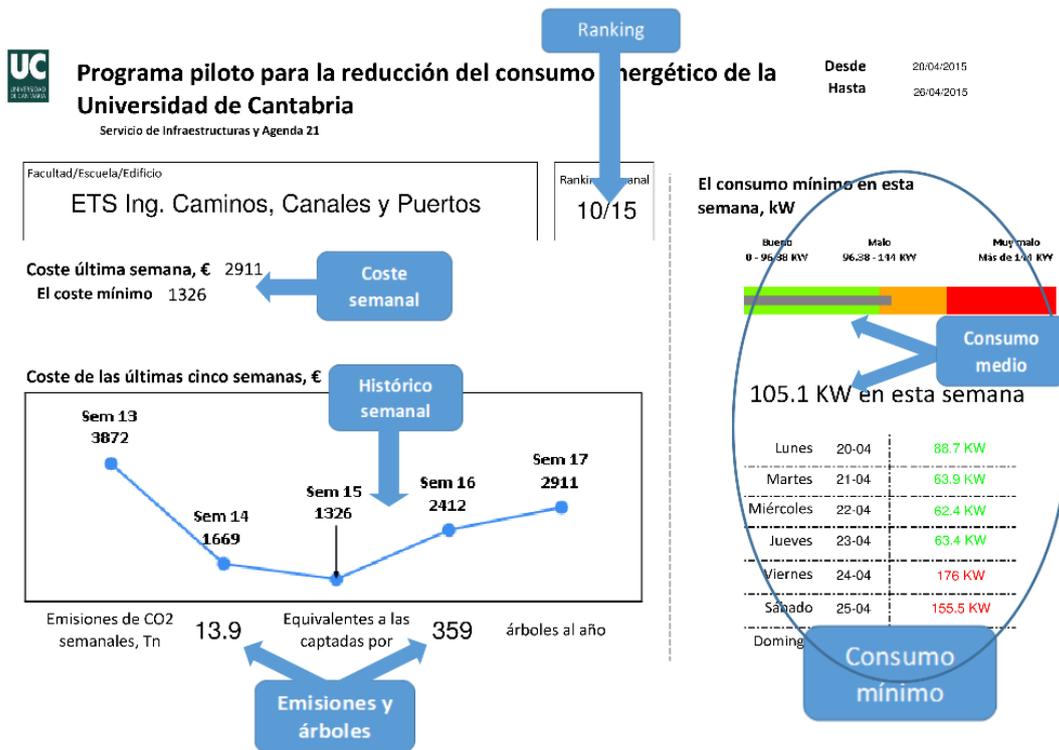


Figura 4.6: Informe tipo e identificación del contenido.

La descripción de cada uno de los 6 bloques diferenciados es la siguiente:

- **Ranking:** Tiene en cuenta todas las semanas del año en curso, hasta el momento en que se realizan los cálculos, en las que ha habido datos válidos con los que se ha generado correctamente un informe. Este indicador representa el nivel de sostenible que ha sido la semana correspondiente con respecto al resto de semanas del año, estando basado en el coste en € que ha supuesto el consumo eléctrico. Se debe tener en cuenta que el ranking puede ir variando a lo largo del transcurso del año, pero los informes ya generados no se vuelven a procesar para actualizar el valor de este dato, sin embargo, este hecho se puede considerar no relevante, ya que el análisis del consumo se pretende realizar en tiempo real, es decir, poco después de la generación de cada informe, y de esa manera sí se puede tener certeza de que el dato obtenido es veraz en relación a la evolución anual hasta ese momento.
- **Coste semanal:** Coste en € de la última semana y del mínimo anual. Permite estudiar la diferencia entre el precio del consumo mínimo que se consiguió en un determinado momento del año y el precio de lo consumido durante esa semana, posibilitando así la detección de posibles anomalías o elementos que sea necesario cambiar.

- **Histórico semanal:** Es uno de los elementos gráficos que componen el informe. Representa el coste de las últimas 5 semanas en € y permite observar la tendencia seguida en cuanto al consumo se refiere. En esta curva se omiten las semanas de las que no hay datos válidos, para no proporcionar valores erróneos.
- **Emisiones y árboles:** Indica las emisiones equivalentes en Tn de CO₂ y su equivalencia en el número de árboles necesarios para su captura y eliminación de la atmósfera. Está calculado en base a una relación existente entre el consumo total de la semana y el CO₂ emitido, según las siguientes expresiones:

$$\text{Ton de CO}_2 = \text{KWh} \cdot 0.0004638$$

$$\text{Árboles} = \text{Ton de CO}_2 \cdot 25.8$$

- **Consumo mínimo:** Se calcula la diferencia de consumo de los datos diarios entre las 2:00 h y las 6:00 h. Con estos datos se toma el valor más pequeño, de forma que se obtiene para cada día de la semana el mínimo consumo durante las horas nocturnas, con el edificio cerrado y sin actividad. Este parámetro representa realmente el consumo en standby, ya que se deberían tener conectados únicamente los equipos básicos para mantener los sistemas que hay en cada edificio y que son necesarios para las diferentes actividades universitarias. Los colores del texto indican la ubicación de cada valor dentro de los límites establecidos para ese edificio (verde = consumo adecuado; naranja = consumo intermedio; rojo = consumo desmesurado).
- **Consumo medio:** Corresponde con el segundo elemento gráfico que muestra la evolución del gasto eléctrico del edificio. Se calcula el valor promedio de todos los datos válidos del consumo mínimo anterior, obteniendo el comportamiento medio que ha seguido el edificio a lo largo de la semana. Por lo tanto, indica la media del consumo nocturno y su representación en el baremo del edificio. Este baremo se definirá a continuación.

Una vez definidos los datos que se pretenden obtener y representar en los informes, es necesario poder compararlos con una base fiable que nos proporcione un valor de referencia de acuerdo a las necesidades históricas de cada edificio.

En relación a los consumos mínimos nocturnos, se han mencionado unos umbrales que definen los colores que relacionan cada valor con su idoneidad dentro del consumo necesario. Para esto se han determinado dos valores típicos de consumo para cada edificio, que están definidos al 25% y al 75% del consumo. Para poder comprender esto, se puede observar la Figura 4.7, donde están representados todos los valores de potencia media demandada cada hora en un edificio concreto, para un día concreto de la semana (lunes) y durante todas las semanas de un año (2014). Se pueden obtener gráficas como esta para cada uno de los días laborables de la semana, obteniendo así la tendencia seguida anualmente para ese día en concreto. Se pueden destacar en esta gráfica los valores máximo, mínimo y mediana obtenidos, así como los percentiles 25 y 75 (recuadros azules), que representan las áreas que son interesantes para ser

estudiadas, y que es donde se ubican el 50% de los valores, ya que el 75% de los valores estará por encima del 25% y lo mismo por debajo del 75%. Se deben destacar también las horas nocturnas, que son aquellas que tienen interés para los objetivos de este trabajo. Los puntos anómalos señalados con el símbolo “+” representan los outliers, es decir, valores fuera de lo común, tanto por exceso como por defecto, que no se tendrán en cuenta en los cálculos.

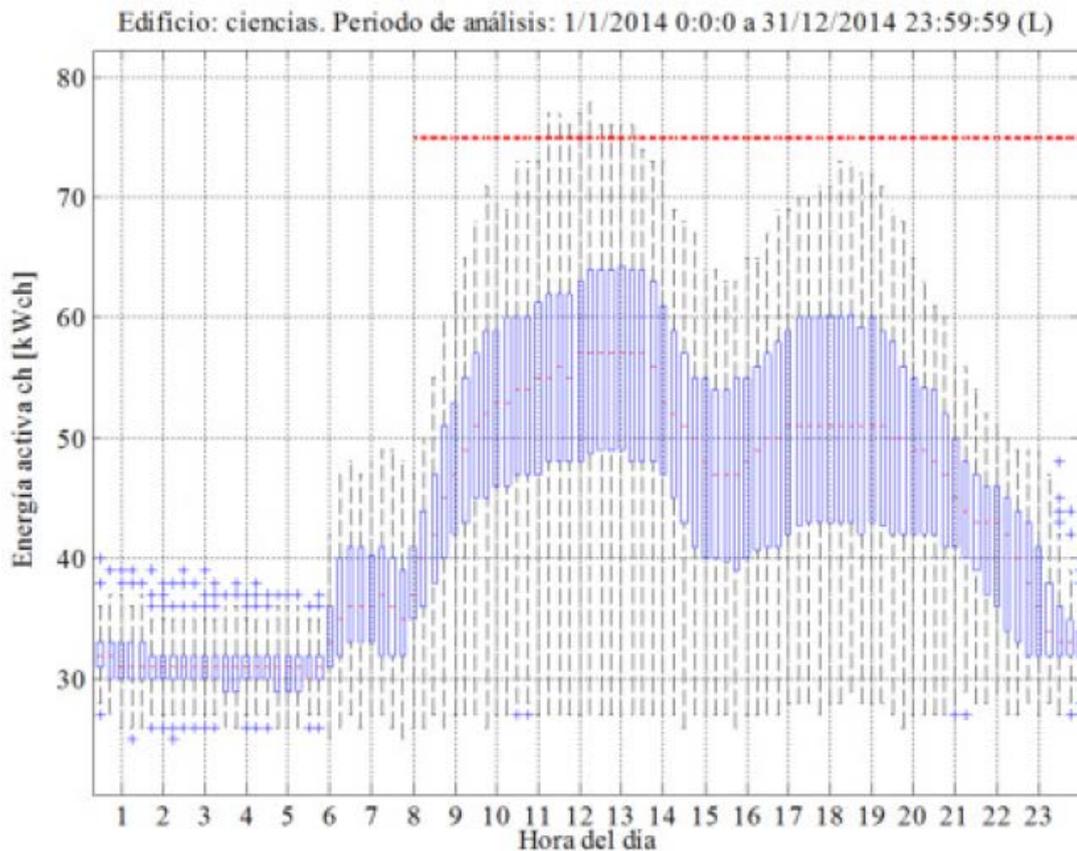


Figura 4.7: Potencia media demandada cada hora todos los lunes de 2014.

Partiendo de esto, es necesario establecer el valor que toman los dos límites de consumo del edificio. Se deberá tener en cuenta que para realizar estos cálculos se han considerado únicamente las horas nocturnas ya mencionadas para el estudio, por lo que se puede definir lo siguiente:

- Límite 1: Toma el valor del percentil 25, teniendo en cuenta todos los días de la semana. A partir de este valor se considera que el edificio entra en una zona intermedia de consumo nocturno, siendo aconsejable evitar estar por encima.
- Límite 2: Se calcula de manera idéntica al anterior salvo que se toma el valor del percentil 75. Representa el límite a partir del cual el consumo nocturno es desmesurado, entrando en una línea roja de la que se debe bajar, ya que se estaría consumiendo muy por encima de lo que el histórico muestra como

necesario para el funcionamiento nocturno de ese edificio. Cabe destacar casos concretos en los que esporádicamente se conectan en horarios nocturnos máquinas especiales con un gran consumo eléctrico (como en el caso de los laboratorios de la ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos).

Para completar la información relativa a los valores que delimitan el consumo de cada edificio, se han extraído los diferentes registros del año 2014 para las horas señaladas y se han calculado los respectivos percentiles, obteniendo la Tabla 4.

Edificio	Percentil 25 (kW)	Percentil 75 (kW)
ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos	64	92
ETS Ing. Indust. y de Telecom.	52	60
Edif. Interfacultativo	68	72
Facd. Medicina	92	100
EP Ing. Minas y Energía	36	40
Facd. Ciencias	120	128
Facd. Derecho y Cc. Ec. y Empresariales	40	44

Tabla 4: Percentil 25 y 75 de los edificios para los que se generarán los informes.

Se pueden observar los diferentes valores entre edificios, deduciendo por ende que, tanto el tamaño como el uso y los equipamientos, influyen significativamente en los recursos energéticos que se necesitan. No solo los valores numéricos dan una idea del consumo, sino que, si se observan las diferencias entre el percentil 25 y 75, se ve que hay instalaciones que requieren un mayor o menor consumo que otras. En el apartado final de conclusiones se muestran diferentes datos que permiten comprobar también como varían los patrones de consumo, observando la mayor o menor constancia de un mismo edificio a lo largo del tiempo.

Por último, y como dato interesante, la ETS de Náutica tiene un percentil 25 de 12 kW, que coincide plenamente con su percentil 75, 12 kW también, por lo que cabría deducir que es un edificio plenamente constante en lo que a su consumo en standby se refiere. Como ya se ha destacado, las necesidades de cada edificio no son las mismas, por lo que comparar estos datos entre si no permite definir el comportamiento como bueno o malo.

Teniendo ya definido el objetivo final que se persigue, es necesario estudiar las diversas alternativas disponibles para generar esta información. Se comenzó estudiando 3 posibilidades, decantándose al final por el uso de una de ellas por ser la más sencilla y la que mejores resultados presentaba. A continuación, se describen las diferentes posibilidades barajadas.

- Report Builder: Se trata de una herramienta proporcionada por Microsoft, que permite crear informes de manera sencilla, configurando la apariencia gráfica donde se rellenan los campos requeridos. La interfaz del software es similar a las que presentan las diferentes versiones de Microsoft Office, por lo que se trata de un entorno conocido. Está basado en el acceso a Bases de Datos relacionales, que se corresponde con el origen de datos del que se dispone. Se trata de un software que no permite depuración del código, ya que no se tiene acceso al código fuente y solo al entorno gráfico. Este sistema fue descartado debido a la poca flexibilidad para manejar los datos, ya que los filtros disponibles para aplicar sobre los datos de origen no eran suficientes para realizar las operaciones necesarias. Así mismo, no era viable la ejecución automática de los informes, por lo que no era apto para el problema planteado.
- Crystal Reports: Se trata de un producto de Microsoft orientado al diseño de informes a partir de Bases de Datos. Se trata de un componente incluido en aplicaciones como Visual Studio, que es la herramienta mediante la que se generarán los códigos de programación. Se descartó el uso de esta aplicación debido a la complejidad que suponía la creación de los informes, ya que solo se podía guardar el informe en formato .rpt, y para guardarlo como .pdf y .jpg que es lo que se necesita, no había una buena forma de obtener el resultado deseado. Se barajó emplear impresoras en .pdf, pero la calidad final del documento no era la deseada. Además de esto, esta aplicación solo está disponible hasta la versión de Visual Studio 2008, no en la 2012 que se pretende emplear.
- Librería iTextSharp: Se trata de una librería que permite rellenar campos predefinidos en plantillas .pdf mediante comandos de Visual Basic. Parte de una plantilla en .pdf creada con Adobe Acrobat Pro y que tiene una serie de campos vacíos en los que se puede añadir texto e imágenes. Esta ha sido la opción seleccionada por simplicidad y funcionalidad, ya que se ajusta a lo necesario para generar los informes, permitiendo escribir fácilmente los valores de consumo e insertando las imágenes correspondientes en un determinado lugar.

Con los objetivos que se persiguen definidos y la herramienta empleada seleccionada, se puede comenzar a identificar los elementos de programación que realizan cada una de las funciones.

En primer lugar, el código necesita una serie de parámetros de configuración tanto para las fechas y ejecuciones internas del programa, como para definir los diferentes edificios y las variables individuales de cada uno. Todos estos datos están definidos en el archivo “configuracionedificios.txt”, que está ubicado en el directorio de compilación del proyecto, y a partir del cual se van leyendo los valores en el momento oportuno y asignándolos a diferentes variables dentro del código.

Las diferentes filas que componen el archivo son las siguientes:

- Fila 1: Número de edificios que se quieren tener en cuenta para realizar los informes. Esto supone que se analizarán los edificios que están definidos en primer lugar en este mismo archivo.
- Fila 2: Precio medio del kWh en €. Este valor se empleará para obtener el coste económico del consumo calculado en kWh. El contrato eléctrico de la Universidad es un contrato con discriminación horaria, como ya se ha mencionado, por lo que hacer un cálculo exacto del consumo en € supone una complejidad excesiva en el código Visual Basic, debiendo realizar cálculos por cada tramo horario. Para esta aplicación no parece necesaria una exactitud tan grande a la hora de mostrar el consumo en €, pero si hacer hincapié en las grandes diferencias de consumo entre un periodo y otro.
- Fila 3: Directorio donde se guardan los informes. Debe hacer referencia a una carpeta local del equipo, sin indicar el nombre del archivo que se generará mediante código. Posteriormente se subirán al servidor web.
- Fila 4: Nombre del archivo con la plantilla pdf (\nombrearchivo). El código que genera los informes emplea la librería iTextSharp, que mediante comandos va rellenando los diferentes campos del informe. Se eligió esta técnica debido a que los informes presentan la misma estructura para todos los edificios, y solo cambian los datos introducidos.
- Fila 5: Directorio donde se encuentra instalado el complemento ImageMagick. Debido a que se quieren obtener los informes tanto en .pdf como en .jpg, es necesario realizar una conversión para obtener las imágenes. Esto se realiza nada más generar el informe .pdf mediante el elemento ImageMagick, al que se llama mediante el código programado y se le pasa tanto el directorio donde se ubica el fichero que se desea convertir, como el directorio y la extensión de destino del nuevo archivo.
- Fila 6: Una fecha por defecto que se usa solo en caso de crear un edificio nuevo, o borrar todos los datos de uno y del que, por lo tanto, no hay datos en la tabla “histodest”.
Se debe poner un formato yyyy-MM-dd HH:mm:ss, y el día tiene que ser un domingo, para que se generen los informes a partir de ahí.
- Fila 7: Se encuentra vacía. Una línea en blanco para separar los campos y facilitar la visualización del archivo.
- Fila 8: Nombre corto del edificio. Ej.: POLITECNICO.AE solo escribiría POLITECNICO.

- Fila 9: Nombre oficial del edificio. Este nombre aparecerá en el encabezado de los informes y en la web. Es el nombre establecido por la Universidad para ese centro. Ej.: ETS Ing. Indust. y de Telecom.
- Fila 10: Límite inferior del edificio (límite1).
- Fila 11: Límite intermedio del edificio (límite2). El límite 3 que define el máximo alcanzable no es necesario, se calcula en el código con los anteriores.
- Fila 12: Vacía.
- A continuación, repetir las filas 8, 9, 10, 11 y 12 en orden, para cada edificio de la Universidad.

En cuanto al código generado, necesita una serie de librerías y complementos que lo hacen funcionar. Ya se ha mencionado uno de ellos, que es el iTextSharp, pero también es necesario generar dos gráficas con los datos obtenidos. Una de ellas es la gráfica del histórico semanal, y otra es el consumo medio de la semana. Para realizar esto se ha empleado el complemento "Microsoft Chart Controls", que permite crear diferentes tipos de gráficos sobre la interfaz "Form" que presenta Visual Studio para albergar las plantillas y el código correspondiente.

En esta interfaz se definen las dos gráficas deseadas con el tamaño que se quiere que ocupen en el informe. Se generarán las curvas y se guardará cada gráfica como una imagen en formato .png, para añadirla a continuación al informe. En la Figura 4.8 se observa el formato en el que se generan las gráficas.

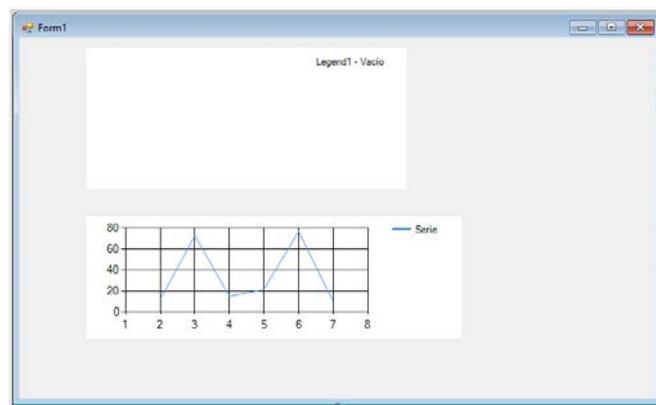


Figura 4.8: Elemento Form1 que alberga las plantillas de las gráficas necesarias.

Por otro lado, también es necesaria la herramienta ImageMagick, que se trata de una herramienta de código abierto que permite manipular imágenes, permitiendo tratarlas de diferente manera para cambiarlas de extensión, convertir archivos en una imagen, y realizar diversas modificaciones. Para todo este tipo de utilidades no existe una interfaz gráfica que permita visualizar el proceso deseado, ya que es necesario realizar la manipulación desde la línea de comandos, por lo que se pueden procesar también los archivos desde diversos lenguajes de programación. En este caso se llamará al archivo

ejecutable de ImageMagick mediante instrucciones de Visual Basic que ejecutan la línea de comandos, pasándole el directorio, el nombre y la extensión, tanto del archivo que queremos convertir, como del archivo de destino, así como varios parámetros de edición de la imagen final.

Es necesario destacar que la herramienta anterior necesita tener instalado en el equipo el programa “Ghostscript”, que permite manipular los formatos .pdf.

A parte de esto, para completar las acciones necesarias de diseño, entrada y salida de datos y lectura y escritura de archivos, es necesario importar algunas librerías como: System.IO, System.Drawing, System.Data.SqlClient, iTextSharp.text.pdf. Para la correcta utilización de las instrucciones empleadas y de los diferentes controles de todas ellas se ha buscado la documentación necesaria en la web de ayuda de Microsoft para Visual Basic (<https://msdn.microsoft.com/es-es/library/2x7h1hfk.aspx>)

En cuanto a la programación que se ha desarrollado, se comienza definiendo una serie de variables públicas que se emplearán a lo largo de todo el código (fechas, nombres de edificios, valores de consumo, ...), para pasar a continuación a asignar valores a dichas variables mediante la lectura de los parámetros básicos de configuración del archivo .txt (hasta la fila 6). Se realiza también un ciclo “while” donde se leen los datos de cada edificio y se llama a la función principal (main) que genera los informes oportunos.

Además de esto, se definen las conexiones SQL que permitirán leer y escribir los datos en las diferentes tablas ya descritas. En la Figura 4.9 se muestran las dos conexiones necesarias. Conex2 hace referencia a la conexión de lectura de datos (de la tabla “consugene”), que puede ser tanto en el equipo local, como en el equipo del Servicio de Informática; y conex a la tabla de escritura de datos (tabla “histodest”), que se realizará en el PC local donde se ejecuta el código.

```
conex2 = "Data Source=XXXXX.XXXXX.XX;Initial Catalog=Calderas;Persist Security Info=True;User ID=XXXXX;Password=XXXXX"  
conex = "Data Source=XXX.X.X.X;Initial Catalog=Sostenibilidad;Persist Security Info=True;User ID=XXXXX;Password=XXXXX"
```

Figura 4.9: Conexiones de acceso a las Bases de Datos SQL.

A partir del código principal, main, se va llamando a diversas funciones que realizan una serie de tareas concretas. En la Figura 4.10 se detallan las interconexiones entre las diferentes funciones, observando desde donde es llamada cada una, así como el orden cronológico (de izquierda a derecha).

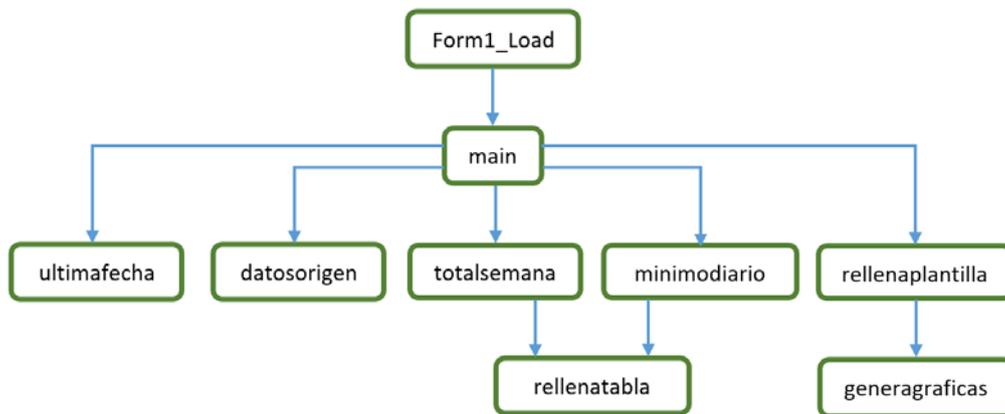


Figura 4.10: Esquema de interconexión de las funciones que componen el código Visual Basic.

Una descripción de las operaciones y datos que maneja cada una de estas funciones se detalla a continuación:

- **Ultimafecha:** Recibe como parámetro de entrada el nombre del edificio que se está analizando, y como salida proporciona la fecha del último registro que hay en la tabla de destino, "histodest", por lo que obtiene el último dato válido que hay guardado para ese edificio. Esta fecha se empleará después para realizar los cálculos a partir de este último dato.
- **Datosorigen:** Función que devuelve una tabla, "Tabla", con datos extraídos de "consugene". Como parámetros de entrada recibe dos fechas, una es el comienzo de los datos que se desean y otra es el fin de los datos; recibe también el nombre del edificio y un string que define el texto que se empleará para la consulta SQL. En este string se determina el formato de datos que se desean extraer, concretando el intervalo temporal, el nombre del edificio y el tipo de valores que se desean, todo ello mediante los diferentes filtros de consulta que se pueden emplear. El formato tipo de una consulta SQL se puede observar en la Figura 4.11, con comentarios en todas las líneas relevantes para esta consulta.

```
'Definimos la conexión
con = New System.Data.SqlClient.SqlConnection()
con.ConnectionString = conex2 'Conectamos mediante las credenciales de conex2
sql.Connection = con
Try
con.Open() 'Abrimos la conexión
'Seleccionamos las 1000 primeras filas de la tabla "tablaori", que se corresponde con "consugene"
'Filtramos los datos según el nombre del edificio y el intervalo de fechas indicado, por orden descendente
texttemp = "SELECT TOP 1000 * FROM " & tablaori & " WHERE Nombre LIKE @nombre AND Fechahora >= @umbral AND Fechahora < @fin ORDER BY Fechahora DESC"
With sql.Parameters
.AddWithValue("@nombre", nombre) 'Nombre del edificio
.AddWithValue("@umbral", fechaumbral) 'Fecha de inicio de los datos deseados
.AddWithValue("@fin", fechafin) 'Fecha final de los datos deseados
End With

da.SelectCommand = sql
da.Fill(Tabla) 'Introducimos los datos obtenidos en "Tabla"

con.Close() 'Cerramos la conexión
Catch
Me.Close()
End Try
```

Figura 4.11: Formato tipo de una consulta SQL.

- Totalsemana: Calcula el consumo total del edificio para una semana indicada. Al llamar a esta función se obtiene como salida el valor en kWh del consumo total de esa semana. La forma de obtener este valor es mediante la tabla obtenida en la función anterior, ya que se extraen el primer y el último valor registrados, y haciendo la diferencia entre ambos obtenemos la energía consumida. El último valor corresponde al último registro de la semana (idealmente será el domingo por la noche), y el primer valor al primer registro de la semana (el lunes de madrugada). Como variables de entrada recibe la tabla con los datos, la fechaumbral en la que comienza el periodo de análisis y el nombre del edificio. Estos parámetros se utilizan para componer el nombre que se les dará a los diferentes campos del registro de consumo, es decir, se debe guardar la energía consumida, con un nombre de edificio, fecha y descripción.
- Minimodiario: Devuelve los valores semanales de los consumos mínimos nocturnos de cada día. Esta tabla requiere de dos parámetros que indican la hora de inicio y la hora de fin para analizar el consumo nocturno. En este caso se ha determinado analizar el consumo entre las 02:00 h y las 6:00 h. A parte de esto recibe también la fecha de inicio del cálculo y el nombre del edificio, para crear el nombre, fecha y descripción del registro de la tabla de destino. Su funcionamiento se basa en un ciclo "for" que recorre cada día de la semana, es decir, hace 7 iteraciones; y realiza un cálculo consistente en obtener la diferencia entre los cada uno de los registros de ese periodo horario, hallando después el valor medio y guardándolo en la tabla "histodest". Este campo es el que se mostrará en la sección de consumo mínimo de los informes.
Es necesario detallar que, si no hay registros en toda la noche o si únicamente se tiene 1 solo registro, se devuelve un consumo igual a 0, lo que indica un error en el cálculo. Esto es debido a que con 1 registro no se puede hallar la diferencia de

consumo con otro valor anterior, por lo que no se puede obtener un mínimo nocturno.

- Rellenatabla: Se encarga de guardar los datos generados en la tabla “histodest”, que, como ya se ha descrito, pertenece a la base de datos de origen. Abre la conexión “conex” con el equipo local, y mediante el comando SQL “INSERT INTO...” guarda los datos. Como parámetros de entrada recibe la información de los datos que se guardan (nombre, descripción, fecha y consumo).
- Rellenaplantilla: Está basada en el uso de la librería iTextSharp. Se encarga de completar los diferentes campos definidos en la plantilla .pdf, de generar las gráficas correspondientes y de convertir la plantilla en una imagen .jpg. Como parámetros de entrada necesita una tabla con los valores del consumo semanal para rellenar los campos del mínimo nocturno y del consumo en €. Necesita también las fechas de inicio y fin y el ranking de la semana, calculado en la función principal.

En la Figura 4.12 se muestran los comandos de llamada al complemento ImageMagick para convertir los archivos de una extensión a otra.

```
'Definición del comando de llamada a ImageMagick
'Parámetros:
'- Directorio del archivo de origen
'- Fijar el tipo de fondo.En este caso #FFFFFF pone un fondo blanco bajo los elementos del archivo de origen
'- Directorio y extensión del archivo de destino
CommandIM = "convert -density 400 "" & urlinformes & nombrefich & ".pdf"" -background ""#FFFFFF"" -flatten "" & urlinformes & nombrefich & ".jpg""
'Ejecutar el comando mediante línea de comandos llamando a la ruta donde se ubica ImageMagick (rutamagick)
Shell(rutamagick & CommandIM, AppWinStyle.Hide)
```

Figura 4.12: Comandos de conversión de un .pdf a .jpg mediante ImageMagick.

- Generagraficas: Como ya se ha definido, emplea el componente Microsoft Chart Controls para generar las dos gráficas necesarias en la interfaz “form” de Visual Studio. Genera tanto una curva del consumo semanal histórico para las últimas 5 semanas con datos válidos, como otra gráfica con el indicador visual del consumo medio nocturno durante la semana analizada. Además de esto, guarda estos resultados como imágenes en formato .png en el directorio que se indique. Esta función es llamada desde la función anterior antes de completar el informe. Como parámetros de entrada necesita el valor medio del consumo nocturno de la semana, que se lo pasa la función “rellenaplantilla”, y una tabla, “Tablasemanal”, con los últimos valores del consumo semanal para ese edificio, que se obtiene en la función principal como una variable pública accesible en todo el código. También usará los límites de consumo del edificio, leídos al comenzar el código y definidos de esta misma manera. Además de esto, devuelve un parámetro con el valor mínimo de consumo que ha habido en ese periodo en términos económicos.

Los datos necesarios para estas funciones son proporcionados por la función principal, que las llama en el momento oportuno para elaborar el informe. Además de esto, es

necesario tener en cuenta posibles datos erróneos tanto en los registros de los contadores como en las fechas que se manejan. Por todo esto, es necesario también comprobar ciertos criterios que permitan generar datos e informes veraces, que no incluyan ningún dato incorrecto. El proceso seguido para orquestar todo este trabajo se muestra a continuación:

- 1) Llamada a la función “ultimafecha” para obtener la fecha del último dato registrado en “histodest”.
- 2) A partir de este dato definir la fecha de inicio, que será un domingo, y definir la fecha de fin del siguiente informe (siguiente domingo). Se calcula el número de la semana y el año al que pertenecen ambas fechas (para tener en cuenta la posibilidad de que la semana esté partida al cambiar de un año a otro). Se obtiene también la semana de la fecha actual justo en el momento de ejecutar el código.
- 3) Se crea un ciclo “while” que va recorriendo todas las semanas desde la última registrada hasta la semana actual, generando los correspondientes informes. En este ciclo se tiene en cuenta también que el año de la primera fecha de la semana del informe sea menor que el año actual, para que en los casos de cambio de año el código funcione perfectamente (comparando solo las semanas se pasaría de la semana 53 a la semana 1 y no se generarían los informes del año en curso).
- 4) Llamada a la función “datosorigen”, para extraer los datos del edificio deseado para la semana que se está analizando.
- 5) Si la fecha de finalización de la semana analizada es mayor que la fecha actual, no se realiza nada, ya que todavía no se ha completado la semana.
- 6) Si es una semana válida para el análisis, se llama a la función “totalsemana” para obtener el consumo de esa semana. En esta función es necesario hacer un filtrado de datos para evitar errores, ya que es necesario comprobar si la tabla con los datos está vacía, para determinar así un consumo igual a 0, registro que será interpretado como dato erróneo. Así mismo, hay que comprobar si el primer valor de datos (lunes) y el último valor (domingo) son iguales, y si ocurre esto, tampoco se tiene una semana con información válida; de la misma forma que si el primer registro del lunes es a partir de las 10:00 h o el último del domingo anterior a las 20:00 h, lo que implicaría obtener un consumo no válido porque no se tendría en cuenta una parte importante de la actividad de los edificios.
- 7) Se llama a la función “minimodiario” para calcular el mínimo consumo nocturno en las horas de standby para cada día de la semana.
- 8) En este punto ya se encuentran almacenados en la tabla de destino de la base de datos todos los valores necesarios para generar un informe para la semana que se está analizando. Por lo tanto, es necesario elaborar una serie de tablas con datos concretos, obtenidos mediante unos filtros adecuados, para poder

rellenar correctamente la plantilla pdf. Las acciones realizadas, por orden cronológico, son las siguientes:

- Se define una fecha de inicio y de fin como el lunes y el domingo correspondiente, para mostrarlo en el documento final.

- Se abre una conexión con la base de datos mediante el string "conex" ya descrito con anterioridad, para extraer los datos correspondientes y rellenar las tablas explicadas a continuación:

- **Tablasemanal:** contiene los 60 primeros valores del consumo semanal del edificio, ordenados por orden descendente y mayores que 0 (para no introducir datos erróneos que no aportan información). Se filtran también estos valores para que sean únicamente aquellos que se corresponden a fechas iguales o anteriores a la semana en cuestión. Servirá para generar la gráfica con el histórico semanal, así como para determinar el coste mínimo en €.

- **Tablarankingsemana:** selecciona los 60 primeros valores del consumo semanal del edificio, ordenados ascendentemente y distintos de 0, con fechas comprendidas entre el día 1 de enero del año correspondiente y la fecha de la semana que se está analizando, ambas inclusive. El objetivo de esta tabla es ordenar las semanas por orden de manera que se pueda determinar en qué posición se encuentra la semana actual dentro del ranking anual. Es necesario destacar que, tanto para el ranking como para el consumo histórico, se tienen que hacer dos tablas independientes, ya que el consumo histórico debe obtener valores anteriores al de la semana actual para representar la gráfica, por lo que a principio de año se deben incluir las semanas del año anterior. Sin embargo, para realizar el ranking solamente se deben estudiar las semanas del año en curso, sin incluir las anteriores, por lo tanto, los filtros aplicables varían.

- **Tablapdf:** Se seleccionan los 50 primeros valores del edificio, tanto del consumo semanal como del mínimo nocturno, en orden descendente y comprendidos entre la fecha de inicio y de fin de la semana que se analiza. Esto permite obtener los 7 valores de consumo mínimo nocturno y un único valor de consumo semanal para este periodo, pudiendo plasmarlos después en el informe.

9) Se cierra la conexión con la base de datos y se realizarán los cálculos necesarios a partir de los valores obtenidos.

10) Se estudian los valores de **Tablarankingsemana**, definiendo un marcador que incremente su valor cuando el consumo de la semana en curso es mayor que el valor de la tabla con el que se está comparando. De esta forma se puede definir el texto que rellenará la etiqueta del ranking en la plantilla. Destacar que, si el valor del consumo de la semana es cero, no se realiza ninguna comparación con la tabla, y se escribe "NULO" directamente, tanto en el ranking, como en el valor del consumo semanal en euros, en el equivalente a toneladas de CO2 y en

árboles, ya que ninguno de estos campos tiene sentido con datos no válidos. Si el consumo es válido, se halla el importe en euros (multiplicando el consumo por el precio medio definido en el archivo de configuración), adecuando el formato y hallando las toneladas de CO₂ y los árboles equivalentes.

- 11) Se llama a la función “rellenaplantilla”, pasando como argumentos Tablapdf, las fechas de inicio y de fin del informe y el ranking de la semana. El resto de variables están definidas como públicas, por lo que serán accesibles desde cualquier función del código, sin necesidad de pasárselas como variables.
- 12) Dentro de esta última función se hace uso de la librería iTextSharp, que como ya se ha comentado, permite completar campos definidos en una plantilla pdf. Se comienza definiendo el nombre del nuevo archivo que se desea generar. En todos los casos un nombre genérico de la forma “Nombre del edificio.Informe.pdf”, así como una copia en formato .jpg. Una vez rellenados los campos se hará una copia de ambos archivos, renombrándolos con el formato “Nombre del edificio.Semana_XX_Año correspondiente”. Este sistema se ha seguido para poder hacer referencia desde la página web a un nombre genérico para cada edificio, pudiéndose visualizar de esta forma el informe más actualizado.
- 13) Se rellenan todos los datos definidos hasta ahora: fechas, nombre del edificio, ranking semanal, mínimos nocturnos con el color correspondiente dentro de los límites del edificio, coste semanal en euros, equivalencias en toneladas de CO₂ y en árboles, y la gráfica del histórico semanal y del valor medio de la semana. Este último valor, “mediasemana”, se calcula dentro de esta función, haciendo la media ponderada de los valores nocturnos pasados en “Tablapdf”.
- 14) Las dos gráficas antes mencionadas se han obtenido llamando a otra función, “generagraficas”, que recibe como parámetros de entrada la tabla “Tablasemanal” y el valor “mediasemana”. Al finalizar se obtienen las dos imágenes deseadas en formato .png.
- 15) Una vez rellenados todos los campos del archivo tomado como base, se cierra la edición del mismo y se realiza una copia con el nombre específico de la semana. Para convertir estos archivos .pdf a una imagen .jpg se ejecuta la línea de comandos, llamando al complemento ImageMagick.
- 16) Los nombres de los archivos generados se copian en un documento “nombreweb.txt”, que será leído por el código Visual Basic que subirá todos los nombres ahí definidos al servidor web.
- 17) Se cierra el ciclo “while” iniciado en el punto 3, y si aún quedan informes que generar para el edificio seleccionado, se repite el proceso.
- 18) Por último, cuando se acaba con un edificio, se pasa al siguiente que está definido en el archivo de configuración, repitiendo el proceso hasta acabar con todos los edificios deseados.

Para concluir, destacar que el objetivo principal es poder realizar este proceso de manera automática, por lo que el código Visual Basic está compilado para generar un archivo ejecutable .exe. Este último es ejecutado automáticamente mediante una tarea programada de Windows todos los lunes a las 4:00 h, para poder obtener los datos y archivos de la semana anterior.

4.3 Código para generar Reports manualmente

Todo el proceso anteriormente descrito está configurado para generar los informes de manera autónoma, obteniendo los datos necesarios para todas aquellas semanas anteriores a la actual.

Si por algún motivo se extravía un informe concreto o se desea volver a generar uno tras haber actualizado algún dato erróneo, se produce una situación compleja. El procedimiento sería el siguiente:

- Es necesario acceder a la base de datos de destino, a la tabla "histodest", y filtrar los datos para obtener todos los correspondientes a un edificio concreto, comprendidos entre la fecha deseada y la actual.
- Se deben borrar manualmente todos esos datos, para que el código obtenga como último registro de la tabla el de la fecha deseada.
- Por último, se ejecuta manualmente el código Visual Basic para volver a generar todos los datos y los informes de ese periodo temporal.

Esto es algo que requiere demasiado tiempo, tanto para la persona que tiene que eliminar los datos, como para el equipo donde se ejecuta, ya que, si se desea un informe muy antiguo, el tiempo computacional necesario para regenerar toda la información y los informes, sería bastante grande.

Por este motivo se ha desarrollado un segundo código, que es una adaptación del primero, y que permite generar todos los informes que se deseen, para todos los edificios que se quiera y para cualquier semana. Todo esto sin necesidad de realizar todo el proceso descrito anteriormente.

El punto de partida es un documento .txt donde se definen todos los parámetros de configuración. La estructura de este documento es similar al del primer código, salvo porque en las primeras líneas es necesario introducir el año para el que se quiere obtener el informe (fila 7). Además, debajo del nombre de cada edificio se deben definir los dos límites ya mencionado y, a continuación, el número de las semanas para las que se quieren los informes, definiendo cada semana por separado, una en cada fila.

Después de la última semana de cada edificio es necesario escribir la palabra “FIN”, para poder identificar que a continuación se pasa a un nuevo edificio. En la Figura 4.13 se puede observar un ejemplo de este archivo.

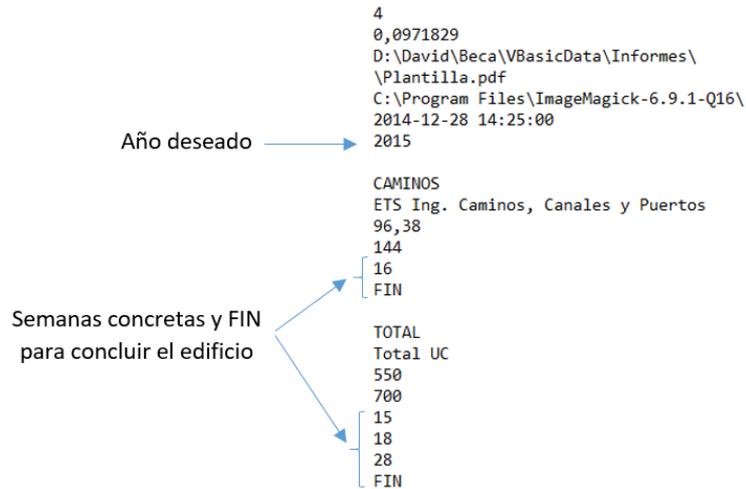


Figura 4.13: Ejemplo del archivo de configuración del código manual.

Las diferencias de este código con respecto al anterior son:

- Al leer los datos iniciales, se guarda el año en una variable que se utilizará después.
- Después de leer los tres datos habituales del edificio, se obtiene la primera semana de la que se desea obtener el informe y se entra en un ciclo “while” que proporciona los datos necesarios para todas las semanas definidas. Solo se sale de este ciclo cuando se lee la palabra “FIN”. En la Figura 4.14 aparecen los dos ciclos “while” que definen este proceso de cambio de edificio y de lectura de la correspondiente semana.

```
Dim recorreinforme As Integer = 0
While recorreinforme < numeroedificios
    edificio = lector.ReadLine()
    edificioext = lector.ReadLine()
    limite1 = lector.ReadLine()
    limite2 = lector.ReadLine()
    Semana = lector.ReadLine()
    While Semana <> "FIN"
        Call main()
        Semana = lector.ReadLine()
    End While
    Dim aux2 As String = lector.ReadLine()
    recorreinforme = recorreinforme + 1
End While
```

Figura 4.14: Ciclos “while” para cambiar de edificio y de semana.

- Desde la función “main” no es necesario llamar a “ultimafecha”, ya que no se necesita saber cuál es el último registro de la tabla de destino. En lugar de esto, se genera la fecha de inicio y fin del informe deseado a partir del número de la semana y del año leídos en el documento .txt. A continuación, se llama a la función “datosorigen”, que extraerá de la tabla “histodest” todos los registros necesarios para rellenar el informe. Si no hay registros para esas fechas en esta tabla, se realiza una llamada a la misma función, pero para extraer datos de “consugene”, y realizar los cálculos oportunos mediante las funciones “totalsemana” y “minimodiario”.
- Así mismo, como las semanas que se analizarán son aleatorias, se elimina de la función “main” el ciclo “while” que recorre todas las semanas entre la última fecha registrada y la actual, ya que esto viene definido en el archivo de configuración y es leído al comenzar.
- El resto de los cálculos y de la extracción de datos se realiza de la misma forma que en el primer código, así como la creación del informe y de los elementos que lo forman.

5 Visualización de los datos

Al introducir el apartado 4.2 se mencionaron los diferentes pasos que es necesario seguir para completar todo el trabajo que se plantea. Sin embargo, de los 7 puntos descritos en el planning previsto, el último no ha sido definido, ya que, aunque todo el contenido del código principal para generar los informes está detallado, no se ha especificado la forma de subirlos al servidor de la Universidad, ni el método de visualización elegido. Estos últimos detalles se tratarán en este apartado.

5.1 Arquitectura del sistema. Consideraciones de seguridad

Hasta ahora se han almacenado los datos obtenidos en una nueva tabla de la Base de Datos, y los archivos correspondientes a los informes, en formato pdf y jpg, en una carpeta del equipo del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. El objetivo final de crear esto es poder difundirlo entre la comunidad universitaria, ya que son el conjunto de profesores, personal, investigadores y alumnos, los que utilizan a diario las instalaciones, y, como consecuencia, son los responsables del consumo de energía para poder desarrollar las labores docentes e investigadoras.

Para poder mostrar los informes al público, la mejor opción es el uso de un servidor web, por lo que es necesario poder subir los archivos generados de manera que estén accesibles desde la web. En la Figura 5.1 se puede observar de nuevo todo el proceso seguido, desde la zona militarizada, que abarca todo el sistema de captación y almacenamiento primario de los datos, mediante el software Power Studio y los sistemas SCADA, hasta la última parte del servidor web, que es lo que ocupa este apartado.



Figura 5.1: Diagrama de flujo de los datos y proceso seguido para su generación y muestra.

Hay que destacar que la transmisión de información desde el ordenador del Departamento al servidor web se produce mediante el protocolo FTP Seguro, y después se muestra el contenido del servidor en la web, programada en html5. La máquina física donde se ubica la web pertenece al Servicio de Informática, pero es el equipo de Servicios Web el que se encarga de la gestión de los contenidos.

En lo que respecta al FTP Seguro, se trata de un protocolo de red que permite transmitir ficheros entre equipos enlazados mediante una red TCP, con los datos cifrados de manera segura. Se basa en el envío y la recepción de archivos entre el cliente y el servidor de la red, en ambas direcciones. Para poder emplearlo en Visual Basic hay librerías que permiten utilizar instrucciones que, mediante la definición de los correspondientes parámetros, procesan los archivos y los envían de un equipo a otro, sin necesidad de ocuparse de todos los detalles concretos de los protocolos. En este caso se ha empleado "System.NET.FtpClient".

A parte de esto, un elemento fundamental para que todo funcione es la ubicación y el nombre de los ficheros que se desean subir. Al final del apartado 4.2, en el punto 16 de la explicación del código, se mencionaba el archivo "nombreweb.txt". Es un archivo que se crea nuevo cada vez que se ejecuta el código y en él se guarda el nombre y el directorio en el que se encuentra cada archivo generado, tanto en formato pdf como en jpg. Estos dos elementos, directorio y nombre, se guardan por separado para poder utilizar después la variable donde se lee el nombre, asignándose al nuevo archivo del servidor. Al finalizar todo el proceso de creación de informes se escribe al final de este documento la palabra "FIN", que en este caso servirá como guía para saber qué archivos hay que subir al servidor. Un fragmento de este archivo se muestra en la Figura 5.2.

```
D:\David\Beca\VBasicData\Informes\  
CAMINOS.Informe.pdf  
D:\David\Beca\VBasicData\Informes\  
CAMINOS.Informe.jpg  
D:\David\Beca\VBasicData\Informes\  
CAMINOS.Semana_39_2015.pdf  
D:\David\Beca\VBasicData\Informes\  
CAMINOS.Semana_39_2015.jpg  
FIN
```

Figura 5.2: Formato del archivo nombreweb.txt

En lo que respecta al código FTP mencionado, no se trata de un programa demasiado extenso ni complejo. Básicamente realiza una lectura del archivo correspondiente, abre la conexión con el servidor, copia el contenido leído y cierra la conexión. Las instrucciones fundamentales que realizan todo este proceso se pueden contemplar en la Figura 5.3.

Desarrollo de una herramienta para el análisis del consumo eléctrico en standby de los edificios de la Universidad de Cantabria

```
' Nombre de la carpeta (o ruta) donde se almacenará la imagen en el servidor
Dim carpetaprueba As String = "energiaelectrica/Informes"

' Se abre el archivo y se lee entero para copiarlo posteriormente
Dim fs As Stream = File.OpenRead(pathImagen)
Dim data As System.IO.MemoryStream = New System.IO.MemoryStream()
fs.CopyTo(data)
data.Seek(0, SeekOrigin.Begin)
Dim fileContents As Byte() = New Byte(data.Length) {}
data.Read(fileContents, 0, fileContents.Length)

' Mediante la librería FtpClient se realiza la conexión:
Using cliente As FtpClient = New FtpClient()

    cliente.Host = "siv046.unican.es" ' Servidor UC
    cliente.Credentials = New NetworkCredential("AAAA", "BBBB") ' Credenciales
    cliente.Port = 990 ' Puerto de entrada
    cliente.EncryptionMode = FtpEncryptionMode.Implicit
    cliente.DataConnectionType = FtpDataConnectionType.AutoActive
    cliente.SetWorkingDirectory("/www.sostenibilidadenergetica.unican.es")
    AddHandler cliente.ValidateCertificate, AddressOf OnValidateCertificate

' Conexión con el servidor, indicando el directorio remoto, la ruta donde se almacena y el nombre del archivo.
Using ostream As Stream = cliente.OpenWrite("/www.sostenibilidadenergetica.unican.es/" + carpetaprueba +
                                           "/" + nombreArchivo, FtpDataType.Binary)

    Try
        ' Se escribe en el servidor el contenido del archivo de imagen
        ostream.Write(fileContents, 0, fileContents.Length)
    Finally
        ostream.Close()
    End Try
End Using
End Using
```

Figura 5.3: Instrucciones básicas del código Visual Basic que transfiere ficheros mediante FTP.

Al igual que en el programa descrito en el capítulo anterior, este nuevo código también está compilado para poder ejecutarse automáticamente desde otra tarea programada de Windows. Para que todo funcione es necesario haber generado correctamente los archivos oportunos con anterioridad. Así mismo, se deben ejecutar ambas tareas de manera independiente, dejando un intervalo de tiempo de 5 minutos.

5.2 Desarrollo del portal web

El Vicerrectorado de Espacios, Servicios y Sostenibilidad, dentro del área de Sostenibilidad Energética, ha desarrollado una página web desde la que mostrar, en forma de tablas y gráficas, información relativa al consumo de recursos y de energía de la Universidad en su conjunto. Se ha decidido utilizar este espacio para crear un nuevo apartado que permita mostrar la información generada en los informes de este trabajo. La dirección web es la siguiente:

<http://www.sostenibilidadenergetica.unican.es/>

En la web se pueden encontrar las siguientes secciones:

- **Energía eléctrica:** Muestra gráficas del consumo eléctrico instantáneo de la UC, actualizando el dato cada hora. Así mismo, también hay gráficas estáticas con un histórico del consumo mensual de los últimos años y, en tiempo real, se muestran también los datos de generación eléctrica por hora (kWh) de la planta solar de la ETSI Industriales y de Telecomunicación. Por último, hay datos sobre el ahorro energético conseguido con algunas medidas tomadas y un nuevo apartado de Standby que se ha creado, y que se describirá a continuación. Aquí pueden consultarse alguna de las gráficas mostradas en el apartado 1.2 (Figura 1.6 y Figura 1.7)
- **Gas Natural:** Se muestra información sobre el consumo histórico de este recurso, así como los ahorros conseguidos.
- **Agua:** Al igual que en el caso de la energía eléctrica, se puede observar una tabla con el consumo mensual histórico que ha tenido la Universidad.
- **Información Meteorológica:** En la azotea de la ETSI Industriales y de Telecomunicación está instalada una estación meteorológica cuyos datos se representan en esta web.
- **Documentación:** Diferentes archivos de interés con las acciones llevadas a cabo para sensibilizar a la comunidad universitaria en estos temas.

En lo que respecta al trabajo realizado, se centra en el apartado de Standby, incluido dentro de “Energía Eléctrica”. Partiendo de la plantilla empleada para el resto de la web, el objetivo es crear una página que siga los estilos y estructura de las demás pero que incluya la información relativa a los informes generados, permitiendo la previsualización y descarga de los mismos. Se ha tenido en cuenta la posibilidad de que el administrador de la web pueda activar o desactivar los edificios que se muestran a la hora de la descarga.

Hay dos partes diferenciadas dentro de la página. La primera es el sistema de elección del edificio, semana del año en curso y formato del archivo; así como la imagen del informe elegido y su descarga. La segunda es una breve explicación de la plantilla, similar a la descrita en el apartado 4, Figura 4.6.

En cuanto a la primera parte, que es la más relevante, su aspecto es el que se observa en la Figura 5.4. Aparecen en primer término, después de la introducción, tres menús desplegables que reciben la información de la Base de Datos SQL del ordenador del Departamento, de la tabla “DropDownList_Config”, descrita en el apartado 4.1. El contenido de los menús es el siguiente:

Desarrollo de una herramienta para el análisis del consumo eléctrico en standby de los edificios de la Universidad de Cantabria

- El primero permite seleccionar el edificio de la UC del que se desean los datos. Aparecerán todos los edificios que tengan un "1" en la columna "Active" de la tabla de configuración, como se puede ver en la Figura 4.5.
- En el segundo aparecen las semanas del año, hasta la actual, permitiendo elegir cualquiera de las anteriores. Los archivos disponibles son únicamente los del año en curso, para poder hacer una comparativa de la evolución del consumo semana tras semana.
- El tercero da la opción de descargar el informe en formato pdf o jpg.

A medida que se van seleccionando las opciones anteriores, la imagen que se visualiza va cambiando, pudiendo observar el documento que se va a descargar antes de hacerlo.

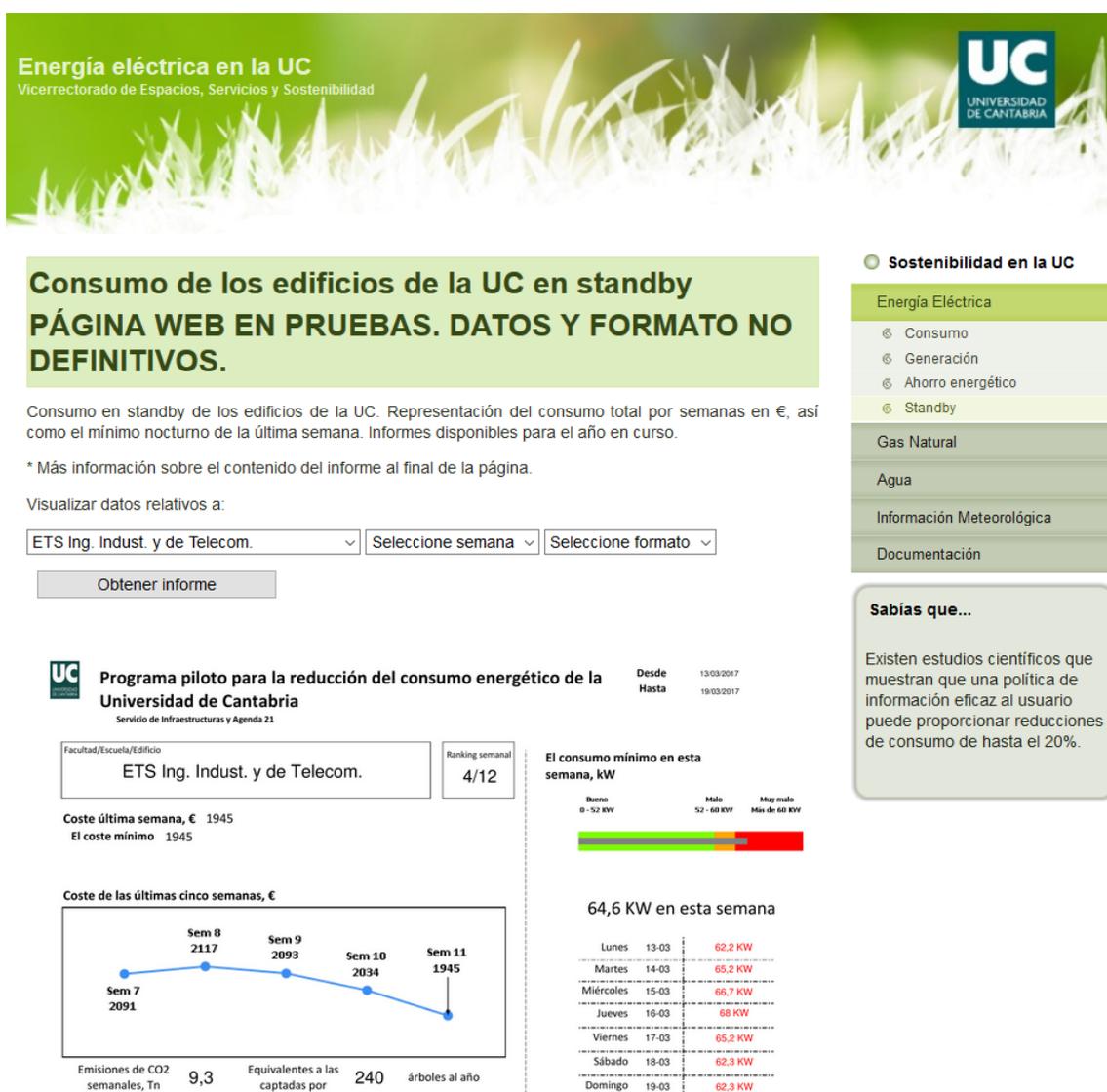


Figura 5.4: Sección principal de la página Standby.

Todas estas conexiones SQL para configurar los menús se realizan desde el archivo web.config, ubicado en el servidor. Este tipo de archivos utilizados en .NET proporcionan control y flexibilidad sobre la forma en la que se ejecutan las aplicaciones de la página web, estableciendo los recursos protegidos a los que se puede acceder y definiendo toda la información sensible que es necesario ocultar para mantener la privacidad de los datos. En este caso se han definido los parámetros necesarios para conectarse con el equipo y con la tabla correspondiente: nombre de la conexión, IP del equipo, usuario, contraseña y condiciones de seguridad. Es necesario una conexión para cada menú desplegable, para poder filtrar los datos de manera independiente en la página web.

En el caso del edificio y de la semana es necesario aplicar un filtro a los datos que se quieren extraer para poder visualizar únicamente la información deseada. En la Figura 5.5 se observan los filtros SQL aplicados a los dos casos mencionados. En el primero se seleccionan únicamente los edificios que están marcados como activados en la columna "Active" de la tabla, y en el segundo se seleccionan todas las semanas anteriores a la semana actual, obteniendo la fecha del servidor local.

```
<asp:SqlDataSource ID="sosuc" runat="server" ConnectionString="<%
$ ConnectionStrings:SostenibilidadConnectionString %>" SelectCommand="SELECT [Edificio],
[Descripcion] FROM [DropDownList_Config] WHERE ([Edificio] IS NOT NULL) AND ([Active] = 1) ORDER BY
[Edificio]"></asp:SqlDataSource>

<asp:SqlDataSource ID="sosuc2" runat="server"
ConnectionString="<%$ ConnectionStrings:SostenibilidadConnectionString2 %>" SelectCommand="SELECT
[Anho] FROM [DropDownList_Config] WHERE ([Anho] <= YEAR(GETDATE())) Order by Anho ASC">
</asp:SqlDataSource>
```

Figura 5.5: Filtro para los edificios (superior) y para las semanas (inferior).

A continuación de los desplegables está la opción de "Obtener informe", que genera el link correspondiente para descargar el archivo.

Para mostrar el archivo que se desea directamente en la pantalla, se barajaron dos opciones:

- Mostrar el pdf mediante un visor embebido: Como inconveniente, se complicaba el cambio automático del archivo al seleccionar opciones en los desplegables. Además, ocupaba bastante espacio en la pantalla ya que se incluían los diferentes menús de opciones, quedando el archivo de un tamaño bastante reducido. Lo positivo de esta opción es que da la posibilidad de descargar el pdf directamente, pero no el archivo como imagen.
- Insertar una imagen en la que el nombre del archivo a mostrar se va cambiando en función de las opciones escogidas, cargándose de nuevo cuando se selecciona algo. Esta es la opción que se empleó, debido a su sencillez y al buen resultado visual obtenido.

Para poder implementar esta última opción es necesario destacar que no se hace directamente en el código html, debido a que cada página está acompañada de un

archivo .vb que contiene código Visual Basic. Este código se ejecuta en primer lugar cada vez que se carga la web, permitiendo dar unas funcionalidades más dinámicas que varíen en función de las iteraciones del usuario.

Es en este código donde se extrae también el año en curso a partir de la fecha local del equipo, ya que es necesaria para el nombre del archivo que se desea visualizar o descargar. Se utilizan además los campos leídos en cada desplegable (nombres de edificios y semanas), asignando en una variable cada uno de los valores y, posteriormente, componiéndose el nombre completo del archivo deseado, tal y como está guardado en el servidor. Cada vez que cambia el nombre del archivo, se actualiza en la web la imagen mostrada y la posible url desde la que se descarga el informe.

6 Conclusiones y líneas futuras

El desarrollo de este tipo de aplicaciones requiere que se tengan una serie de conocimientos mínimos sobre los lenguajes y la metodología que se deben seguir. Sin embargo, partiendo de la base de que esta área se estudia de manera superficial durante los años del grado o del máster, puede suponer sumergirse en un mundo muy distinto al conocido hasta ahora. Todo ello supone extrapolar los conocimientos y habilidades adquiridos en otras ramas del conocimiento a una temática poco controlada y dominada, siendo capaz de desarrollar ciertas habilidades que te permitan obtener un resultado final lo más óptimo posible y que cumpla la misión pedida.

Dentro de las competencias que es necesario haber adquirido al finalizar el máster, se pueden destacar aquellas que están directamente relacionadas con el trabajo que se presenta. Incluye tanto aquellas referentes a la realización de medidas, cálculos, valoraciones, realización de informes, análisis interno de problemas; como las que necesitan de una integración de conocimientos desde una perspectiva multidisciplinar para obtener una solución eficiente desde un punto de vista económico y técnico. Para conseguir el objetivo final es necesario haber pasado por un proceso de planificación de tareas, identificando los puntos clave que se deben desarrollar y alcanzando estos hitos para permitir avanzar en las diferentes etapas definidas.

Cabe destacar también el carácter social del trabajo desarrollado, ya que su objetivo final es analizar el impacto de la actividad universitaria en términos de consumo de energía, valorando su impacto medioambiental y difundiendo los datos obtenidos. Se intenta hacer ver a los usuarios la importancia de tomar a diario pequeñas medidas que, en su conjunto, pueden tener un gran impacto en el consumo final de los recursos disponibles, repercutiendo así en el beneficio de todos.

Por otro lado, el carácter continuista de las ideas planteadas permite abrir un gran abanico de futuras alternativas. La continuación de estas líneas de trabajo y su extrapolación al análisis del consumo de otros recursos cotidianos hace que todo lo propuesto sea un punto de partida hacia proyectos más ambiciosos.

6.1 Metodología para alcanzar los objetivos

Todo el desarrollo ha supuesto comenzar desde cero con un lenguaje de programación nuevo, buscando diferentes vías para resolver el problema planteado, debiendo analizar cada una de ellas en términos de viabilidad, optimizando el resultado final. Se pueden deducir una serie de conclusiones obtenidas a partir de todo el trabajo realizado:

- Es necesario amoldarse a un lenguaje de programación determinado que ya se emplea en el lugar al que se accede. Esto permite partir de ejemplos ya programados que ayudan a introducir ese mundo, facilitando las nuevas tareas.
- Cada lenguaje tiene sus particularidades, lo que implica una adaptación y una comprensión de todos estos factores antes de comenzar con la programación definitiva.
- Una vez se ha decidido el objetivo final que se quiere perseguir, es importante una buena esquematización previa del código que se debe realizar, permitiendo crear una estructura más sólida, reusando los códigos de ejemplo proporcionados, y creando uno nuevo que optimice las funciones y recursos necesarios.
- La capacidad de adaptación a todos los cambios que surgen en cuanto a objetivos y/o contenidos finales es algo que debe estar presente a lo largo de todo el proceso, tanto en la elaboración de los informes y en su visualización, como en la resolución de problemas ajenos al trabajo inicial, pero que repercuten en su funcionamiento (fallos de los sistemas de adquisición de datos).
- La variedad de alternativas que se plantean a la hora de resolver un problema concreto obligan a realizar una serie de pruebas y estudios que permitan decidir cuál es la opción que mejor se ajusta a las condiciones planteadas. Todo este proceso implica un gasto de tiempo que es necesario controlar, estableciendo límites que no dilaten demasiado este periodo transitorio, pero que garanticen un correcto resultado final. Un ejemplo de esto fue la elección del método para realizar los informes.
- Enfrentarse por primera vez a algo de estas características permite mejorar la visión del estudiante a la hora de enfrentarse a nuevos problemas que deben resolverse manejando un campo que no se controla. Permite adquirir habilidades a la hora de manejar datos nuevos, buscando con mayor rapidez y eficacia las posibles soluciones al desafío planteado. Así mismo, la necesidad de esquematizar y fraccionar el problema para, finalmente, unir las partes y conformar el resultado definitivo, hace necesario aprender a manejar herramientas de depuración del código programado, siendo necesario el desarrollo de cada tarea paso a paso.

6.2 Análisis de los informes

Es necesario destacar que el objetivo fundamental de este trabajo no reside en el análisis pormenorizado de los informes generados, sino que el propósito es proporcionar la herramienta necesaria para implementar todo el proceso de edición. Una posible continuación de este trabajo sería un estudio pormenorizado que permita analizar todos los edificios y establecer patrones de consumo, desarrollando e implementando propuestas de mejora, así como la realización de un seguimiento que permita evaluar los efectos generados y el ahorro obtenido.

En un primer análisis, se pueden establecer una serie de observaciones a partir de los informes generados. Cabe destacar que una comparación del consumo entre edificios no es viable para obtener conclusiones certeras, ya que cada edificio tiene unas características únicas (orientación, modelo de construcción, materiales, sistemas de climatización, alumbrado, ...) que hacen que sus necesidades no sean extrapolables a las de otros edificios de su entorno. Así mismo, esto tampoco es posible debido a los diferentes usos que tiene cada uno, ya que hacen que las demandas de energía sean muy diferentes (no es lo mismo tener laboratorios con equipos informáticos que otros con bombas hidráulicas, hornos, congeladores, ...). Por todo esto, la mejor opción es realizar una comparativa de cada edificio consigo mismo, es decir, analizar el consumo que se tiene en una semana determinada y compararlo con intervalos temporales anteriores, analizando las diferentes oscilaciones que se observan y pudiendo determinar los factores que las causan. A partir de ahí es cuestión de proponer, implementar y monitorizar sistemas de mejora.

Como ejemplo se puede empezar comparando el consumo en standby de un edificio consigo mismo durante varias semanas. Para mostrar una idea de lo que se puede analizar, en la Figura 6.1 se han elegido 3 edificios diferentes durante 3 semanas distribuidas a lo largo del año 2016, intentando hacer una selección de periodos temporales que impliquen diversas demandas de energía (invierno, primavera, verano). El objetivo es observar las anomalías que se detectan a simple vista, comparando los valores obtenidos. Algunas de ellas pueden ser comunes a todos los edificios, aunque las causas serán diferentes; otras implican particularidades del propio edificio. Breve comentario de las observaciones realizadas:

- Los edificios seleccionados intentan representar 3 patrones diferentes dentro de la UC. Uno es la ETS Ing. Industriales y de Telecomunicación, con una actividad que implica un consumo considerable de energía; otro es la EP Ing. Minas y Energía, un edificio mucho más pequeño y cuyo uso es meramente docente; y la ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos, que tiene grandes instalaciones que requieren ingentes cantidades de energía eléctrica.
- Centrándose únicamente en los valores de una sola semana, se observa que dentro de la constancia que puede tener un edificio, en días puntuales se

producen oscilaciones significativas en el consumo (abril-mayo de las 2 primeras filas) que pueden significar varios kW al alza. ¿Qué ocurre estos días?

- En la columna de la derecha se observa una semana de verano en la que todos los edificios están prácticamente cerrados durante el día, a excepción de algunos servicios como la biblioteca y zonas comunes. Destaca la constancia en el consumo, con variaciones escasas que no salen de la zona de mínimo consumo nocturno, estando siempre por debajo del percentil 25. Es razonable que en los meses en que hay actividad docente e investigadora, pueda necesitarse mantener equipos activos durante la noche, pero ¿por qué no se puede conseguir mantener unos niveles de consumo relativamente bajos?
- Volviendo a las 2 primeras columnas, hay un mayor consumo nocturno en el mes de abril que en el de mayo, y si se comparase con meses de invierno, se apreciaría aún más la diferencia.
- Por último, y como ya se ha comentado con anterioridad a lo largo de todo el documento, la ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos sigue un patrón lleno de picos de consumo que pueden llegar a multiplicar casi por 5 la línea base alcanzada algunos días. Esto se debe, entre otros factores, a los grandes compresores hidráulicos de los laboratorios de materiales, donde la puesta en funcionamiento de estos equipos se debe intentar realizar durante la noche para no influir negativamente en el suministro de la UC.

		62,8 KW en esta semana			57,1 KW en esta semana			51,1 KW en esta semana		
ETS Ing. Ind. y de Telecom.	Lunes	25-04	58,9 KW	Lunes	09-05	54,1 KW	Lunes	22-08	50,3 KW	
	Martes	26-04	64 KW	Martes	10-05	54,1 KW	Martes	23-08	51 KW	
	Miércoles	27-04	69,1 KW	Miércoles	11-05	61,6 KW	Miércoles	24-08	51,1 KW	
	Jueves	28-04	62,5 KW	Jueves	12-05	58,1 KW	Jueves	25-08	51,4 KW	
	Viernes	29-04	69,4 KW	Viernes	13-05	59,1 KW	Viernes	26-08	51,5 KW	
	Sábado	30-04	57,9 KW	Sábado	14-05	57,5 KW	Sábado	27-08	51,7 KW	
	Domingo	01-05	57,5 KW	Domingo	15-05	55,5 KW	Domingo	28-08	50,8 KW	
		40,1 KW en esta semana			35,1 KW en esta semana			34,6 KW en esta semana		
EP Ing. Minas y Energía	Lunes	04-04	39,1 KW	Lunes	16-05	38 KW	Lunes	08-08	35,1 KW	
	Martes	05-04	44,4 KW	Martes	17-05	37,9 KW	Martes	09-08	33,6 KW	
	Miércoles	06-04	43,8 KW	Miércoles	18-05	23,1 KW	Miércoles	10-08	35 KW	
	Jueves	07-04	36,8 KW	Jueves	19-05	41,2 KW	Jueves	11-08	35,2 KW	
	Viernes	08-04	39,9 KW	Viernes	20-05	36,8 KW	Viernes	12-08	35,3 KW	
	Sábado	09-04	38,6 KW	Sábado	21-05	34,1 KW	Sábado	13-08	34,3 KW	
	Domingo	10-04	38,4 KW	Domingo	22-05	34,3 KW	Domingo	14-08	34 KW	
		194 KW en esta semana			115,3 KW en esta semana			55,3 KW en esta semana		
ETS Ing. Caminos, Canales y Puertos	Lunes	29-02	64,8 KW	Lunes	16-05	58,6 KW	Lunes	22-08	52,9 KW	
	Martes	01-03	237,2 KW	Martes	17-05	59,4 KW	Martes	23-08	53,8 KW	
	Miércoles	02-03	158,1 KW	Miércoles	18-05	49 KW	Miércoles	24-08	56,3 KW	
	Jueves	03-03	240,5 KW	Jueves	19-05	92,1 KW	Jueves	25-08	61,3 KW	
	Viernes	04-03	215,5 KW	Viernes	20-05	87,6 KW	Viernes	26-08	59 KW	
	Sábado	05-03	239,2 KW	Sábado	21-05	230,7 KW	Sábado	27-08	52,1 KW	
	Domingo	06-03	202,7 KW	Domingo	22-05	229,9 KW	Domingo	28-08	51,4 KW	

Figura 6.1: Comparativa del consumo en standby de 3 edificios durante varias semanas de 2016.

6.3 Líneas futuras

En el apartado anterior se ha mostrado un pequeño análisis de los datos obtenidos por lo que, de igual manera, se pueden realizar otros estudios similares que permitan profundizar más en el ahorro y la eficiencia energética en horario nocturno, partiendo del material que se ha elaborado. El desarrollo de estos análisis, las propuestas de mejora y la monitorización de los resultados obtenidos pueden ser posibles líneas futuras de este trabajo.

Así mismo, también se pueden proponer mejoras y optimizaciones del código Visual Basic desarrollado. Podrían identificarse otros datos que serían significativos para elaborar los documentos, así como optimizar aún más el código existente o proponer otras vías de implementación fuera del equipo del Departamento.

Para concluir, en relación a lo mencionado en el apartado 1.1 sobre la norma ISO 50001, se puede hacer mención a la posible extrapolación de este tipo de análisis y estudios a otros recursos que consume la UC. Se podría llevar un control del gas natural o del abastecimiento de agua orientándolo, no tanto al consumo nocturno en standby, sino al consumo general del día a día. Del mismo modo, puede ampliarse el estudio de cada recurso energético de manera que se incluyan nuevas variables que determinen los umbrales adecuados. Como ejemplo de esto último, en lugar de establecer unos límites fijos para determinar si el standby semanal ha sido bueno, intermedio o malo (percentiles 25 y 75), se pueden fijar de manera dinámica en función de parámetros como la climatología, las estaciones del año, el número de personas utilizando las instalaciones, ... de forma que se tengan en cuenta las curvas que siguen estos indicadores. Cuantas menos horas de sol haya, mayor será el uso de la iluminación, y cuanto más frío o calor haga, mayor consumo para climatización.

Cuanta más información tengan disponible los usuarios, más fácil será llevar a cabo labores de concienciación y optimización de los recursos.

Bibliografía

1. **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.** [Consulta: Octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php>.
2. **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 2007.** *Estrategia de Ahorro y eficiencia Energética en España 2004-2012. Plan de Acción 2008-2012. Resumen Ejecutivo.*
3. **Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 2011.** *Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020.* Madrid.
4. **ESPAÑA. 2013. Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.** *Boletín Oficial del Estado.* 14 de abril de 2013, 89, pp. 27548-27562.
5. **AENOR. 2011.** *UNI-EN ISO 50001:2011: Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.* Madrid: AENOR.
6. **Vicerrectorado de Espacios, Servicios y Sostenibilidad.** *Plan Energético de la Universidad de Cantabria.*
7. **Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. 2012.** *Seguimientos Energéticos Sectoriales: Centros Educativos-Universidades.*
8. **Vicerrectorado de Espacios, Servicios y Sostenibilidad.** www.sostenibilidadenergetica.unican.es. [En línea]
9. **Vicerrectorado de Espacios Servicios y Sostenibilidad.** Consumo energético sostenible en la UC. [En línea]
10. **Universidad de Cantabria. Servicio de Informática.** [En línea] 2015. <https://sdei.unican.es/Paginas/default.aspx>.
11. **Zorrilla, Dra. Marta E.** *Bases de Datos Relacionales. Conceptos y consideraciones para su uso.* s.l. : Universidad de Cantabria.
12. **Navarrete, Toni.** *Introducción a las bases de datos.* s.l. : Universitat Pompeu Fabra.
13. **Comisión Panamericana de Normas Técnicas.** *Gana el desafío de la energía con ISO 50001.*