



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Reducción de costes en el consumo
energético mediante la realización de una
auditoría energética

Autor:

Pastor Ramos, Rubén

Tutor:

Pisano Alonso, Jesús Ángel

Dpto. de Ingeniería Eléctrica

Valladolid, Julio de 2014

RESUMEN

Los recursos naturales del planeta son limitados y es necesario hacer un uso responsable de los mismos para mantener las condiciones climáticas del planeta asegurando la evolución tecnológica y preservando el nivel de vida. Puesto que todos tenemos en mayor o en menor medida responsabilidad en este tema debemos conocer los planes de actuación y normativas que los gobiernos realizan para asegurar la eficiencia energética de los procesos y por supuesto las herramientas y acciones para conseguirlo. Una de las herramientas más utilizadas en las empresas e industrias para conseguir la eficiencia energética de sus procesos es la auditoría energética, que realiza un análisis exhaustivo de los elementos de consumo y de las necesidades de cada instalación con el fin de determinar qué actuaciones son necesarias para reducir el consumo de energía, manteniendo la calidad de los productos y servicios y reduciendo el coste asociado a esa energía.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia energética, auditoría energética, energía eléctrica, reducción de costes, optimización.

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. MOTIVACIÓN.....	11
1.2. OBJETIVOS	12
1.3. PERSPECTIVA INTERNACIONAL.....	13
1.3.1. EUROPA.....	17
1.4. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA.....	20
1.4.1. LA INDUSTRIA.....	21
1.5. PLANES DE ACTUACIÓN EN ESPAÑA	23
1.5.1. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020	23
1.5.2. PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020.....	24
1.5.3. ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍA LIMPIA-HORIZONTE 2007-2012-2020	27
1.5.4. ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE CALIDAD DEL AIRE.....	27
1.6. NORMATIVA ENERGÉTICA EN ESPAÑA.....	28
1.6.1. REAL DECRETO 314/2006: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)	28
1.6.2. REAL DECRETO 1027/2007: REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS (RITE).....	29
1.6.3. REAL DECRETO 47/2007: CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS.....	29
 2. EFICIENCIA DESDE LA GESTIÓN	 31
2.1. LA GESTIÓN DE LA DEMANDA.....	33
2.2. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA	36
2.3. CONTABILIDAD ENERGÉTICA	36
 3. AUDITORIA ENERGÉTICA.....	 37
3.1. FASE PREVIA	40
3.1.1. LAS DIFERENTES TARIFAS ELÉCTRICAS.....	41
3.1.1.1. TARIFAS BJ.....	41
3.1.1.2. TARIFAS AT	44
3.2. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA.....	48
3.2.1. ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO	48
3.2.1.1. HOJA EXCEL PROGRAMADA.....	49
3.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	57
3.3.1. LA CALIDAD DEL AISLAMIENTO	57
3.3.2. TIPOS DE MATERIALES AISLANTES	58
3.3.3. AISLAMIENTO DE MUROS	62
3.3.4. SUPERFICIES ACRISTALADAS.....	64
3.3.5. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	65
3.4. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE CONSUMO	70
3.4.1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	70
3.4.2. ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN.....	72

3.4.3.	EQUIPOS.....	72
3.4.4.	ELEMENTOS DE CLIMATIZACIÓN.....	73
3.4.5.	ENERGÍAS RENOVABLES.....	73
3.4.6.	LIBRO EXCEL PROGRAMADO.....	73
3.4.6.1.	EQUIPOS DE LA ETAP.....	75
3.4.6.1.1.	DATOS DE LAS BOMBAS.....	76
3.5.	PROPUESTAS DE MEJORA.....	79
3.5.1.	ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN.....	80
3.5.1.1.	LÁMPARAS.....	82
3.5.1.2.	LUMINARIAS.....	88
3.5.1.3.	NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	89
3.5.1.4.	MEDIDAS DE AHORRO.....	90
3.5.1.5.	ALUMBRADO EXTERIOR.....	93
3.5.2.	EQUIPOS.....	95
3.5.2.1.	EQUIPOS DE OFIMÁTICA.....	95
3.5.2.2.	ELECTRODOMÉSTICOS.....	97
3.5.2.2.1.	EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.....	99
3.5.2.3.	EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	102
3.5.2.3.1.	FACTOR DE POTENCIA.....	102
3.5.2.3.2.	MOTORES ELÉCTRICOS.....	106
3.5.2.3.3.	TRANSFORMADORES.....	110
3.5.2.3.4.	EQUIPOS DE AIRE COMPRIMIDO.....	111
3.5.2.3.5.	BOMBAS Y VENTILADORES.....	112
3.5.2.4.	ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.....	113
3.5.3.	ELEMENTOS DE CLIMATIZACIÓN.....	115
3.5.3.1.	CALEFACCIÓN.....	115
3.5.3.1.1.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	116
3.5.3.1.2.	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	118
3.5.3.1.3.	RECUPERACIÓN DE CALOR.....	119
3.5.3.1.4.	HÁBITOS DE USO Y MEJORA DE LOS SISTEMAS.....	119
3.5.3.2.	REFRIGERACIÓN.....	120
3.5.3.2.1.	EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.....	121
3.5.3.2.2.	FREE-COOLING.....	122
3.5.3.2.3.	MEDIDAS DE AHORRO.....	124
3.5.3.2.4.	DIMENSIONADO E INSTALACIÓN.....	124
3.5.3.2.5.	MANTENIMIENTO.....	125
3.6.	COGENERACIÓN.....	126
3.7.	PROPUESTAS DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	127
3.7.1.	ENERGÍA EÓLICA.....	127
3.7.2.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	127
3.8.	PRIORIDAD ENTRE MEDIDAS A IMPLEMENTAR.....	130
3.9.	ALINEACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DE CONSUMO Y TARIFA.....	131
3.9.1.	CAMBIO DE TARIFA Y POTENCIA CONTRATADA.....	131
3.10.	EJEMPLO ETAP DE LA COMARCA DE CERRATO, PALENCIA.....	132
3.10.1.	AJUSTAR EL USO DE LAS BOMBAS A LOS PERÍODOS HORARIOS.....	132

3.10.2. SUSTITUCIÓN DE LAS BOMBAS	133
3.10.3. ALINEACIÓN ENTRE TARIFA Y MEDIDAS ADOPTADAS.....	138
3.10.4. RESUMEN DE MEDIDAS Y AHORRO.....	139
3.11. ELABORACIÓN DEL INFORME	141
4. CONCLUSIONES.....	143
4.1. LÍNEAS FUTURAS	146
5. ANEXOS	147
6. BIBLIOGRAFÍA	151

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

Debido al carácter limitado de los recursos energéticos naturales del planeta el principal objetivo del desarrollo sostenible es evitar el agotamiento de los mismos, como el agua y las materias primas.

Diversos estudios coinciden en señalar y afirmar que el modelo actual energético mundial no es sostenible, especialmente en los países desarrollados, como es el caso de España.

El modelo español es insostenible en términos económicos, medioambientales y sociales, y además no cumple con los protocolos internacionales que tienen como objetivo reducir el consumo energético y emisión de elementos contaminantes hasta unos valores óptimos.

Todos los procesos que lleva a cabo el ser humano tienen asociado un consumo de energía, y es precisamente este el que debemos reducir y optimizar de la mejor manera posible. Es por ello por lo que toda empresa, industria, incluso cada persona debe plantearse si sus procesos e instalaciones responden a un uso adecuado y eficiente desde el punto de vista energético.

Existe otra componente ligada a la reducción del consumo para las empresas e industrias que además tiene efectos favorables en las mismas. El consumo de energía tiene un coste asociado, y una gestión energéticamente eficiente produce un efecto positivo en la competencia con las empresas del mismo sector.

Para llevar a la práctica el desarrollo sostenible existen diversas instituciones que elaboran planes de actuación. Entre ellas está el gobierno, que además mediante la emisión de Real Decretos gestiona el buen funcionamiento del sistema español.

Un Real Decreto es una norma emitida por el poder ejecutivo sin necesidad de que el legislativo lo haya habilitado. Tiene el mismo rango que una ley y suelen emplearse en casos extraordinarios y de urgente necesidad. Tienen un carácter temporal y necesitan ser ratificadas en un período concreto preestablecido por el legislativo. El control del cumplimiento se encarga el Tribunal Constitucional.

El objetivo de este trabajo es proporcionar información sobre los documentos que hay que conocer acerca del consumo eficiente de energía en España, así como una serie de protocolos y actuaciones enfocadas en el ámbito de un desarrollo energéticamente sostenible en las empresas e industrias.

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales de este trabajo sobre la eficiencia energética y una de las herramientas para conseguir mejoras en ese ámbito, la auditoría energética son:

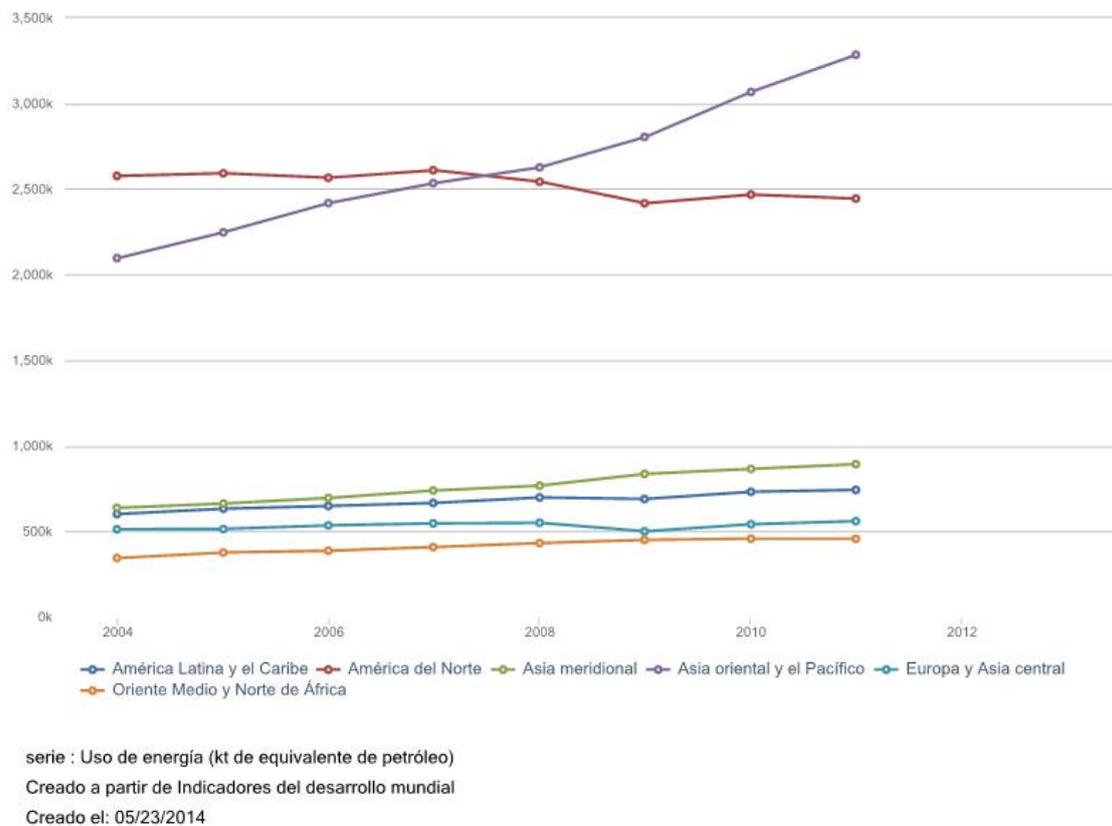
1. Conocer la situación del consumo energético y la evolución sufrida en materia energética de los países más importantes del planeta, Europa, y especialmente en España.
2. Averiguar qué sectores españoles son los grandes consumidores de energía y cuál es su origen.
3. Conocer cuáles son los organismos, instituciones, etc. que tienen como visión mejorar el panorama español en el ámbito energético. Exponer los métodos y mecanismos utilizados por estos organismos (planes y normativas).
4. Entender cómo puede influir en el consumo la gestión de los componentes que están ligados directamente a él.
5. Describir una herramienta muy útil de la eficiencia energética, sobre todo para industrias y empresas, la auditoría energética. Estudiar las diferentes tarifas eléctricas, el consumo actual, las mejoras que se pueden plantear (ya sean acciones o la sustitución o utilización de equipos y elementos con el fin de reducir el consumo y por lo tanto reducir también las emisiones de CO₂), estudiar la viabilidad económica de las propuestas y la elaboración final de un documento o informe que resuma el conjunto de medidas.
6. Explicar detalladamente un ejemplo de elaboración de una auditoría energética de una estación de tratamiento de agua potable (ETAP).
7. Exponer los resultados obtenidos a partir de las mejoras implantadas que se han determinado como consecuencia de la elaboración de la auditoría energética.

1.3. PERSPECTIVA INTERNACIONAL

El uso de la energía en todo el mundo crece a medida que pasan los años creando cada vez más incertidumbre sobre el futuro de nuestro planeta.

Mientras que en algunos países el uso se está controlando, en parte gracias al protocolo de Kioto y a diversos organismos que actúan de manera preventiva ante los efectos del cambio climático, en otros debido al gran auge que está experimentando su industria el uso de la energía se está incrementando de manera muy elevada, como es el caso de China.

Gráfica 1.1 Uso de energía por regiones del planeta



Fuente: The world data bank

La gráfica 1.1 muestra los datos de uso de energía en las diferentes regiones del planeta en ktep (tep es una unidad de energía, toneladas equivalentes de petróleo) durante el último período de 7 años.

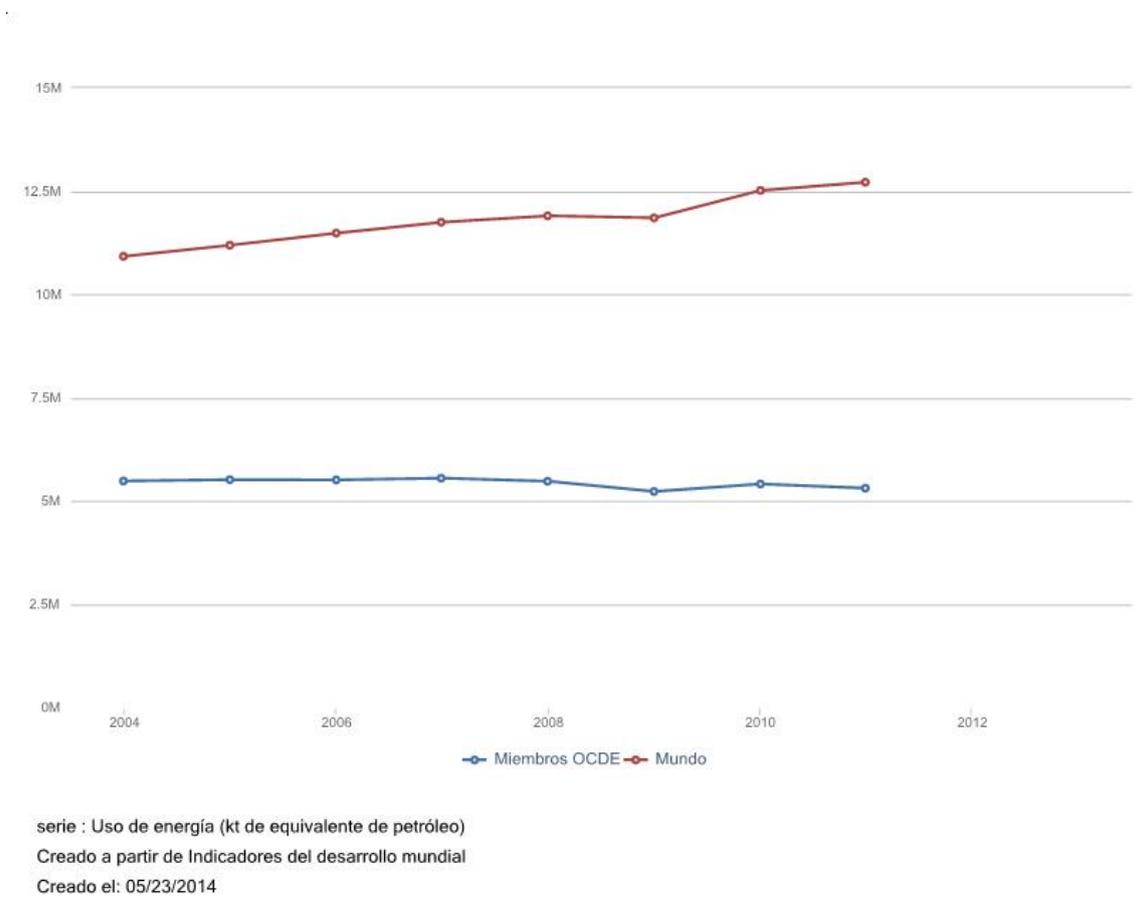
Se puede observar que el uso crece con los años, sobre todo en Asia oriental y pacífico por las causas antes mencionadas del cambio industrial que está sufriendo.

Se debe mencionar también como en 2008, año en el que comenzó la crisis, el uso de la energía se redujo drásticamente debido principalmente al valor elevado que adquirieron las diferentes fuentes de energía. Se observa como todas las regiones

en mayor o en menor medida se ven afectadas, aunque ya se puede ver que en un período inferior a 2 años el valor ha vuelto a la normalidad y en años posteriores el valor sigue creciendo en la mayor parte del planeta.

Aunque se puede apreciar en la gráfica anterior, la siguiente gráfica nos plantea de manera clara como algunos países más implicados en el cambio climático han conseguido mantener e incluso reducir el uso de la energía en los últimos años. Esos países forman parte de la OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Gráfica 1.2 Uso de energía en el mundo y en los países que forman la OCDE



Fuente: The world data bank

La OCDE es una organización cuyo objetivo es el de intercambiar información y establecer políticas para el desarrollo económico del conjunto de países que lo componen.

Como se puede observar en la gráfica, a pesar de que los grandes países que componen la OCDE, países más desarrollados y de mayor consumo energético, han reducido su consumo en los últimos años, el mundo en general sigue aumentando este valor de manera elevada.

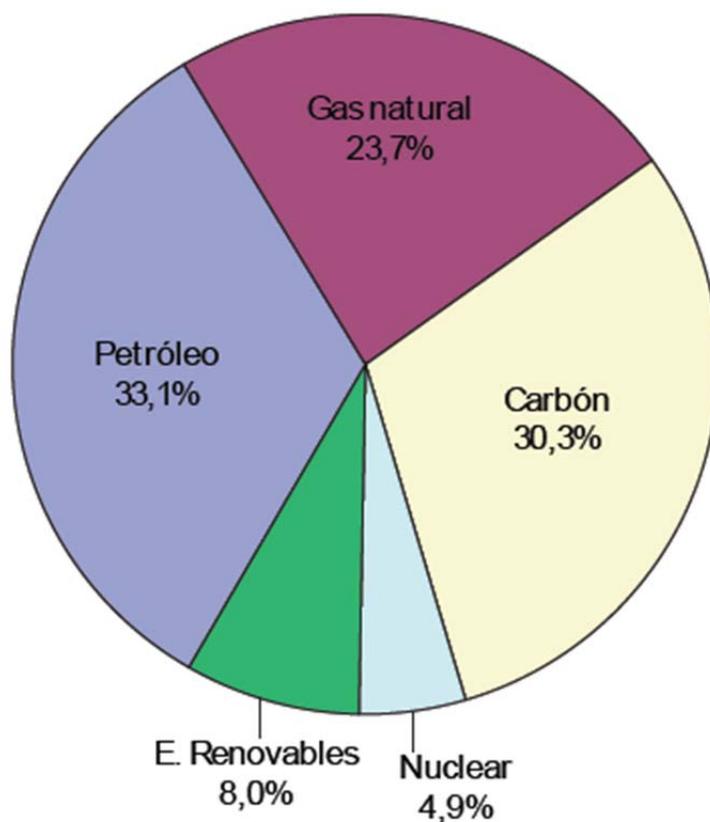
Este problema del incremento del uso de las fuentes de energía, no sólo es un problema de fuentes limitadas, sino del calentamiento global y los efectos que

tienen sobre nuestro planeta. Es evidente que el uso de energía conlleva un incremento de emisiones de CO₂, gas que forma parte del denominado efecto invernadero, y que contribuye por lo tanto al calentamiento del planeta.

En este trabajo no se exponen gráficas sobre el tema, pero es importante mencionar que a pesar de reducir la emisión de gases de este tipo, la temperatura del planeta sigue aumentando, y hay diversos estudios que corroboran que a pesar de reducir a 0 las emisiones de este contaminante, la temperatura seguiría aumentando durante un tiempo, y manteniéndose luego, pero no reduciéndose a los valores que presentaba a principios del siglo XX, estamos ante un gran problema.

Hay dos preocupaciones principales en el contexto internacional en el consumo de la energía, el primero es la distribución de la energía, como podemos observar en la gráfica 1.3, solamente el 8% de la energía que se consume es de origen renovable.

Gráfica 1.3 Uso de energía según su origen en 2011



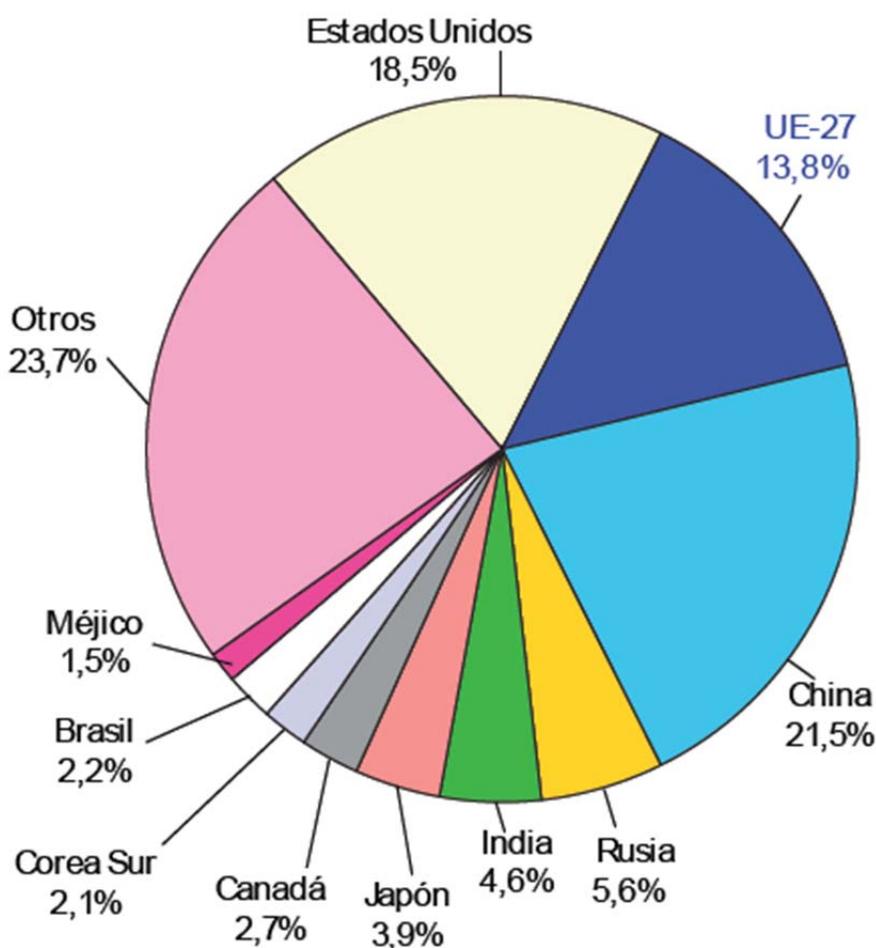
Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Evidentemente el uso de estas fuentes está cambiando con el paso de los años, aunque todavía ocupan un lugar muy importante. Este cambio se está llevando a cabo desde los diferentes gobiernos, así como de numerosas empresas privadas, que realizan investigaciones para conseguir diferentes objetivos, entre ellos reducir el consumo de energía y de emisiones de CO₂ en sus actividades.

La segunda preocupación que existe es la generada por los países emergentes, entre los cuales está China, y por otros países, como Estados Unidos que no cumplen con el protocolo de Kioto.

La preocupación viene generada debido a que entre esos 2 países acaparan el mayor gasto de energía a nivel global, llegando a sumar en 2011 el 40% del total como podemos ver en la gráfica 1.4

Gráfica 1.4 Consumo de energía por países en 2011



Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Cabe destacar que ambos países han afirmado establecer relaciones para tomar medidas que influyan positivamente en el uso de la energía y las emisiones de CO2.

Por último en el caso de España podemos afirmar que a pesar de firmar el protocolo de Kioto, es uno de los países de la Unión Europea que no cumple con las emisiones de CO2 por lo que anualmente se ve obligada a pagar una cantidad de dinero. Diversas fuentes afirman también que realmente en España no se están llevando a cabo medidas que acaben con este problema, aunque es un tema que genera mucho debate y no es objeto de este documento evaluar tal situación.

1.3.1. EUROPA

La mayoría de países de Europa, forman parte de la OCDE, y además firmaron el protocolo de Kioto y podemos decir que casi en su totalidad están trabajando en ese sentido viéndose resultados muy favorables.

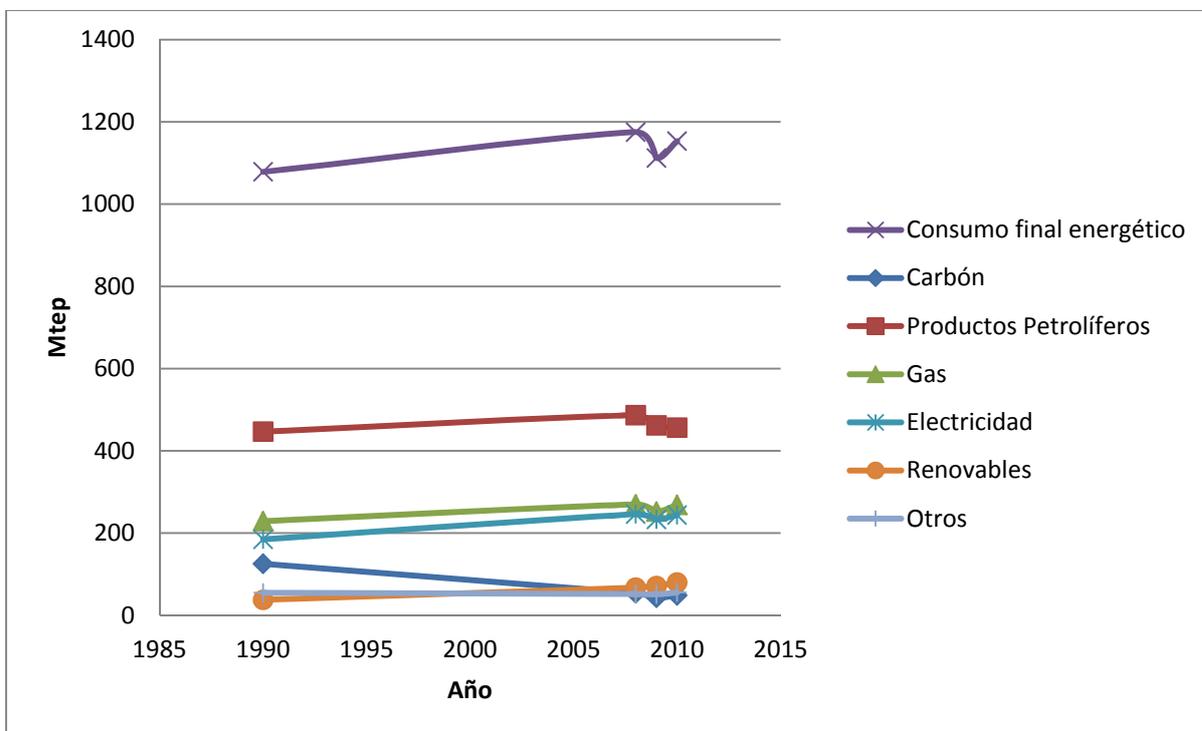
Tabla 1.1 UE-27

Mtep	1990	2008	2009	2010	% 2010/09	% 2010/90
Producción	942,74	854,75	813,66	830,87	2,1	-0,6
Carbón	368,25	177,65	165,3	163,02	-1,4	-4,0
Petróleo y condensados de gas natural	129,43	108,16	105,13	97,35	-7,4	-1,4
Gas natural	162,45	168,23	153,05	156,14	2	-0,2
Nuclear	205,21	241,91	230,77	236,56	2,5	0,7
Renovables	70,36	141,33	148,77	166,65	12	4,4
Otros	7,04	17,47	10,64	11,15	4,8	2,3
Importaciones-Exportaciones	754,93	1014,28	941,09	952,25	1,2	1,2
Carbón	80,65	136,65	110,13	110,07	-0,1	1,6
Petróleo y productos petrolíferos	535,75	598,52	579,51	574,4	-0,9	0,3
Gas natural	135,05	274,49	266,9	275,52	3,2	3,6
Electricidad	3,34	1,47	1,3	0,3	-77,0	-11,4
Renovables	0,15	3,15	-16,75	-8,04	-52,0	100,1
Consumo de energía primaria	1665,14	1801,75	1703,37	1759,02	3,3	0,3
Carbón	453,31	305,39	267,94	279,79	4,4	-2,4
Petróleo y condensados de gas natural	604,28	660,73	605,19	602,64	-0,4	0
Gas natural	294,84	440,74	416,89	441,73	6	2
Nuclear	205,21	241,91	230,77	236,56	2,5	0,7
Renovables	70,7	144,24	152,73	172,14	12,7	4,5
Otros	36,8	8,74	29,85	26,16	-12,3	-1,7
Generación eléctrica (TWh)	2586,28	3372,03	3209,05	3345,62	4,3	1,3
Carbón	1019,01	898,21	842,87	861,46	2,2	-0,8
Productos Petrolíferos	221,35	104,52	96,55	86,25	-10,7	-4,6
Gas natural	191,27	773,59	727,25	755,33	3,9	7,1
Nuclear	794,87	937,22	893,99	916,61	2,5	0,7
Renovables y otros	359,78	658,49	648,39	725,98	12	3,6
Consumo final energético	1078,63	1175,23	1112,21	1153,29	3,7	0,3
Carbón	125,34	53,56	42,59	48,72	14,4	-4,6
Productos Petrolíferos	446,67	486,83	461,77	456,67	-1,1	0,1
Gas	229,01	269,7	252,23	268,63	6,5	0,8
Electricidad	184,89	245,98	233,2	243,9	4,6	1,4
Renovables	37,83	67,41	71,4	79,91	11,9	3,8
Otros	54,89	51,75	51,02	55,46	8,7	0,1
Consumo final no energético	103,12	117,53	107,18	112,18	4,7	0,4
Consumo final energético por sectores:						
Industria	368,92	315,87	267,75	291,59	8,9	-1,2
Transporte	281,55	377,9	366,9	365,22	-0,5	1,3
Doméstico	273,38	297,02	294,34	307,32	4,4	0,6
Servicios y otros	154,78	184,44	183,23	189,16	3,2	1

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

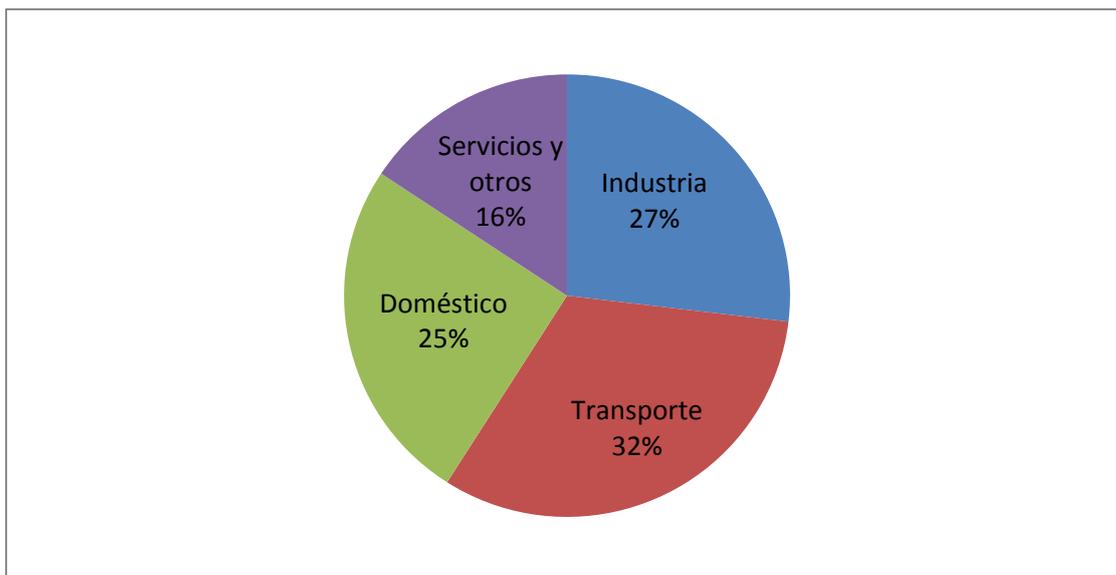
De los datos de la tabla anterior podemos sacar diferentes gráficas que nos ayuden a comprender el valor de los mismos.

Gráfica 1.5 Consumo de energía en UE-27 de las diferentes fuentes

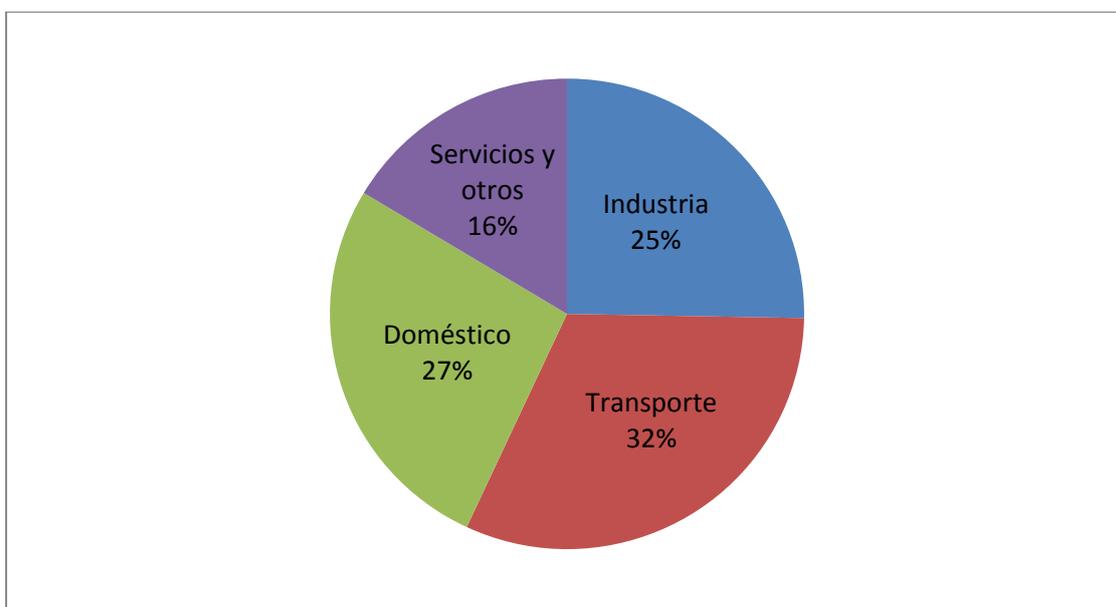


Como se puede observar en la gráfica 1.5, tras el 2008, todos sufrieron una caída importante, pero unos años después volvieron a incrementar su participación, salvo los productos petrolíferos que no han alcanzado un valor tan alto y que disminuye su consumo, lo cual es un dato favorable, aunque no tanto si muchos de los usos que tenía este están siendo reemplazados por otra fuente de energía no renovable como es el caso del gas.

Gráfica 1.6 Consumo final energético por sectores 2008



Gráfica 1.7 Consumo final energético por sectores 2010



En cuanto a la distribución del consumo por sectores, las gráficas 1.6 y 1.7 reflejan un cambio porcentual reducido que no por ello deja de ser importante, el consumo en la industria cambia de un 27% a un 25% en contraposición del consumo doméstico, que cambia de un 25% a un 27%, y manteniéndose constante en los otros sectores. Este cambio puede ser debido a 2 causas que actúan conjuntamente, una de ellas es que tras la crisis, las empresas e industrias se han visto envueltas en diferentes situaciones, las cuales han producido o el cierre de las mismas o un control más exhaustivo de los costes, en cualquier caso se traduce en un decremento del consumo, y la otra causa es que los hábitos de la población ha cambiado, utilizando cada vez mayor número de tecnologías que consumen principalmente energía eléctrica.

1.4. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA

A partir de los datos ofrecidos por el INE (Instituto Nacional de Estadística) en una encuesta del consumo energético en 2011, podemos ver el estado y la evolución del consumo en nuestro país, en el cual el mayor consumo se centra en la energía eléctrica.

Tabla 1.2 Consumo España 2011

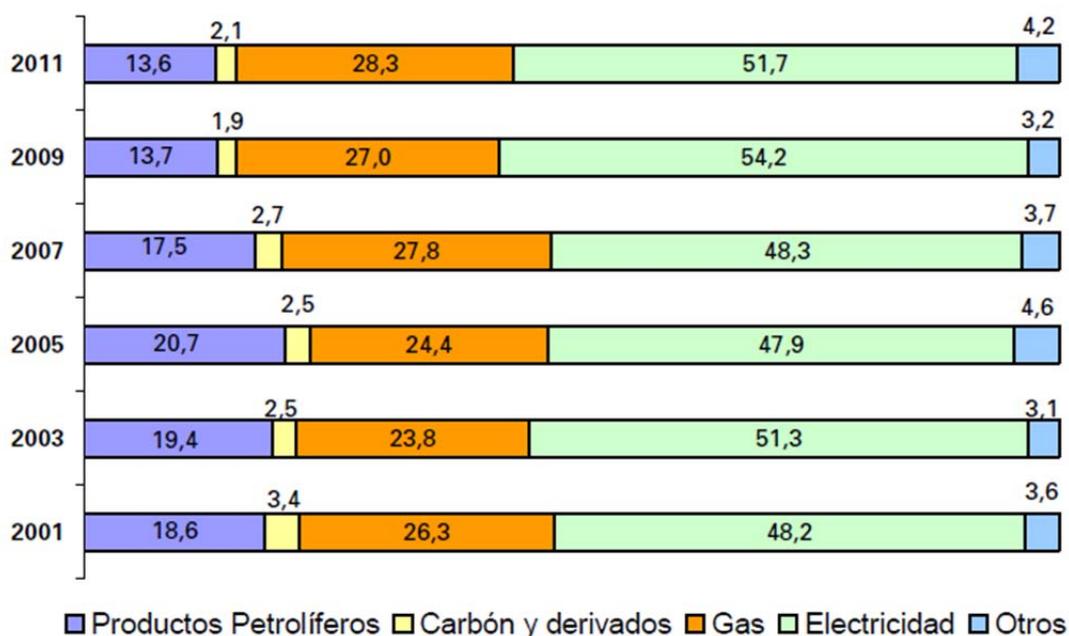
Tipo de producto	Consumos (miles)	% sobre el total	% Variación 11/09
Carbón y derivados	243.395	2,1	29,6
Gasóleo	930.618	8,2	7,1
Fueloil	430.242	3,8	34,1
Otros productos petrolíferos	178.538	1,6	26,9
Gas	3.213.726	28,3	23,1
Electricidad	5.860.467	51,7	11,7
Otros consumos energéticos	480.432	4,2	56,2
Total	11.337.418	100	17,1

Fuente: INE

El 51,7% del consumo total pertenece a la electricidad, por lo tanto el consumo más importante en el país.

Para ver la evolución que ha sufrido en España el consumo nos fijamos en la gráfica 1.8:

Gráfica 1.8 Reparto porcentual de los consumos por tipo de energía



Fuente: INE

Como podemos ver, el consumo de los productos petrolíferos sigue la misma línea que en Europa, utilizándose cada vez menos esta fuente. En cuanto al gas y a la electricidad el consumo alcanza un mayor porcentaje del total.

1.4.1. LA INDUSTRIA

Tanto el gas como la electricidad son las fuentes de energía que son más utilizadas en las empresas e industrias españolas, sobre todo en las pequeñas y medianas. Estas fuentes de energía son habitualmente utilizadas para el consumo de los equipos de calefacción y aireación, así como de los sistemas electrónicos que forman parte de las oficinas, y de la iluminación.

Tabla 1.2 Evolución de los consumos energéticos por agrupaciones de actividad

Agrupaciones de actividad	Consumos	% Variación 11/09
Industrias extractivas	762.101	57,7
Industria química y farmacéutica	1.851.265	28,5
Madera, corcho, papel y artes gráficas	1.207.752	17,6
Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	2.340.455	14,6
Alimentación, bebidas y tabaco	1.893.803	13,9
Material de transporte	506.823	13,8
Maquinaria y equipo mecánico	145.021	12
Productos minerales no metálicos diversos	1.581.803	8,7
Caucho y materias plásticas	485.667	6,6
Industria textil, confección, cuero y calzado	229.994	5,8
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	187.337	2,9
Industrias manufactureras diversas, reparación e instalación de maquinaria y equipo	145.398	2,9
Total	11.337.418	17,1

Fuente: INE

La tabla 1.2 refleja el total del consumo energético por agrupaciones de actividad, siendo las más importantes las industrias metalúrgicas (20,6%), seguida de la industria alimenticia (16,7%) y la industria química y farmacéutica (16,3%).

Por último vamos a ver la distribución porcentual por agrupaciones de los distintos tipos de energía en la tabla 1.3, y de esta manera verificar que la electricidad y el gas constituyen la mayor fuente de energía, sumando en todos los casos un mínimo del 66% aproximadamente, superando en muchos casos el 80% y llegando a ser en el caso del caucho y materias plásticas un 94,3%.

Tabla 1.3 Distribución porcentual de por fuentes de energía y agrupaciones de actividad

Agrupaciones de actividad	Carbón y derivados	Productos petrolíferos	Gas	Electricidad	Otros
Industrias extractivas	0,2	20,1	39,8	33,7	6,2
Alimentación, bebidas y tabaco	0,1	20,1	25,3	51,1	3,3
Industriatextil, confección, cuero y calzado	0	10,5	28,5	59,5	1,4
Madera, corcho, papel y artes gráficas	0,1	9,4	34,2	49,6	6,7
Industria química y farmacéutica	1,4	5,9	36,6	44,3	11,7
Caucho y materias plásticas	0	5,3	15,4	78,9	0,5
Productos minerales no metálicos	10	16	39,1	34	0,9
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	2,3	14,6	18,2	63,4	1,6
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	0,2	11	11,3	76	1,6
Maquinaria y equipo mecánico	0	23,8	14,5	61	0,7
Material de transporte	0	6,6	20,9	70,8	1,6
Industrias manufactureras diversas	0	33,1	6,5	59,8	0,6
Total	2,1	13,6	28,3	51,7	4,2

Fuente: INE

1.5. PLANES DE ACTUACIÓN EN ESPAÑA

En España, como en todos los países de la UE desde hace ya unas décadas la administración pública se ha visto involucrada en la cooperación del desarrollo energético sostenible con el fin de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), así como minimizar el uso de la energía.

Para cumplir con los compromisos internacionales desarrolla planes de actuación entre los que podemos destacar los siguientes:

- Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia energética 2011-2020.
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia – Horizonte 2007-2012-2020.
- Estrategia Española de Calidad del Aire.

La mayoría de estos planes forman parte del IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). IDEA es un organismo adscrito al Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España cuyas funciones principalmente son la promoción del uso eficiente de la energía y promover el uso de energías renovables en España. Para ello además de gestionar estos planes realiza un seguimiento de los mismos.

Para cada plan se elaboran documentos enunciando en cada uno de ellos el estado actual en cuanto a materia energética se refiere, una serie de objetivos a conseguir cada año dentro de la referencia del plan y un conjunto de técnicas y acciones alineados con dichos objetivos, y aunque no se describe abajo en cada uno de ellos también existen líneas de actuación orientadas a la persecución del cumplimiento de los diferentes objetivos marcados.

1.5.1. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES 2011-2020

Las directivas europeas relativas a las energías renovables han fijado unos valores que se deben conseguir en el 2020, por lo tanto España debe establecerse como objetivo alcanzar esos valores. Esos objetivos generales son obtener un 20% de energía renovable del consumo total como mínimo, y un 10% de la energía consumida en el transporte debe ser de origen renovable.

Para conseguir esos valores de cuota, el documento establece unos valores para cada año dentro del período y propone contribuciones referidas a cada una de las diferentes energías renovables, siendo la más importante la eólica. Además establece métodos que mejoran los procedimientos actuales de obtención de energía.

El documento también abarca una serie de propuestas, en total 87, divididas en 5 grandes grupos, entre los cuales está actuaciones en infraestructuras energéticas, con el objetivo de integrar las energías renovables en las infraestructuras energéticas, siendo las más interesantes e importantes para la elaboración de este documento.

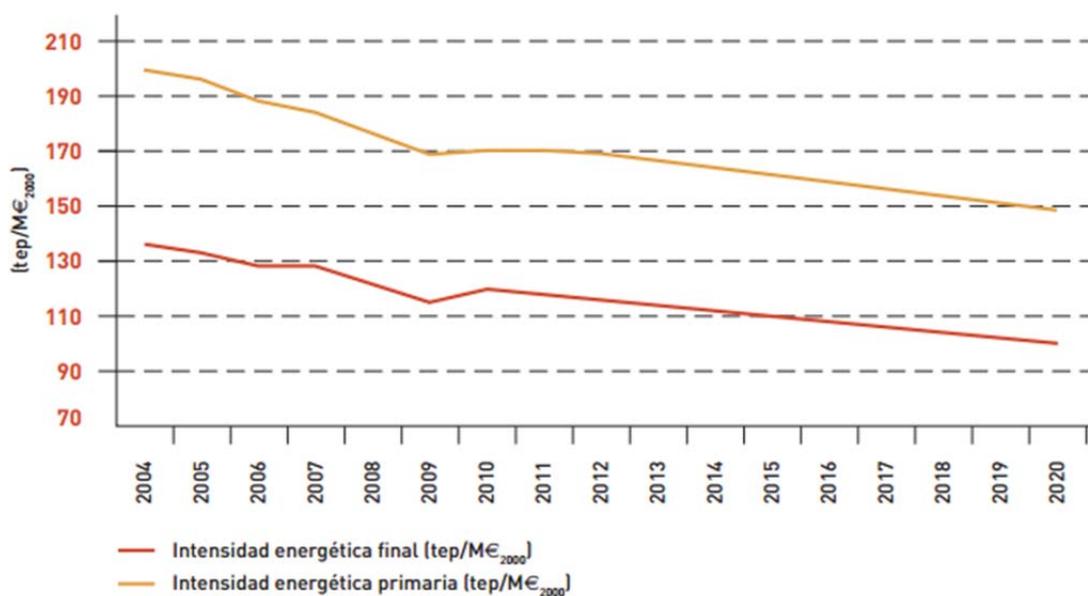
1.5.2. PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020

Este plan da continuidad a los planes de acción de ahorro y eficiencia energética 2004-2012 (E4) y reporta como ellos una serie de datos que son objeto de análisis por la Comisión europea.

Los objetivos más importantes de este plan son el ahorro de energía final y primaria siempre siendo coherentes con los planes elaborados en el estado en materia de energía renovable, de planificación de infraestructuras de transporte y de distribución de electricidad y gas.

Como en todos los documentos de estos planes se generan previsiones que se deben conseguir anualmente, algunas de las más importantes pueden verse en las gráficas 1.9 y 1.10

Gráfica 1.9 Intensidad de energía final y primaria

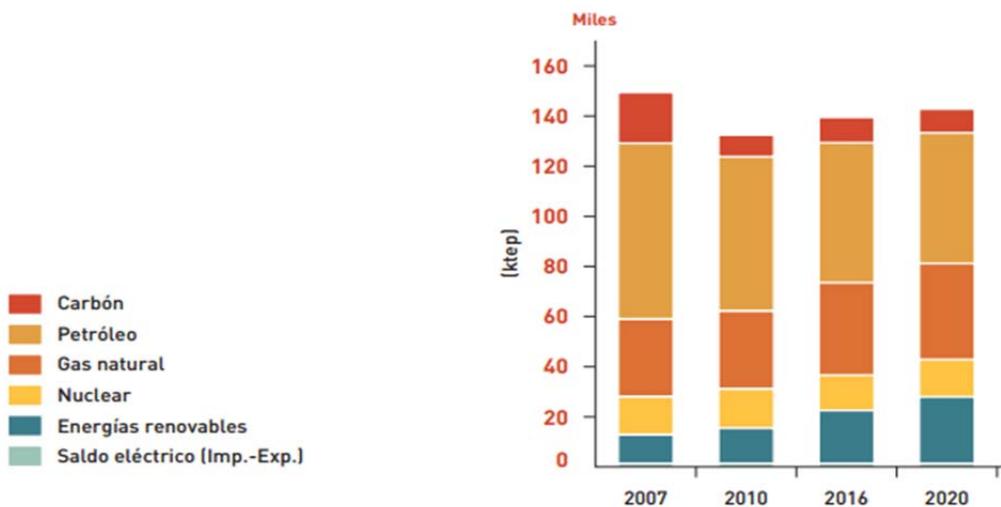


Fuente: IDEA

Cuanto más baja sea la intensidad de energía, ya sea final o primaria, el uso de la energía será más eficiente desde el punto de vista de generación de riqueza de un país, por eso se buscan unos valores cada vez más bajos.

En cuanto a la distribución del consumo de energía primaria, se quiere reducir como es lógico la participación de los petróleos aumentando la de las energías renovables y disminuyendo el total como se puede observar en la gráfica 1.10.

Gráfica 1.10 Consumos de energía primaria por fuentes (ktep)



Fuente:IDAE

La consecución de estos objetivos está muy desmembrada, siendo visible en el documento un gran número de tablas con valores asociados a consumos, ahorros y porcentajes tanto del conjunto de fuentes de energía, de los sectores y de las diferentes medidas a adoptar, entre las cuales se encuentran las auditorías energéticas.

Esquema 1.1 Cálculo de los ahorros en edificación

Sector Edificios		$[P1+P2+P3+M3_1+M4_1]+[M2_2+M4_2]+[P4]+[P4_1+M4_3+M3_2]+[M4_4] = 2.232,5 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	
Envolvente e instalaciones térmicas		$[P1+P2+P3+M3_1+M4_1] = 1.637,7 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	
Viviendas	$[P1+P2+P3] = 273,9 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$		$[M3_1+M4_1] = 1.363,7 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$
	Plan Renove de envolvente	BUet = 22,3 ktep _{2010 (Base 2004)}	
	PR instalaciones térmicas	BUit = 61,1 ktep _{2010 (Base 2004)}	
	CTE hogares nuevos	BUcte = 231,7 ktep _{2010 (Base 2004)}	
		Proyectos estratégicos	
		BUpe = 60,9 ktep _{2010 (Base 2004)}	
Iluminación interior		$[M2_2+M4_2] = 793,9 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	
Viviendas	$[M2_2] = [P5] = 81,0 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$		Edificios servicios
		$[M4_2] = 713,0 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	
		Mejora instalaciones	
		BU ₀ = 29,7 ktep _{2010 (Base 2004)}	
		Programa reparto gratuito	
		BU ₁₁ = 84,9 ktep _{2010 (Base 2004)}	
		Programa 2x1	
		BU ₁₂ = 13,0 ktep _{2010 (Base 2004)}	
Equipamiento		$[P4]+[P4_1+M4_3+M3_2]+[M4_4] = -199,1 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	
Electrodomésticos de gama blanca	Cocinas en hogares y servicios	Equipos en servicios	
	$[P4_1+M4_3+M3_2] = 175,2 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	$[M4_4] = -660,4 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	
Renovación elec. gama blanca	Renovación cocinas en hogares		
$[P4] = 286,1 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$	$[P4_1] = 103,0 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$		
Plan Renove gama blanca	Plan Renove cocinas		
BUe = 80,0 ktep _{2010 (Base 2004)}	BUc = 1,4 ktep _{2010 (Base 2004)}		

Fuente:IDAE

La metodología a seguir para la consecución de los objetivos (podemos ver un ejemplo en el esquema 1.1 en la cual se exponen una serie de valores a conseguir en cada una de las secciones que conforman el sector edificatorio, siendo los ahorros más importantes en calefacción y refrigeración) también viene representada en el documento así como una serie de indicadores propios de cada sector, a los que hace referencia para determinar los ahorros que se deben cometer. En la tabla 1.4 se pueden ver los indicadores propios del sector de la edificación.

Tabla 1.4

Sector			Indicador energético		Unidad
Edificación	Residencial	Envolvente y equipos térmicos	P1	Consumo energético doméstico en calefacción por sup. de viviendas principales (corregido por condiciones climáticas)	tep/m ²
			P2	Consumo energético doméstico en refrigeración por sup. de viviendas principales (corregido por condiciones climáticas)	tep/m ²
			P3	Consumo energético doméstico en ACS por habitante	tep/habitante
		Iluminación	P5	Consumo energético doméstico en iluminación por vivienda principal	tep/hogar
	Terciario	Envolvente y equipos térmicos	M311	Consumo energético no eléctrico del sector terciario en calefacción por empleado (corregido por condiciones climáticas)	tep/empleado
			M411	Consumo energético eléctrico del sector terciario en calefacción por empleado (corregido por condiciones climáticas)	tep/empleado
			M412	Consumo energético eléctrico del sector terciario en refrigeración por empleado (corregido por condiciones climáticas)	tep/empleado
			M312	Consumo energético no eléctrico del sector terciario en ACS por empleado	tep/empleado
			M413	Consumo energético eléctrico del sector terciario en ACS por empleado	tep/empleado
			Iluminación	M42	Consumo energético del sector terciario en iluminación por empleado

Fuente: IDAE

Por último en el documento del plan también se enumeran y se explican de manera detallada un conjunto de planes, programas y actuaciones cuya consecución debería lograr el alcance de los objetivos marcados.

1.5.3. ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍA LIMPIA- HORIZONTE 2007-2012-2020

Este plan elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente tiene como principal objetivo conseguir que España cumpla con sus compromisos del cambio climático.

Para conseguir este objetivo, se establecen una serie de subobjetivos, de los cuales lo más destacados son:

- Asegurar la reducción de emisiones de GEI (Gases efecto invernadero).
- Fomentar el uso y desarrollo de las energías renovables en España.
- Promover el uso eficiente de la energía en forma de concienciación pública.
- Impulsar la investigación, desarrollo e innovación en materia del cambio climático y energía limpia.

Con el fin de alcanzar estos objetivos marcados se establecen una serie de actuaciones, las cuales deben asegurar además del uso de las energías limpias, el crecimiento económico, la mejora del bienestar social y la defensa del medio ambiente. Las actuaciones puestas en práctica deben estar alineadas con otros planes anteriormente elaborados, como es el caso del Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012 y 2011-2020.

1.5.4. ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE CALIDAD DEL AIRE

El Ministerio de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente elaboró y emitió este plan para conseguir reducir la contaminación atmosférica en el ámbito nacional debido al riesgo en la salud que supone para los habitantes que la sufren.

Todo el escrito está enfocado en la reducción y control de las emisiones de las diferentes partículas y gases que forman parte de la contaminación atmosférica de España, señalando aquellas que son más importantes.

En el documento también se hace referencia a un cambio legislativo necesario para llevar a cabo la serie de actuaciones que también se exponen.

Por último nombrar que existe otro plan, al que este hace referencia, Reglamento Euro 5 + Euro 6, el cual tiene como objetivo controlar las emisiones de los vehículos homologados y las nuevas matriculaciones con el fin de mejorar la calidad del aire.

1.6. NORMATIVA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

En cuanto a normativa en el estado español, existen tres grandes pilares sobre los que descansa la eficiencia energética en edificación:

- Real Decreto 314/2006: Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Real Decreto 1027/2007: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)
- Real Decreto 47/2007: Certificación Energética en Edificios

1.6.1. REAL DECRETO 314/2006: CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

Este marco normativo sucede a otro anterior mejorando y adaptando sus líneas de actuación con la época en la que se sitúa. De esta manera España impone una serie de normas y actuaciones similares a los países pertenecientes a la UE.

En la elaboración de este documento intervienen diferentes organismos, tanto públicos como privados, así pues se ven involucrados el Ministerio de Vivienda y diferentes instituciones competentes en materia de edificación.

El CTE es un reglamento que fija una serie de normas por las que se debe regir cualquier edificación para asegurar aspectos relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas. Estos aspectos son de seguridad estructural, de protección contra incendios, protección contra el ruido y el ahorro energético entre otros.

Con el fin de mejorar y apoyar al CTE se crea el Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE (CTE-DB-HE), el cual es un documento externo a este pero del que depende totalmente, y se divide en 5 partes:

- CTE-DB-HE 1: Limitación de la demanda energética.
- CTE-DB-HE 2: Rendimiento de instalaciones térmicas, genera el nuevo RITE.
- CTE-DB-HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- CTE-DB-HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- CTE-DB-HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Además de incluir un conjunto de actuaciones, el CTE crea un organismo público, el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación (CSICE), cuyo cometido es el de garantizar que se cumplen los objetivos del código realizando seguimientos y evaluaciones.

1.6.2. REAL DECRETO 1027/2007: REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS (RITE)

Este código pretende regular las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben ser cumplidas por las instalaciones térmicas de los edificios. Por lo tanto en el documento se establecen los criterios que deben cumplir dichas instalaciones, ya sean nuevas o antiguas, y el período que existe para reemplazar aquellas instalaciones antiguas que no cumplen con las condiciones de emisiones de gases y uso de energía.

Al igual que en el CTE, el documento contempla la creación de una Comisión Asesora cuya función será la de garantizar que las instalaciones son correctas en función de lo que dicte el RITE, y también de proponer las modificaciones del código que estimen oportunas para así poder adecuar su contenido con la evolución de la técnica.

1.6.3. REAL DECRETO 47/2007: CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

Esta normativa obliga a certificar la eficiencia energética a los edificios de nueva planta (salvo los menores a 50 m²) y a las grandes reformas (a partir de 1000 m² y que la reforma suponga más de un 25% de los cerramientos) salvo alguna excepción dependiendo del tipo de edificio en el que se realice.

La certificación energética va acompañada de una etiqueta distintiva que mostrará las características del edificio, así como la situación en la que se encuentra (zona climática y los diferentes valores de los indicadores de emisiones de gases (dióxido de carbono) y del consumo de energía primaria. En esa etiqueta también existe una escala distintiva de eficiencia energética, que va desde la letra “a” hasta la “g”, siendo “a” el edificio más eficiente y “g” el menos eficiente.

Para conseguir dicha certificación se establece un procedimiento a seguir en el cuál es el propietario el que debe iniciar el proceso, así como encargarse de renovarlo cada 10 años, ya que es el período máximo de validez de la certificación.

EFICIENCIA DESDE LA GESTIÓN

2. EFICIENCIA DESDE LA GESTIÓN

En la eficiencia energética no sólo debemos tener en cuenta el rendimiento de los de los equipos que consumen la energía, sino también del hábito y comportamiento de las personas que influyen en el consumo. De esta manera aquellos usuarios que toman decisiones tanto en sus hogares como en las empresas en materia de energía deben tener una información adecuada para poder llevar a cabo una gestión energéticamente eficiente desde la gestión.

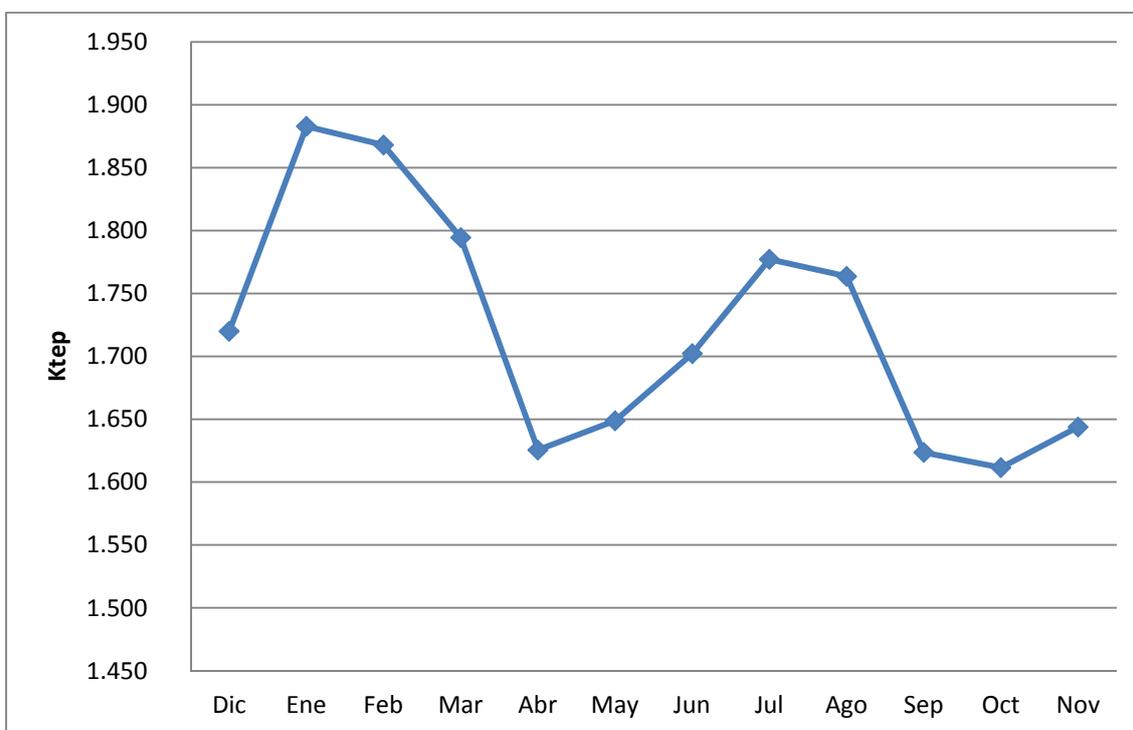
Existen varios métodos mediante los cuales las personas pueden obtener esa información:

- La gestión de la demanda.
- Sistemas de gestión energética.
- Contabilidad energética.

2.1. LA GESTIÓN DE LA DEMANDA

El consumo de la energía en España varía en función del período del año y de la hora de día en la que nos encontremos. Con el fin de ver como varía representamos la gráfica 2.1. En esta gráfica se puede observar el consumo de energía eléctrica en Ktep en función del mes.

Gráfica 2.1 Consumo total de energía eléctrica en España por períodos en 2012

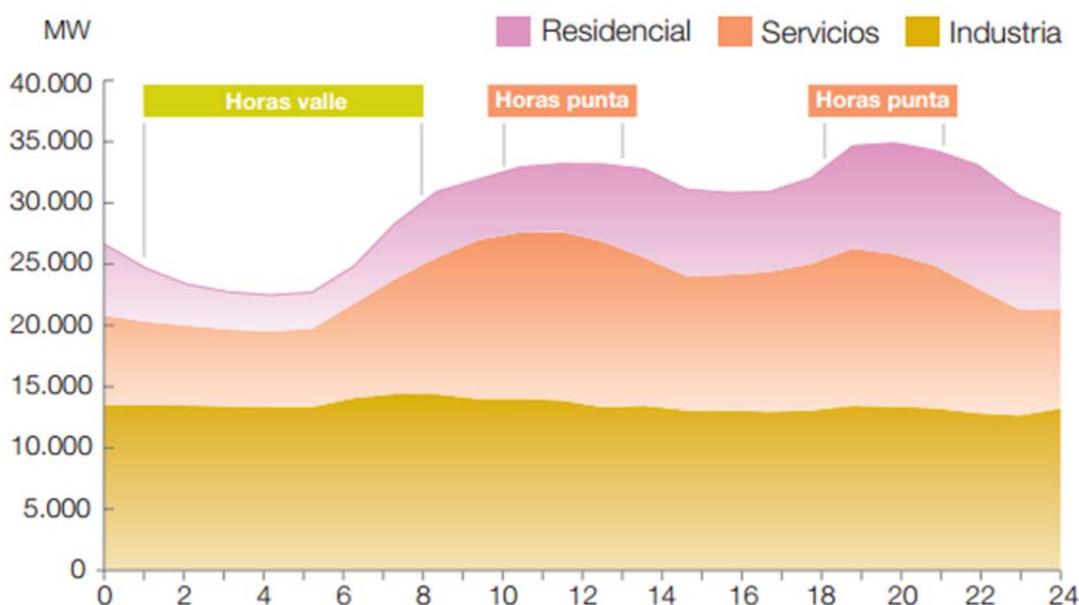


Fuente: Minetur

Como se puede apreciar, los meses de mayor consumo se corresponden con los trimestres de verano e invierno, debido a los sistemas de climatización, siendo el período de mayor consumo el invierno con un total de 5471 Ktep.

Como hemos mencionado antes, el consumo en las diferentes horas del día tampoco es el mismo, variando entre lo que se denomina horas valle, cuando el consumo es inferior a la media, y horas punta, cuando el consumo es superior a la media. La evolución se puede apreciar en la siguiente gráfica.

Gráfica 2.2 Consumo de energía eléctrica en España por horas en un día de invierno



Fuente: REE

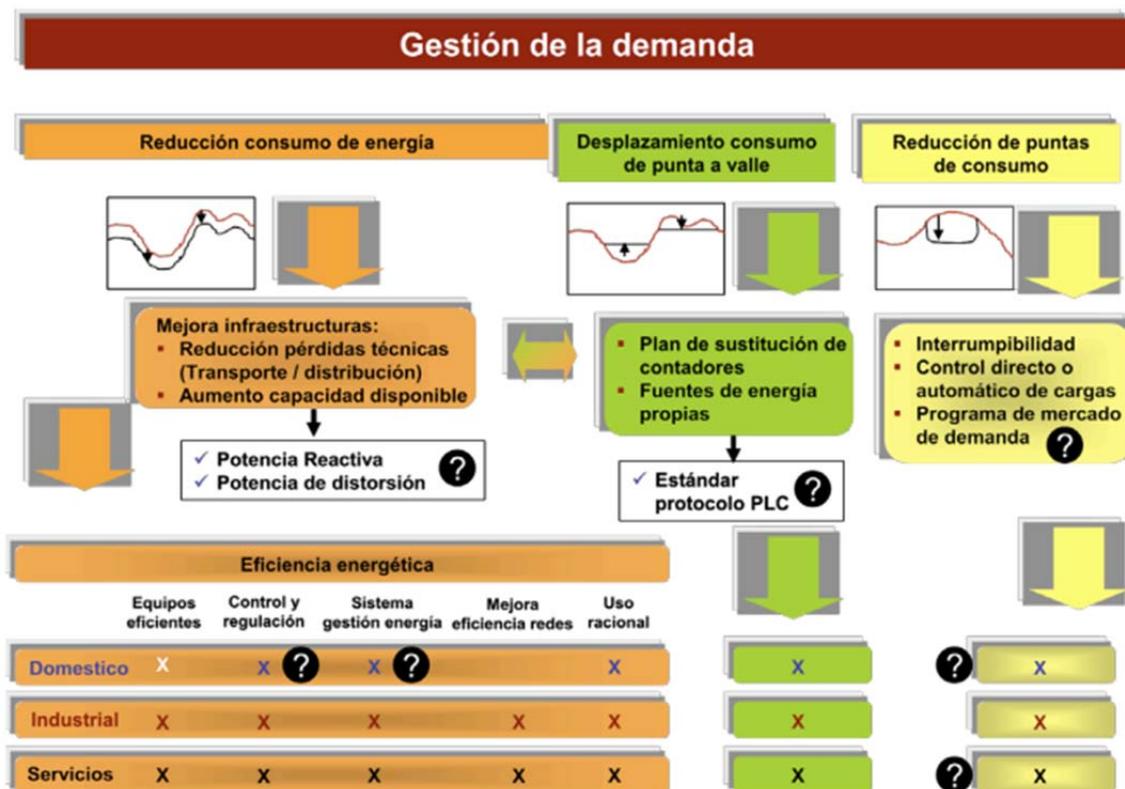
Todos estos cambios tanto mensuales como horarios no permiten que la gestión de la energía eléctrica sea eficiente.

Existen varios orígenes de la energía eléctrica en España, centrales térmicas, eólicas, nucleares, etc., todas ellas destinadas a cubrir la demanda, pero no todas ellas tienen una función igual. Se pueden diferenciar dos tipos de centrales, las que son poco flexibles, y por lo tanto no se adaptan a la demanda, y las que sí son flexibles, denominadas de ciclo combinado. Por lo tanto para cubrir la demanda de un día en las horas punta deben funcionar aquellas de ciclo combinado con una mayor participación.

En la actualidad las centrales de ciclo combinado son las térmicas de carbón y fuel, centrales que trabajan con un régimen de carga no adecuado para obtener un rendimiento óptimo, y que generan un mayor número de contaminantes atmosféricos por lo que si conseguimos una nivelación en el consumo, consumiremos energía de una fuente más eficiente.

Para llevar a cabo la tarea de nivelación existen varias actuaciones, clasificadas en 3 grupos, medidas de reducción del consumo de la energía, desplazamiento del consumo de horas punta a horas valle y reducción de las puntas de consumo. Podemos ver un esquema de la gestión de la demanda elaborado por la Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética:

Esquema 2.1 Gestión de la demanda



Fuente: PTE-EE

Desde el sistema eléctrico español se han tomado una serie de medidas para incrementar la eficiencia del sistema desplazando la curva de la demanda y reduciendo las horas punta de consumo, entre las cuales están:

- Interrumpibilidad: consiste en reducir en momento de consumo de horas punta la potencia de los usuarios hasta el límite que está consumiendo en ese instante, no dar servicio al total que tienen contratado. No todos los usuarios tienen este servicio y aquellos que si lo tienen contratado tendrán ventajas económicas en sus facturas eléctricas.
- Discriminación horaria de las tarifas eléctricas: con el fin de reducir el consumo en horas punta, éstas serán las que mayor coste por unidad tendrán, y las horas de valle, las que menos. Esta parte se explicará con mayor detalle en los siguientes capítulos.
- Limitación de la potencia demandada: penalizando económicamente a aquellos usuarios que superen la potencia contratada en algún espacio temporal.

2.2. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Tanto el sistema de gestión energética como la contabilidad energética son métodos que posibilitan a las empresas a realizar un análisis y control del consumo.

En el caso del sistema de gestión energética se trata de un procedimiento orientado a conseguir reducir y optimizar el uso de las diferentes fuentes de energía, mejorando la productividad y funcionamiento de todos los equipos o la calidad de los servicios, alcanzando la máxima eficiencia en la empresa y reduciendo las emisiones de GEI.

Para llevar a cabo la implantación de este procedimiento existen varias normas, entre ellas están la UNE 216301:2007 y la ISO 50001, las cuales contienen una serie de técnicas y herramientas para realizar el análisis y detección de elementos objeto de un ahorro energético. A continuación se describe el proceso seguido en la norma ISO 50001, cíclico naturalmente, ya que como se trata de una mejora continua, se debe hacer un control periódico.

Esquema 2.2 Ciclo de implantación de un sistema de gestión energética



Fuente: Asociación de empresas de eficiencia energética

2.3. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

Esta herramienta resulta muy útil para cualquier empresa. Realizar una inspección de los consumos energéticos posibilita el control del coste asociado, por lo que las industrias que implementen este sistema tendrán la capacidad de tomar decisiones que afecten directamente en su competitividad.

AUDITORÍA ENERGÉTICA

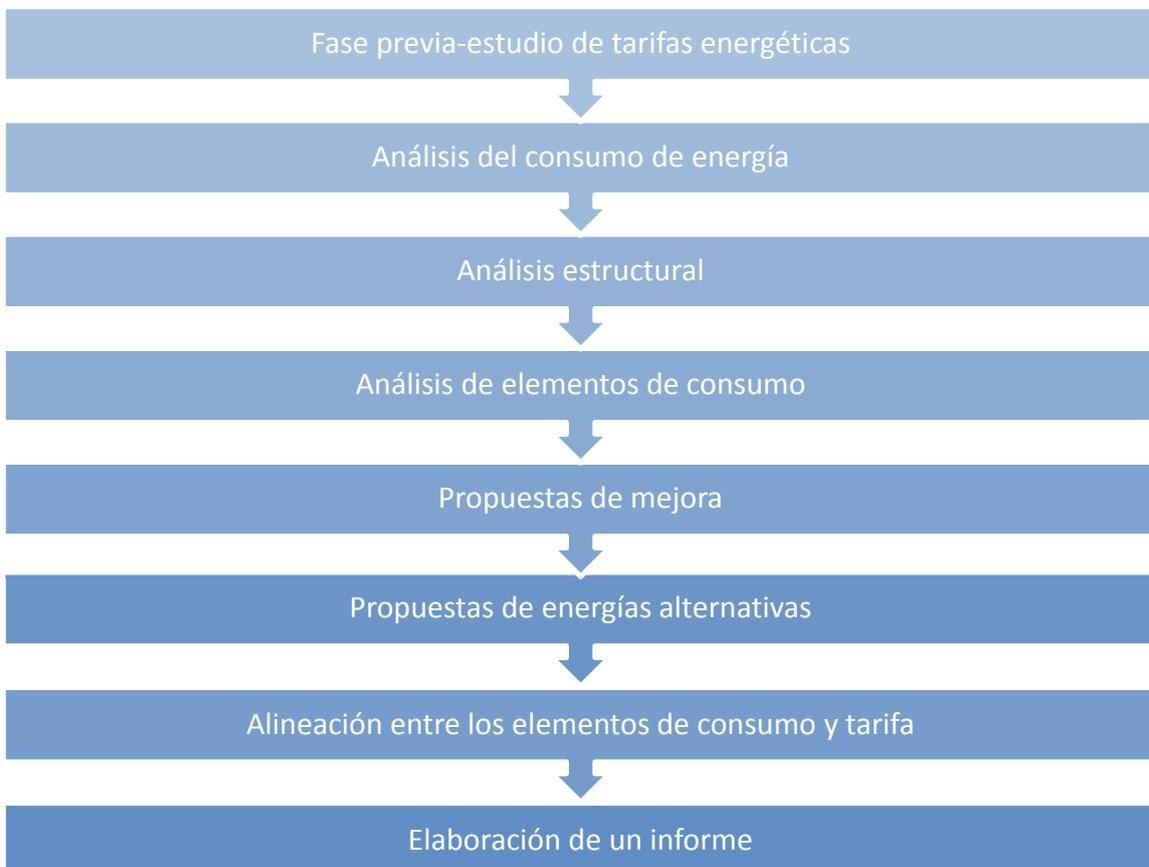
3. AUDITORIA ENERGÉTICA

Según describe la Directiva 2006/32/CE, una auditoría energética es “el procedimiento sistemático para obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación industrial y/o de un servicio privado o público, determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía rentables y elaborar un informe al respecto”.

Existen diferentes organismos e instituciones que han desarrollado normas y buenas prácticas para realizar de forma adecuada una auditoría energética. Todos ellos son perfectamente válidos teniendo en común una serie de objetivos ampliamente beneficiosos para aquel que lleve a cabo el procedimiento. Entre los objetivos más importantes se encuentran:

- Optimización del uso de la energía
- Reducción del coste asociado al consumo
- Aumento de la competitividad de la empresa
- Mejora del estado y del tiempo de vida de los equipos y estructuras
- Mayor implicación con el cambio climático

En este documento se expone un proceso estructurado que se va a explicar detalladamente, destinado principalmente a hogares, y pequeñas y medianas empresas.



3.1. FASE PREVIA

Para poder realizar una buena auditoría es necesario conocer las diferentes alternativas que nos ofrecen las distintas fuentes de energía existentes en el mercado español.

Tanto las residencias como las pequeñas y medianas empresas las cuales en su actividad no utilizan grandes equipos industriales consumidores de energía, el mayor gasto energético se centra en los instrumentos de calefacción y refrigeración. En España estos equipos suelen utilizar como fuente el gasóleo, siendo cada vez más importante la participación del gas natural y la electricidad y también de las denominadas calderas naturales.

En la gráfica 3.1 se puede ver la participación en consumo de calefacción de cada fuente de energía en el sector residencial en España en el año 2011.

Gráfica 3.1 Consumo de energía en calefacción en España 2011

		España	Pisos	Unifamiliares
Calefacción	<i>Electricidad</i>	46,3%	68,3%	22,4%
	<i>Gas Natural</i>	32,0%	25,8%	20,3%
	<i>GLP</i>	4,5%	2,6%	7,5%
	<i>Gasóleo</i>	14,3%	1,7%	43,5%
	<i>Carbón</i>	0,9%	0,9%	2,9%
	<i>Renovables</i>	1,9%	0,8%	3,4%

Fuente: Fundación Gas Natural Fenosa

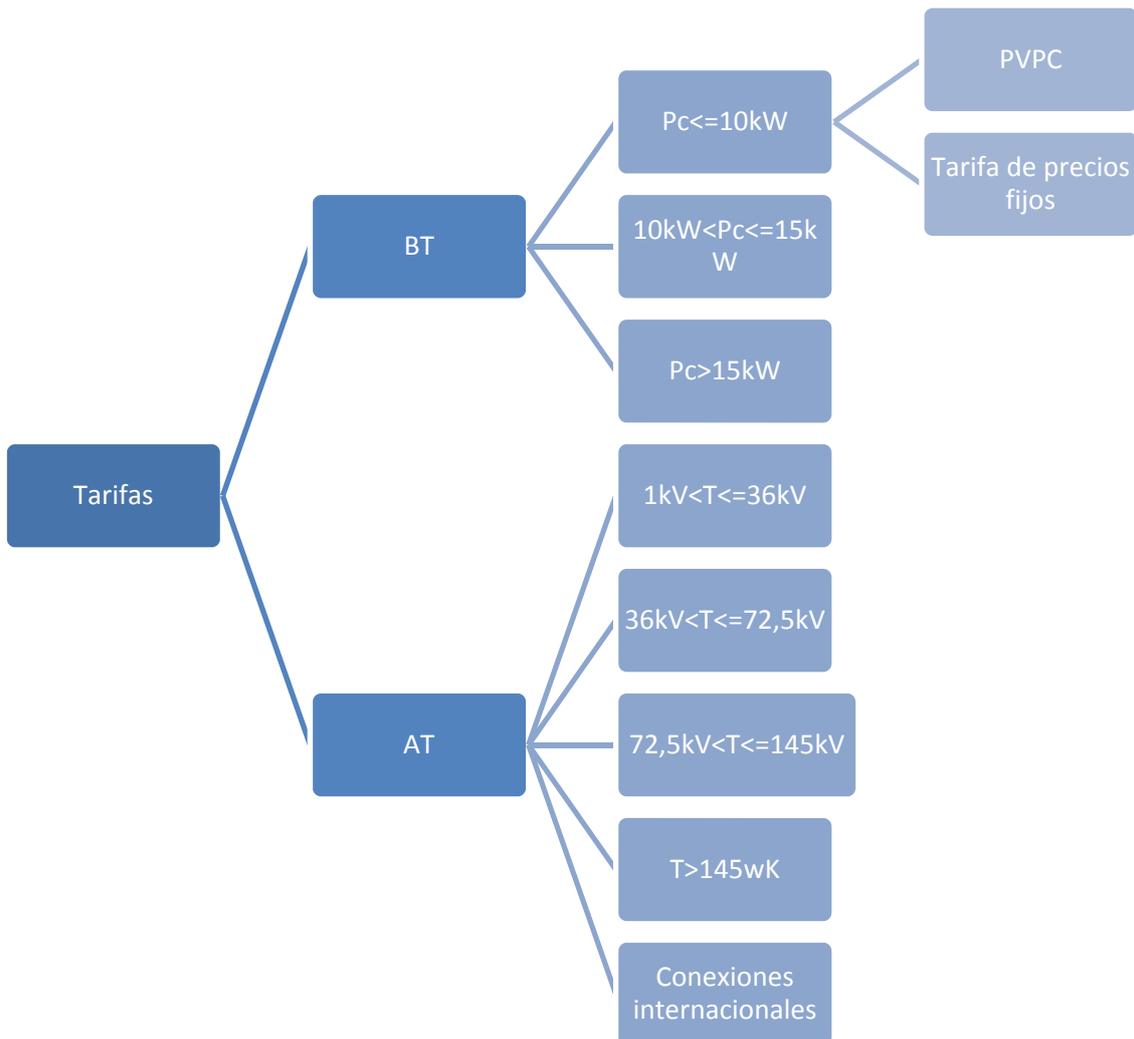
Tanto el gasóleo como el gas natural (aunque en gas es algo diferente, ya que se factura un precio fijo y uno variable), son fuentes cuya facturación tiene pocas variantes, lo que no hace posible que se puedan reducir grandes cantidades monetarias en lo que a tarifas se refiere, aunque se pueden llegar a acuerdos con las empresas comercializadoras como en el caso de la energía eléctrica pactando algún tipo de rebaja, pero esta actividad normalmente sólo la pueden realizar los grandes consumidores. Sin embargo la energía eléctrica en España tiene una gran cantidad de tarifas y diferentes formas de traducir el consumo en coste monetario dependiendo de la potencia contratada, el uso horario, etc., y para poder entender y realizar una mejor optimización vamos a ver cuáles son las diferentes alternativas.

3.1.1. LAS DIFERENTES TARIFAS ELÉCTRICAS

El mercado español de la energía eléctrica ha sufrido muchos cambios en las tarifas en la última década motivado por diferentes situaciones políticas y sociales en España.

Hay muchas opciones a las que tanto los usuarios de las residencias como los de las empresas e industrias se pueden acoger.

Esquema 3.1 Tarifas eléctricas en España



3.1.1.1. TARIFAS BJ

Empezamos describiendo las de BJ (baja tensión), y las tarifas que tienen como límite 10kW de potencia contratada. Dentro de este tipo podemos tener 2 opciones como podemos ver en el esquema 3.1.

La primera denominada PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor) es un tipo de tarifa que ha entrado en vigor a partir del 1 de Abril de 2014. A ella se

pueden acoger únicamente los consumidores que tengan contratada menos de 10kW de potencia y la facturación es novedosa en el ámbito nacional. Siempre se ha fijado un precio del término de energía consumida durante un período amplio, sin embargo en esta tarifa ese término varía cada hora y cada día en función de la oferta y la demanda en el mercado de la energía, es decir, en cada día tendremos 24 precios distintos, uno para cada hora, y que no coincidirán con los precios de los diferentes días del mes ni del año. Para poder conocer el precio de la energía durante los períodos existen diferentes páginas, siendo una de ellas la siguiente <http://www.esios.ree.es/web-publica/>

Dentro de PVPC podemos encontrar 3 tarifas que difieren entre sí en la discriminación horaria como va a suceder en los demás tipos de tarifas. La siguiente gráfica expone los precios, aunque como ya hemos mencionado los términos de energía son variables.

Gráfica 3.2 Tarifas PVPC

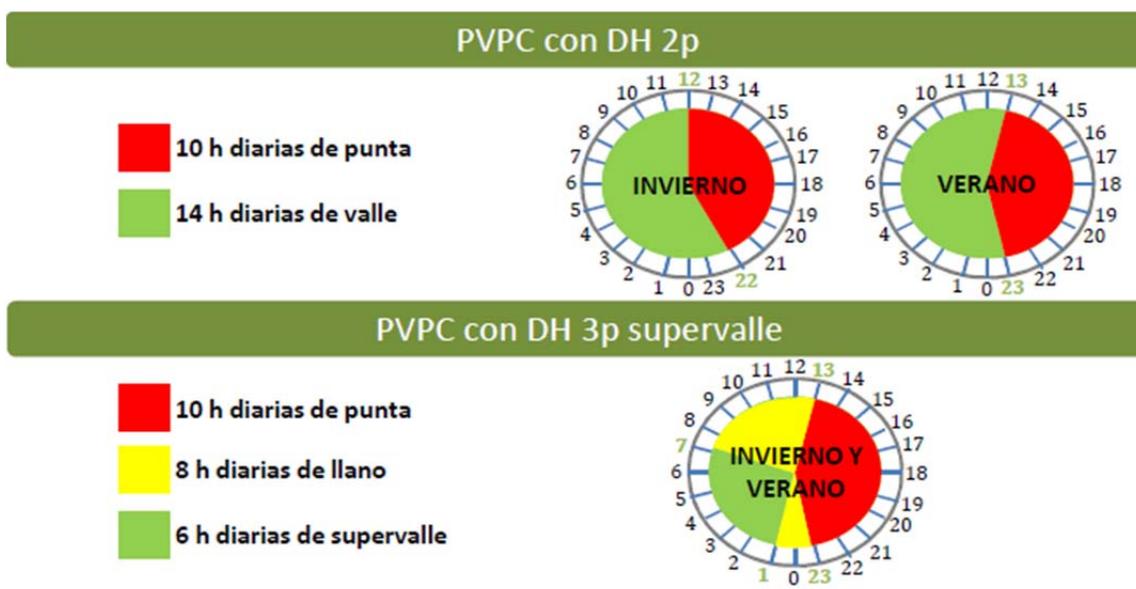
Precios a consumidores PVPC (transitorio hasta 1-julio máximo)						
	Colectivo de aplicación	Tp [€/kW año]	Te [€/kWh]			
			Sin DH	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
PVPC sin DH	Pc ≤ 10 kW	42,043426	0,124107	-	-	-
PVPC con DH, 2 periodos	Pc ≤ 10 kW	42,043426	-	0,148832	0,057995	-
PVPC con DH, 3 periodos	Pc ≤ 10 kW	42,043426	-	0,150812	0,071879	0,044146

Fuente: Iberdrola

Tp (Término de potencia) Te (término de energía)

Las tarifas son, PVPC sin DH (discriminación horaria), PVPC con DH de 2 períodos y PVPC con DH de 3 períodos y la distribución de los períodos la podemos ver en la gráfica 3.3.

Gráfica 3.3 DH de los PVPC



Fuente: Iberdrola

La discriminación horaria significa precios de energía distintos en distintas horas.

Debemos tener en cuenta también que estos son los precios de una comercializadora y que pueden variar de unas a otras en algunos términos, aunque generalmente suelen ser parecidos.

El otro tipo de tarifas de menos de 10kW y de menos de 15kW de potencia contratada tienen un precio definido durante un año tanto para el término de potencia como el de energía. En la gráfica 3.4 lo podemos ver para la comercializadora Iberdrola:

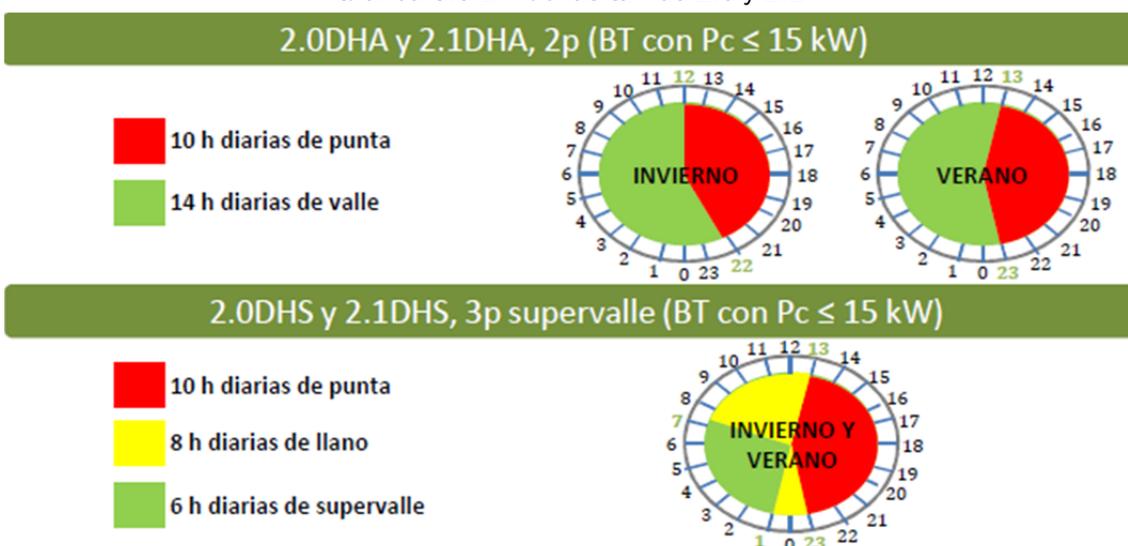
Gráfica 3.4 Tarifas BJ no PVPC

	Colectivo de aplicación	Tp [€/kW año]	Te [€/kWh]			
			Sin DH	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
2.0A	Pc ≤ 10 kW	38,043426	0,044027	-	-	-
2.0DHA	Pc ≤ 10 kW	38,043426	-	0,062012	0,002215	-
2.0DHS	Pc ≤ 10 kW	38,043426	-	0,062012	0,002879	0,000886
2.1A	10 kW < Pc ≤ 15 kW	44,444710	0,057360	-	-	-
2.1DHA	10 kW < Pc ≤ 15 kW	44,444710	-	0,074568	0,013192	-
2.1DHS	10 kW < Pc ≤ 15 kW	44,444710	-	0,074568	0,017809	0,006596

Fuente: Iberdrola

Se trata de las tarifas 2.0A, 2.0DHA, 2.0DHS y las 2.1A, 2.1DHA, 2.1DHS, que como se puede apreciar en la gráfica, las tarifas de término 2.0 son de menos de 10kW y las de 2.1 son de menos de 15kW, así como las denominadas A, no tienen discriminación horaria, las DHA tienen 2 períodos y las DHS 3 períodos de discriminación. Los períodos los podemos ver en la siguiente gráfica:

Gráfica 3.5 DH de las tarifas 2.0 y 2.1



Fuente: Iberdrola

En todas las tarifas que hemos visto hasta el momento, el término de potencia contratada ha sido único en cada tarifa, es decir, sólo se cobra un valor que se calcula del producto del precio con la potencia contratada, sin embargo en otras

tarifas, como la siguiente que vamos a explicar, es distinto. Existen varios términos de potencia que están asociados a cada período horario, lo cual complica un poco más la facturación.

Vamos a explicar la última tarifa de BJ, y ella nos servirá de ejemplo para explicar este tipo de facturación.

La tarifa que nos queda de este punto es la 3.0A, y aunque su nombre no lo indique tiene discriminación horaria de 3 períodos. Podemos ver los precios que ofrece Iberdrola a sus clientes en la gráfica 3.6 y en la 3.7 la gráfica de los períodos.

Gráfica 3.6 Tarifa 3.0A

	Colectivo de aplicación	Tp [€/kW año]			Te [€/kWh]		
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
3.0A	Pc > 15 kW	40,728885	24,437330	16,291555	0,018762	0,012575	0,004670

Fuente: Iberdrola

Gráfica 3.7 DH de la 3.0A



Fuente: Iberdrola

El coste monetario ahora se calcula mediante los productos entre los términos de energía y la energía activa consumida dentro de cada período y los productos de los términos de potencia asociados a cada período y la potencia contratada en cada uno de ellos, ya que puede ser diferente.

3.1.1.2. TARIFAS AT

Para este tipo de tarifas, se debe colocar un transformador por parte del consumidor, asumiendo por lo tanto las pérdidas que se produzcan en el mismo.

Normalmente este tipo de tarifas son utilizadas por las grandes empresas debido al gran consumo que tienen sus equipos, como pueden ser las bombas hidráulicas en las estaciones de potabilización y depuración de agua.

Como sucedía en la última tarifa de BJ, existen términos de potencia distintos para cada período, por lo tanto se pueden contratar diferentes potencias para cada horario.

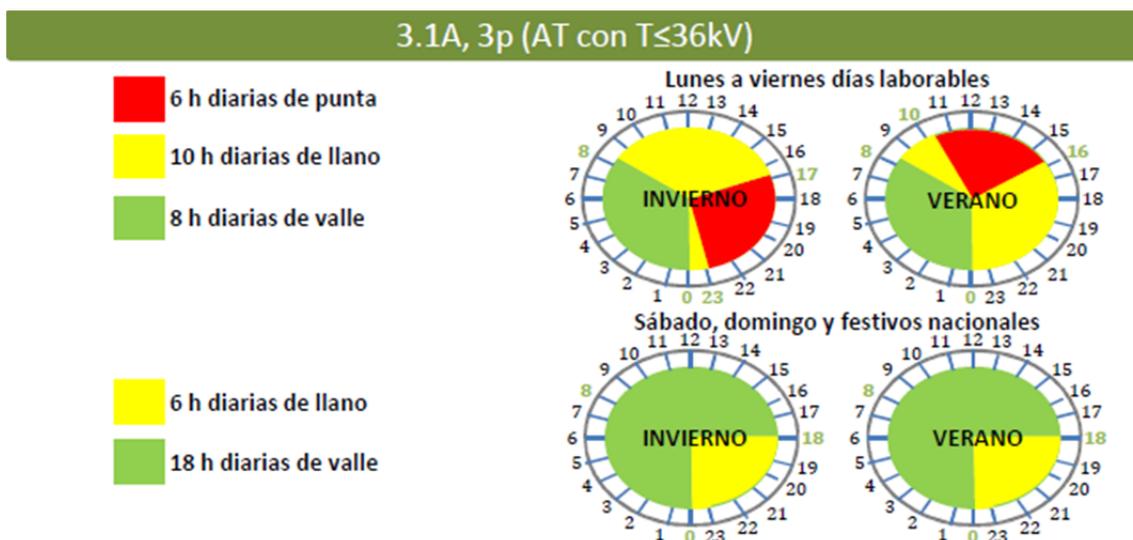
La primera tarifa es la 3.1A, la cual tiene 3 períodos de discriminación horaria y la tensión eléctrica debe situarse entre 1kV y 36kV. Veamos los precios que tiene Iberdrola para este año 2014 en la gráfica 3.8.

Gráfica 3.8 Tarifa 3.1A

3.1A	Colectivo de aplicación	Tp [€/kW año]			Te [€/kWh]		
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
	1 kV < T ≤ 36 kV	59,173468	36,490689	8,367731	0,014335	0,012754	0,007805

Fuente: Iberdrola

Gráfica 3.9 DH 3.1A



Fuente: Iberdrola

La gráfica 3.9 nos enseña los períodos de la tarifas diferenciando entre días laborables y festivos, propiedad que no comparte con las tarifas anteriormente citadas.

Las últimas tarifas que nos quedan por explicar son las denominadas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5 diferenciándose entre ellas por la tensión eléctrica como podemos apreciar en la gráfica 3.10 y compartiendo la característica de tener 6 períodos horarios distintos para la facturación.

La discriminación horaria es mucho más complicada que en todas las tarifas antes mencionadas, ya que existen meses con unos períodos, otros con otros, alguno sólo con un período para todo el mes, etc., pero tienen una característica similar a la tarifa 3.1 que es la de diferenciar entre los días laborables y los festivos. Podemos apreciar la complejidad en la gráfica 3.11

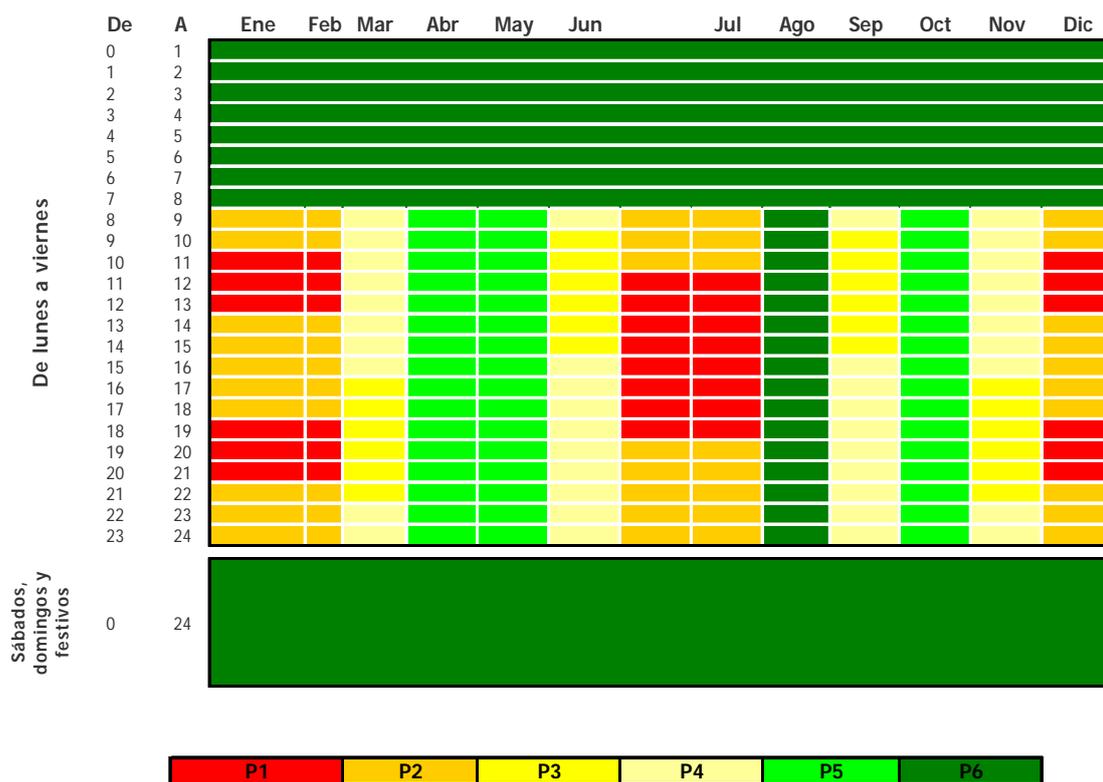
Gráfica 3.10 Tarifas del 6

	Colectivo de aplicación	Tp [€/kW año]					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.1	1 kV < T ≤ 36 kV	39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177
6.2	36 kV < T ≤ 72,5 kV	22,158348	11,088763	8,115134	8,115134	8,115134	3,702649
6.3	72,5 kV < T ≤ 145 kV	18,916198	9,466286	6,927750	6,927750	6,927750	3,160887
6.4	T > 145 kV	13,706285	6,859077	5,019707	5,019707	5,019707	2,290315
6.5	Conexiones internacionales	13,706285	6,859077	5,019707	5,019707	5,019707	2,290315

	Colectivo de aplicación	Te [€/kWh]					
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.1	1 kV < T ≤ 36 kV	0,026674	0,019921	0,010615	0,005283	0,003411	0,002137
6.2	36 kV < T ≤ 72,5 kV	0,015587	0,011641	0,006204	0,003087	0,001993	0,001247
6.3	72,5 kV < T ≤ 145 kV	0,015048	0,011237	0,005987	0,002979	0,001924	0,001206
6.4	T > 145 kV	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018
6.5	Conexiones internacionales	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018

Fuente: Iberdrola

Gráfica 3.11 DH de las tarifas del 6



La manera de traducir el consumo en coste de las tarifas de AT es similar a la tarifa 3.0 aunque nos falta aclarar algún detalle sumamente importante que puede aparecer en nuestras facturas de las distintas tarifas, tanto de baja como de alta tensión y que vamos a detallar a continuación.

Estos detalles a los que hacemos referencia son 2, uno es determinar el coste de la potencia contratada y otro calcular el coste de la energía reactiva.

1. El coste de la potencia contratada

Aunque anteriormente en el este capítulo he mencionado que una parte del coste se realiza con el producto del término de potencia con la potencia contratada, no es del todo cierto.

Existen tres situaciones distintas:

- El consumo de potencia durante el período de la factura sea inferior al 85% de la potencia contratada
$$P_{\text{facturada}} = P_{\text{contratada}} * 0,85$$
- El consumo esté entre el 85% y el 105% de la potencia contratada
$$P_{\text{facturada}} = P_{\text{registrada}}$$
- El consumo sea superior al 105% de la potencia contratada
$$P_{\text{facturada}} = P_{\text{registrada}} + 2(P_{\text{registrada}} - 1.05P_{\text{contratada}})$$

2 Coste de la energía reactiva

Las compañías comercializadoras deben tener un control de la energía reactiva consumida por parte de los usuarios y por lo tanto, en el caso de que sea necesario, para que no se superen ciertos niveles, intentar corregir esta situación mediante un incremento del coste en la factura con el fin de que el usuario realice una acción de compensación.

En las tarifas del 2.0, tiene que ser un consumo excesivo para que la compañía comercializadora haga un control ya que se trata de usuarios que no deben realizar tal consumo. En las demás tarifas el consumo de reactiva debe ser mayor al 33% del consumo de activa para que se traduzca en un sobrecoste, y se cobrará ese sobrecoste en todos los períodos salvo en los de valle de cada tarifa.

Para compensar la energía reactiva consumida se utilizan baterías de condensadores, método que se explica más detalladamente en este documento más adelante.

3.2. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA

El análisis del consumo mediante las diferentes facturas de las distintas fuentes de energía es necesario para conocer el estado actual en el que nos encontramos para posteriormente tomar las medidas necesarias con el fin de reducir el uso de la energía y por lo tanto los costes asociados.

Además de reducir los costes, es necesario para las empresas poder hacer predicciones de los diferentes gastos que realizan, por lo tanto este análisis y los diferentes procedimientos que se implantan servirán como base para la estimación de costes asociados al consumo energético.

Como ya hemos mencionado anteriormente en este documento, la única fuente energética que tiene un carácter complejo en su facturación es la eléctrica, por lo que únicamente vamos a desarrollar una hoja Excel para este tipo de facturas. En dicha hoja se introducirán los datos de las facturas de un determinado período suficientemente amplio, generalmente un año, y se valorará cual es la tarifa que mejor se adapta a las condiciones actuales, y la potencia o potencias que se deben contratar. Una vez que hemos elegido la tarifa y los parámetros debemos elegir dentro del mercado la empresa comercializadora que nos ofrezca las mejores prestaciones tanto de coste como de servicio.

Existen varias páginas en la web que ofrecen la posibilidad de comparar todas las tarifas de las distintas comercializadoras, concretamente, el siguiente enlace <http://www.comparatarifasenergia.es/> nos indica precios por localidades, ya que pueden variar de unas a otras y además indica la posibilidad de facturar gas y electricidad juntos con las ventajas que conlleva.

3.2.1. ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO

Las facturas eléctricas actuales deben incluir una serie de datos obligatoriamente como el usuario, período de facturación, etc., por lo que la apariencia será muy similar entre las diferentes facturas que emiten las compañías. Los datos que debemos tener en cuenta en nuestra hoja programada son principalmente los de consumo así como el tipo de tarifa que estamos utilizando.

Antes de empezar a introducir los datos en la hoja Excel debemos revisar y comprobar que son correctos, con esto me refiero a que con frecuencia nos vemos en alguno de los siguientes escenarios y debemos ponernos en contacto con la empresa distribuidora si necesitamos información sobre el problema detectado:

- Existen varias facturas que se superponen en los períodos
A veces existen cambios promovidos generalmente por el gobierno en el precio que deben tener algunos términos de las tarifas, por lo que el mes en

el que entra en vigor el cambio puede tener alteraciones de este tipo, generando distintas posibilidades:

- Que se emitan facturas rectificadoras a las emitidas en ese período.
- Que se emitan facturas de menor período al normal, separando la factura en 2, una para el primer tramo y otra para el segundo.

- Los consumos de energía no se corresponden con la diferencia de las mediciones de los contadores

Si ocurre este problema debemos ponernos en contacto con la empresa y solucionarlo cuanto antes, ya que no sólo podrían estar cobrando un valor superior, sino que debemos conocer con exactitud cuál es el consumo para poder realizar con eficacia la auditoría.

- Se aplican precios que no se corresponden a la tarifa que tenemos contratada.

Una vez revisados los datos y comprobado que son correctos nos disponemos a introducir sus valores en la hoja programada. Para hacerlo satisfactoriamente debemos conocer como está estructurada y la distribución y valor de las celdas que debemos modificar.

3.2.1.1. HOJA EXCEL PROGRAMADA

El libro Excel, cuyo nombre es, análisis de consumo y coste de las facturas eléctricas tiene 2 hojas, la primera denominada análisis de factura, y la segunda, gráficas. Esta hoja está hecha para poder comprender una factura además de obtener información acerca del consumo a lo largo de un período de tiempo, en este caso 1 año, y de esta manera obtener también las conclusiones que nos ayuden en la toma de decisiones finales en la auditoría energética, como puede ser un cambio de tarifa, un ajuste de potencia o un cambio en el funcionamiento de la instalación.

Aquí empieza nuestro ejemplo de la ETAP de la comarca del Cerrato, de Palencia. La tarifa eléctrica contratada para esta estación se corresponde a la 3.1A.

En la primera hoja del excel hay diferentes apartados, el primero de ellos es el asociado a los precios que tiene la tarifa

Tabla 3.1 Precios de Iberdrola tarifas 2014

		P1	P2	P3
Precios	Tp (€/kW·año)	59,1734681	36,490689	8,367731
	Te (€/kWh)	0,106747	0,0953643	0,0561303
	Impuesto eléctrico	5,1127%		

La tabla se completará teniendo en cuenta el número de períodos propios de la tarifa, 1, 2 o 3, así como todas las tablas existentes en el Excel. En el caso que ocupa por tratarse de una tarifa de 3 períodos se completa entera. Los precios que aparecen no coinciden con los de la tarifa de Iberdrola normal ya que al tratarse de una empresa que consume mucha energía se le hacen rebajas en los términos.

La siguiente parte se corresponde al análisis de la potencia, para ello debemos diferenciar entre la potencia contratada, que es la que tenemos fijada con la compañía comercializadora en nuestro contrato, la potencia registrada, calculada de la diferencia de los valores registrados en los contadores, y la potencia facturada que ya hemos mencionado como se calcula. Además de los datos correspondientes a la potencia, debemos introducir los valores de los períodos a los que hace referencia, fecha de inicio y fecha final.

Tabla 3.2 Potencia

Período		Potencia contratada			Potencia Registrada		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3
02/01/2013	03/02/2013	110	110	110	16	86	85
03/02/2013	02/03/2013	110	110	110	20	86	85
02/03/2013	02/04/2013	110	110	110	15	84	85
02/04/2013	04/05/2013	110	110	110	15	31	84
04/05/2013	03/06/2013	110	110	110	12	23	84
03/06/2013	05/07/2013	110	110	110	28	101	101
05/07/2013	02/08/2013	110	110	110	36	100	100
02/08/2013	04/09/2013	110	110	110	27	101	100
04/09/2013	01/10/2013	110	110	110	98	101	101
01/10/2013	02/11/2013	110	110	110	38	101	103
02/11/2013	03/12/2013	110	110	110	28	67	102
03/12/2013	02/01/2014	110	110	110	28	40	102
					98	101	103

Potencia facturada			Coste potencia	
P1	P2	P3		
93,5	93,5	93,5	896,376366	Enero
93,5	93,5	93,5	756,317559	Febrero
93,5	93,5	93,5	868,364604	Marzo
93,5	93,5	93,5	896,376366	Abril
93,5	93,5	93,5	840,352843	Mayo
93,5	101	101	927,380353	Junio
93,5	100	100	807,840677	Julio
93,5	101	100	955,565775	Agosto
98	101	101	803,181714	Septiembre
93,5	101	103	928,922586	Octubre
93,5	93,5	102	874,714267	Noviembre
93,5	93,5	102	846,497678	Diciembre
			10401,8908	

El coste se calcula a partir del producto de la potencia facturada por el término de potencia de cada período. El coste ya tiene incluido el impuesto eléctrico del 5,1127%

Tanto las columnas de potencia facturada como la de coste de potencia se autocompletan. En el caso de que la potencia contratada sea igual para todos los períodos, sólo hace completar la primera celda de cada uno.

Con el fin de facilitar el cálculo de una potencia adecuada y no pagar un precio excesivo, se ha habilitado otra tabla adyacente en la que debemos variar la potencia de los períodos y fijarnos cómo influye en el coste final. El cálculo del coste y de la potencia facturada sigue el mismo mecanismo que en la tabla anterior.

Tabla 3.3 Potencia adecuada

Cálculo potencia contratada

Potencia contratada			Potencia Registrada			Potencia facturada			Coste potencia
P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
40	110	110	16	86	85	34	93,5	93,5	571,920003
40	110	110	20	86	85	34	93,5	93,5	482,557503
40	110	110	15	84	85	34	93,5	93,5	554,047503
40	110	110	15	31	84	34	93,5	93,5	571,920003
40	110	110	12	23	84	34	93,5	93,5	536,175003
40	110	110	28	101	101	34	101	101	602,92399
40	110	110	36	100	100	36	100	100	533,484194
40	110	110	27	101	100	34	101	100	620,970151
40	110	110	98	101	101	210	101	101	1318,49476
40	110	110	38	101	103	38	101	103	626,278415
40	110	110	28	67	102	34	93,5	102	560,397166
40	110	110	28	40	102	34	93,5	102	542,319838
									7521,48853

No se utilizan fórmulas complejas debido a que el consumo de los meses de enero por ejemplo de distinto año puede variar debido a condiciones fuera de nuestro alcance, como puede ser el clima. Debemos asignar una potencia ligeramente superior a la máxima en el caso de que no exista mucha diferencia entre la registrada de los diferentes meses dentro de un mismo período, y ligeramente inferior a la máxima en el caso contrario.

En el ejemplo, para el período P1, sólo existe un mes en el que la potencia tiene un valor muy superior al resto, posiblemente se deba a algún problema en las bombas o en el depósito, por lo que no se tendrá en cuenta el valor para determinar el máximo. Los valores de potencia contratada que generan un coste menor son los de 40, 110 y 110 como se ve en la tabla anterior. La diferencia de coste entre la

potencia contratada real y la que deberíamos adoptar es de 2900 euros aproximadamente.

La siguiente parte hace referencia a la energía, tanto de energía activa como de energía reactiva. Para este punto hemos habilitado 4 tablas, la primera para el consumo de energía activa de los diferentes meses, otra para el consumo de la energía reactiva, otra para calcular el factor de potencia ($\cos \phi$) y por último una tabla para calcular el coste del uso excesivo de energía reactiva como vimos en la explicación referida a las tarifas. Las tablas 3.4 y 3.5 muestran la apariencia en la hoja programada.

Tabla 3.4 Consumo energía activa y reactiva

Período		Energía activa consumida			Coste energía activa	Coste Energía €/kWh
		P1	P2	P3		
02/01/2013	03/02/2013	989	3735	10373	1097,37453	0,07268825
03/02/2013	02/03/2013	828	3258	9442	976,56604	0,0721885
02/03/2013	02/04/2013	1003	3311	11416	1117,98072	0,07107315
02/04/2013	04/05/2013	1027	3238	11786	1135,18614	0,0707237
04/05/2013	03/06/2013	1096	2641	13388	1177,6031	0,06876514
03/06/2013	05/07/2013	1249	4144	14983	1439,53624	0,07064862
05/07/2013	02/08/2013	1977	9451	19011	2290,84716	0,07526026
02/08/2013	04/09/2013	2119	12161	19098	2583,5636	0,07740319
04/09/2013	01/10/2013	2225	10513	12286	2028,35328	0,08105632
01/10/2013	02/11/2013	2305	6956	13931	1777,83113	0,07665709
02/11/2013	03/12/2013	1718	4166	14551	1468,87747	0,07188047
03/12/2013	02/01/2014	1377	3691	14967	1407,54572	0,07025434
		7%	27%	66%	18501,2651	0,07313668

Energía reactiva consumida			Coste energía reactiva
P1	P2	P3	
70	302	652	0
81	294	456	0
90	412	505	0
56	398	661	0
98	321	678	0
101	299	712	0
130	501	789	0
127	424	803	0
134	435	562	0
129	417	611	0
70	312	723	0
83	343	714	0
			0

El consumo de energía activa y reactiva viene en las facturas. A partir de este consumo se puede calcular el coste asociado. En el caso de la activa se calcula fácilmente por el producto de los términos de energía por los consumos de los diferentes períodos (también incluye el impuesto eléctrico). También se calcula un indicativo del precio medio que cuesta en cada mes la energía, que surge de dividir el coste monetario de la energía del mes entre el consumo total de los tres períodos (P1, P2 y P3).

Para el cálculo del coste de la energía reactiva se habilita otra tabla, la 3.5, en ella se calcula el factor de potencia, y como ya hemos mencionado, en el caso de que el valor fuera inferior a 0,95 en alguno de los meses y períodos, supondría un coste adicional en la factura. No es el caso, pero si se diera esta situación, el coste se calcularía mediante los siguientes puntos:

- Si la energía reactiva es menor que el 33% de la activa, no supone coste.
- En caso contrario, dependiendo del valor del factor de potencia, ya sea menor de 0,8, o que se sitúe entre 0,8 y 0,95, utilizaremos un término distinto para la ecuación. Este término viene en la tabla 3.5 en la zona de sombra verde. Le llamaremos término reactiva y la ecuación será:

$$\text{Coste} = \frac{(\text{Energía reactiva} - 0,33 * \text{Energía activa}) * \text{Término reactiva}}{(1 + \text{impuesto eléctrico})}$$

En el ejemplo, ya se han tomado medidas para tratar el consumo de energía reactiva mediante la instalación de baterías de condensadores, es por ello que no existe recargo por la energía reactiva, siendo los valores del factor de potencia los siguientes:

Tabla 3.5 Factor de potencia y coste asociado a la energía reactiva

Cos φ		
P1	P2	P3
0,99750457	0,99674703	0,99803043
0,9952491	0,99595312	0,99883584
0,99599834	0,99234689	0,99902301
0,99851667	0,99253044	0,99843102
0,9960262	0,99269427	0,99872014
0,9967464	0,99740713	0,99887281
0,99784505	0,99859791	0,99913989
0,99820879	0,99939275	0,99911723
0,99819141	0,99914506	0,99895542
0,99843761	0,99820793	0,99903958
0,99917095	0,99720734	0,99876787
0,99818834	0,99570989	0,99886406

Recargo por reactiva		
P1	P2	P3
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

0,95 > cos φ ≥ 0,80	cos φ < 0,80
0,043678531	0,065518848

La última parte de la hoja análisis de facturas, se corresponde con una tabla resumen (tabla 3.6) del coste asociado a cada una de las partes que forman una factura, en la que deberemos introducir los valores del alquiler, mientras que los demás se calcularán inmediatamente.

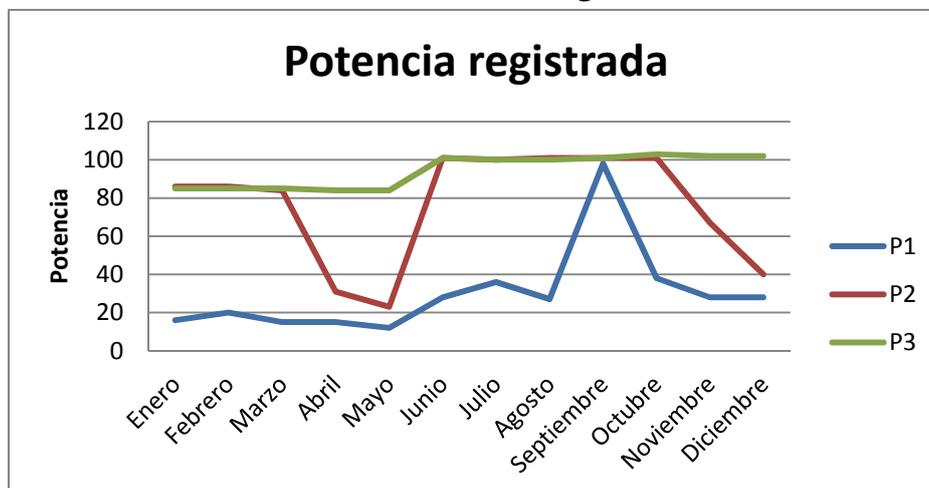
Gráfica 3.6 Tabla resumen costes

Período		Coste potencia	Coste energía activa	Coste energía reactiva	Alquiler equipo de medida	IVA (21%)	Coste total
03/02/2013	02/03/2013	896,376366	1097,37453	0	11,27	421,054389	2426,07529
02/03/2013	02/04/2013	756,317559	976,56604	0	11,27	366,272256	2110,42585
02/04/2013	04/05/2013	868,364604	1117,98072	0	11,27	419,499218	2417,11454
04/05/2013	03/06/2013	896,376366	1135,18614	0	11,27	428,994826	2471,82733
03/06/2013	05/07/2013	840,352843	1177,6031	0	11,27	426,137449	2455,3634
05/07/2013	02/08/2013	927,380353	1439,53624	0	11,27	499,419184	2877,60578
02/08/2013	04/09/2013	807,840677	2290,84716	0	11,27	653,091145	3763,04898
04/09/2013	01/10/2013	955,565775	2583,5636	0	11,27	745,583868	4295,98324
01/10/2013	02/11/2013	803,181714	2028,35328	0	11,27	596,989049	3439,79405
02/11/2013	03/12/2013	928,922586	1777,83113	0	11,27	570,78498	3288,8087
03/12/2013	02/01/2014	874,714267	1468,87747	0	11,27	494,520965	2849,3827
00/01/1900	00/01/1900	846,497678	1407,54572	0	11,27	475,715813	2741,02921
		10401,8908	21870,8324	0	135,24	6098,06314	35136,4591

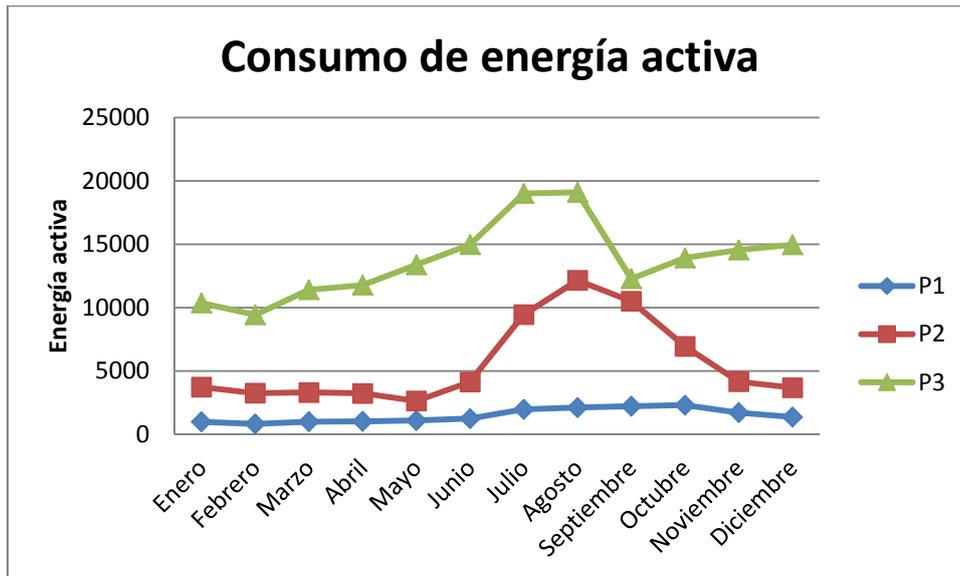
Antes de terminar con esta hoja, debemos mencionar un dato importante, que es indicativo del coste en euros por cada kWh, valor necesario para determinar posteriormente el verdadero ahorro que se consigue mediante los cambios. En este ejemplo, ese valor se calcula de la media del conjunto de períodos, y es 0,07313668.

En la hoja Gráficas del libro Excel se exponen 3 gráficas referidas a los datos de las tablas anteriores.

Gráfica 3.12 Potencia registrada



Gráfica 3.13 Consumo de energía

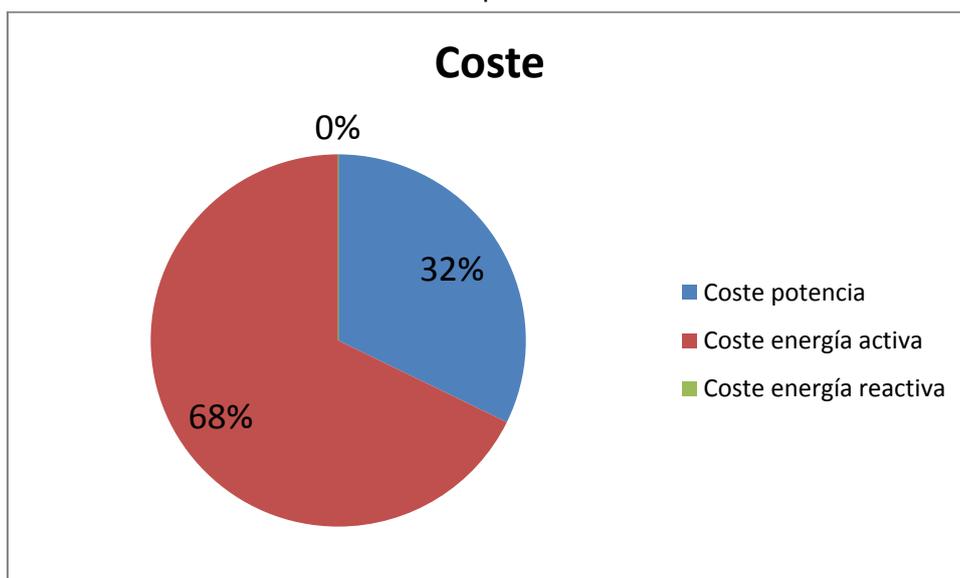


La primera gráfica se trata de una evolución de la potencia registrada de los distintos períodos, vemos el ejemplo en la gráfica 3.12.

A modo de ejemplo también se expone la gráfica 3.13, la cual hace referencia a la evolución del consumo de los distintos períodos tarifarios en los diferentes meses del año.

Por último, en esta hoja se ha realizado otra gráfica. Se trata de un diagrama de sectores en el que se representan los 3 costes asociados al consumo, potencia, energía activa y energía reactiva. Como en el ejemplo no existe coste asociado a la energía reactiva, no se observa en la gráfica de sectores siguiente:

Gráfica 3.14 Proporción de costes



Estas gráficas sirven para ver la evolución del consumo de energía y potencia utilizada a lo largo del año y tener una visión global de las variaciones sufridas de forma más intuitiva.

En el ejemplo que se expone, la mayor parte del coste corresponde con el consumo de energía activa, siendo nulo el coste de reactiva como ya habíamos visto. Las últimas acciones del gobierno en el precio de las tarifas están contribuyendo a un cambio sobretodo en las tarifas del 2, provocando que el coste de la potencia aumente en proporción a los demás costes. Este dato se tendrá en cuenta para la revisión que se realiza posteriormente de la validez de los cambios efectuados.

Para terminar con el análisis de la factura de la ETAP, en la gráfica 3.4 se puede observar un porcentaje relativo a la parte del consumo que pertenece a cada período, respectivamente son el 7%, el 27% y el 66%. Como es evidente, la mayor parte pertenece al período de menos coste, y la de menor coste tiene una menor participación, por lo que a primera vista parece que está bien distribuido el consumo frente al coste que representa, aunque el análisis posterior de los equipos que consumen esa energía nos indicará si esta situación se puede mejorar.

3.3 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

El aislamiento de los edificios es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta en una auditoría energética. La estructura de los edificios así como su composición influyen de manera elevada en el consumo de energía de los sistemas de calefacción y aire acondicionado.

Es evidente que el flujo de energía de calor, desde el interior hacia el exterior en los meses de invierno y viceversa en los meses de verano se verá influenciado por los elementos que componen la estructura, por lo que debemos tener en cuenta los parámetros del clima de la zona donde se vaya a edificar o realizar la reforma promovida por la auditoría. Hablamos de clima y no de temperatura ya que no sólo debemos tener en cuenta la optimización de los recursos energéticos sino características de confort de las personas que vayan a utilizar las instalaciones ya sean para uso doméstico o como lugar de trabajo.

Además de unas condiciones apropiadas para el confort, debemos tener en cuenta que si la edificación se hace de una forma adecuada, las estructuras sufrirán un menor número de daños, como pueden ser las grietas causadas por los cambios repentinos de temperatura debido a la acción de contracción y dilatación de los materiales.

Como ya hemos mencionado en este documento, existen una serie de normas europeas y españolas en nuestro caso, que establecen una serie de parámetros y buenas prácticas que se deben llevar a cabo para conseguir el conjunto de situaciones mencionadas, pero a veces no son lo suficientemente restrictivas por lo que debemos ir más allá si lo que queremos es obtener unos resultados verdaderamente óptimos.

3.3.1. LA CALIDAD DEL AISLAMIENTO

La calidad del aislamiento se mide a través del coeficiente global de transferencia de calor del mismo K_G , parámetro que representa la facilidad que tienen las paredes y techos de un edificio a transferir energía por unidad de superficie.

El CTE presenta unos valores máximos del coeficiente global de transferencia de calor dependiendo de la zona climática y del tipo de cerramiento. Dichos valores se representan en la tabla 3.7.

Evidentemente y como se puede observar en la gráfica 3.15 los valores más bajos del coeficiente se corresponden con las zonas climáticas de condiciones más extremas.

Tabla 3.7 Coeficiente de transferencia de calor (W/m² °C)

Zona Climática	A	B	C	D	E
Muro	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
Suelo	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48
Cubierta	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Medianera	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Particiones interiores	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

Fuente: IDAE

Gráfica 3.15 Zonas climáticas España



Fuente:DOW

Hay que tener en cuenta que los datos son orientativos, pues los valores de la temperatura y clima exterior pueden variar dentro de las zonas, teniendo que adaptarnos a la situación real.

3.3.2. TIPOS DE MATERIALES AISLANTES

Los materiales aislantes generalmente están formados por una mezcla porosa de gas-sólido, siendo el gas contenido en el sólido el que dota al elemento de unas propiedades aislantes mayores que si de un sólido continuo se tratase. Para que un aislante pueda clasificarse como “bueno” debe reunir una serie de características como son:

- Baja conductividad térmica (o lo que es lo mismo, alta resistencia térmica)
Los valores deben situarse entre 0,03 y 0,05 W/m°C aproximadamente
- Baja densidad aparentemente.
- No ser inflamable.

- No ser susceptible de ser atacado por agentes químicos ni roedores.
- Baja capacidad de absorber agua.

Para hacer una clasificación de los materiales aislantes nos vamos a fijar en su naturaleza, por lo que tendremos tres grupos, vegetales, minerales y sintéticos.

1. Aislantes vegetales

Son materiales que se han utilizado en la construcción tradicional y que actualmente están en desuso. Paja, madera y cocho han sido los más comunes.

2. Aislantes minerales

Los aislantes minerales más utilizados son las lanas minerales, como la fibra de vidrio y la lana de roca, la arcilla expandida, el vidrio celular y la vermiculita.

a. Lana de vidrio:

Es una lana mineral formada por millones de filamentos de vidrio impregnados y unidos por una resina o aglutinante. La estructura que presenta favorece la retención de aire en su interior aumentando la resistencia térmica del material. Los valores entre los que oscila la conductividad térmica son entre 0,032 y 0,044 W/m°C.

Este tipo de material puede utilizarse como muchos otros tanto en edificaciones residenciales como en industriales, siendo los usos más frecuentes en cubiertas y en conductos de aire acondicionado.

b. Lana de roca:

Es una lana mineral formada por silicatos de origen volcánico y óxidos metálicos, formando una estructura multidireccional que mantiene casi de forma inmóvil el aire de su interior otorgando propiedades de buen aislante. Es un material no higroscópico y soporta elevadas temperaturas, hasta 750°C, por lo que su uso es ideal para aislar equipos que trabajan a altas temperaturas como pueden ser los hornos. Los valores de conductividad térmica entre los que oscila son 0,038 y 0,042 W/m°C.

c. Arcilla expandida:

Es un material cerámico muy poroso constituido por millones de partículas independientes denominadas microesferas desagregadas entre sí. Este material presenta un gran inconveniente y es que presenta la característica de higroscopicidad. Los valores entre los que oscila la conductividad térmica son entre 0,08 y 0,11 W/m°C.

d. Vidrio celular:

El vidrio celular también conocido como vidrio expandido, es un material que se obtiene mediante una serie de procesos termoquímicos modificando la estructura del polvo de vidrio cocido. De esta manera el material adquiere una serie de características propias de los elementos aislantes como son la baja conductividad térmica (alrededor de $0,048 \text{ W/m}^\circ\text{C}$), resistente a la compresión e ignífugo.

e. Vermiculita:

Se trata de un material cuyo componente principal es el silicato alumínico normalmente (pueden ser también de hierro o magnesio), dotado de una estructura granular. Este tipo de aislante forma parte del aditivo al cemento para preparar hormigón ligero. Presenta una característica desfavorable, ya que es un material higroscópico. El valor de la conductividad térmica de este aislante oscila en torno al valor de $0,035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

3. Aislantes sintéticos

Este tipo de aislantes están formados por polímeros (macromoléculas formadas por partículas elementales denominadas monómeros). El material que se utiliza como aislante es la espuma formada por esos polímeros.

Los más utilizados son la espuma de polietileno, de policloruro de vinilo, de poliestireno, de poliuretano y las espumas elastoméricas.

a. La espuma de polietileno (PE):

También denominado polietileno expandido, se trata de un material ligero e hidrófugo. La conductividad térmica de este aislante suele tener un valor cerca del $0,038 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

b. PVC:

Después del polietileno, el PVC es el polímero de mayor uso a nivel mundial. Se trata de un material de gran resistencia a la compresión e hidrófugo, pero tiene varias características no deseables como escasa resistencia a la temperatura y la emisión de GEI en el proceso de conformación e incineración del mismo. La conductividad térmica de este aislante suele tener un valor cercano al $0,035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

c. Espuma de poliestireno:

Podemos encontrar de dos formas los aislantes de este tipo de polímero:

i. Espuma de poliestireno expandido (EPS):
Su uso más habitual debido a sus características es formando parte de las cámaras de refrigeración de las instalaciones ganaderas. Destaca por un precio muy bajo. El valor de la conductividad térmica oscila entre los valores de 0,033 y 0,057 W/m°C.

ii. Espuma de poliestireno extruido (EPX):
Debido a la estructura que adquiere este tipo de polímero hace que sea muy duradero y muy resistente a la compresión, por lo que su vida útil puede ser incluso superior a los 50 años. Este material ha dado lugar a un nuevo tipo de solución constructiva, la cubierta invertida.

d. Poliuretano:
Este tipo de aislante lo podemos encontrar de dos formas, en forma conformada (como espuma) y de aplicación in situ a través de una pistola. Debido a que se le pueden agregar una gran diversidad de aditivos, puede adquirir un gran número de características diferentes por lo que es un material muy versátil. El valor de la conductividad térmica oscila entre los valores de 0,023 y 0,04 W/m°C.

e. Espumas elastoméricas:
Este material surgió de la necesidad de encontrar un material de características similares al caucho natural. Es un aislante de fácil colocación, ligero e ignífugo, por lo que es comúnmente usado. La conductividad térmica tiene un valor cercano al 0,03 W/m°C.

Otra clasificación a la que podemos hacer referencia es al rango de temperaturas que soportan sin que se vean alteradas sus características como aislantes. Atendiendo a esta clasificación tenemos 4 grupos:

1. Alta temperatura (550 a 2000 °C):
Lanas o fibras minerales, refractarios cerámicos etc. Aplicación en hornos y equipos que soportan elevadas temperaturas.
2. Media temperatura (120 a 550 °C):
Lanas de roca, vermiculita, etc. Sirven para aislar procesos de vapor, procesos petroquímicos y térmicos.
3. Baja temperatura (-80 a 120 °C):
La mayor parte de los aislantes sintéticos, fibra de vidrio, etc. Gran variedad de aplicaciones.

4. Rango criogénico (-250 a -80 °C):

Microesferas de vidrio, espuma de poliuretano, ect. El aislamiento criogénico se utiliza para reducir la fracción evaporadora de gases licuados con el oxígeno, como pueden ser el nitrógeno, el helio y el gas natural licuado.

A modo de resumen la tabla 3.8 muestra algunas de las características más importantes de los aislantes más utilizados.

Tabla 3.8 Propiedades de los materiales aislantes

Material	Estructura	Máxima temperatura admisible °C	Peso específico aproximado kg/m ³	Conductividad térmica media	Resistencia a		
					Inflamación	Absorción	D. mecánico
Vidrio celular	Celular	427	128-160	0,048	B	E	B
Vermiculita	Granular	1100	48-152	0,035	B	M	M
Lana de vidrio	Fibrosa	482-538	96-144	0,03-0,04	B	M	R
PVC	Celular	65	64-112	0,034	E	I	B
Poliuretano	Celular	149	32-48	0,023-0,04	M	B	B
Poliestireno expandido	Celular	76-79	16-32	0,033-0,057	R-B	M	R
Corcho seco	Celular	65	112-192	0,037-0,04	R	R	B
Espuma polietileno	Celular	oct-85	30	0,038	M	B	B
Lana de roca	Fibrosa	649-815	16-160	0,038-0,042	M	N	M

E: excelente B: buena R: regular M: mala N: No inflamable I: combustible

3.3.3. AISLAMIENTO DE MUROS

Además de los materiales aislantes de los que hemos hablado y de los diferentes usos y características que debemos tener en cuenta, necesitamos conocer las características de los muros que encierran dichos aislantes.

Los ladrillos que conforman el muro tienen que tener unas características adecuadas que junto con el aislante formen un conjunto que permita alcanzar el objetivo de minimizar el consumo de energía en forma de calor. Debemos conocer por lo tanto la variedad de opciones que existen en el mercado.

Haciendo una clasificación breve de los ladrillos podemos diferenciar 3 tipos:

1. Ladrillo macizo:

Posee menos de un 10% de perforaciones de la superficie de la tabla.

2. Ladrillo perforado:

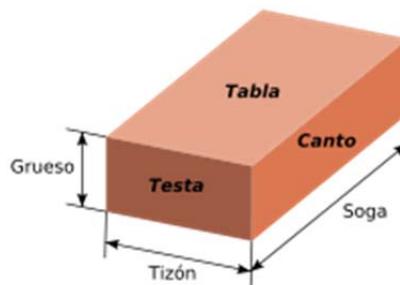
Posee más de un 10% de perforaciones de la superficie de la tabla.

3. Ladrillo hueco:

Tenemos varios tipos dentro del ladrillo hueco

- Rasilla:
Su soga y tizón son de un tamaño mucho mayor que su grueso.
- Ladrillo hueco simple:
Tiene una hilera de perforaciones en la testa.
- Ladrillo hueco doble:
Tiene dos hileras de perforaciones en la testa.
- Ladrillo hueco triple:
Tiene tres hileras de perforaciones en la testa.

Imagen 3.1 Partes de un ladrillo



Fuente: Wikipedia

Atendiendo a otra clasificación de los ladrillos, su capacidad de soportar condiciones extremas:

1. Tipo MW:
Soportan condiciones climáticas como escarcha y heladas.
2. Tipo SW:
Soportan condiciones climáticas muy adversas.
3. Tipo NW:
Utilizados para tabiques internos, donde el cambio de temperaturas es menor.

Evidentemente como recubrimiento de fachadas y demás construcciones, no sólo existe la posibilidad del uso de ladrillos sino que tenemos una gran variedad de materiales prefabricados, como pueden ser las planchas de hormigón ligero, por lo que deberemos tener en cuenta también este tipo de elementos de construcción.

Por último debemos hacer gran hincapié en que se trata de un conjunto el cerramiento, por lo que todos los elementos deben seguir una línea estricta evitando la aparición de puentes térmicos. Este concepto hace referencia a aquellos puntos o elementos de la construcción que rompen el aislamiento perdiendo gran parte de la energía por ellos. Por lo tanto debemos tener especial atención no sólo a los aislantes y los muros sino a las tuberías, las vigas, las puertas, las ventanas, etc.

3.3.4. SUPERFICIES ACRISTALADAS

Como ya hemos mencionado en el apartado anterior, debemos tener en cuenta todos los elementos que forman parte de la estructura del edificio, y uno de los más importantes por los flujos de energía que permite son las superficies acristaladas.

Para este punto no vamos a hablar de valores de conductividad térmica, sino de conceptos que pueden ayudar a mejorar las condiciones climáticas dentro del edificio realizando buenas prácticas tanto en la decisión de compra como en el hábito de las personas que ocupen el lugar.

Es evidente que las ventanas de doble cristal tienen valores de resistencia térmica elevados respecto a las ventanas de cristal simple. Pero no es tan evidente que en su interior algunas de ellas contienen gases aislantes que permiten sólo la transferencia de radiación de determinadas longitudes de onda.

Otro elemento que debemos tener en cuenta es la composición de los marcos. Los materiales que forman estos elementos influyen en gran medida en el flujo de calor, por lo que debemos seleccionar aquellos que más nos interesen. Los materiales más utilizados son el aluminio, el PVC y la madera, siendo el primero el elemento que peor aísla, debido a su característica de alta conductividad térmica, y los 2 últimos con valores parecidos dependiendo del tipo de madera y de los aditivos del PVC.

Además de elegir el tipo de ventana o cristal y de los materiales de los marcos, debemos tener en cuenta otros aspectos como la distribución de las superficies acristaladas en el edificio. Debemos colocar la mayor parte en la cara sur del edificio permitiendo así una mayor ganancia térmica natural, y una menor cantidad en la parte norte del edificio, minimizando las pérdidas.

Pero todas estas consideraciones no tendrán el efecto deseado si las personas que habitan o utilizan el edificio no realizan un uso adecuado de las persianas y ventanas. Es necesario saber que el tiempo de ventilación del edificio debe ser inferior en los días de frío, así como abrir las persianas en invierno durante todo el día para aprovechar la energía natural que nos ofrece el sol y en los meses de verano abrir tanto ventanas como persianas si la temperatura ambiente es inferior a 25 °C para favorecer la refrigeración natural, por encima de esta temperatura

debemos cerrar las ventanas y bajar las persianas en la medida de lo posible para no elevar la temperatura en el interior hasta valores inadecuados.

3.3.5. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Los edificios proyectados y construidos con una base bioclimática, es decir, aprovechando las fuentes de energía naturales, pueden llegar a ser autosuficientes energéticamente, aunque los casos que reúnen las condiciones adecuadas son escasos. Sin embargo sí que se puede conseguir un gran ahorro del consumo de energía utilizando estas técnicas sin alterar la estética de los edificios y sin que suponga un sobrecoste. Este ahorro puede alcanzar más de un 60% del total, por lo que debemos tener en cuenta este tipo de construcciones.

En la siguiente tabla se puede apreciar la comparativa entre la media europea de consumos de energía entre un edificio construido de manera tradicional y uno bioclimático.

Tabla 3.9 Comparativa de consumos entre edificios tradicionales y bioclimáticos

Necesidades	Tradicional kWh/m2	Bioclimático kWh/m2
ACS	20	20
Ganancia solar	-24	-57
Ganancias internas	-28	-28
Emisión de gases	13	10
Techumbre	32	10
Muros	51	20
Ventanas	30	37
Ventilación	47	31
Suelo	28	13
TOTAL	169	56

Los elementos que forman parte de este nuevo tipo de construcción son los siguientes:

1. Orientación y forma geométrica:

La orientación más favorable para la construcción de un edificio es la Sur debido a que obtendremos mayores ganancias de la energía solar si colocamos la mayor parte de la superficie cristalina en esa cara principal del edificio. El problema se podría dar en verano pero existen diferentes métodos para que esta situación no se produzca, como puede ser la colocación de un alero protector. La orientación Norte no capta la radiación directa por lo que no se podrá aprovechar la energía solar, y las orientaciones Este y Oeste son las peores ya que producirán los 2 efectos no

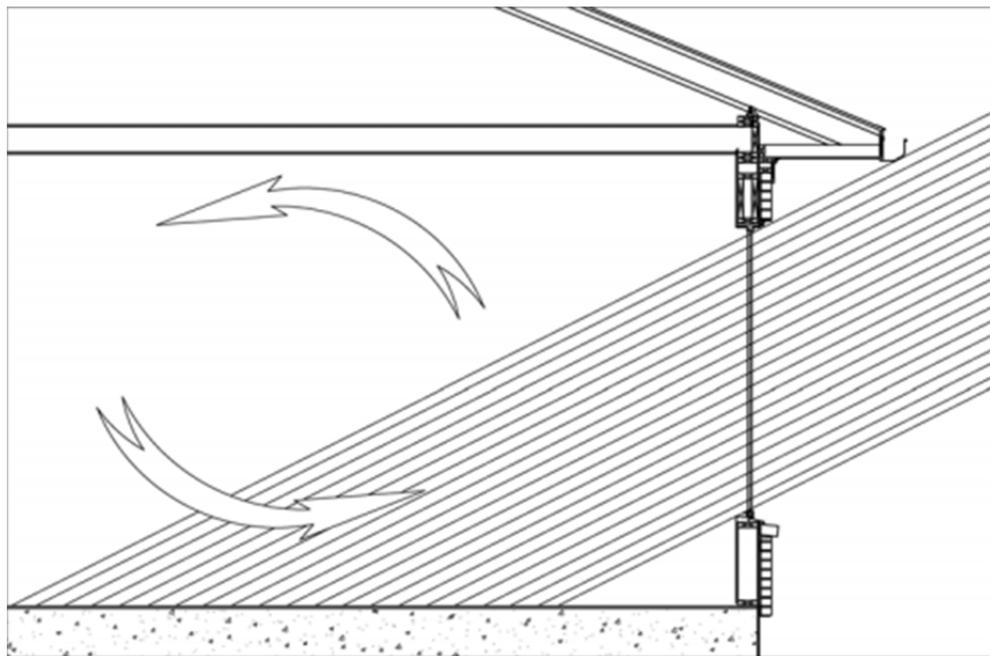
deseados, elevada captación en verano, provocando sobrecalentamientos, y escasa captación en invierno.

2. Ganancia solar directa:

Los sistemas de ganancia solar directa se construyen en su mayoría a partir de acristalamientos que dejan pasar el calor de la energía solar y de unos sistemas de almacenaje de dicho calor en su interior. Los elementos más utilizados para captar la energía son las ventanas, los patios internos y las claraboyas.

Como se mencionaba en el apartado anterior, orientación y forma geométrica, para que este tipo de construcciones al igual que las siguientes la orientación debe ser Sur si no queremos sufrir excesos de calor o frío en algunos meses del año. Además si es posible instalaremos aleros protectores y árboles de hoja perenne en la parte sur de la casa, evitando de esta manera el sobrecalentamiento en los meses de verano.

Foto 3.1 Ganancia solar directa



Fuente: Departamento de biosistemas e ingeniería agrícola de la Universidad de Kentucky

Unidas a estas consideraciones debemos tener en cuenta algunos conceptos sobre los sistemas de almacenaje, que en este caso son el suelo y las paredes. El funcionamiento es sencillo, la energía solar entra en forma de calor a través de las ventanas, y se almacena tanto en paredes como suelos elevando la temperatura de la sala casi desde los primeros rayos de sol. El espesor por lo tanto influye en la captación del calor y su posterior emisión. Es preferible tener una mayor superficie de almacenaje con poco espesor a poca superficie con mucho espesor, por lo que el espesor de las paredes debe ser de 5 a 10 cm y el del suelo de 5 a 15 cm

aproximadamente. Otro factor a tener en cuenta es el color de los muros o paredes, sabiendo que el negro es el color que más absorbe el calor y el blanco el que menos lo hace.

Como hemos mencionado, este tipo de construcciones reacciona muy rápido a los primeros rayos de sol, lo que le hace muy apropiado para edificios públicos como los colegios.

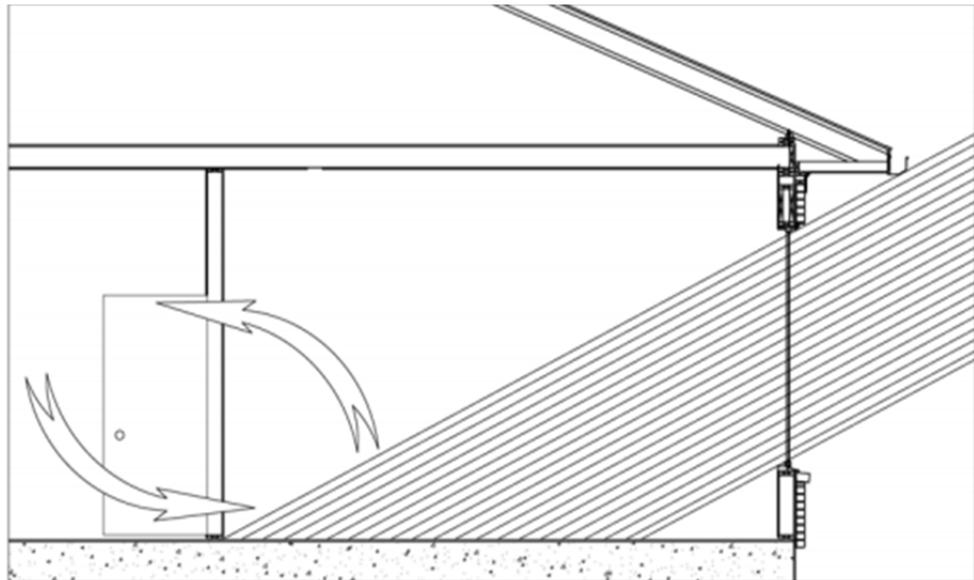
3. Ganancia solar indirecta:

Dentro de este tipo podemos diferenciar diferentes tipos de construcciones: espacio solar, muros trombe, colectores. Debemos seguir las mismas indicaciones que en la ganancia directa en cuanto a espesor, orientación, etc.

a. Espacio solar:

El funcionamiento es similar al de ganancia directa, salvo que la sala que recoge el calor lo transfiere posteriormente a la habitada.

Foto 3.2 Ganancia solar indirecta, espacio solar



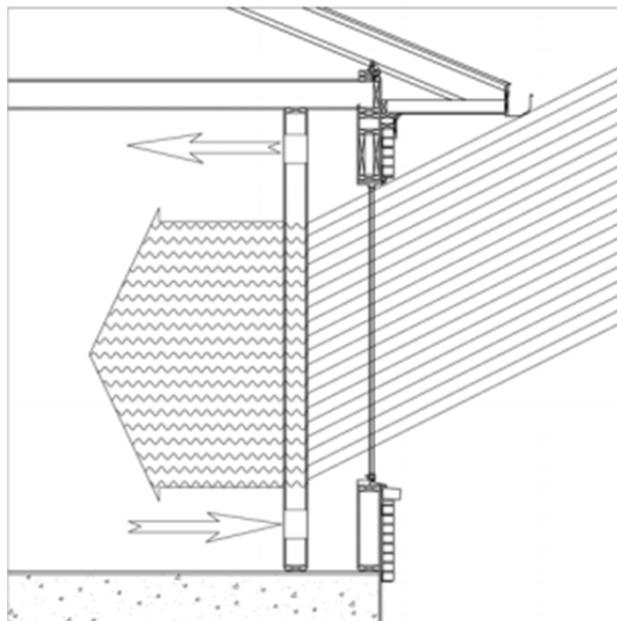
Fuente: Departamento de biosistemas e ingeniería agrícola de la Universidad de Kentucky

b. Muros trombe:

Este tipo de construcción requiere un muro, que funcionará como almacenaje, cerca de la superficie acristalada por la que la energía solar entra en el edificio. A dicho muro se le practican 2 orificios, uno arriba y otro abajo con el fin de posibilitar la ventilación en las diferentes etapas que tienen los días.

Para una mejor captación de la energía el muro debe tener un espesor superior al de los casos anteriores, entre 20 y 25 cm y debe tener un color muy oscuro, preferiblemente negro.

Foto 3.3 Muros trombe

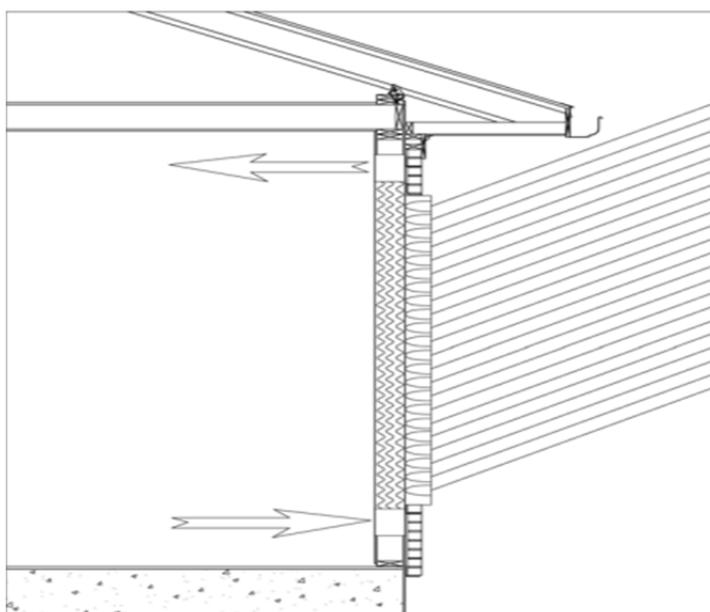


Fuente: Departamento de biosistemas e ingeniería agrícola de la Universidad de Kentucky

c. Colectores:

Los colectores solares de aire son utilizados en este tipo de construcciones debido a su coste relativamente bajo frente a las prestaciones que ofrece. Un colector es un dispositivo generalmente metálico de espesor variable dependiendo del emplazamiento y las funciones que se vayan a desempeñar, por el que circula en su interior un líquido que se calienta con la energía solar que le llega a través de la superficie, almacenando dicha energía para su posterior uso.

Foto 3.4 Colectores solares de aire



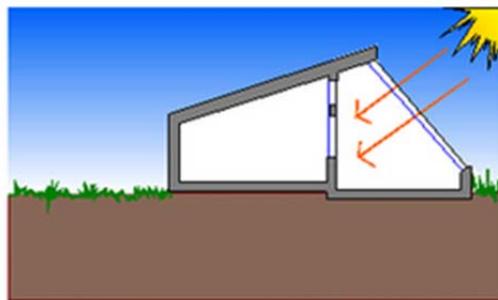
Fuente: Departamento de biosistemas e ingeniería agrícola de la Universidad de Kentucky

4. Invernaderos:

Los invernaderos o atrios son una combinación entre sistemas de ganancia directa y sistemas de ganancia indirecta. El funcionamiento es muy similar al de los muros trombe, pero en este caso en vez de muro se trata del suelo y de los muros. En este caso el sistema de almacenaje debe ser mayor, por lo que los espesores de muros y suelo son mayores.

Al igual que en todas las construcciones debemos tener en cuenta las consideraciones, sobre todo aquella que hace referencia a árboles y sistemas que repelen la luz en los meses de verano, ya que si no sufriremos altas temperaturas en el interior del edificio.

Foto 3.5 Invernadero



Invernadero adosado

Fuente: Wikipedia

3.4. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE CONSUMO

Como ya hemos mencionado, para poder hacer una verdadera optimización de los recursos energéticos tenemos que saber, a parte de los elementos estructurales que influyen en la envolvente del edificio, los elementos que consumen la energía y en qué medida, además de los rendimientos que tienen los equipos que se calcularán posteriormente a partir de dichas medidas.

3.4.1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para llevar a cabo una medición de los datos de la energía consumida de los distintos elementos que componen el sistema objeto de la auditoría energética, en el caso de que ya estén instalados los equipos, podemos utilizar un instrumento comúnmente conocido como analizador de redes portátil para el caso de los elementos eléctricos. Para el caso de los equipos que consuman otro tipo de fuente de energía, como el gas natural o derivados del petróleo deberemos utilizar las facturas de las empresas que nos suministren el combustible.

Los analizadores de redes eléctricas son aparatos multifuncionales que miden con gran precisión la corriente continua, la corriente alterna, la intensidad de corriente DC, la intensidad de corriente AC, la potencia, etc.

Para realizar la medición de forma satisfactoria debemos realizar los cursos oportunos de prevención de riesgos laborales, obteniendo el título que así lo acredite, los cursos necesarios de prevención de riesgos laborales. En el caso de que no estemos acreditados tendremos que ser acompañados por el personal adecuado con el fin de no correr riesgos innecesarios.

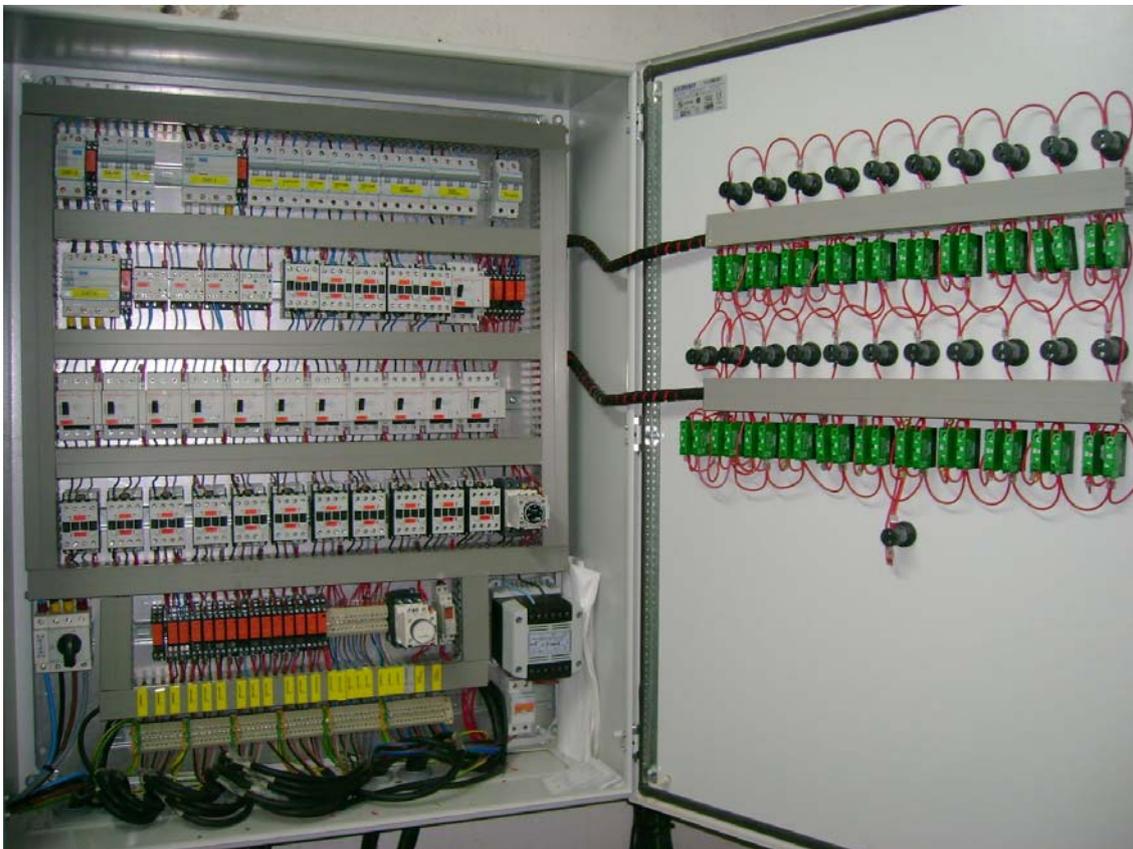
Foto 3.6 Analizador de redes eléctrico



Fuente: pce-ibérica

El lugar donde se lleva a cabo la medición es en el cuadro eléctrico general en el caso de que no exista ningún tipo de sistema de adquisición de datos como puede ser un SCADA, que normalmente están instalados en distintos procesos industriales.

Foto 3.7 Cuadro eléctrico



Fuente: indirecta

Con un previo estudio del manual del analizador que vayamos a utilizar colocaremos debidamente los utensilios del mismo. Principalmente se trata de un dispositivo electrónico con una pantalla para mostrar los datos, al que van unido una serie de cables. Estos cables se corresponden generalmente con los 4 de las pinzas de que se utilizan para medir el potencial de las 3 fases y otro para el neutro, y otros 3 para las pinzas amperimétricas. En la foto 3.6 se pueden diferenciar los distintos componentes de los que hemos hablado, el dispositivo electrónico con pantalla en el centro, las pinzas amperimétricas a la derecha, y a la izquierda las de la tensión.

Debido a la gran cantidad de datos que podemos obtener con el analizador de redes conviene previamente fijar cuáles son los realmente interesantes para cada tipo de elemento que constituyen el total. En cada uno de los siguientes apartados, veremos aquellos que son más significativos y por lo tanto almacenar en nuestra base de datos de la auditoría.

3.4.2. ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN

Para tomar los datos del consumo de energía en W de las distintas bombillas y elementos de iluminación del edificio en cuestión no nos hará falta el analizador, aunque si existe evidencia de que la instalación no es correcta deberemos comprobar con el que ocurre.

Los datos que tenemos que apuntar de cada elemento, son los siguientes:

- Tipo de elemento: bombilla incandescente, de bajo consumo, halógeno, etc.
- Potencia.
- Localización dentro del edificio o habitación.
- Localización dentro de la habitación que ocupa o lugar.
- Tipo de uso.
- Tiempo de uso al día y franja horaria.

Todos estos datos servirán posteriormente para saber si estamos utilizando las bombillas adecuadas en cada lugar, si la potencia es la adecuada y no inferior o superior, etc., además del global del consumo en elementos de iluminación.

Además de todos estos datos debemos apuntar si existe algún dispositivo vinculado a los elementos de iluminación, tales como detectores de presencia, etc. que pueden influir en las decisiones que se adopten tras la auditoría energética.

3.4.3. EQUIPOS

Para este tipo de elementos debemos tener más cuidado, diferenciando entre dispositivos electrónico como ordenadores, impresoras, etc., electrodomésticos, y por supuesto equipos que participan en las actividades que añaden valor directamente a la empresa si es que existen.

Todos los datos aportados por el fabricante en materia energética en este caso serán necesarios ya que deberemos evaluar posteriormente la evolución que sufren por el desgaste, con el rendimiento que calcularemos.

Para todos los tipos de equipos utilizaremos el analizador de redes, para apuntar las mediciones oportunas porque como acabamos de comentar, pueden sufrir deterioro, al igual que la instalación.

Los datos necesarios para los equipos serán:

- Tipo de equipo.
- Año de instalación del equipo.
- Parámetros de consumo, y rendimiento en condiciones normales de funcionamiento inicialmente.

- Marca y modelo.
- Potencia, Intensidad total, y por línea, y el factor de potencia en el caso de que sean eléctricos.
- Tipo de uso.
- Tiempo de uso al día y franja horaria.

Los datos de intensidad por línea, nos servirá para controlar si existe algún tipo de desequilibrio entre las distintas fases. A partir del 10% deberíamos tomar medidas ya que pueden producirse problemas asociados indeseables.

Al igual que en el caso anterior debemos apuntar si existen elementos vinculados a los equipos que influyan en su funcionamiento.

Tanto en elementos de iluminación, como en equipos, como en elementos de climatización se deben apuntar las horas de utilización y la franja horaria debido a que se simplemente modificando su uso podemos reducir costes en las facturas.

3.4.4. ELEMENTOS DE CLIMATIZACIÓN

Los datos que debemos tener en cuenta y por lo tanto apuntar sobre cada elemento son los mismos que en el caso anterior.

Como ocurre también con los equipos debemos tener en cuenta los datos que nos proporciona el fabricante sobre los consumos, deterioro, etc. que nos facilitarán los cálculos posteriores con el fin de determinar si debemos realizar algún cambio en los elementos.

Al igual que los dos casos anteriores debemos apuntar si existen elementos vinculados a los equipos que influyan en su funcionamiento.

3.4.5. ENERGÍAS RENOVABLES

Si existe algún tipo de instalación de energía renovable deberemos indicarla, ya que influirá en gran medida en el tipo de decisiones que se determinen en el documento elaborado a partir de la auditoría.

3.4.6. LIBRO EXCEL PROGRAMADO

Con el fin de reunir en un solo documento el conjunto de datos relativos a los elementos de consumo se ha realizado la programación de un libro Excel, con tres hojas, una para los equipos, otra para los elementos de iluminación y otra con los elementos de climatización.

En el caso de que debamos incluir algún dato referido a los equipos lo podremos hacer escribiendo en la celda contigua a la tabla en la misma fila del equipo, y en el caso de que exista algún tipo de energía renovable deberemos escribir en la hoja Energías renovables los datos más relevantes, como puede la capacidad de kW que puede generar en cada período y el coste de los equipos, el año de implantación, etc.

Las siguientes tablas nos indican la apariencia de las programadas en el Excel mencionado, el cual se llama, Análisis de los elementos de consumo.

Gráfica 3.10 Elementos de iluminación

Habitación	Lugar	Tipo	Unidades	Potencia (kW)	Tiempo de uso h al día
Salón					
Baño					

Consumo (kWh)	Franja horaria	Tipo de uso	Luminaria
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			
0,00			

Los datos de las tablas referidos al desequilibrio entre fases, así como el consumo se calcula a partir de los demás.

A lo largo del documento existen algunas notas y explicaciones de cómo se de rellenar de forma adecuada para conservar un formato regular.

Uno de los elementos que no hemos mencionado hasta ahora y que también hará falta tener en cuenta, son las luminarias. De una manera sencilla se describe como el soporte en el que se adecúa la lámpara o bombilla, aunque más adelante lo definiremos de manera más detallada.

Gráfica 3.11 Elementos de climatización y equipos

Tipo	Marca	Modelo	Año instalación	Unidades	Potencia	I total	I1	I2	I3
cos ϕ	Tiempo de uso h al día			Consumo (kWh)	Franja horaria	Tipo de uso			

F1-F2	F1-F3	F2-F3	Desequilibrio

3.4.6.1. EQUIPOS DE LA ETAP

En el ejemplo que hemos empezado a describir en el capítulo de las tarifas eléctricas, sobre la ETAP de la zona de Cerrato en Palencia, los elementos de mayor consumo son las bombas hidráulicas, que sirven para elevar un volumen de agua a una altura determinada utilizando la energía eléctrica.

El esquema de funcionamiento de la planta es el siguiente. Existen 2 bombas que sirven para captar el agua (denominadas BC1 y BC2) del río para los posteriores tratamientos. Una vez que el agua es tratada se utilizan varias bombas para elevar el agua a 2 depósitos. Para el primer depósito se utilizan 3 bombas iguales, que denominaremos BP1, BP2 y BP3, y para el otro depósito se utilizan 2 bombas que son diferentes entre sí, denominadas BT1 y BT2. Cuando los depósitos demandan agua solamente una de las bombas que tienen para llenarlo se ponen en funcionamiento, dejando las otras 2, o la otra respectivamente, en estado de reserva.

Para la captación sucede lo mismo, solo una de ellas funciona cuando se necesita caudal. Eso sí, en los meses que se necesita tratar una cantidad mayor de agua, para no utilizar las bombas durante todo el día, en las horas de menos coste, se utilizan las bombas de captación a la vez, y los depósitos se llenan también en ese período, utilizándose las bombas P y T cuando sea absolutamente necesario porque el volumen del depósito no es suficiente para abastecer diariamente la demanda.

Para controlar el uso de las bombas existen dos posibilidades, la primera, manual, utilizada hasta la implantación de la otra posibilidad, consiste en apagar o encender mediante botoneras las bombas necesarias en cada instante. Esta manera poco eficiente supone un mayor coste monetario además de desnivelar el uso de las bombas, facilitando el deterioro de unas pocas. La segunda manera es la automática, controlada por un sistema SCADA, sistema más eficiente y más utilizado. Ahora mismo en la instalación, salvo problemas o urgencias, sólo está conectado el sistema automático.

Para el caso que ocupa, necesitamos tomar una serie de datos a parte de los que obtenemos con el analizador de redes. Estos datos son el caudal y la presión de los diferentes puntos de funcionamiento del conjunto de bombas e instalaciones.

Para medir estos datos es necesario utilizar un caudalímetro y un manómetro digital. En algunas instalaciones este tipo de equipos de medición están incorporados en los elementos de consumo para facilitar la toma de datos para diferentes usos. En este caso no existen, por lo que se utilizarán equipos portátiles.

3.4.6.1.1. DATOS DE LAS BOMBAS

Aunque antes se han puesto unas tablas para los equipos, con el fin de recoger de forma más eficiente los datos de este tipo de equipos, utilizaremos otras tablas, que se pueden ver en el mismo libro Excel, en la hoja bombas hidráulicas.

Una vez que se introduzcan los datos de las bombas se calcularán a partir de ellos los ratios convenientes (en este caso el ratio energético Wh/m³/mca) para conseguir descubrir el estado en el que se encuentran los equipos.

Los ratios se calculan a partir del dato de que se necesitan 2,725 Wh para elevar 1m³ de agua a un metro de altura.

Tabla 3.10 Datos teóricos y reales de las bombas hidráulicas

Datos reales	BC1	BC2	BP1	BP2	BP3	BT1	BT2
Caudal (m ³ /h)	53,12	51,03	73,3	65,01	65,13	10,54	19,61
Presión manométrica (bar)	1,44	1,34	16,63	16,61	16,54	8,6	17,3
Altura manométrica (mca)	20,4	19,4	163,8	163,6	162,9	83,5	170,5
Tensión (V)	411	409	402	400	399	407	406
Intensidad (A)	10,48	9,83	98,93	97,77	98,47	12,58	36,8
I1	9,86	9,16	101,5	99,63	101,7	12,4	37,7
I2	10,6	10,1	98,9	97,5	98,2	12,8	38,25
I3	10,7	10,1	95,85	95,77	95	12,35	37,5
Potencia (kW)	5,73	5,48	59,9	59	59,62	4,99	22,11
Cos φ	0,77	0,79	0,86	0,87	0,87	0,56	0,84
Frecuencia (Hz)	50	50	50	50	50	50	50

Rendimientos	BC1	BC2	BP1	BP2	BP3	BT1	BT2
Hidráulico	61%	58%	64%	58%	57%	57%	48%
Eléctrico	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Motor-Bomba	52%	49%	55%	49%	49%	48%	41%

Ratio Energía (Wh/m3/mca)	BC1	BC2	BP1	BP2	BP3	BT1	BT2
Ratio teórico (100%)	4-4,5	4-4,5	4-4,5	4-4,5	4-4,5	4-4,5	4-4,5
Ratio real	5,288	5,535	4,989	5,547	5,619	5,670	6,613

Desequilibrio entre fases	BC1	BC2	BP1	BP2	BP3	BT1	BT2
F1-F2	0,74	0,94	2,6	2,13	3,5	0,4	0,55
F1-F3	0,84	0,94	5,65	3,86	6,7	0,05	0,2
F2-F3	0,1	0	3,05	1,73	3,2	0,45	0,75
Desequilibrio	9%	10%	6%	4%	7%	4%	2%

Datos teóricos	BC1	BC2	BP1	BP2	BP3	BT1	BT2
Marca	-	-	Marelli	Marelli	Marelli	Marelli	Marelli
Modelo	-	-	250M2	-	-	-	-
Nº Serie	-	-	-	-	-	-	-
Tensión (V)	400	400	400	400	400	400	380
Intensidad (A)	11,5	11,5	98	98	98	15,2	41,2
Potencia (kW)	5,5	5,5	55	55	55	7,5	22
r.p.m	1440	1440	2930	2930	2930	2900	2900
Cos φ	0,82	0,82	0,88	0,88	0,88	0,85	0,88
Frecuencia (Hz)	50	50	50	50	50	50	50

Los ratios de rendimiento se calculan con el fin de determinar cuál es el estado de deterioro de las bombas y posteriormente calcular el verdadero ahorro en consumo de reparación o sustitución de las bombas. El rendimiento eléctrico suponemos un 85% por la vida de las bombas, el motor-bomba lo calculamos a partir de los datos de caudal, altura manométrica y potencia obtenidos con el instrumental de medida, con la siguiente fórmula:

$$\eta_{motor-bomba} = \left(\frac{Caudal}{3,6} * Altura\ mano * 0,736 \right) / (75 * Potencia)$$

El rendimiento hidráulico se calcula a partir de la fracción del rendimiento motor-bomba y el eléctrico.

En cuanto al ratio de energía se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Ratio\ energía = \frac{Potencia * 1000}{Caudal * Altura\ mano.}$$

Este valor nos servirá para dar prioridad a los cambios asociados a los equipos, reparación, sustitución, mantenimiento, etc.

Aunque los datos de los ratios de energía de las bombas de captación son superiores a los que deberíamos obtener, puede ser debido no solo al estado de las bombas, sino a que la válvula que cede el paso del agua de captación a los tratamientos de la estación, está estrangulada para evitar que la turbidez del agua afecte al buen funcionamiento de los procesos de potabilización. Al estrangular la válvula y así el paso del agua se generan numerosas pérdidas de carga, que suponen pérdidas de energía útil.

En el caso de las bombas de suministro del agua a los depósitos, el ratio de energía también tiene valores relativamente malos, es decir, superiores a lo normal para el tiempo de uso de las bombas. Se puede deber al hecho de que no tienen ni arrancadores ni variadores de velocidad así como por el diámetro de las canalizaciones, que es muy pequeño, lo que genera muchas pérdidas de carga, sufriendo la bomba un desgaste importante.

En este trabajo no se trata este punto de cambio de la instalación, entre otras cosas porque supone grandes inversiones que la empresa no puede asumir en esta estación potabilizadora, pero ese tramo puede suponer a lo largo del tiempo grandes costes monetarios debido al mayor consumo de energía y deterioro de los equipos.

Otro dato a tener en cuenta es que no existe desequilibrio entre las fases, por lo que la instalación eléctrica no sufrirá daño por esta causa así como los equipos. El desequilibrio entre fases se calcula a partir de la diferencia de valores entre la intensidad de las fases. La ecuación es sencilla, el máximo de las diferencias entre el mínimo de los valores de intensidad.

3.5. PROPUESTAS DE MEJORA

Al igual que hemos mencionado algunas construcciones que favorecen la reducción del consumo de energía y su mejor utilización, también existen recomendaciones y elementos que optimizan la utilización de los recursos energéticos.

Vamos a desarrollar cada uno de los elementos sobre los que podemos actuar, o bien reparando, sustituyendo o modificando su uso con el fin de asegurar que la utilización de los recursos es la adecuada y conseguir un coste menor en cuanto a facturas se refiere, además de realizar un seguimiento del coste total asociado en los casos que sea oportuno.



3.5.1. ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN

Los elementos de iluminación dependiendo del uso del edificio, empresa u hogar puede suponer un elevado uso de energía con respecto al total, variando desde un 10% y llegando hasta un 50% por lo que debemos tener muy en cuenta todas las posibles acciones que conlleven una reducción de la energía en forma de electricidad asociada

Prácticamente en cualquier tipo de edificio se va a poder conseguir una reducción del consumo en este sentido, pero siempre deben conseguirse una serie de situaciones que faciliten la convivencia o el uso de las instalaciones. Diversos estudios aseguran que los niveles de iluminación influyen en la actitud de las personas y en sus estados de ánimo, por lo que debemos tener en cuenta una serie de consideraciones al respecto cuando elijamos el tipo de lámpara, así como la luminaria.

Para diseñar una instalación de alumbrado adecuada hay que tener en cuenta además de los factores mencionados, el nivel de iluminación, uniformidad, limitación del deslumbramiento, etc.

De forma resumida exponemos los siguientes puntos, que resumen de forma general las consideraciones a tener en cuenta:

1. La combinación de lámpara-balasto de eficacia alta.
2. Una luminaria eficiente y un sistema adecuado del alumbrado para la situación en la que nos encontremos.
3. Un sistema de control que se adapte y facilite una buena eficiencia al uso de la instalación.

Antes de comentar las diferentes opciones que existen en el mercado sobre lámparas, presentamos algunos conceptos que debemos conocer.

- Lumen (lm):
Es una unidad de medida del flujo luminoso, utilizada por el Sistema Internacional de Medidas. Se define como la potencia (W) emitida por una fuente en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible y variable a las diferentes longitudes de onda de la luz.
- Rendimiento luminoso (lm/W):
Es la relación del flujo luminoso emitido y la potencia consumida por la fuente que lo emite. La unidad del SI es el lm/W. Este valor nos indica lo útil que es nuestra lámpara, cuanto mayor sea el valor, mejor será, pues aprovechará mejor los recursos energéticos, en este caso eléctricos.

- **Iluminancia (lux):**
Iluminancia o emitancia luminosa es una relación entre el flujo luminoso y el área que recibe dicho flujo, es decir lm/m^2 . La unidad del SI es el lux que es equivalente a lm/m^2 .
- **Luminancia (L):**
Se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada, es decir, el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie. Se mide en cd/m^2 . cd =candela, es una unidad del SI de intensidad luminosa.
- **Índice de reproducción cromática:**
Es la capacidad que presenta la luz para reproducir fielmente los colores reales de los objetos que ilumina.
- **Temperatura de color:**
Es la temperatura a la que el cuerpo negro adquiere el mismo color que la lámpara por la que es iluminado. Para el alumbrado interior, como es el caso de nuestra auditoría, según la norma DIN 5053, la luz se clasifica en 3 colores:
 - Blanco cálido: por debajo de 3300 K
 - Blanco neutro: entre los 3300 K y los 5000 K
 - Blanco frío: por encima de los 5000 K

Una vez definidos estos conceptos, se presenta la clasificación de los sistemas de iluminación dependiendo del tipo de trabajo a desarrollar:

1. Alumbrado general:
Genera una iluminación uniforme en toda el área de la planta. Se determina a partir de la altura disponible para el montaje de las luminarias.
2. Alumbrado localizado:
Este tipo de alumbrado se utiliza para iluminar con valores adecuados los puestos de trabajo especialmente, dejando la iluminación del área del resto de la planta con niveles más bajos, reduciendo así el consumo de energía eléctrica.
3. Alumbrado general y local:
Como su nombre indica es una mezcla entre los alumbrados antes descritos. Consiste en realizar un alumbrado general de bajo nivel, y completarlo con un alumbrado localizado.

4. Alumbrado directo-indirecto:

El alumbrado directo es el que dirige la mayor parte del flujo luminoso hacia las zonas de trabajo. El alumbrado indirecto es aquel que a partir de otro alumbrado, genera un flujo luminoso hacia el techo y otras zonas de la estancia. Este alumbrado indirecto no es recomendable para las zonas de trabajo, por lo que se utiliza para la iluminación general.

Una vez descritos los conceptos necesarios para entender la variedad de elementos de iluminación que existen y sus propiedades, además de la clasificación, hablaremos de las lámparas.

3.5.1.1. LÁMPARAS

Este tipo de elementos se encargan de transformar la energía eléctrica en lumínica.

Atendiendo a los diferentes usos dependiendo de las aplicaciones, podemos hacer una clasificación de los tipos de lámparas:

- Lámparas incandescentes:
 - No halógenas
 - Halógenas

- Lámparas de descarga:
 - De vapor de mercurio
 - De vapor de sodio

- LED (Light Emitting Diode)

Lámparas incandescentes:

Este tipo de lámparas fueron la primera solución que se utilizó para generar luz a partir de la energía eléctrica. Estos dispositivos están formados por una ampolla de vidrio en cuyo interior contiene un gas inerte, generalmente argón o criptón, y que tiene un filamento de wolframio.

El funcionamiento de este tipo de lámpara es sencillo, se hace pasar corriente eléctrica por el filamento, que actúa como resistencia metálica, hasta que alcance la temperatura de incandescencia (cerca a los 2000 °C) emitiendo de esta manera un flujo luminoso visible por el ojo humano. Para que el filamento no se quemara en contacto con el aire se practica el vacío dentro de la ampolla de vidrio (o se rellena con uno de los gases mencionados) en la que se encuentra el filamento. El total de la lámpara lo conforman además otros 2 elementos, uno que funcione como soporte y conductor de la energía eléctrica y otro que sirve para conectar la lámpara a la luminaria, generalmente conocido como casquillo.

El color de la luz que emiten las lámparas incandescentes es amarillo. Si queremos conseguir una luz más blanca deberemos utilizar las lámparas halógenas frente a las estándar (no halógenas) que permiten elevar a un mayor temperatura el filamento. Las lámparas alógenas tienen un rendimiento mayor al de las estándar porque tienen menos pérdidas en forma de calor.

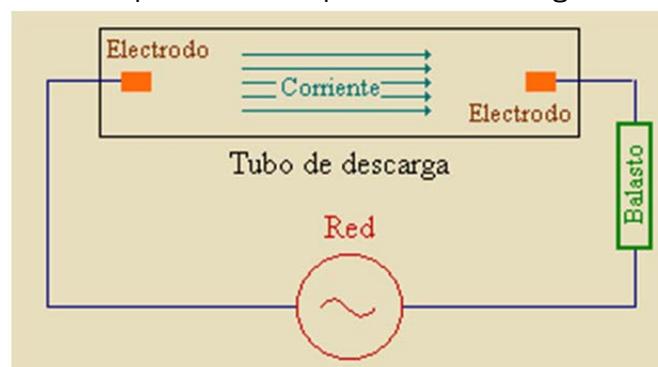
Las lámparas incandescentes no tienen un rendimiento alto, ya que como es evidente mucha de la energía consumida se disipa en forma de calor. El valor de la energía que se disipa puede variar dependiendo de diversos factores de la lámpara pero puede alcanzar hasta el 90% de la energía total consumida. Este rendimiento tan bajo es uno de las razones por las cuales desde la comunidad europea se han promovido acciones en contra de la utilización de este tipo de bombillas, reduciendo su uso desde 2009 hasta sacarlas del mercado totalmente.

Lámparas de descarga:

Este tipo de lámparas es más eficiente que las incandescentes por su forma de generar la luz, por lo que forman la alternativa.

Para generar el flujo luminoso en las lámparas de descarga se precisa la excitación de un gas al ser sometido a unas descargas eléctricas mediante 2 electrodos situados en el tubo contenedor del gas.

Esquema 3.2 Lámpara luz de descarga



Fuente: CITCEA-UPC

La reproducción de colores en este tipo de lámparas es inferior a las incandescentes, aunque este problema puede verse eliminado si recubrimos con sustancias fluorescentes el tubo de la lámpara.

Dependiendo del gas que contiene la lámpara y la presión a la que se encuentre dentro del tubo, podemos hacer una clasificación de las lámparas de descarga:

- Lámparas de vapor de mercurio:
 - Baja presión:
 - Lámparas fluorescentes (tubulares o compactas)
 - Alta presión:
 - Lámparas con halogenuros metálicos.

- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
- Lámparas de luz de mezcla.
- Lámparas de vapor de sodio:
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Como podemos ver en la gráfica 3.12, los rendimientos varían en función del tipo de lámpara de descarga, así como su vida promedio:

Gráfica 3.12 Rendimiento de las lámparas de descarga

Tipo de lámpara	Eficacia sin balasto (lm/W)
Fluorescentes	38-91
Luz de mezcla	19-28
Mercurio a alta presión	40-63
Halogenuros metálicos	75-95
Sodio a baja presión	100-183
Sodio a alta presión	70-130

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescente estándar	12500
Luz de mezcla	9000
Mercurio a alta presión	25000
Halogenuros metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

Fuente: CITCEA-UPC

Las lámparas más utilizadas en el mercado son las fluorescentes, cuyo uso fundamental es la iluminación de áreas interiores, las lámparas con halogenuros metálicos, para la iluminación de estancias con el techo alto donde la reproducción cromática es importante y las lámparas de sodio, utilizadas en la iluminación de lugares donde la reproducción cromática no es importante, como en lugares exteriores (autopistas, túneles, etc.).

Como ya hemos mencionado este tipo de lámparas tienen un mayor rendimiento que las lámparas incandescentes, pero no sólo depende del rendimiento de la fuente de luz, sino de todos los elementos que componen las lámparas de descarga, como cebadores y balastos.

Los cebadores, también conocidos como ignitores, son unos dispositivos que mediante un pico de tensión que suministran con capaces de iniciar la descarga entre los electrodos del tubo, y de esta manera vencer la resistencia inicial del gas que contiene la lámpara a la corriente eléctrica. Tras el encendido, existe un período en el cual el gas debe estabilizarse y se produce un consumo de potencia superior al nominal.

Los balastos, en contra de los cebadores, son elementos que se utilizan para limitar la corriente que atraviesa la lámpara evitando de esta manera un exceso de electrones circulando por la lámpara llegándose a producir la destrucción de la lámpara. La implementación de este elemento se puede hacer de forma electromagnética o electrónica. La primera de ellas supone un consumo adicional de energía, en torno al 35%, mientras que la segunda, además de no suponer ningún exceso de consumo, genera una serie de ventajas como el aumento de la vida útil de la lámpara.

Las pérdidas de energía que se producen en este tipo de lámparas se centran además de la pérdida de calor, como sucedía en las incandescentes, en radiación invisible aunque no constituye un porcentaje elevado.

En cuanto a la vida útil de las lámparas de descarga puede verse afectada por 2 aspectos ajenos a su uso, y 2 que podemos tener en cuenta y modificar para aumentar el uso de las lámparas.

- Depreciación del flujo, que se produce por un ennegrecimiento de la superficie del tubo donde se localiza el material emisor de electrones que recubre los electrodos.
- Deterioro de los componentes de la lámpara por diferentes causas como puede ser el cambio gradual de la composición del gas contenedor debido a fugas de gas o la degradación de los electrodos por el deterioro del material que lo forma.
- Temperatura ambiente, tanto temperaturas extremadamente altas como bajas influyen a la hora de deteriorar los elementos que generan el encendido inicial.
- El deterioro de la sustancia emisora de los electrodos puede verse afectada por el número de encendidos, por lo que una reducción del número de ellos puede favorecer la ampliación de la vida de la lámpara.

LED (Light Emitting Diode):

Este tipo de lámparas están desplazando a todas las conocidas y presentadas anteriormente debido a las características de mejora que ofrece. Además de aumentar la vida útil de las lámparas tradicionales, ofrece ventajas relacionadas con ahorros, como energético, gastos de mantenimiento, reposición y emisiones de CO₂.

El funcionamiento de los LED es sencillo, se trata de un semiconductor que emite luz cuando se hace pasar corriente eléctrica de baja intensidad a través del mismo. Debido a este sencillo funcionamiento se consiguen elevados ahorros en cuanto a consumo se refiere, en comparación con las lámparas incandescentes el valor estaría cerca del 90%.

Las principales ventajas que ofrecen estas lámparas son:

- Es prácticamente imposible que el LED se quemé, únicamente se degrada.
- Admite amplios márgenes de tensión, lo que lo hace más seguro.
- Elevada eficiencia energética, 80-120 lm/W frente a 10 lm/W que presentan las lámparas incandescentes.

Existe un único inconveniente reseñable que presentan las lámparas LED, y es que se deben mantener unas temperaturas no elevadas en la zona que esté implantada porque puede alterar el rendimiento energético.

Como es evidente presenta muchas ventajas y su uso se está ampliando en diversos sectores, como es el del automóvil. Además, como trabaja en baja tensión y su consumo es muy bajo, se pueden instalar baterías en el sistema conjunto y de esta manera utilizarlas en el caso de que existan fallos en la línea (en los semáforos se están implantando este tipo de lámparas por esta característica).

Tabla 3.10 Comparativa entre bombilla tradicional y LED

Sistema tradicional (bombilla)	Nuevo sistema (diodos LED)
Vida útil 6 meses aprox.	Vida útil 10 años (24 h/día)
Pérdida elevada de luminosidad tras las 5000 h	Pérdida del 5% de luminosidad al año
Señalización luminosa no uniforme	Señalización luminosa uniforme
Problemas de visualización a distancia	Mejor visibilidad a distancia
Una vez fundida, no se recupera la visibilidad	Si se estropea un led, puede suponer sólo parte de la iluminación, porque una lámpara lo componen varios
Requiere limpieza interna y externa	Sólo requiere limpieza externa

Una vez descritas las diferentes lámparas que existen debemos conocer cuáles son aquellas que son más utilizadas, en que ámbito y sus características, con el fin de poder tomar la mejor decisión para la solución que ocupe.

La siguiente tabla presenta las lámparas más comunes, aunque algunas de ellas ya no se vendan. Ra es el índice de reproducción cromática.

Tabla 3.11 Lámparas más comunes

Tipo de bombilla	Rto (lm/W)	Vida útil (horas)	Ra (%)	Rango de potencia (W)	Tono de luz	Uso común
Convencional incandescente	10-15	1000	100	15-1500	Cálido	Uso interior
Halógena incandescente	10-25	2000	100	20-2000	Cálido	Uso decorativo
Tubo fluorescente	60-93	12500	63-98	14-80	Cálido Neutro Frío	Uso interior, oficinas y pequeños seminarios

Bombilla de bajo consumo	50-85	8000	85-98	5-200	Cálido Neutro Frío	Uso interior, hoteles, áreas públicas
Vapor de mercurio con índice cromático mejorado	30-60	25000	50-60	50-2000	Cálido Neutro	Habitaciones con techos elevados donde el color no es importante
Halógenos metálicos	70-96	11000	69-96	35-3500	Cálido Neutro Frío	Habitaciones con techos elevados donde el color no es importante
Sodio de alta presión	90-120	23000	20	150-1000	Cálido	Autopistas, iluminación urbana, aparcamientos
Sodio de baja presión	100-200	23000	0	18-180	Cálido	Área donde el color no es importante (túneles, carreteras)
Sodio blanco	50	12000	85	35-100	Cálido	Decoración
Inducción	64-70	60000	82	55-85-160	Cálido Neutro	Accesos difíciles
LED	80-120	35000	60-92	Piezas 1-5 W	Neutro Frío	Gran variedad de aplicaciones

Fuente: IDAE

Para llevar a cabo la elección de la lámpara adecuada debemos tener varios datos en cuenta, además de seguir un procedimiento, el cual se describe en las siguientes líneas.

- Lo primero es conocer el uso y el lugar donde se va a realizar el cambio de lámpara o implantación nueva. Con estos datos determinaremos los niveles de iluminación adecuados. Estos niveles de iluminación se describen posteriormente en el apartado con el mismo nombre.
- Lo segundo a tener en cuenta es que cumpla con el índice de reproducción cromática (Ra), recomendable siempre que esté por encima del 80% en interiores.
- Seleccionar las lámparas que cumplan con los anteriores puntos, dando prioridad a las de mejor rendimiento.
- Por último, elegir la lámpara dentro de las de mejor rendimiento, que tenga mayor vida útil.

Ejemplo:

El nivel de iluminación de un pasaje es de 100 lux. Supongamos 18 m², por lo que se necesitarán 100 lux x 18 m² = 1800 Lm. Una bombilla incandescente de 60W aporta 15 Lm/W x 60 W = 900 Lm, por lo que 2 de este tipo distribuidas serán suficientes para este tipo de edificación.

3.5.1.2. LUMINARIAS

Las luminarias son los componentes de las instalaciones cuyo fin es el de distribuir el flujo luminoso de las lámparas adecuándolo a la zona de iluminación y también sirve de soporte y conexión con la red eléctrica que suministra la energía necesaria a las lámparas.

Este tipo de elementos que influyen en la iluminación también deben tenerse en cuenta ya que influyen, aunque en menor medida en el consumo. Las luminarias pueden influir en la temperatura que se consiga en la zona de la lámpara, y de esta manera verse afectado el rendimiento de las mismas. Por otro lado, si la luminaria no está bien dirigida o no es lo bastante reflectante podemos desperdiciar energía. El reflector es una parte muy importante de la luminaria, es el componente que se encarga de modelar la forma y la dirección del flujo de iluminación de la lámpara. Tiene un factor de reflexión asociado al reflector, que interesa evidentemente que sea alto para una mayor utilización de la luz la dirección del suelo y no del techo.

Evidentemente los materiales de los que está compuesto la luminaria, así como el color pueden influir en su función. Existen materiales como ya hemos mencionado en capítulos anteriores que facilitan la reflexión, así como los colores claros. En instalaciones en las que la estética no influya deberemos tener en cuenta estos aspectos, utilizando siempre los materiales y colores que mejor reflejen el haz de luz. En viviendas y en edificios que tengan muy en cuenta la estética a pesar de verse influenciados por este motivo no deben dejar de tener en cuenta este tema en la toma de decisiones final.

Hacer una clasificación de las luminarias sería demasiado complicado debido a la gran variedad, por lo que solamente vamos a nombrar alguna de las más utilizadas:

- Luminarias de adosar con ópticas de aluminio especular o semimate para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general.
- Luminarias de adosar con ópticas de aluminio especular o semimate para lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación general de oficinas tipo Colmena y Club.
- Luminarias de adosar en techo o pared con ópticas especulares o difusas para lámparas fluorescentes lineales o compactas. En las oficinas tipo Club y Colmena se usarán ópticas especulares, mientras que en los Lobby y oficinas tipo Celda podremos usar ópticas difusas.
- Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas o lámparas de descarga. Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc usaremos ópticas decorativas, y en las oficinas tipo Club, Celda y Colmena insertaremos ópticas antideslumbramiento.
- Luminarias estancas para fluorescentes lineales. Iluminación general de almacenes, cocinas, archivos, etc.
- Luminarias estancas de interior o zonas cubiertas para lámparas de descarga elipsoidal mate. Iluminación general de almacenes, talleres, etc.

- Luminarias tipo proyector equipada con lámpara de descarga alta presión, para iluminación exterior de la fachada o bien interiores con Hall de gran altura.
- Luminarias tipo viario para lámparas de descarga tubular clara. Iluminación de aparcamientos, accesos, etc.

Para la elección de las luminarias, además de todos los aspectos mencionados hay que tener en cuenta el tipo de actividad que se va a llevar a cabo, así como la altura a la que se encuentra la luminaria de la zona de trabajo y del suelo. Si es necesaria una distribución uniforme de la luz, es decir, general, se deben utilizar luminarias con reflectores difusos, y si por el contrario la distribución de la luz debe ser más precisa, reflectores especulares son los más adecuados. En las luminarias utilizadas en la industria, para las lámparas de descarga de alta presión, dependiendo de la altura algunas soluciones son mejores que otras (luminarias extensivas para edificaciones de grandes alturas y extensivas en el caso contrario).

Por último, otro elemento a tener en cuenta en la iluminación será el techo y la reflectancia del mismo. Para evitar que el techo provoque deslumbramientos, influyendo de manera considerable en la sensación de confort de las personas que ocupan el edificio, la iluminancia no debe superar las 500 cd/m² aunque para una mejor satisfacción los valores deberán estar comprendidos entre 100 y 300 cd/m². Al igual que se tiene en cuenta el techo, los demás elementos arquitectónicos influyen por lo que es adecuado seguir los siguientes niveles de reflectancia que se indican en uno de los documentos del IDAE de guía de eficiencia energética en edificios.

Gráfica 3.13 Valores de reflectancia recomendados

Superficie	Valores Reflectancia
Techos	> 0,7
Paredes	0,5-0,7
Mamparas	0,4-0,7
Suelos	0,1-0,3
Muebles	0,3-0,5
Cortinas/persianas	0,4-0,6

Fuente: IDAE

3.5.1.3. NIVELES DE ILUMINACIÓN

No todos los valores de iluminación son adecuados para cualquier actividad que se lleve a cabo.

Gráfica 3.14 Niveles de iluminación adecuados

Tipo dependencia o actividad	Iluminancia media Horizontal (lux)	Clase de calidad al deslumbramiento	Índice de reproducción cromática (Ra)
Cartografía	700	B	70-85
Dibujo técnico	700	B	80-90
Sala de ordenadores	400	B	70-85
Secretaría	500	B	70-85
Compras- ventas	500	B	70-85
Administración	500	B	70-85
Contabilidad	500	B	70-85
Publicidad	500	B	70-85
Facturación	500	B	70-85
Oficina personal	500	B	70-85
Servicios jurídicos y financieros	500	B	70-85
Cálculo	500	B	70-85
Organización	500	B	70-85
Despachos de gerencia y dirección:	500	B	70-85
Sala de conferencias	300	C	70-85
Recepción	300	C	70-85
Despachos atención al público	300	C	70-85
Laboratorios	500	B	70-85
Talleres	500	B	70-85
Cámaras acorazadas	400	C	70-85
Archivo	200	C	70
Centralita	300	C	70
Correos	300	C	70
Cocina	300	C	70-85
Locales auxiliares	150	C	70
Áreas de servicio	150	C	70
Recepción / expedición	150	C	70
Sala de exposiciones	200	-	90
Sala de demostraciones	100 - 1000	-	90
Sala de conferencias	300	C	70-85
Sala de visitas	300	C	70-85
Sala de descanso	200	C	70-85
Cafetería/comedor	200	C	70-85
Vestíbulos	200	C	70-85
Pasillos	150	C	70-85
Aseos	150	D	70-85
Almacenes	100	D	70

Fuente: IDAE

Dependiendo del desempeño los valores para alcanzar el confort y bienestar cambian, por lo que para conseguir un ambiente óptimo debemos tener en cuenta los valores que nos propone la norma UNE-EN 12464-1:2003 “Iluminación de los lugares de trabajo”. Los valores de iluminación adecuados están determinados por la iluminancia como se puede observar en la gráfica 3.14.

3.5.1.4. MEDIDAS DE AHORRO

De manera reducida podemos ver algunas de las medidas de ahorro que se deben tener en cuenta en los informes que se realizan tras la auditoría.

Atendiendo a un criterio de desembolso económico, podemos diferenciar 3 grupos:

- 1) Medidas de nulo o bajo coste:
 - a) Mantener apagadas las lámparas de las estancias que no están ocupadas.
 - b) Elaborar limpiezas de las luminarias frecuentemente.

- c) Utilizar colores claros en las paredes y techos de las estancias.
- d) Reducir los niveles de iluminación hasta los valores más adecuados para la realización en un ambiente propicio de las actividades
- e) Elaborar folletos informativos y charlas para los usuarios de las edificaciones para que comprendan realmente como pequeñas acciones suponen grandes reducciones de consumo.
- f) Utilizar y aprovechar la luz natural lo máximo posible.

2) Medidas de pequeña inversión inicial:

- a) Sustitución, en la medida de lo posible, de las bombillas incandescentes por las de bajo consumo, cuyo rendimiento es mejor, requiere menos mantenimiento y su vida útil es mayor.

Gráfica 3.15 Ahorro comparativo bombillas incandescentes-bajo consumo

Bombilla convencional (a cambiar)	Lámpara de bajo consumo equivalente, que ofrece la misma intensidad de luz (los mismos lúmenes)	Ahorro de energía (en kWh) durante la vida de la lámpara	Ahorro en la factura de la electricidad durante la vida de la lámpara
40 W	9 W	248 kWh	25 euros
60 W	11 W	392 kWh	39 euros
75 W	15 W	480 kWh	48 euros
100 W	20 W	640 kWh	64 euros
150 W	32 W	944 kWh	94 euros

Fuente: Ecoterra

- b) Instalar fotocélulas para regular la iluminación en función de la luz natural que existe en cada momento del día.
- c) Colocar luminarias y lámparas para iluminación localizada donde allí lo precise en vez de utilizar una mayor potencia en iluminación general.
- d) Sustitución de las lámparas halógenas convencionales de 50 W y sus transformadores electromagnéticos (10 W) por otras de mayor eficiencia de 35 W y transformadores electrónicos (0 W).
- e) Sustituir las lámparas de vapor de mercurio de alta presión por otras de mayor eficiencia energética y características similares, como son las lámparas de sodio de alta presión.
- f) Instalar elementos que influyen en el uso de las lámparas como son temporizadores, detectores de movimiento o controladores del nivel de iluminación. Podemos ver algunas de estos componentes en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Sistemas de control de iluminación

Sistema de control	Descripción	Coste unitario (€)	Ahorros (%)	Usos comunes
Reloj programable	Reloj conectado a un circuito que abre/cierra uno o más interruptores según el programa prefijado	45-90	15	Instalaciones de iluminación con funcionamiento cíclico
Temporizador	Cierra el circuito de iluminación durante un determinado período de tiempo	30	15	En áreas donde la iluminación se necesita durante períodos cortos de tiempo; pasillos, escaleras, etc.
Fotocélula	Dispositivo localizado en un circuito que abre y cierra un interruptor de acuerdo con la luz recibida.	50-90	20	Las células aportan automatización a los sistemas de encendido del alumbrado, maximizando el uso de la luz natural.
Sensores de movimiento	Conectan y desconectan las luces en respuesta a la presencia o ausencia de los ocupantes.	80	20	Fábricas y comercios con ocupación intermitente y con gran número de salas.
Equipos de conexión electrónica o balastos electrónicos	Estabilizan la emisión de luz para asegurar un encendido y una operación correcta de las lámparas, aumentando por tanto su vida útil.	30-90	25-30	Equipo auxiliar para lámparas de descarga (tubos fluorescentes, bombillas de larga vida, lámparas de sodio y mercurio).

Fuente: Téc. elaboración de auditoría energética, Aranda Usón

3) Medidas con una inversión importante:

- a) Instalación de un nuevo sistema completo de iluminación cuyo diseño pueda lograr que los costes de operación sean mínimos.
- b) Sustituir los cebadores de las lámparas de descargas por unos nuevos e instalar bancos de condensadores para compensar la energía reactiva.
- c) Sustitución, en la medida de lo posible, de los balastos electromagnéticos por electrónicos, que son más eficientes. Hay que tener en cuenta que los balastos electrónicos sólo pueden operar en un rango de temperaturas siempre inferior a 70 °C.
- d) Modificar las áreas de trabajo para aprovechar de manera eficiente el uso de luz natural.
- e) Implantación de sistemas de control para reducir costes energéticos, mantenimiento de la instalación, etc. Este tipo de control servirá para

modificar la iluminación del edificio en función de la franja horaria, el período temporal, actividad, etc. En la tabla 3.12 se pueden ver algunos de estos sistemas de control.

En el caso de que se desee configurar un nuevo sistema de iluminación para que sea más eficiente, es decir, rediseñar la instalación, debemos tener en cuenta las siguientes pautas:

- Generar un plan de iluminación para cada habitación del edificio. Desarrollar el plan teniendo en cuenta los niveles de iluminación que se pueden ver en apartados anteriores para cada área teniendo en cuenta las actividades que se van a realizar.
- Tener en cuenta la posibilidad de instalar focos por áreas para tareas específicas, reduciendo la iluminación de fondo.
- Calcular las necesidades de flujo de iluminación para cada área como en el ejemplo visto en la descripción y clasificación de las lámparas en Elementos de Iluminación, Lámparas. Elegir el tipo de lámpara en función de sus características, como se especifica en ese mismo punto.
- Considerar como pueden influir los elementos del edificio en la calidad de la iluminación, paredes, techos, como hemos descrito en puntos anteriores de este tema.

3.5.1.5. ALUMBRADO EXTERIOR

Hasta el momento, todas las medidas de ahorro y la mayoría de los comentarios acerca de las actividades y elementos que debemos tener en cuenta en materia de iluminación estaban muy enfocadas en el interior de los edificios. En algunos edificios existe la posibilidad de que sea necesario un alumbrado exterior, por lo que siguiendo una serie de indicaciones podemos hacer que sea lo más eficiente posible.

Como en la mayoría de los casos, existen normas que describen esas indicaciones y nos facilitan la labor de búsqueda como sucede en este caso con el Real Decreto 1890/2008 “Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior”. A modo de resumen:

- Cambiar las lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio de alta presión, debido a que son más eficientes. La sustitución se realizará según esta relación, las lámparas de mercurio de 250 W por lámparas de 125 W de sodio, y las de 125 W por 70 W. Existe alguna pérdida en la calidad de la representación cromática y algún cambio que se debe realizar en la instalación, pero el ahorro es importante.

- Sustituir balastos electromagnéticos por electrónicos. En apartados anteriores ya se han explicado las razones de la mejor eficiencia de los últimos frente a los primeros.
- En el caso de que sea viable económicamente sustituir las luminarias por aquellas que utilicen reflectores de máxima eficiencia.
- Instalación de reguladores de flujo luminoso en cabecera para conseguir la reducción del flujo luminoso en determinados períodos y así reducir el consumo energético.
- Instalación de balastos de doble nivel de potencia para regular el flujo y disminuirlo cuando las condiciones externas así lo permitan. Con esta medida se reduce el consumo en determinadas ocasiones.
- Sustitución de las fotocélulas por relojes astronómicos porque los primeros reducen su efectividad con el paso del tiempo debido a la suciedad, los cambios de temperatura, etc. Los relojes astronómicos son más fiables porque incorporan funciones específicas sobre los horarios y zonas climáticas y además se pueden programar para un mejor uso de la energía. Son algo más caros que las fotocélulas, pero su implantación merece la pena desde el punto de vista económico.

3.5.2 EQUIPOS

Como ya mencionamos en el punto Análisis de los elementos de consumo, existen diferentes equipos que pueden incluirse dentro del edificio dependiendo del uso de mismo. Para poder conocer las diferentes acciones que podemos efectuar para reducir el consumo de energía, en este caso eléctrica, diferenciaremos 3 grupos de equipos; equipos de ofimática, electrodomésticos y equipos eléctricos.

3.5.2.1. EQUIPOS DE OFIMÁTICA

El uso de los ordenadores así como el de otros elementos relacionados como pantallas, impresoras, etc. es muy frecuente en las diferentes industrias y empresas y a nivel doméstico también. El uso de estos equipos conlleva un gasto energético no muy grande comparado con otros equipos pero no por ello debemos dejar de lado las posibles reducciones que se pueden conseguir.

Dependiendo del tipo de empresa e industria estos equipos pueden llegar a suponer una gran parte del consumo, por lo que en estos casos será fundamental aplicar las consideraciones que vamos a detallar en este punto.

A pesar de que solamente parezca que los equipos intervienen de manera directa en el consumo, también lo hacen de manera indirecta. Nos referimos al calor que producen en su funcionamiento, que puede influir de manera negativa cuando existen equipos de aire acondicionado.

En todos estos tipos de equipos nos podemos encontrar dos tipos de etiquetas o logotipos. El primero de ellos, la Etiqueta Ecológica, hace referencia a que el equipo cumple con una serie de requisitos en materia energética como consumo, ruido, etc. El segundo, denominado Energy Star, determina que el equipo cumple con los requisitos de eficiencia energética que propone la Agencia Americana de Protección medioambiental (EPA) y en la que también participa la Unión Europea. Evidentemente, aquellos equipos que contengan estos logotipos deben ser utilizados frente a aquellos que carezcan de tal etiqueta.

Alguna de las medidas que se pueden adoptar en los ordenadores, monitores, etc. son:

- La principal medida que se pueden adoptar en ordenadores, ya sean de mesa o portátiles, así como sus componentes, es enchufarlos mediante una base de enchufes múltiples con interruptor, para poder desconectarlo cuando se termine su uso y no dejarlo en posición standby, que consume poco, pero consume.
- Otra medida a tener en cuenta es el color elegido en las pantallas o salvapantallas. Es preferible utilizar colores oscuros a claros porque consumen menos energía.

- El tiempo que se prefija para que salte el salvapantallas debe ser alrededor de 5 min. En caso de que el ordenador no se vaya a utilizar en una hora aproximadamente debe accionarse la función modo ahorro de energía, en el que el ordenador entra en un estado de reposo. Si el tiempo va a ser mayor debemos apagar el equipo para evitar el consumo innecesario.
- Se debe ajustar el brillo de la pantalla a un valor relativamente bajo, que permita un uso adecuado y que no consuma excesiva energía.
- Siempre que sea posible se deben utilizar pantallas LCD frente a las convencionales de tubo, y ordenadores portátiles a los ordenadores de mesa porque las pantallas suelen realizar un menor consumo de energía eléctrica.
- En el caso de que exista un gran número de equipos se debe tener en cuenta que tienen un factor de potencia cercano al 0,53, un valor muy bajo y que puede conllevar a sobrecoste en la factura. En caso de que esto ocurra deberá plantearse la posibilidad de instalar alguna batería de condensadores.

En los equipos como impresoras y fotocopiadoras debe tenerse muy en cuenta que cuando no se estén utilizando deben apagarse, porque son los equipos que más consumen. Lo más normal es que estos equipos formen un conjunto, y así se consuma menos energía. Algunos de estos equipos son verdaderamente grandes consumidores frente a los ordenadores como son el escáner o las impresoras de láser.

Veamos con un ejemplo como puede influir en gran medida alguna de las medidas propuesta, como es el caso de apagar los equipos en vez de en un estado inactivo:

Tabla 3.13 Ahorro consumo ofimática (considerando 0,115 €/kWh)

	Potencia (W)	1 hora		1 noche (8horas)		1 fin de semana (56 horas)		1 año (considerando fin de semana, vacaciones y noches) (4904 h)	
		kWh	€	kWh	€	kWh	€	kWh	€
15 ordenadores encendidos inactivos con salvapantallas (56 W/ordenador)	840	0,84	0,0966	6,72	0,7728	47,04	5,4096	4119,36	473,7264
2 impresoras encendidas inactivas (20 W/impresora)	40	0,04	0,0046	0,32	0,0368	2,24	0,2576	196,16	22,5584

1 fotocopiadora multifunción encendida inactiva (50 W)	50	0,05	0,00575	0,4	0,046	2,8	0,322	245,2	28,198
Total	930	0,93	0,10695	7,44	0,8556	52,08	5,9892	4560,72	524,4828

Como podemos observar, el ahorro para esta empresa podría ser muy grande si apagase totalmente los equipos durante los períodos de inactividad.

3.5.2.2. ELECTRODOMÉSTICOS

En este tipo de equipos es muy importante hacer caso de la etiqueta energética que presentan. Existe una escala para identificar la eficiencia energética de un electrodoméstico, que va desde la G hasta la A, siendo la A el más eficiente y el G el menos eficiente.

Tabla 3.14 Ahorro lavadora

Clase	Consumo de energía en 10 años (kWh)	Coste económico en 10 años (euros)	Ahorro al sustituirlo por uno de clase A (euros)
A	2.508	251	-
B	2.964	296	46
C	3.762	376	125
D	4.560	456	205
E	4.788	479	228
F	5.358	536	285
G	5.700	570	319

Clase	Consumo de energía en 10 años (kWh)	Coste económico en 10 años (euros)	Ahorro al sustituirlo por uno de clase A (euros)
A	2.544	254	-
B	2.784	278	24
C	3.240	324	70
D	3.720	372	118
E	4.200	420	166
F	4.680	468	214
G	4.920	492	238

Fuente: IDAE

Se pueden conseguir grandes ahorros en el consumo de energía como podemos ver en las tablas anteriores, una haciendo referencia a una lavadora durante 10 años de uso y otra de un lavavajillas durante un período similar, considerando un precio de 0,1 €/kWh.

Además de tener en cuenta la etiqueta mencionada existen una serie de acciones que se pueden llevar a cabo en cada uno de los electrodomésticos:

1. Lavadora:

- a. Aprovechar al máximo la capacidad trabajando con carga completa siempre.
- b. Utilice programas con baja temperatura excepto ropa muy sucia.
- c. Utilizar programas económicos (ECO) porque ahorran energía, agua y detergente.
- d. Usar descalcificantes y limpiar de manera regular los filtros de la lavadora.
- e. Utilizar el secado con centrifugado antes que poner la secadora debido a que el consumo de energía será menor.
- f. En el caso de que tenga discriminación horaria en la tarifa, adecuar en la medida de lo posible el uso de la lavadora a los períodos de menos coste.

2. Lavavajillas:

- a. Elegir el lavavajillas con una capacidad adecuada a las necesidades del usuario.
- b. Utilizar el lavavajillas con la carga completa. En caso de utilizar media carga, programas cortos o económicos.
- c. En caso de aclarar la vajilla antes de introducirla en el equipo, utilizar agua fría.
- d. Siempre que sea posible utilizar programas económicos y baja temperatura.
- e. Limpiar de forma regular el filtro y hacer un control de los niveles de sal y abrillantador.

3. Secadora:

- a. Utilizar sólo en el caso de que sea necesario, es decir, cuando las condiciones ambientales sean desfavorables y tenga que ser imprescindible su uso.
- b. Elegir secadoras a gas frente a las eléctricas, ya que consumen menos energía.
- c. Intentar que trabaje a carga completa, y con un centrifugado previo.
- d. Evitar secar ropa pesada con ligera en la misma carga.
- e. Limpiar regularmente el filtro y el orificio de ventilación.
- f. Utilizar el sensor de humedad para evitar que la ropa se seque de manera excesiva.

g. En caso de tener el programa “punto de planchado” utilizarlo.

4. Equipos de refrigeración:

Para este tipo de equipos vamos a describir más detalladamente las acciones que debemos tener en cuenta ya que son más complejos y existe una gran variedad.

3.5.2.2.1. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

Los equipos de refrigeración son unas máquinas destinadas a la conservación de alimentos y a la generación de hielos. Su sistema de funcionamiento es sencillo, absorben el aire caliente del interior de la cámara y así mantienen el frío.

Los principales equipos de refrigeración son las cámaras frigoríficas, congeladores, máquinas de hielo y expendedores de bebidas y máquinas de vending.

En las empresas que utilicen varios de estos equipos, el consumo puede ser elevado, ya que necesitan operar durante las 24 horas del día.

Para conseguir ahorros en el consumo y así reducir el coste asociado, tenemos tres tipos de acciones:

1. Mejorar las condiciones de operación:

Este tipo de acciones suponen un coste muy bajo o nulo, pero se pueden obtener grandes ahorros.

a. Mantenimiento:

- i. Limpieza del condensador y de las serpientes del evaporador.
- ii. Inspeccionar de manera regular todo el equipo y componentes.
- iii. Realizar comprobaciones de la cantidad de gas que hay en el circuito de refrigeración.

b. Aislamiento adecuado:

- i. Si existen varios equipos de refrigeración, si es posible colocarlos juntos, para que la superficie con el ambiente se reduzca.
- ii. Comprobar que las puertas están bien selladas cuando están cerradas, y mantenerlas en esta posición el mayor tiempo posible.
- iii. Colocar los equipos en ambientes fríos si es posible, reducirán el consumo enormemente.
- iv. Mantener el condensador bien ventilado y lejos de las fuentes de calor y radiación solar.

c. Temperatura ajustada:

La temperatura que se selecciona en el interior del equipo debe variar dependiendo del tipo de alimento que hay dentro de él. Es evidente que no todos los alimentos se conservan a la misma temperatura, por eso, no vamos a gastar energía en aquellos que no lo necesitan. A continuación observamos una tabla que muestra algunas de las temperaturas que se necesitan para conservar los alimentos:

Tabla 3.15 Temperatura óptima de conservación de alimentos

Temperatura °C	Productos congelados
-25	Helados, pastelería y pan congelados
-18	Alimentos congelados
-14	Mantequilla, margarina, cremas y otras grasas
-12	Productos derivados de huevos, aves o conejo
-10	Carnes
	Productos refrigerados
2	Pescado fresco, marisco
3	Comidas precocinadas, pasteles, cremas, productos con huevo, charcutería, pollería, conejo
4	Leche comercial, queso fresco
6	Leche industrial, huevos, margarina
7	Carne
	Productos sin refrigeración previa
4/6	verduras frescas
4/6	Flores

Fuente: CIRCE

2. Mejorar la eficiencia de los equipos:

A veces sustituyendo alguna de las piezas que forman el equipos, tales como ventiladores y condensadores, podemos influir de manera directa en el consumo.

- a. Sustitución del ventilador para el evaporador por uno de alta eficiencia, consumen menos energía y generan menos calor.
- b. Sustitución del sistema de compresión por uno de alta eficiencia.
- c. Instalación de modificadores de presión que permiten ajustar la presión del compresor asociando su valor a las condiciones ambientales.
- d. Sustitución de los aerorrefrigeradores por condensadores evaporativos, más eficientes en cuanto a energía consumida.

- e. Instalación de amplificadores de presión en la línea líquida del condensador.
- f. Conseguir el estado de subenfriamiento del refrigerante, se puede llevar a cabo con el aire ambiente (subenfriamiento ambiental) o a través de un sistema de refrigeración adicional (subenfriamiento mecánico).
- g. Instalar o sustituir las lámparas por unas fluorescentes, que consumen menos energía. También se pueden instalar sistemas de control que actúen sobre el tiempo de encendido de las lámparas y cuando debe realizarse.
- h. Instalación de calentadores antihumedad con resistencias eléctricas en los equipos de media y baja temperatura.
- i. Instalación de equipos antiescarcha para mantener las paredes del equipo limpios.
- j. Utilización de equipos de recuperación del calor, que calientan agua con el calor desprendido y utilizándolo para las necesidades de agua caliente, reduciendo el consumo energético en este sentido.

Para ver cómo pueden influir estas medidas en la reducción del consumo energético así como su retorno económico, vemos un resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.16 Posibles ahorros energéticos mejorando la eficiencia de los equipos

	Ahorros energéticos del equipo %	Retorno de la inversión, años
Ventiladores de alta eficiencia	3-15	0,5-3
Compresores de alta eficiencia	6-16	0,5-2
Modificadores de presión	3-10	0,3-3
Condensadores evaporativos	3-9	-
Controles antihumedad	14-20	2-6
Amplificadores de presión de la línea líquida	20	-
Iluminación eficiente	10	0,8
Dispositivos eficientes antiescarcha	1-6	2-6
Subenfriamiento mecánico	25	5
Subenfriamiento ambiental	1-9	2-11

Fuente: US Department of Energy

3. Elegir el sistema de refrigeración más adecuado:

En este punto vamos a ver el dimensionamiento más adecuado que debe tener este tipo de equipos para conseguir una reducción del consumo.

Vamos a diferenciar 2 situaciones, la primera, que la demanda de frío del equipo es constante durante todo el año, por lo que sí es posible se comprará un equipo único que reúna las características adecuadas.

En el caso de que existan variaciones grandes en la demanda de frío podemos realizar diversas acciones como las siguientes:

- Si existe un único equipo, instalar varios compresores en paralelo, así cuando la demanda disminuya se puede apagar alguno.
- Si es posible adquirir varios equipos, utilizando sólo alguno de ellos cuando la demanda sea menor.

3.5.2.3. EQUIPOS ELÉCTRICOS

En este punto se abordan las características y acciones a tener en cuenta sobre equipos que consumen mucha energía, generalmente eléctrica en los procesos y actividades de las industrias.

Para poder realizar verdaderos ahorros energéticos necesitamos conocer cuáles son los equipos que más consumen así como sus características y formas de funcionamiento para determinar si las mejoras son viables económicamente o no. Evidentemente cualquier mejora debe realizarse siempre y cuando se mantengan las condiciones necesarias para que la actividad se lleve a cabo de la mejor manera posible y sin influir en la calidad del producto final.

3.5.2.3.1. FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia, generalmente representado con el símbolo $\cos \varphi$, es una relación entre la potencia activa o real y la potencia aparente, más concretamente, el cociente entre ambas.

Foto 3.8 Triángulo de potencias



Fuente: Asifunciona

En la foto podemos ver las diferentes unidades de medida de las 3 componentes del triángulo, potencia aparente, activa y reactiva, además del factor de potencia.

Cuando una empresa o domicilio trabaja con un factor de potencia bajo, está siendo caro e ineficiente. Las compañías comercializadoras eléctricas imponen recargos adicionales en sus facturas porque puede producir fallos en la red como caídas de tensión además de problemas en la instalación. Es por ello que debemos controlar el factor de potencia de los elementos que componen el sistema y en caso de necesitarlo, utilizar medidas correctoras.

La causa de un factor de potencia bajo son las cargas inductivas, presentes en equipos como motores eléctricos, transformadores, etc. La potencia que requieren estos equipos tiene 2 componentes, activa o real y reactiva. En la siguiente tabla se pueden apreciar algunos de los dispositivos más usados y su correspondiente factor de potencia.

Tabla 3.17 Factores de potencia de algunos equipos y dispositivos

Aparatos		Cos ϕ	
Motor asíncrono ordinario	Carga	0%	0,17
		25%	0,55
		50%	0,73
		75%	0,8
		100%	0,85
Lámparas incandescencia		1	
Lámparas de fluorescencia no compensada		0,5	
Lámparas de fluorescencia compensada		0,93	
Lámparas de descarga		0,4-0,6	
Hornos de resistencia		1	
Hornos de inducción con compensación integrada		1	
Hornos con calentamiento dieléctrico		0,85	
Máquinas de soldadura con resistencia		0,8-0,9	
Centros estáticos monofásicos de soldadura por arco		0,5	
Grupos rotatorios de soldadura por arco		0,7-0,9	
Transformadores-rectificadores de soldadura por arco		0,7-0,8	
Hornos de arco		0,8	

Fuente: Aranda et ál., 2005

Existen una serie de beneficios que se generan como consecuencia de controlar el factor de potencia en valores altos, entre ellos:

- Evitar la penalización en las facturas de la compañía eléctrica que dependiendo del tamaño puede ser importante o no en nuestros costes.
- Aumentar la fiabilidad del sistema, ya que si controlamos la transmisión de energía útil, de manera que está sea muy grande con respecto a la reactiva, no se producirán los fallos antes mencionados.

Existen diferentes métodos para conseguir controlar el factor de potencia en valores altos, algunos de los más importantes son:

- Minimización de las operaciones llevadas a cabo con motores sin carga o con una carga baja.
- Controlar a los equipos permitiéndoles funcionar solamente con valores inferiores a su tensión nominal.
- Reparar o sustituir en la medida de lo posible aquellos motores que estén deteriorados por uno de máxima eficiencia energética.
- Instalación de condensadores para disminuir la cantidad de potencia reactiva consumida.

Para esta última acción vamos a ver en la siguiente tabla los factores multiplicativos que sirven para calcular la capacidad de los condensadores a instalar.

Tabla 3.18 Factores multiplicativos para determinar la capacidad del condensador

Cos ϕ	Factor de potencia deseado, cos ϕ												
	0,8	0,85	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,45	1,24	1,37	1,50	1,53	1,56	1,59	1,62	1,66	1,69	1,73	1,78	1,84	1,99
0,46	1,18	1,31	1,45	1,48	1,50	1,54	1,57	1,60	1,64	1,68	1,73	1,79	1,93
0,47	1,13	1,26	1,39	1,42	1,45	1,48	1,52	1,55	1,59	1,63	1,68	1,74	1,88
0,48	1,08	1,21	1,34	1,37	1,40	1,43	1,47	1,50	1,54	1,58	1,63	1,69	1,83
0,49	1,03	1,16	1,30	1,32	1,35	1,38	1,42	1,45	1,49	1,53	1,58	1,64	1,78
0,5	0,98	1,11	1,25	1,28	1,31	1,34	1,37	1,40	1,44	1,48	1,53	1,59	1,73
0,51	0,94	1,07	1,20	1,23	1,26	1,29	1,32	1,36	1,40	1,44	1,48	1,54	1,69
0,52	0,89	1,02	1,16	1,19	1,22	1,25	1,28	1,31	1,35	1,39	1,44	1,50	1,64
0,53	0,85	0,98	1,12	1,14	1,17	1,21	1,24	1,27	1,31	1,35	1,40	1,46	1,60
0,54	0,81	0,94	1,07	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,27	1,31	1,36	1,42	1,56
0,55	0,77	0,90	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,23	1,27	1,32	1,38	1,52
0,56	0,73	0,86	1,00	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15	1,19	1,23	1,28	1,34	1,48
0,57	0,69	0,82	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,11	1,15	1,19	1,24	1,30	1,44
0,58	0,66	0,79	0,92	0,95	0,98	1,01	1,04	1,08	1,11	1,15	1,20	1,26	1,41
0,59	0,62	0,75	0,88	0,91	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,12	1,17	1,23	1,37
0,6	0,58	0,71	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,13	1,19	1,33
0,61	0,55	0,68	0,82	0,84	0,87	0,90	0,94	0,97	1,01	1,05	1,10	1,16	1,30
0,62	0,52	0,65	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,27
0,63	0,48	0,61	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,94	0,98	1,03	1,09	1,23
0,64	0,45	0,58	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,91	0,95	1,00	1,06	1,20
0,65	0,42	0,55	0,69	0,71	0,74	0,77	0,81	0,84	0,88	0,92	0,97	1,03	1,17
0,66	0,39	0,52	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,81	0,85	0,89	0,94	1,00	1,14
0,67	0,36	0,49	0,62	0,65	0,68	0,71	0,75	0,78	0,82	0,86	0,91	0,97	1,11
0,68	0,33	0,46	0,59	0,62	0,65	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,88	0,94	1,08
0,69	0,30	0,43	0,57	0,59	0,62	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80	0,85	0,91	1,05
0,7	0,27	0,40	0,54	0,57	0,59	0,63	0,66	0,69	0,73	0,77	0,82	0,88	1,02
0,71	0,24	0,37	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,70	0,74	0,79	0,85	0,99
0,72	0,21	0,34	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71	0,76	0,82	0,96

0,73	0,19	0,32	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73	0,79	0,94
0,74	0,16	0,29	0,43	0,45	0,48	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,71	0,77	0,91
0,75	0,13	0,26	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,59	0,63	0,68	0,74	0,88
0,76	0,11	0,24	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,56	0,61	0,65	0,71	0,86
0,77	0,08	0,21	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54	0,58	0,63	0,69	0,83
0,78	0,05	0,18	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,51	0,55	0,60	0,66	0,80
0,79	0,03	0,16	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48	0,53	0,57	0,63	0,78
0,8		0,13	0,27	0,29	0,32	0,36	0,39	0,42	0,46	0,50	0,55	0,61	0,75
0,81		0,10	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,47	0,52	0,58	0,72
0,82		0,08	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,45	0,50	0,56	0,70
0,83		0,05	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,42	0,47	0,53	0,67
0,84		0,03	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,40	0,44	0,50	0,65
0,85		0,00	0,14	0,16	0,19	0,23	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,48	0,62
0,86			0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,34	0,39	0,45	0,59
0,87			0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,42	0,57
0,88			0,06	0,08	0,11	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,34	0,40	0,54
0,89			0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37	0,51
0,9				0,03	0,06	0,09	0,12	0,16	0,19	0,23	0,28	0,34	0,48
0,91					0,03	0,06	0,09	0,13	0,16	0,21	0,25	0,31	0,46
0,92						0,03	0,06	0,10	0,13	0,18	0,22	0,28	0,43
0,93							0,03	0,07	0,10	0,15	0,19	0,25	0,40
0,94								0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,36
0,95									0,04	0,08	0,13	0,19	0,33
0,96										0,04	0,09	0,15	0,29
0,97											0,05	0,11	0,25
0,98												0,06	0,20
0,99													0,14

Fuente: Aqualogy

A modo de ejemplo se explica cómo se debe utilizar esta tabla:

Supongamos que tenemos una demanda de 500 kW con un factor de potencia de 0,81 inicialmente, y supongamos que queremos conseguir un factor de potencia final de 0,98. Para calcular la capacidad del condensador miramos en la tabla 3.18, y obtenemos con los datos el factor multiplicativo de 0,52, por lo que 0,52 por los 500 kW se obtiene 260 kVA, por lo que esa será la capacidad del condensador deseado.

Existen diferentes soluciones en la instalación de los condensadores. Con el fin de obtener la mejor solución en cada uno de los casos que se pueden dar podemos adoptar las siguientes soluciones:

- **Compensación individual:**
Instalación de condensadores para cada aparato consumidor de energía reactiva de forma permanente. Las ventajas son que la línea no sufre deterioros, pero necesitamos un gran número de condensadores individuales, que supondrá un mayor gasto.

- **Compensación de grupo:**
Conectar varios aparatos a un grupo de condensadores. Reducirá el coste de los condensadores pero se verán afectadas las líneas de distribución.
- **Compensación central:**
Para todo el conjunto de equipos, se coloca en la entrada de la acometida del edificio. El coste de los condensadores será aún menor y favorecerá el control del consumo y las variaciones, aunque como en el caso anterior las líneas de distribución se verán afectadas
- **Compensación combinada:**
Compensación individual de los grandes consumidores de reactiva y por grupos de los demás equipos.

3.5.2.3.2. MOTORES ELÉCTRICOS

Un motor eléctrico es una máquina que utiliza la energía eléctrica para transformarla en energía mecánica. El elemento que adquiere esa energía mecánica generalmente es un eje, y a veces un vástago o una corredera.

Existen varios tipos de motores eléctricos:

- Motores de corriente continua.
- Motores de corriente alterna.
- Síncronos.
- Asíncronos o de inducción.

Los motores más usados actualmente son los asíncronos, trifásicos, de jaula de ardilla. La mayor parte del consumo eléctrico de las industrias se debe a estos equipos. Suelen utilizarse para un gran número de aplicaciones como accionamiento de bombas, compresores, etc. Evidentemente si suponen un gran consumo, una reducción del mismo puede suponer grandes ahorros.

El rendimiento de un motor eléctrico es la fracción entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Cuanto mayor sea el rendimiento mejor será la relación prestaciones/consumo, importante en el beneficio de una empresa.

Como es previsible el rendimiento que tiene un motor en el momento que se adquiere nuevo es diferente al que tiene tras su degradación con el paso del tiempo así como sus mecanismos, es por eso que debemos hacer un seguimiento con el fin de determinar cuáles son las pérdidas eléctricas y mecánicas de sus componentes. Existen tres grupos de pérdidas:

- **Pérdida por efecto Joule:** se produce por la resistencia que ofrecen los devanados del motor al paso de corriente eléctrica.

- Pérdidas magnéticas: tienen su origen en los campos magnéticos originados en el interior del motor.
- Pérdidas mecánicas: su origen se debe a la fricción presente entre el aire y los componentes fijos sobre las partes móviles del equipo.

Otra de las formas de pérdidas de eficiencia es la pérdida de energía en forma de calor.

Todas estas pérdidas pueden tener su origen en el diseño de la máquina por lo que la elección de un buen motor puede suponer grandes ahorros en energía en el futuro además de otras mejoras.

Para poder contribuir a una mejora del rendimiento de los motores eléctricos, aparte de la optimización de los procesos, existe un conjunto de métodos de ahorro energético que se presentan a continuación:

1. Utilización de motores de alta eficiencia:

Hay que tener en cuenta que solamente el 1% del coste de un motor en su vida útil se corresponde con el coste de adquisición y el 95% a los costes de consumo de energía, por lo que la elección de un motor en función de su rendimiento puede suponer grandes ahorros.

Existen en la UE tres tipos de motores en función de su eficiencia energética:

- IE3: Motores de eficiencia superior. Reducen las pérdidas en un 15% respecto a la clase de motores IE2.
- IE2: Motores de alta eficiencia. Se corresponden con la calificación antigua EFF1. Reducen las pérdidas de energía por encima del 40%. Son motores generalmente utilizados en velocidad constante con muchas horas de utilización a plena carga.
- IE1. Motores de eficiencia estándar. Se corresponden con la calificación antigua EFF2.

Otro dato de gran interés en este sentido es que los motores de mayor eficiencia energética, suelen ser más robustos, por lo que a menudo requieren menos mantenimiento y su vida útil es mayor, mejorando aún más sus prestaciones.

2. Sustitución de motores antiguos por motores más eficientes:

A medida que utilizamos los motores eléctricos estos pueden verse deteriorados y por lo tanto varían su rendimiento respecto al inicial, es por ello que debemos plantearnos la posibilidad de reparar o sustituir las máquinas.

La primera opción suele ser la más barata inicialmente, supone un desembolso menor, pero para tomar una mejor decisión nos tenemos que plantear no sólo el coste inicial sino el coste de energía que conlleva. Los motores nuevos suelen tener un rendimiento mayor, con lo que a la larga

puede resultar más beneficioso una sustitución que una reparación. Evidentemente para tomar la decisión adecuada tenemos que hacer un análisis exhaustivo. Para este análisis utilizaremos un libro Excel que se explicará al final del apartado Equipos eléctricos.

Con este ejemplo sencillo de la fórmula siguiente podemos observar cual es el beneficio de utilizar un motor IE2 frente a uno IE1.

$$Ahorro = CV * 0,736 * \left(\frac{1}{\eta_{IE1}} - \frac{1}{\eta_{IE2}} \right) * t * Precio$$

Donde:

CV: Potencia en caballos de vapor

η_{IE1} : Rendimiento a plena carga del motor IE1

η_{IE2} : Rendimiento a plena carga del motor IE2

t: Tiempo de operación anual h/año

Precio: Coste del término de energía de la factura €/kWh

3. Instalación de dispositivos de arranque de motores:

Este tipo de dispositivos tienen como función evitar que los motores arranquen con una potencia propia de la utilizada en su funcionamiento nominal, sino que aportan potencia variable hasta alcanzar el valor nominal. Este hecho puede parecer poco interesante pero no lo es, cada vez que se intenta arrancar un motor con una potencia elevada, hasta que alcanza las r.p.m. el conjunto de dispositivos y componentes interiores sufren un deterioro superior debido a las fuerzas que soportan. Si el uso del motor es interrumpido o se utiliza con períodos de carga nominal e inferior la utilización de arrancadores es muy recomendable si queremos seguir manteniendo las propiedades iniciales de motor.

Este tipo de dispositivos cada vez son menos usados debido a la aparición de variadores de velocidad, que pueden modificar la tensión de entrada como los arrancadores y presentan otras ventajas como vamos a describir en el siguiente punto.

4. Instalación de variadores de velocidad:

Se trata de sistemas de control electrónicos de velocidad de los accionamientos industriales. Surgen de la necesidad de variar con frecuencia la velocidad de funcionamiento rápidamente. Para aquellos motores que trabajan con curvas de carga continuamente, como puede ser una bomba hidráulica puede resultar muy útil la utilización de estos dispositivos.

Son dispositivos de gran precisión pero caros en comparación con los arrancadores, es por ello que en algunos casos no se recomienda su uso.

Serán utilizados en aquellos casos que la rentabilidad se consiga, como puede ser en motores de media potencia, ya que mejora sus prestaciones y existen variadores en el mercado para este tipo de motores. En el caso de

variadores para motores de potencia elevada se construyen a medida por lo que pueden resultar algo más caros, pero eficientes y de inversión retornable. Por último, para motores que sólo requieren una solución en el arranque y no es su utilización a distintas velocidades, con un dispositivo de arranque es suficiente, porque son más baratos.

5. Dimensionado adecuado:

El correcto dimensionamiento del motor puede reducir costes de energía innecesarios. Para la elección de un motor debemos escoger aquel que supere entre un 5% y un 15% de dimensión a la potencia necesaria y asegurarnos que siempre trabaja entre el 60% y 100% de la capacidad de su carga nominal, si este valor es inferior se puede contemplar la opción de sustitución por uno menos potente.

6. Optimización de la transmisión:

El sistema de transmisión tiene como función transmitir el par motor a los equipos. Para la elección adecuada del mismo es necesario conocer los distintos tipos que existen y las recomendaciones para su uso:

- Acople directo: asegurar un correcto acople entre la carga y el motor.
- Correas: Usar bandas en V y si es posible dentadas.
- Reductores: Elegir entre los diferentes tipos de reductores que existen en función de la potencia y la relación de velocidades. Tipos de reductores:
 - Helicoidal
 - Cilíndrico
 - Tornillo sin fin
- Cadenas: Transmitir elevadas cargas porque garantiza una gran eficiencia.

7. Mejora de la calidad de la energía eléctrica:

En el diseño de los motores se consideran condiciones ideales, hecho que no se produce en la realidad y que puede afectar al deterioro y las condiciones de trabajo del motor. Es por eso que asegurar una serie de acciones con el fin de mantener las condiciones más favorables para su uso:

- Establecer valores de tensión cercanos al valor nominal.
- Minimizar el desequilibrio entre fases.
- Disminuir la distorsión armónica de la red.

8. Factor de potencia:

En el caso de que el factor de potencia sea inferior al 95% es recomendable tomar medidas como las mencionadas anteriormente sobre la instalación de baterías de condensadores.

9. Mantenimiento:

Con el fin de aumentar la vida útil del motor y mejorar el nivel de rendimiento se recomienda realizar unas acciones simples que pueden ayudar considerablemente:

- Eliminación de las pérdidas en el sistema de distribución.
- Revisión periódica del conjunto de componentes para descubrir defectos.
- Asegurar que la alineación del motor con la carga impulsada es correcta para evitar pérdidas por rozamiento.
- Mantener lubricados todos los componentes para evitar pérdidas por rozamiento y la generación de fuerzas que comprometan el buen funcionamiento del motor.

3.5.2.3.3. TRANSFORMADORES

Un transformador es una máquina estática de inducción que transforma la energía eléctrica cambiando los valores de la tensión y de la intensidad basándose en las leyes de inducción magnética.

Como toda máquina eléctrica, su rendimiento es la fracción entre la potencia de salida y la potencia de entrada. El valor del rendimiento de un transformador está cercano al 97% pero disminuye cuando baja el nivel de carga.

Existen dos tipos de pérdidas que pueden suceder en los transformadores además de las pérdidas por la utilización de sistemas de ventilación:

- **Pérdidas en el hierro:**
Son pérdidas asociadas a la excitación en el circuito magnético. Se producen cuando está conectado, sea cual sea la carga presente, aun siendo nula también ocurren, por lo que debe plantearse la opción de desconexión cuando no se esté utilizando.
- **Pérdidas en el cobre:**
Cuando se suministra carga en el bobinado se producen pérdidas por efecto Joule, las cuales deben diferenciarse de las pérdidas de hierro porque no se pueden dar cuando la carga es nula. Los fabricantes de los transformadores facilitan la información acerca de las pérdidas en el cobre en las condiciones de 75 °C y al 100% de carga. En el caso de que el transformador no trabaje a carga completa, las pérdidas en el cobre son proporcionales, pudiéndose calcular a través de la siguiente fórmula: $(I/100)^2$ donde I es el porcentaje de la carga respecto del nominal.

3.5.2.3.4. EQUIPOS DE AIRE COMPRIMIDO

Se trata de máquinas habituales en la industria cuya función es la de obtener trabajo mecánico lineal o rotativo relacionado con el movimiento de pistones o de un motor neumático. Un sistema de aire comprimido suele estar formado por un compresor (componente más importante), un depósito de almacenamiento y regulación, un enfriador, un deshumidificador, líneas de distribución y los puntos de consumo que equipan regulador y filtro.

El consumo depende directamente del compresor, aunque los demás componentes influyen, como sucede en el caso del motor eléctrico. El ahorro energético por lo tanto depende del buen estado de los componentes, sobretodo del compresor y del grado de optimización que se lleve a cabo sobre el conjunto.

Existe una serie de acciones que de llevarse a cabo se verá incrementado el rendimiento del sistema de aire comprimido:

1. Recuperación de calor:

La mayor parte de la energía utilizada en estos sistemas se disipa en forma de calor, estamos hablando del 94% aproximadamente, por lo tanto son sistemas muy ineficientes. Existen unos compresores, denominados refrigerados por agua, que utilizan esta energía para calentar el agua de las instalaciones que tienen estos equipos.

2. Variadores de velocidad:

Como sucedía con los motores, y como vamos a ver en las bombas y ventiladores, la instalación de variadores de velocidad en estos equipos genera una serie de ventajas que hace muy rentable su utilización.

En este caso existen compresores de tornillo que vienen equipados con un convertidor de frecuencia que realiza la función de variar la potencia del equipo con gran exactitud dependiendo de la necesidad de cada momento además de arrancar y parar de forma progresiva. Estos equipos son más caros pero a la larga son más rentable debido a que la vida útil se alarga (los componentes sufren menos desgaste) y a que la energía consumida es inferior a la que gastaríamos con un sistema sin variador de frecuencia.

3. Fraccionamiento de potencia de los compresores:

Se trata de un conjunto de equipos en el que solamente uno de ellos es de velocidad variable. Para adaptarse a la demanda en cada momento, el compresor de velocidad de variable siempre está encendido y los compresores de velocidad fija se encienden o apagan en función de los requerimientos.

4. Presión adecuada de trabajo:

La presión tiene que ser la mínima que garantice que los equipos están funcionando correctamente, así el consumo de energía será menor.

5. Utilización de herramientas neumáticas:

Garantizar que todos los componentes trabajan con una presión adecuada a las prestaciones que tiene que ofrecer el equipo.

6. Mantenimiento:

Uno de los principales problemas que existen en este tipo de máquinas son las fugas. Las fugas se traducen en pérdidas de energía, un sistema con pérdidas necesitará más presión, por lo tanto más energía para alcanzar el valor óptimo requerido en el proceso. Es por eso que debemos realizar inspecciones periódicas y un buen mantenimiento del conjunto.

Existe un programa para llevar a cabo un mantenimiento adecuado:

- a. Vaciar los filtros de purga manual diariamente.
- b. Ajustar las juntas y lubricar los componentes que sea necesario para evitar pérdidas.
- c. Cada 2 meses inspeccionar posibles fugas en el sistema.
- d. Limpiar filtros y válvulas con pistolas de presión cada 6 meses para evitar caídas de presión en esos puntos influyendo negativamente en el consumo de energía.

3.5.2.3.5. BOMBAS Y VENTILADORES

La finalidad tanto de un sistema de bombeo como en un sistema de ventilación es transportar un fluido desde un punto a otro, la diferencia fundamental entre ambos es el fluido, en el caso del bombeo suele ser generalmente agua, y en el caso de ventilación, el aire. Cada sistema tendrá unas características diferentes por la diferencia de propiedades entre los fluidos pero las pérdidas tienen su origen en los mismos puntos. Las pérdidas se originan en el motor empleado, la altura que debe vencer el fluido, el caudal y las pérdidas de carga generadas en el circuito.

Para variar el caudal del circuito se pueden utilizar diferentes métodos, todos ellos adicionando el número de pérdidas:

- Válvulas de regulación, que permiten cerrar o abrir el paso del fluido, generando pérdidas y disminuyendo por lo tanto el rendimiento.
- Mediante arranque/parada de la bomba o ventilador.
- By-pass o recirculación de una cantidad del fluido necesario (opción menos eficiente).
- Utilización de un sistema de control de velocidad del accionamiento.

La mejor solución para reducir pérdidas y por lo tanto aumentar la eficiencia del sistema conjunto, es utilizar un variador de velocidad, y en algunos casos determinados dispositivos de arranque.

Mediante la utilización de variadores de velocidad, no solo podemos conseguir un ahorro en el consumo cuando trabajamos a velocidades inferiores a la velocidad nominal, sino que conseguimos controlar rápidamente los caudales requeridos en cada instante de manera eficiente y aumentamos la vida útil de los equipos porque los componentes resultan menos dañados.

3.5.2.4. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

Para conseguir saber en cada reparación o sustitución de un equipo si es viable económicamente o no, hemos creado un libro Excel con una hoja denominada, Modelo. El aspecto de la hoja es el siguiente:

Foto 3.9 Análisis de la inversión

		ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN						
Importe de la inversión	3.000,00	TIR	8,27%					
Vida útil máquina	7	VAN (IPC)	687,04					
Precio medio del kWh (inicio)	0,1150	PAY-BAC	5,7					
Ahorro kWh año	4.000,00							
Inflación	4%							
Incremento anual de la ene	8%							
	Años							
		1	2	3	4	5	6	7
Ingresos								
Precio medio del kw (inicio)		0,1150	0,1242	0,1341	0,1449	0,1565	0,1690	0,1825
Ahorro kw año		3.900,00	3.822,00	3.764,67	3.727,02	3.708,39	3.689,85	3.671,40
Degradación		2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%	0,50%	0,50%
Ingresos anuales		448,50	474,69	504,98	539,92	580,20	623,48	670,00
Costes								
Amortización		428,57	428,57	428,57	428,57	428,57	428,57	428,57
Costes anuales		428,57	428,57	428,57	428,57	428,57	428,57	428,57
Resultado	841,77	19,93	46,12	76,41	111,35	151,63	194,91	241,42
Flujo Fondos proyecto		-2.551,50	474,69	504,98	539,92	580,20	623,48	670,00
Flujo fondos p. acumul.		-2.551,50	-2.076,81	-1.571,83	-1.031,91	-451,71	171,78	841,77
Primer flujo positivo		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	171,8	0,0
Pay-Back Período		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0

El aspecto de la hoja es este pero puede variar el número de columnas en función del número de años de vida útil de la máquina.

La tabla que debemos modificar en cada caso es la de arriba a la izquierda y que presentamos en la tabla 3.19 y la tabla de la derecha (tabla 3.20) nos muestra el resultado que debemos tener en cuenta para determinar la acción de adquisición o reparación, principalmente nos fijaremos en el VAN.

El resto de valores que se pueden observar en el libro Excel sirven para calcular los valores de la segunda tabla y para llevar un control contable de la inversión realizada.

Tabla 3.19 Análisis de la inversión (1)

Importe de la inversión	3.000,00
Vida útil máquina	7
Precio medio del kwh (inicio)	0,1150 €
Ahorro kwh año	4.000,00
Inflación	4%
Incremento anual de la energía	8%

Tabla 3.19 Análisis de la inversión (2)

TIR	8,27%
VAN (IPC)	687,04 €
PAY-BACK	5,7

3.5.3. ELEMENTOS DE CLIMATIZACIÓN

En cualquier diseño de sistema de calefacción y refrigeración son varios los parámetros a tener en cuenta, temperatura, humedad, velocidad del aire en el interior, etc.

3.5.3.1. CALEFACCIÓN

Existen varios métodos para el cálculo de las necesidades de calefacción. Uno de ellos y el que vamos a explicar más detenidamente es el método de grados-día, no es más exacto de los métodos pero sirve como base de una primera aproximación.

En este documento hemos descrito en uno de los puntos (Análisis de la estructura) como calcular el coeficiente de transividad global del edificio (K_G). Este va a ser el punto de partida del método de los grados-día. Gracias a él podemos aproximar un valor de la potencia mínima del sistema de calefacción necesario en el edificio con la siguiente expresión:

$$P = \sum S_i * K_G * (T_{int} - T_{ext}) + 0,000337 * V * (T_{int} - T_{ext})$$

S_i : Superficie total de los cerramientos que engloban el edificio (m²)

K_G : Coeficiente de transividad global del edificio (kW/m²°C)

T_{int} : Temperatura interior del edificio (oscila entre 20 °C y 22 °C)

T_{ext} : Temperatura exterior del edificio según el CTE dependiendo de la zona climática en la que se encuentre.

V : Volumen total a climatizar en el edificio (m³)

Los grados-día de calefacción difieren entre sí dependiendo de la zona climática evidentemente, una aproximación de las necesidades puede calcularse como la suma de la diferencia entre la temperatura base (hay diferentes bases, 15, 25 son las más utilizadas) y la temperatura media diaria, siempre que la diferencia sea positiva. En base 15 se utiliza para calcular la calefacción y la base 25 para calcular la refrigeración.

$$G_{15/15} = \sum_{d=1}^n (15 - \bar{T}_d)$$

n es 365 y d va desde 1 hasta ese valor, para calcular el total de los días del año.

“Como ejemplo, en Madrid, los grados-día en base 15 son 1404,9 y en Barcelona 655,7, lo cual es lógico debido al clima más cálido en Barcelona” Fuente: CIRCE

Toda la información sobre los grados-día de las zonas climáticas está en el CTE.

Otro valor que es interesante calcular es la cantidad de energía necesaria para calefactar el edificio sobre el que hemos calculado los grados-día. Mediante la siguiente expresión haremos una estimación:

$$Q = \frac{P * G * 24 * u * i}{T_{int} - T_{ext}}$$

P: Potencia del equipo que hemos calculado.

G: Grados-día en el período.

u: Coeficiente de uso, desde 0 hasta 1, si el uso es durante todo el año 1.

i: Coeficiente de intermitencia, desde 0 a 1, dependiendo del grado de ocupación del día.

Una vez calculada la *Q*, podemos estimar el coste que conlleva calefactar el edificio:

$$Coste = \frac{Q}{PCI * \eta} * Pr$$

η : Rendimiento del sistema de calefacción, en los próximos puntos veremos los distintos tipos de equipos y su rendimiento.

PCI: Poder Calorífico Inferior del combustible utilizado por la instalación.

Pr: Precio del combustible.

Una vez estimados estos valores vamos a desarrollar cuales son los tipos de sistemas de calefacción, distribución y regulación, así como los usos más adecuados de los mismos. Como podemos intuir, no se calcula el coste de un solo equipo, sino que se calcula el de varios tipos de equipos con la misma potencia para poder averiguar cuál de ellos va a ser más económico.

3.5.3.1.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Al igual que sucedía en el caso de los motores eléctricos, el precio de adquisición del equipos de calefacción sólo representa una pequeña parte del consumo total derivado de su uso, por lo que debemos tener en cuenta otros factores como pueden ser el combustible, el rendimiento, la vida útil, adaptabilidad, mantenimiento, etc.

Los sistemas de producción más utilizados en las diferentes empresas e industrias y en el hogar son:

1. Caldera de combustible:

Dependiendo del rendimiento podemos encontrar 3 tipos de calderas:

- a. Estándar:
Produce agua caliente a una temperatura constante entre los 70°C y 90°C.
- b. Baja temperatura:
Puede variar la temperatura en función de la demanda y permite la recuperación de calor.
- c. Condensación:
Puede variar la temperatura en función de la demanda y permite la recuperación de calor.

Tanto las caldera de baja temperatura como de condensación son denominadas de alta eficiencia, y su utilización frente a las estándar supone un 10% o un 20% de ahorro en combustible.

Este tipo de calderas son baratos y eficientes pero precisan de una instalación y un mantenimiento complicados, que se traduce en coste monetario elevado.

2. Bomba de calor:

Este tipo de sistemas, puede generar calor y frío indistintamente, por lo que servirá para ambos fines. No suele tener mucho mantenimiento y generalmente son eficientes. Para la elección de estos equipos es necesario utilizar dos indicadores:

- COP: Mide la eficiencia sobre el calor de salida, es la relación entre el calor generado y la energía consumida en electricidad.
- EER: Es el Coeficiente de Eficiencia Frigorífica, y la relación es similar al COP, sustituyendo el calor de salida por el efecto de refrigeración.

Cuanto mayor sean estos valores mejor será la bomba de calor.

Este tipo de máquinas tienen una gran ventaja frente al resto y es que puedes tener equipo de generación de calor y refrigeración en uno y siendo muy eficiente, pero resultan muy caros que un sistema convencional.

3. Calefacción eléctrica con acumulación:

Son un sistema muy eficiente para locales que estén habitados durante las 24 horas del día. El sistema de generación de calor es sencillo, la energía eléctrica se hace pasar por unas resistencias que generan calor y es almacenado en acumuladores, así podemos cargarles en las horas que la energía sea más barata, utilizaremos la discriminación horaria que tenga la tarifa seleccionada, y utilizar el calor durante todo el día. Como utilizamos la energía eléctrica más barata estos sistemas suelen ser muy eficientes económicamente.

Las calefacciones eléctricas son más caras que las convencionales pero si estamos atentos y programamos bien cuando se realiza el consumo de energía eléctrica resultan muy eficientes.

4. Calefacción eléctrica sin acumulación:

Se trata de un sistema poco eficiente comparado con los anteriores vistos. Como no es capaz de almacenar el calor el consumo de energía eléctrica se realiza indistintamente del período o franja horaria, aumentando considerablemente el coste asociado.

Estos sistemas no suelen utilizarse, no compensan ni económicamente en su adquisición ni energéticamente en su uso.

Al igual que sucedía con los equipos eléctricos, con el tiempo la eficiencia de estos equipos se puede ver afectada, ya sea por reparaciones o por no realizar correctamente un mantenimiento del mismo.

Se debe estudiar por lo tanto la reparación o sustitución de las máquinas cuando se vean afectados en gran medida los parámetros de eficiencia. Para estudiar la viabilidad de la inversión del posible cambio podemos utilizar el mismo libro Excel que en caso anterior, Análisis de la inversión, y así poder determinar de una manera fiable cual es la mejor opción.

3.5.3.1.2. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Existen tres alternativas para la distribución del agua caliente generado por los sistemas de producción de calor:

1. Radiadores de agua:

Este sistema de distribución es el más utilizado debido a la sencillez y ventajas económicas que ofrece. Gracias a los radiadores de agua podemos regular la temperatura individualmente siempre y cuando existan válvulas termostáticas individuales (recomendable en toda instalación), y de esta manera elegir la temperatura que prefiramos en cada estancia del edificio. Este tipo de distribución es mejor que el suelo radiante en el sentido de que no interviene en el incremento de la temperatura de la estructura, evitando posible contratiempos y deterioros. Es preferible una distribución bitubular a monotubular.

2. Suelo radiante:

Se trata de unos tubos de polietileno situados entre 3cm y 5 cm por debajo del suelo, calentando esta superficie. La ventaja que tiene se asocia con el confort pero además también favorece una distribución uniforme y aunque su instalación es más cara permite grandes ahorros energéticos frente a los otros sistemas, entre un 20% y un 30%.

3. Fan-coils:

Este sistema de distribución se utiliza generalmente en los equipos de bomba de calor porque permite su utilización tanto en calefacción como en refrigeración. Consta de un radiador en cuyo interior está el agua y un ventilador para facilitar el paso del agua.

3.5.3.1.3. RECUPERACIÓN DE CALOR

Para garantizar dentro de las instalaciones una sensación de confort asociado al aire interior, es necesario mantener una temperatura y una adecuada ventilación, es decir, permitiendo la entrada de aire exterior y dejando salir el aire interior (por decirlo así, contaminado). Si realizamos las 2 operaciones por separado, el gasto energético necesario para mantener la temperatura puede resultar caro, porque el aire exterior llega en otras condiciones de temperatura, por lo que lo más sensato es realizar las 2 funciones a la vez, es decir, calentar el aire que entra del exterior para garantizar el confort. La medida más utilizada es la implementación de intercambiadores de placas en sus distintas formas con la instalación de ventiladores centrífugos que extraigan el aire del interior e introduzcan el aire del exterior hacia el intercambiador y posteriormente hacia el interior del edificio.

3.5.3.1.4. HÁBITOS DE USO Y MEJORA DE LOS SISTEMAS

Ya hemos mencionado varias veces que un correcto mantenimiento y uso de los equipos y máquinas puede favorecer la mejora del rendimiento energético y el incremento de la vida útil. Algunas de las prácticas más utilizadas y con mejores resultados son:

- Mantener unas temperaturas en el interior ni muy elevadas (despilfarrando energía) y tampoco bajas (afectando al confort). La temperatura máxima debe situarse alrededor de los 20°C.
- Realizar la ventilación del edificio de forma adecuada, evitando abrir las ventanas en zonas horarias inadecuadas.
- Realizar revisiones de los equipos periódicamente, sobretodo de los quemadores.
- No cubrir las superficies de los radiadores y mantenerlas limpias.
- Regular los radiadores en función de la estancia, cerrando por completo aquellos que se sitúen en estancias sin ocupación.

Existe una serie de sistemas de control y regulación que pueden ser complementarios a este tipo de actuaciones y que favorecen la reducción del uso de energía ineficiente:

- Instalación de un reloj programable:
Su instalación se realiza en el sistema de producción y se regula mediante un termostato remoto, para encender o apagar la calefacción en función de nuestras necesidades.
- Instalación de un cronotermostato:
Se trata de un termostato programable que permite variar la temperatura cada hora, diariamente y semanalmente.
- Instalación de válvulas termostáticas:
Su instalación en cada radiador permite variar la temperatura de cada estancia.
- Instalación de una centralita de regulación por zonas:
Para su correcto funcionamiento, aparte de instalar la centralita es necesaria la instalación de válvulas motorizadas en los distintos radiadores. Se puede regular la temperatura de cada instancia mediante programación.

3.5.3.2. REFRIGERACIÓN

Los sistemas de refrigeración están compuestos por diferentes componentes y máquinas y tienen como función refrigerar y enfriar el ambiente de algunas o todas las estancias dentro de un edificio, aunque los nuevos equipos pueden funcionar como sistemas de calefacción también.

La energía utilizada por este tipo de sistemas es generalmente la eléctrica, por lo que en los meses de verano la factura eléctrica se verá incrementada.

Como en la mayoría de los equipos eléctricos existe una etiqueta energética en la que entre otras cosas se puede identificar la eficiencia energética dentro de una escala que varía desde la letra G, menos eficiente, hasta la A, más eficiente, incluso equipos que tienen eficiencia A+ y A++, incluso A+++. En la foto 3.10 podemos ver es una etiqueta energética tipo de estos equipos, similar a la de los electrodomésticos.

El coeficiente de la escala de la que hablamos se determina a partir de un coeficiente de eficiencia energética, que diferenciamos entre dos situaciones, modo de refrigeración y modo de calefacción. Para cada uno existe un coeficiente característico. En el primer caso el coeficiente es el Factor de Eficiencia Energética Estacional (SEER) y en segundo el Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP). En la tabla 3.20 vemos como se calcula el valor de la etiqueta energética.

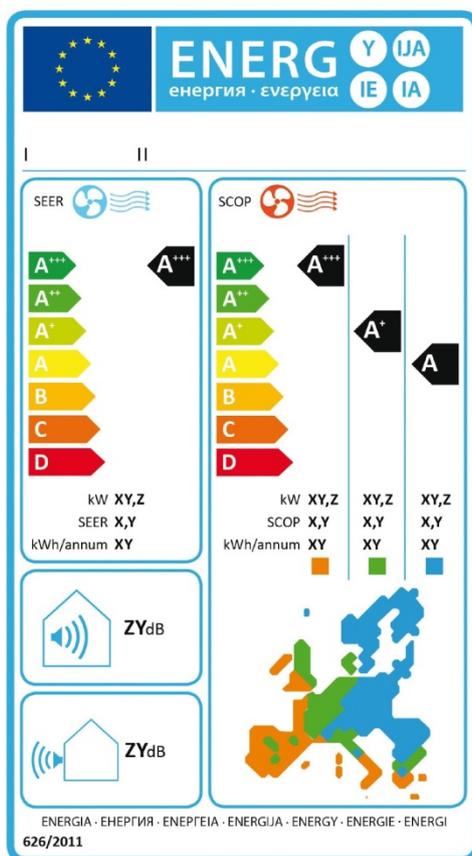
Es evidente que los equipos adquiridos con mayor valor dentro de la escala, es decir los equipos con A+++, son más caros, pero a la larga son más económicos por las ventajas de consumo que ofrecen y por la calidad de los sistemas, que necesitan menos mantenimiento y las condiciones iniciales se ven menos influenciadas por el paso del tiempo.

Tabla 3.20 Escala de calificación energética

Modo Refrigeración		Modo Calefacción	
Clase de Eficiencia Energética	Acondicionadores de Aire	Clase de Eficiencia Energética	Acondicionadores de Aire
A+++	SEER \geq 8,50	A+++	SCOP \geq 5,10
A++	6,10 \leq SEER $<$ 8,50	A++	4,60 \leq SCOP $<$ 5,10
A+	5,60 \leq SEER $<$ 6,10	A+	4,00 \leq SCOP $<$ 4,60
A	5,10 \leq SEER $<$ 5,60	A	3,40 \leq SCOP $<$ 4,00
B	4,60 \leq SEER $<$ 5,10	B	3,10 \leq SCOP $<$ 3,40
C	4,10 \leq SEER $<$ 4,60	C	2,80 \leq SCOP $<$ 3,10
D	3,60 \leq SEER $<$ 4,10	D	2,50 \leq SCOP $<$ 2,80
E	3,10 \leq SEER $<$ 3,60	E	2,20 \leq SCOP $<$ 2,50
F	2,60 \leq SEER $<$ 3,10	F	1,90 \leq SCOP $<$ 2,20
G	SEER $<$ 2,60	G	SCOP $<$ 1,90

Fuente: Arquitectnide

Foto 3.10 Etiqueta energética tipo



Fuente: Arquitectnide

3.5.3.2.1. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

Podemos diferenciar varios tipos de sistemas de refrigeración dependiendo de sus características y sus modos de uso:

- Sistemas individuales de refrigeración:
Se utilizan para refrigerar algunas estancias y no el edificio al completo. Son equipos pequeños económicos de eficiencia no muy elevada.
- Equipos de refrigeración centralizados:
Se trata de un sistema que utiliza conductos distribuidos por todo el edificio y que por lo tanto sirve para refrigerar todo el conjunto.
- Tecnología inverter:
Se trata de un sistema equipado con un variador de frecuencia que actúa sobre el compresor, adecuando la temperatura requerida con gran precisión y rápidamente. Como sucede con todos los equipos vistos hasta el momento con este tipo de componente, la vida útil aumenta y el consumo se reduce.
- Enfriadores evaporativos:
El funcionamiento de este sistema es algo distinto a un equipo convencional. Mediante un proceso de evaporación enfrían el aire y lo impulsan dentro del edificio. La coste de la instalación y el consumo es menos que en el caso de un equipo centralizado pero requiere un mayor mantenimiento.
- Refrigeración por absorción:
Se trata de equipos que pertenecen al concepto de cogeneración, que utilizan energía residual de otros procesos para llevar a cabo su función. En este caso utilizan el calor residual generado en otros procesos para transformarlo en energía eléctrica y así conseguir la refrigeración. Es evidente que si conseguimos minimizar las pérdidas reutilizando la energía, el consumo va a ser menor y la eficiencia del sistema por lo tanto aumentará.

3.5.3.2.2. FREE-COOLING

Es un método que utiliza la baja entalpía del aire exterior para refrigerar el interior del edificio evitando grandes consumos (en algunos períodos del día y del año) de energía por equipos para el mismo fin. El esquema de funcionamiento se puede ver en la foto 3.11.

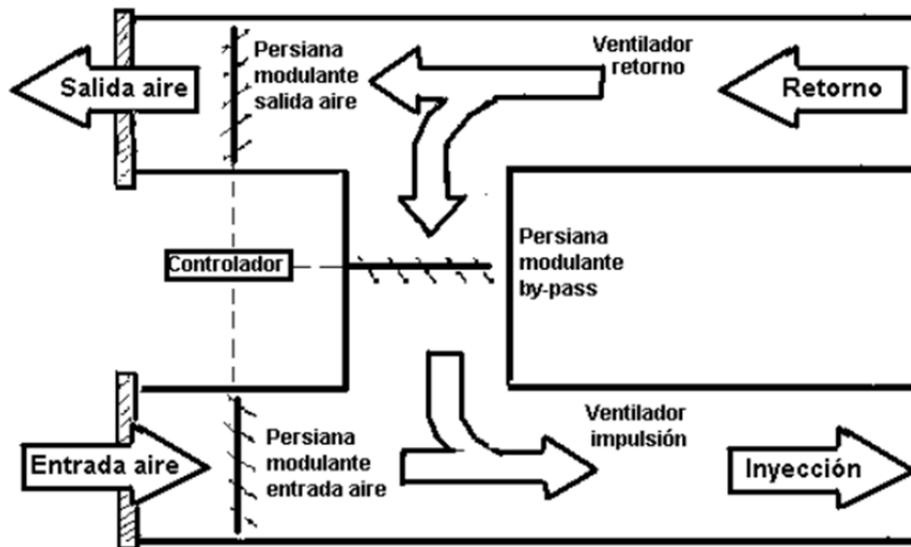
El sistema se caracteriza por la regulación de tres persianas para conseguir que el caudal que se introduce hacia el interior sea constante independientemente de las necesidades de cada momento. Por ejemplo, si se necesita renovar mucho el aire por las condiciones interiores, se abrirán mucho las persianas de entrada y salida, quedando muy poco abierta la de bay-pass.

Se pueden dar tres situaciones:

1. La temperatura del exterior sea menor que la del aire de impulsión.
2. La temperatura del exterior sea mayor que la temperatura del aire de impulsión, pero menor que la del aire de retorno.

La temperatura del exterior sea mayor que la temperatura del aire de impulsión y mayor que la del aire de retorno.

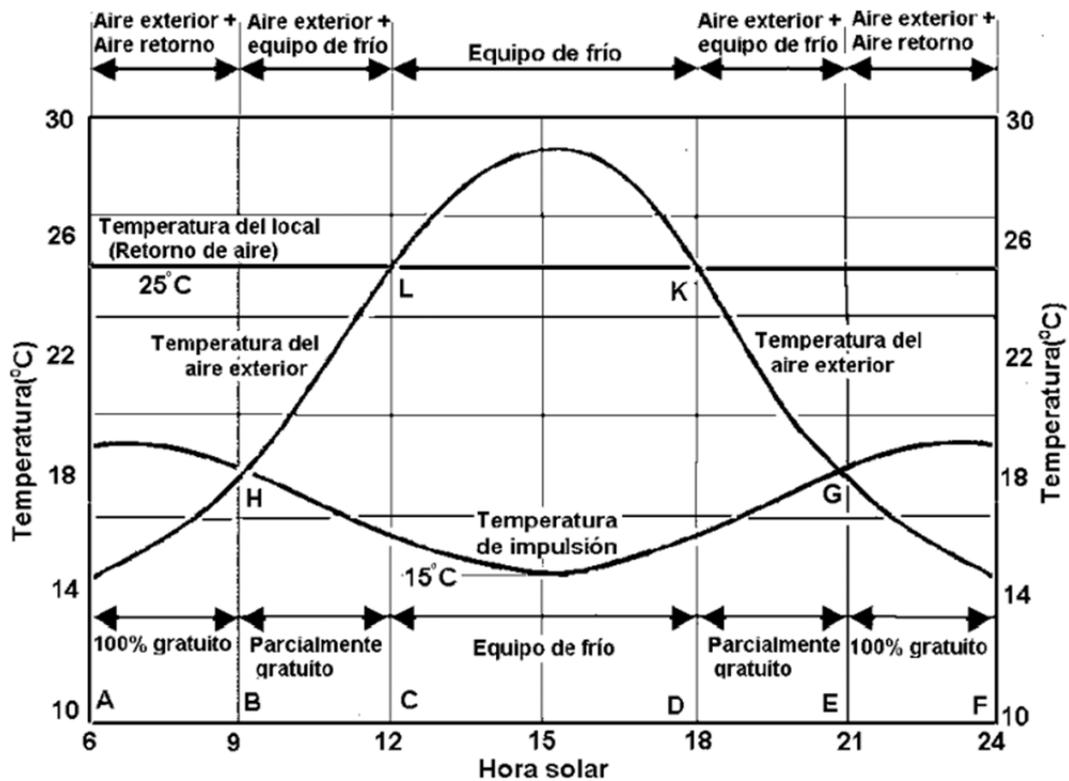
Foto 3.11 Esquema de funcionamiento free-cooling



Fuente: UTN Avellaneda

En la siguiente foto vemos las diferentes situaciones y como regula el sistema para mantener un nivel de refrigeración más o menos constante a pesar del cambio de temperatura del aire del exterior.

Foto 3.12 Regulación de refrigeración mediante free-cooling



Fuente: UTN Avellaneda

En este ejemplo se supone una temperatura de aire de retorno de 25°C y se pone como límite superior de temperatura de aire de impulsión 15°C.

Entre los puntos AB y EF, se da la primera situación de las tres antes mencionadas, por lo que si el sistema de refrigeración puede enfriar el aire sin el funcionamiento de ningún equipo, el coste es prácticamente 0.

Entre los puntos BC y DE, se da la segunda situación, que debe ponerse en funcionamiento el equipo refrigerador para enfriar el aire de impulsión, pero no del todo, ya que una cantidad se puede aprovechar del aire de retorno.

Entre los puntos CD el equipo de refrigeración debe funcionar a pleno rendimiento porque no puede aprovechar nada del sistema de recirculación.

Es evidente que si durante unos períodos, el equipo de refrigeración no funciona o no lo hace a pleno rendimiento se consiguen grandes ahorros energéticos.

3.5.3.2.3. MEDIDAS DE AHORRO

Existen una serie de acciones que no tienen que ver con el equipo de refrigeración utilizado pero que si influyen en el consumo del mismo:

- Como ya vimos en el punto referido a las estructuras, un buen aislamiento térmico puede suponer grandes ahorros, y no sólo de la estructura del edificio, sino de las tuberías y otras fuentes térmicas que pueden calentar las estancias, aumentando la necesidad del uso de equipos de refrigeración.
- A veces no es necesario el uso de equipos de refrigeración cuando la temperatura exterior no es muy elevada, utilizando una ventilación adecuada, elementos que evitan la entrada directa de los rayos de sol, o con un pequeño ventilador en algunos casos.
- La colocación del sistema de refrigeración se debe hacer en la fachada norte del edificio para una mejor eficiencia del mismo.
- Tener en cuenta que sólo deben ser refrigeradas aquellas estancias que estén ocupadas.

3.5.3.2.4. DIMENSIONADO E INSTALACIÓN

Como en la mayoría de equipos que hemos visto hasta ahora, el dimensionado forma parte de una práctica que puede evitar costes innecesarios. No debemos adquirir equipos pequeños, porque no garantizarán las condiciones necesarias de confort, ni grandes porque supondrán mayores costes de adquisición, consumo y mantenimiento.

Otra práctica que reduce considerablemente el consumo es la instalación adecuada del equipo adquirido (según el tipo del equipo, se deben realizar una serie de acciones predeterminadas) y tener en cuenta otros factores que pueden influir en el funcionamiento adecuado del sistema, como puede ser la instalación de elementos que desprendan calor cerca del termostato o del evaporador del equipo de refrigeración.

3.5.3.2.5. MANTENIMIENTO

Como no podía ser de otra manera, el mantenimiento de los sistemas de refrigeración supone frecuentemente reducciones de consumo y el aumento de la vida útil del conjunto de componentes. Algunas de las prácticas más convenientes en este sentido son:

- Limpiar periódicamente los componentes del sistema, especialmente filtros y conductos que pueden estar obstruidos.
- Comprobar que las conexiones eléctricas están en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Comprobar el buen funcionamiento del sistema a diferentes temperaturas.
- Como en el caso de los sistemas de calefacción revisar que las conexiones de los tubos, y otros elementos están perfectamente ajustados evitando pérdidas y que la eficiencia del sistema se reduzca.

Es necesario tener en cuenta la posibilidad de sustitución o reparación de los equipos con el fin de generar posibles ahorros energéticos en el futuro. Para el análisis de la inversión se puede utilizar el ya mencionado libro de Excel con el mismo nombre.

3.6 COGENERACIÓN

Se trata de una forma alternativa de generar energía eléctrica o mecánica a partir de energía térmica (y viceversa) que se utiliza en procesos de fabricación o en otro tipo de actividades, o a partir de la energía en forma de calor que se disipa en ciertos equipos en su funcionamiento.

Es evidente que si reutilizamos la energía, la eficiencia del conjunto aumenta, minimizando las pérdidas en forma de energía y el consumo de energía eléctrica y por lo tanto se reducen los costes asociados a las facturas.

Este tipo de sistema de reutilización de la energía es muy viable en las grandes industrias demandantes de calor para su proceso productivo como pueden ser las centrales térmicas.

Existen dos posibilidades en el proceso de generación:

- Ciclo de cabecera:
La energía eléctrica o mecánica se genera en el primer escalón, a partir de la energía aportada por un combustible y la energía térmica que se genera en el proceso, denominado calor residual del proceso, se suministra a los procesos que lo requieren (segundo escalón). Normalmente los ciclos de cabecera son eficaces en procesos que requieren temperaturas moderadas.
- Ciclo de cola:
La energía térmica de los procesos es utilizada posteriormente para generar energía eléctrica. Normalmente se utilizan intercambiadores de calor para llevar a cabo el proceso, pero existe una pega, y es que a menudo los efluentes son corrosivos y los intercambiadores que aguantan esas condiciones son muy caros

Existe una gran variedad de mecanismos que se pueden utilizar para implantar un sistema de este tipo, y en función de la situación y procesos unos son más adecuados que otros. Las tecnologías más utilizadas son los motores alternativos de combustión interna y las turbinas de gas.

Como en todos los sistemas que hemos visto, para su implantación ha de realizarse previamente un análisis de viabilidad de la inversión. Utilizaremos la hoja Excel programada ya utilizada en apartados anteriores.

Al tratarse de un sistema conjunto de varios componentes, se debe realizar una serie de acciones similares a las vistas en otros puntos, como mantenimiento y seguimiento de los equipos, asegurando el correcto funcionamiento del conjunto y por lo tanto que se conservan las condiciones de eficiencia energética.

3.7. PROPUESTAS DE IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Para las pequeñas y medianas empresas las soluciones más económicas en este ámbito son la energía eólica y la solar fotovoltaica.

Durante años desde el gobierno español se han facilitado la instalación de estos equipos ayudando económicamente mediante subvenciones, aunque desde hace ya unos años por el panorama económico que pasa España estas ayudas han decrecido, viéndose reducidas a cero finalmente. Este hecho nos hace plantearnos si realmente se recupera la inversión realizada en este ámbito y por lo tanto debemos realizar bien los cálculos de la inversión antes de llevarla a cabo.

Antes de implantar estas medidas debemos dimensionar los equipos que vamos a utilizar. Hace unos años esto no suponía un gran problema, es decir, si se sobredimensionaba el sistema, y la energía eléctrica generada, era superior a la consumida, se podía vender a las grandes compañías, generando amplios beneficios. Actualmente el precio que ofrecen por kW de esta energía generada es inferior y no se generan apenas beneficios.

3.7.1. ENERGÍA EÓLICA

Se trata de la generación de energía eléctrica a partir de la fuerza del viento, que hace girar las hélices de los aerogeneradores. En las pequeñas empresas y casas particulares la instalación más recomendable es de minigeneradores eólicos.

No todos los climas y zonas climáticas, así como la zona de instalación son iguales. Algunos son más propicios por lo que antes de la implantación de alguno de estos sistemas se debe realizar un análisis climatológico.

Los minigeneradores más utilizados en este sentido son los de 1 kW de potencia (funcionando a pleno rendimiento durante una hora), que tienen unas palas de aproximadamente 80-90 cm, lo que supone un diámetro de 2 m de rotor. Otros equipos de más kW son más grandes y por lo tanto necesitan mayor altura y otras condiciones desfavorables para su instalación en pequeños edificios.

3.7.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es la energía eléctrica generada a partir de la energía aportada por el sol mediante el uso de paneles compuestos por un semiconductor denominados células fotovoltaicas.

El principal inconveniente de este tipo de energía renovable es el elevado precio de adquisición de los paneles, teniendo que realizar por lo tanto una inversión importante.

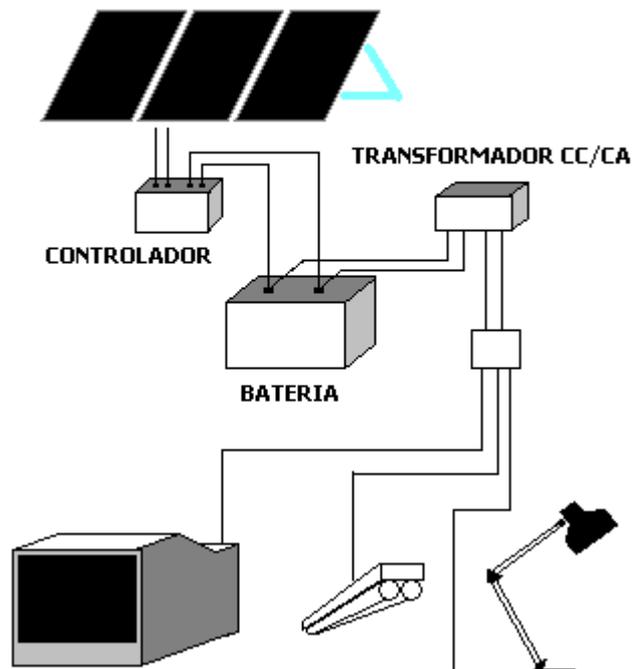
A pesar del elevado coste de instalación de esta fuente de energía, son altamente rentables debido a que los materiales que lo forman necesitan poco mantenimiento y no se degradan fácilmente. Otra ventaja que tienen es que si somos capaces de dimensionarlo correctamente, podremos autoabastecernos totalmente, y por lo tanto no depender de los cortes de tensión que pueden suceder en la línea de las empresas que suministran la energía eléctrica.

Podemos clasificar los sistemas de energía solar fotovoltaica dependiendo de la situación en relación a la conexión con la red eléctrica en 2 tipos:

1. Sistemas aislados:

Son indicados para aquellos edificios situados en zonas aisladas y que la instalación de tendido eléctrico supera en coste a la implantación de esta tecnología.

ESQUEMA SISTEMA AISLADO



Fuente: Sitiosolar

Los componentes que forman este sistema son:

- Paneles solares fotovoltaicos:
Se encargan de transformar la energía solar en energía eléctrica.

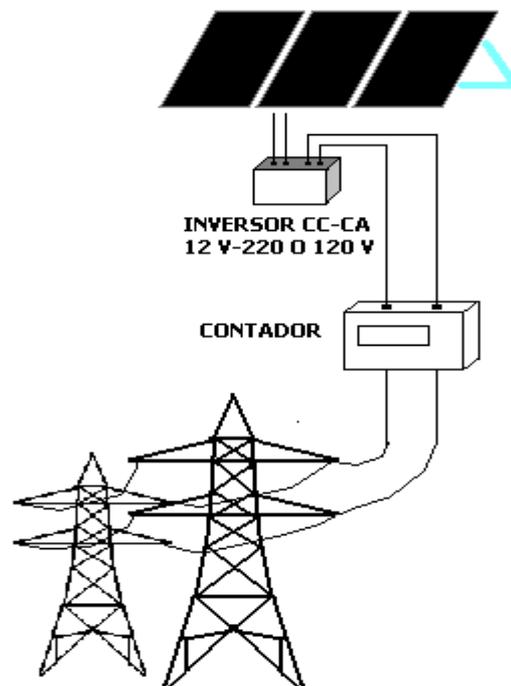
- Batería:
Su función es la de almacenar la energía eléctrica para aquellas situaciones en las que no haya luz o no se genere la energía que se consume en ese instante.

- Regulador:
Componente que evita que la batería sufra sobrecargas cuando la carga está completa y sigue produciéndose energía en los paneles.
- Inversor:
Elemento que transforma la energía continua (producida por los paneles) en alterna (consumida por la mayoría de equipos).

2. Sistemas conectados a red:

Existen dos posibilidades, la primera que la producción de energía mediante los paneles sea suficiente para el abastecimiento y que la red sirva de apoyo para cuando falte energía, y la segunda, que la energía producida mediante los paneles sea superior a la demanda y se inyecta a la red.

ESQUEMA SISTEMA CONECTADO A RED



Fuente: Sitiosolar

En este sistema existen 3 componentes principales:

- Paneles solares fotovoltaicos (misma función que en el otro caso).
- Inversor (misma función que en el otro caso).
- Contador:
Elemento que lleva un registro de la energía eléctrica que inyectamos a la red, independiente del contador normal que hay en todas los edificios

3.8. PRIORIDAD ENTRE MEDIDAS A IMPLEMENTAR

Ya conocemos todas las medidas y acciones relacionadas con la reducción del consumo de energía. A partir de ahora toca valorar cuales de ellas son las adecuadas y sobretodos elegir cuales de ellas son las más beneficiosas y por lo tanto establecer un orden de prioridad en la implementación.

Hemos visto que existen acciones que suponen un coste muy reducido, como puede ser la revisión y mantenimiento de equipos, tales como limpiar filtros, asegurar juntas, etc. Este tipo de acciones deben en su mayoría llevarse a cabo, porque no requieren a penas inversión, sólo algo de tiempo, y se alcanzan grandes resultados.

Las otras acciones propuestas tales como reparar o sustituir equipos o cambiar alguna estructura del edificio, son más complicadas de implementar y suponen una mayor inversión inicial, que a veces es incompatible con otras acciones del mismo tipo. Es por eso que hay que tener un especial cuidado a la hora de elegir qué actuación o actuaciones son las más adecuadas.

Personalmente creo que se debe establecer una serie de hitos para una adecuada elección de las actuaciones:

1. Establecer claramente los límites de presupuesto.
2. Generación de una lista de prioridades en la implementación de actuaciones, teniendo en cuenta que unas pueden influir en otras, y por lo tanto variar el retorno de la inversión.

Ejemplo: En una instalación de bombeo existen 3 bombas para elevar el agua de un depósito a otro más alto y desde allí, servir a la ciudad sin necesidad de más bombas hidráulicas intermediarias. Las 3 bombas están deterioradas y se estudia la posibilidad de cambio o reparación de todas, pero el dinero actualmente no posibilita la acción sobre todas. Solamente se puede cambia una de ellas por una muy potente, dejando una de las otras dos sin servicio o sustituir dos de las existentes por otras parecidas pero nuevas. El análisis de viabilidad de la inversión en el primero de los casos se efectúa sobre una única bomba, pero en el segundo caso se debe realizar sobre el conjunto porque la inversión depende de ambas bombas.

3. Determinar claramente las acciones a llevar a cabo y explicar minuciosamente en el informe los flujos derivados de las inversiones, VAN, TIR, etc.

3.9. ALINEACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DE CONSUMO Y TARIFA

Una vez instalados los nuevos equipos y después de realizar las modificaciones oportunas en los elementos que influyen en el consumo de las diferentes fuentes de energía debemos ajustar las tarifas energéticas.

En las facturas de combustibles derivados del petróleo poco es lo que podemos hacer, dependerá del precio en el momento de adquisición del combustible.

En cuanto al gas natural y la energía eléctrica podremos modificar la tarifa e incluso hacer una tarifa conjunta en el caso de utilizar las dos fuentes energéticas, proporcionando numerosas ventajas, sobretodo económicas. La factura de gas no es complicada de ajustar pero la eléctrica sí.

3.9.1. CAMBIO DE TARIFA Y POTENCIA CONTRATADA

Ya conocemos las diferentes tarifas eléctricas y sus características, y una vez realizado el primer análisis de las facturas podemos ajustar la potencia de los diferentes períodos horarios (en caso de que exista discriminación horaria).

Después de este primer cambio evaluaremos los cambios realizados en los elementos que influyen en el consumo, y la posibilidad de cambio de período de utilización de los equipos, es decir trasladar su uso a períodos en los que el consumo tiene un coste menor. Dependiendo del número de cambios realizados y posibilidades de cambio horario que ofrecen esta labor puede resultar más o menos compleja. Una vez que se ha conseguido fijar una tarifa y potencia contratada que se ajuste a las necesidades se elegirá la empresa comercializadora adecuada para que suponga un coste menor en el consumo.

Normalmente la primera aproximación resulta errónea por la complejidad de los cálculos por lo que si contratamos una potencia ligeramente superior nos evitará más de un problema y sobrecoste innecesario. Con el tiempo debemos evaluar la decisión tomada y realizar los cambios que sean oportunos.

Cada año los precios de los términos de las facturas cambian, por lo que se debe realizar un seguimiento continuo de las facturas con el fin tener la mejor solución y realizar un seguimiento de los costes (función fundamental en las empresas).

3.10. EJEMPLO ETAP DE LA COMARCA DE CERRATO, PALENCIA

En el punto de estudio de tarifas y en el de análisis de elementos de consumo hemos empezado a describir un ejemplo de la elaboración de una auditoría energética sobre una ETAP en la comarca de Cerrato en Palencia. En esos puntos analizábamos las facturas eléctricas de los diferentes períodos y describíamos el funcionamiento de la estación así como los elementos que influían en gran medida en el consumo de energía eléctrica. Posteriormente en este trabajo hemos descrito las mejoras que se pueden realizar sobre los equipos y otros elementos de consumo y posteriores acciones que se deben llevar a cabo en la auditoría para obtener unos resultados satisfactorios.

En este ejemplo vamos a describir como se utiliza detalladamente el Excel análisis de la inversión, para determinar qué medidas implementar y en qué orden. También modificaremos el hábito de consumo, es decir, modificaremos el uso de las bombas aprovechando mejor las horas valle de la discriminación horaria y ajustaremos de nuevo la potencia contratada.

3.10.1. AJUSTAR EL USO DE LAS BOMBAS A LOS PERÍODOS HORARIOS

Para ajustar bien el uso de las bombas en los períodos horarios debemos conocer bien la capacidad de los depósitos y el caudal que tiene cada bomba. El depósito T, tiene una capacidad de 110 m³ mientras que el depósito P tiene 1200 m³ de capacidad. También sabemos que las bombas utilizadas para llenar el depósito T tienen un caudal de 10 m³/h y 20 m³/h (esta bomba se utiliza en los meses de mayor demanda de agua, desde Julio hasta Noviembre) respectivamente y las bombas que llenan el depósito P tienen un caudal de 65 m³/h. Teniendo en cuenta estos datos, que solamente funciona una de las bombas de llenado, nunca varias a la vez y los datos de la demanda de agua, podemos calcular los m³ necesarios al día en un determinado mes y las horas de bombeo necesario para llenar el depósito para abastecer a la población:

Tabla 3.21 Demanda de agua total y periodificada

	T (m3)	m3/dia	h/bbeo	P (m3)	m3/dia	h/bbeo
Enero	3112	100	10	9230	297	4,57
Febrero	3267	105	10,5	7910	255	3,92
Marzo	3984	128	12,8	9110	293	4,51
Abril	4162	134	13,4	9540	307	4,72
Mayo	4705	151	15,1	10130	326	5,02
Junio	5968	192	19,2	11270	363	5,58
Julio	9186	296	14,8	17950	579	8,91
Agosto	10322	332	16,6	19230	620	9,54
Septiembre	9226	297	14,85	12030	388	5,97
Octubre	9098	293	14,65	9740	314	4,83

Noviembre	7621	245	12,25	9540	307	4,72
Diciembre	6452	208	20,8	10350	333	5,12
Total	77103	2481	174,95	136030	4382	67,42

Teniendo en cuenta los cálculos realizados y la capacidad de los depósitos, en el caso de P, en ningún mes la demanda supera la capacidad, y el tiempo de bombeo es inferior a las 8 horas de valle casi en todos los meses, por lo que se podrían utilizar las bombas en ese período a no ser que ocurran hechos anormales. En los meses que se requiera más tiempo de bombeo se hará en horas de período llano.

Para el caso de T, la capacidad del depósito es muy pequeña y con las bombas que tiene se necesita bombear durante gran parte del día para cubrir la demanda.

La distribución horaria actual es la siguiente, como ya vimos anteriormente en este trabajo:

Tabla 3.22 Distribución horario de consumo en función del bombeo

Período	Energía activa consumida		
	P1	P2	P3
	7%	27%	66%

Teniendo en cuenta los datos anteriores y la estimación oportuna de los meses y días que se necesita utilizar las bombas en los distintos períodos horarios se propone la siguiente distribución con el consiguiente ahorro anual (los precios de la energía son los que utiliza la empresa con Iberdrola):

Tabla 3.23 Nueva distribución de horas para el uso de las bombas

	P1	P2	P3	Coste (€)
€/kWh	0,1122	0,1002	0,059	-
Actual	0,07	0,27	0,66	18501
Propuesto	0,07	0,22	0,71	17979
Ahorro				523

3.10.2. SUSTITUCIÓN DE LAS BOMBAS

Tras la adecuada utilización horaria de las bombas, las siguientes medidas que debemos estudiar son la sustitución de las bombas más afectadas.

Si observamos una tabla resumen de las características de las bombas y los ratios ya mencionados anteriormente, podemos establecer un orden de prioridad. La tabla resumen es la siguiente:

Tabla 3.24 Características de las bombas

	BC1	BC2	BP1	BP2	BP3	BT1	BT2
Rend. Hidráulico	60,65%	57,94%	64,28%	57,81%	57,07%	56,56%	48,50%
Rend. Eléctrico	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%
Rend. Motor-Bomba	51,55%	49,24%	54,64%	49,14%	48,51%	48,08%	41,22%
Ratio Energía (Wh/m3/mca)	5,29	5,54	4,99	5,55	5,62	5,67	6,61

La bomba que presenta peores valores es la BT2, seguida de la BT1, BP3, BP2, BC2, BC1 y BP1. Pero no sólo debemos tener en cuenta estos valores, sino también el uso de cada una y el horario en que se utilizan. Como ya hemos mencionado, las bombas de T, funcionan durante diferentes períodos, lo que equivale a un mayor coste monetario en energía. Además de este dato importante, al existir 3 bombas para P, el uso de cada una es inferior al de las utilizadas en T, viéndose más afectadas por el paso del tiempo. Es por lo tanto obvio que las primeras bombas que se deben tratar son las BT2 y BT1 en ese orden.

Debido al escaso presupuesto que puede emplear la empresa en la reparación o sustitución de estas bombas, se decide sólo cambiar una de ellas, la BT2, y por lo tanto se piden a los diferentes distribuidores los datos de funcionamiento de algunos de sus equipos que se acerquen a las características de funcionamiento de la ya empleada. Una vez que se tengan los datos de las bombas, que son fundamentalmente, el precio y la curva de funcionamiento, se estudiará la viabilidad económica de la inversión.

En la curva de funcionamiento de las bombas además del caudal y la altura, también aparecen los ratios de rendimiento. Gracias a estas curvas y a los datos que tenemos de las instalaciones (tipo de canalización, materiales, etc.) se calculan los puntos de funcionamiento. El cálculo de estos puntos puede resultar costoso si se realiza a mano, sin embargo existen programas que realizan esta función inmediatamente introduciendo los datos.

Una vez encontrados los puntos de funcionamiento nos disponemos a determinar los ahorros energéticos que se consiguen tras la implantación de alguna de las bombas en lugar de la existente. Los resultados podemos verlos en la siguiente tabla:

Tabla 3.25 Ahorros energéticos de las nuevas bombas

BOMBA BT2	ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
Marca	MARELLI	LOWARA	VOGEL PUMPEN	BLOCH
Modelo	-	22SV14FH150T	MPA 40.2/5A	APM-40k
Caudal (m3/h)	19,60	20,1	19,6	19,2
Altura mano. (mca)	170,50	173,2	170	168
Rendimiento hidráulico	48,50%	70,10%	59,00%	62,00%
Rendimiento eléctrico	85,00%	88,00%	88,00%	88,00%
Rendimiento motor-bomba	41,20%	61,69%	51,92%	54,56%

Potencia (kW)	22,1	15,4	17,50	16,10
Gasto energía (Wh/m3/mca)	6,613	4,419	5,250	4,996
Volumen impulsado (m3/año)	45.453	45.453	45.453	45.453
Consumo energía (kWh/año)	51.251	34.825	40.583	38.114
Ahorro anual (kWh)	-	16.426	10.668	13.136
Inversión		4.288	4.400	2.941

Todos los datos de las tablas, salvo el volumen impulsado, el consumo de energía y el ahorro anual, provienen de los datos ya mencionados o de algún cálculo que ya hemos mencionado anteriormente, como el rendimiento hidráulico a partir del eléctrico y del motor-bomba.

El volumen impulsado proviene de la suma de los m3 de agua que se demandan en T a lo largo del año, es decir, de los meses desde Julio hasta Noviembre los 2 incluidos y que podemos obtener la suma de la tabla 3.21. Este valor es aproximado ya que cada año puede variar.

El consumo de energía se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo energía} = \frac{\text{Potencia} * \text{Volumen impulsado}}{\text{Caudal}}$$

Y con el consumo de energía de cada bomba con el supuesto volumen a impulsar y el consumo de la bomba actual se consiguen por diferencia los ahorros energéticos anuales.

Ahora que ya sabemos el ahorro anual energético y el coste monetario de la inversión podremos calcular cual de las 3 opciones es mejor solución, si es que alguna de ellas es económicamente viable. Para ello utilizaremos el Excel Análisis de la Inversión.

Suponemos en todos los casos que la vida útil de las bombas son 10 años, que el IPC es del 2% y el incremento de precios anual de la energía es del 6%. También suponemos un precio de la energía fruto de la media de los precios de todos los períodos, ya que se utilizará en todos ellos, ese precio será del 0,0827 euros por kWh. Así pues el resumen del análisis es el siguiente:

- LOWARA:

TIR	53,49%
VAN (IPC)	11.729,14 €
PAY-BACK	3,0

- VOGEL PUMPEL:

TIR	27,21%
VAN (IPC)	6.166,79 €

PAY-BACK	4,5
-----------------	------------

- BLOCH:

TIR	68,71%
VAN (IPC)	9.846,21 €
PAY-BACK	2,5

Como podemos observar el VAN de mayor valor es el de la primera opción, la bomba de LOWARA, por lo que la opción más recomendable será la sustitución de la bomba actual por esta.

Para más detalles el total de valores que se tienen en cuenta en el cálculo del análisis de la implantación de esta bomba son:

Tabla 3.26 Análisis de la inversión

		Años			
		1	2	3	4
Ingresos					
Precio medio del kw (inicio)		0,0872	0,0924	0,0980	0,1039
Ahorro kw año		16.015,35	15.695,04	15.459,62	15.305,02
Degradación		2,50%	2,00%	1,50%	1,00%
Ingresos anuales		1.396,54	1.450,72	1.514,70	1.589,53
Costes					
Amortización		428,80	428,80	428,80	428,80
Costes anuales		428,80	428,80	428,80	428,80
Resultado	13.202,42	967,74	1.021,92	1.085,90	1.160,73
Flujo Fondos proyecto		-2.891,46	1.450,72	1.514,70	1.589,53
Flujo fondos p. acumul.		-2.891,46	-1.440,74	73,96	1.663,49
Primer flujo positivo		0,0	0,0	74,0	0,0
Pay-Back Período		0,0	0,0	3,0	0,0

5	6	7	8	9	10
0,1101	0,1167	0,1237	0,1311	0,1390	0,1473
15.228,50	15.152,35	15.076,59	15.001,21	14.926,20	14.851,57
0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
1.676,47	1.768,18	1.864,90	1.966,91	2.074,50	2.187,97
428,80	428,80	428,80	428,80	428,80	428,80
428,80	428,80	428,80	428,80	428,80	428,80
1.247,67	1.339,38	1.436,10	1.538,11	1.645,70	1.759,17
1.676,47	1.768,18	1.864,90	1.966,91	2.074,50	2.187,97
3.339,97	5.108,14	6.973,04	8.939,95	11.014,44	13.202,42
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Los valores más importantes son los ingresos anuales, que nos determinan cual es el valor monetario que se reduce en el caso de que la bomba se utilice durante los 10 años en condiciones normales de funcionamiento.

Los otros valores se dividen en 3 partes, ingresos, costes y resultados. La primera de ellas, ingresos, tiene a su vez 4 valores:

- Precio medio del kW, que varía anualmente aumentando un 6% como habíamos descrito antes.
- Ahorro en kW que disminuye igual que la degradación del equipo, un 5% anualmente.
- Ingresos anuales que son el producto del precio del kW por el ahorro anual de kW.

La segunda parte, costes, tiene los siguientes valores:

- Amortización, que se considera lineal, por lo tanto es la fragmentación del coste de inversión en los diferentes años de la vida útil de manera equitativa.
- Costes anuales, que son la suma de los costes totales, amortización y mantenimiento si fuera necesario.

La última parte se corresponde con el resultado y contiene:

- El propio resultado, que es la diferencia entre los ingresos anuales y los costes anuales.
- El flujo de fondos de proyecto, flujo fondos acumulado y primer flujo positivo, que hacen referencia al coste inicial y a los ingresos, es decir, que valores vamos a tener de flujo en caja a partir de la inversión realizada en unidades monetarias.
- Pay-Back, calcula en qué año se recupera la inversión inicial, en este caso es en el año 3, a pesar de que la vida útil de la máquina son 10 años.

3.10.3. ALINEACIÓN ENTRE TARIFA Y MEDIDAS ADOPTADAS

Ya hemos tomado una serie de medidas que suponen una gran reducción del consumo, pero aún podemos hacer algo más.

Evidentemente si cambiamos el uso de las bombas en los diferentes períodos, trasladando parte del bombeo de agua de las horas punta a llano, se verá incrementado el uso de energía en ese período y por lo tanto puede que la potencia contratada varíe.

Teniendo en cuenta esta información y los datos mostrados en el capítulo de Análisis del consumo eléctrico, podemos hacer un primer cambio en la potencia contratada de los 3 períodos distintos. Como ya mencionamos es mejor no ajustar excesivamente la potencia a un valor óptimo dependiendo de un año, ya que en el próximo puede variar, y pueden ocurrir anomalías. Lo mejor es utilizar una potencia ligeramente superior al máximo en el caso de que sea más o menos constante en los diferentes meses del año, y ligeramente inferior al máximo en el caso de que sólo algunos meses tengan un valor alto respecto a la media.

En nuestro caso se decide optar por la siguiente contratación, 35 kW para el período de punta, y 100 kW para los otros 2 períodos. Así quedaría el coste asociado a la potencia:

Tabla 3.27 Contratación potencia

Potencia contratada			Potencia Registrada			Potencia facturada			Coste potencia
P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
35	100	100	16	86	85	29,75	86	85	516,969446
35	100	100	20	86	85	29,75	86	85	436,19297
35	100	100	15	84	85	29,75	85	85	497,556488
35	100	100	15	31	84	29,75	85	85	513,606697

35	100	100	12	23	84	29,75	85	85	481,506279
35	100	100	28	101	101	29,75	101	101	579,748535
35	100	100	36	100	100	36	100	100	533,484194
35	100	100	27	101	100	29,75	101	100	597,070463
35	100	100	98	101	101	220,5	101	101	1366,80536
35	100	100	38	101	103	40,5	101	103	639,911036
35	100	100	28	67	102	29,75	85	102	510,255813
35	100	100	28	40	102	29,75	85	102	493,795948
									7166,90323

Así el coste asociado será de 7166 euros frente a los 10402 que suponía antes, un ahorro significativo.

Como ya hemos mencionado en varios puntos, es necesario realizar un control periódico de los cambios realizamos, y más en este porque la diferencia de coste monetario de superar la potencia contratada es mucho mayor.

3.10.4. RESUMEN DE MEDIDAS Y AHORRO

Una vez determinadas todas las medidas que se van a llevar a cabo podemos elaborar un resumen del total de medidas adoptadas, el ahorro que suponen individualmente y en conjunto. También se pueden describir detalladamente en qué consisten las medidas en el caso de que fueran laboriosas o entramaran algún peligro.

Tabla 3.28 Resumen de medidas

Propuesta	Inversión	Ahorro (kWh/año)	Ahorro (€/año)	Periodo de amortización
iCambio modo de funcionamiento	400	0	523	0,77
Ajuste potencia contratada	200	0	3236	-
Cambio bomba BT2	4288	16426	1500	3
Total	4888	16426	5259	0,93

El valor del ahorro anual puede variar entre los diferentes años del período estimado, pero utilizamos los valores aproximados que hemos obtenido como resultado en los apartados anteriores, aunque como podemos observar en el caso de la sustitución de la bomba, el primer año es el que menos se ahorra respecto a los siguientes dentro de los 10 años, aumentando progresivamente debido al aumento del valor de la energía en mayor medida que el deterioro del equipo.

Como se puede ver en la tabla 3.28 en menos de un año podemos amortizar la inversión realizada, lo que significa que los cambios realizados cumplen perfectamente con el objetivo de la auditoría energética.

3.11. ELABORACIÓN DEL INFORME

El informe debe contener todos los puntos que forman la auditoría, desde el análisis de elementos de consumo hasta la alineación entre tarifa y los elementos de consumo. De esta manera se pueden identificar 2 partes en el informe:

El informe realizado se divide en 2 partes:

1) Situación actual:

- a) Consumo total.
- b) Consumo por elementos (destacando aquellos que son grandes consumidores).
- c) Resumen de las características técnicas de la estructura del edificio.

2) Medidas propuestas:

- a) Tarifa y potencia contratada más convenientes, con el correspondiente ahorro asociado.
- b) Reparación o sustitución de elementos de consumo con el coste total de la inversión y su viabilidad económica. En el caso de que se implante un modelo de cogeneración, se vea alterada la estructura del edificio o se instalen sistemas de energías renovables también serán incluidos en el informe.

A parte del informe escrito y aprobado por el personal adecuado, para llevar a cabo todas las medidas adoptadas y realizar un seguimiento y control de las mismas se crean unas hojas especiales para tal fin. En esas hojas deben quedar determinados los períodos de mantenimiento, revisión, etc. con la finalidad de garantizar que las acciones se lleven a cabo y asegurar en la medida la garantía de la inversión. Por lo esta parte del informe no queda cerrada, sino que se va actualizando conforme pases los períodos de la vida útil de los equipos y demás componentes y elementos del conjunto.

CONCLUSIONES

4. CONCLUSIONES

El trabajo, aparte de tener en cuenta un gran número de acciones y métodos de reducción de consumo de una gran variedad de elementos, nos presenta el gran problema en el que nos vemos inmersos por el carácter limitado de los recursos y sobre todo, el escaso control que se ha realizado para evitar el agotamiento de las fuentes naturales de recursos del planeta.

Podemos ver un atisbo de esperanza en el cambio producido en los consumidores en los últimos años, gracias a la implicación de los países en este ámbito. En España se han utilizado varios métodos, los más eficaces los Real Decreto mencionados, mientras que los planes a menudo no consiguen los objetivos marcados inicialmente, principalmente porque son a menudo inalcanzables con las medidas que plantean y el período estimado para lograrlos.

Además de tener en cuenta estos datos, es necesario que la gente se implique en la utilización racional de la energía, es por ello que es imprescindible que en cada hogar y puesto de trabajo, las personas que lo ocupan y utilizan los elementos de consumo conozcan unas nociones básicas que ayuden en esta tarea.

Bien es cierto que debido al carácter general del trabajo, no se puede profundizar en gran medida en una auditoría muy completa y que involucre el total de los equipos de una gran industria, es por eso que se establecen una serie de medidas genéricas en los diferentes aspectos que influyen en el consumo y se explica detenidamente un ejemplo de un caso real de una ETAP de la comarca de Cerrato en Palencia, en la que los elementos de mayor consumo son las bombas hidráulicas encargadas de captar el agua del río, y posteriormente trasladar el agua tratada a los diferentes depósitos que tiene dicha comarca.

Se especifican claramente cuáles son los datos que se deben tomar para elaborar la auditoría de esta instalación (facturas eléctricas, datos de caudal, presión, etc. de las bombas, tipo de canalización, agua tratada, etc.). También se adjuntan varios Excel para poder tratar estos datos de manera que facilite la comprensión de los mismos y nos ayude en la toma de decisiones posterior al análisis. Todos los libros Excel utilizados están debidamente explicados (función, cálculos, etc.) y son relativamente sencillos para que puedan ser utilizados por cualquier persona que lea este trabajo o tenga unas nociones básicas acerca de la eficiencia energética.

Es importante darse cuenta que las medidas propuestas y presentadas en el informe de la auditoría energética, tienen que tener siempre varios datos de carácter económico que haga referencia a la reducción del coste asociado al consumo energético, es decir, las medidas adoptadas se miden por el ahorro económico que presentan. En el ejemplo desarrollado la tabla 3.28 resume el conjunto de medidas y el valor económico que se ahorra anualmente gracias a su implantación.

En cuanto a las fuentes bibliográficas sobre este tema existe un gran número y muy variado, y la mayoría son relativamente nuevas debido al gran auge que existe a nivel mundial sobre la eficiencia energética. Si se necesitara profundizar sobre alguno de los elementos de consumo especialmente se pueden consultar o contratar empresas que ofrecen este tipo de servicios.

4.1. LÍNEAS FUTURAS

Tras estos primeros conceptos sobre una de las herramientas más utilizadas por las empresas e industrias en materia de la eficiencia energética, la auditoría energética, el siguiente paso a realizar sería estudiar de manera más detallada y profunda en un ámbito que puede mejorar la producción de energía, reducir los costes de las facturas de las empresas y hogares y reducir las emisiones de GEI. Este ámbito del que estamos hablando son las energías renovables.

Las energías renovables tienen que seguir aumentando su participación en el mercado y sobretodo seguir actualizando los mecanismos y elementos que lo componen con el fin de seguir reduciendo el consumo de recursos energéticos conservando la calidad de los productos y servicios que ofrecen las industrias y manteniendo el nivel de vida de la población. Es por ello que las líneas de investigación, innovación y desarrollo en este ámbito tienen que seguir obteniendo financiación pública y privada y tiene que ser apoyada por los diferentes organismos del gobierno relacionados.

ANEXOS

5. ANEXOS

PROTOCOLO DE KIOTO. Es un protocolo de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y también se trata de un acuerdo internacional cuyo objetivo principal es la reducción de la emisión de gases denominados de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro (SF_6). El porcentaje de reducción definido inicialmente para el período comprendido entre 2008 y 2012 frente a las emisiones de 1990 es el 5% aproximadamente.

INTENSIDAD ENERGÉTICA. Se trata de un indicador de la eficiencia energética de una economía de un país. Se calcula a partir de la fracción entre el consumo energético y el Producto Interior Bruto (PIB) del país.

ENERGÍA PRIMARIA. Se denomina energía primaria a toda la fuente energética existente en la naturaleza antes de ser utilizada.

GASES EFECTO INVERNADERO (GEI). Conjunto de gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero y por lo tanto al aumento progresivo de la temperatura media del planeta.

CICLO COMBINADO. Una central de ciclo combinado es aquella que produce energía eléctrica a partir de energía térmica mediante 2 ciclos termodinámicos, uno mediante la combustión en una turbina de gas y el otro, el convencional de agua/turbina de vapor.

COGENERACIÓN. Proceso de obtención de manera simultánea de energía térmica y eléctrica. Si se trata de trigeneración se obtiene también frío.

REE. Red Eléctrica de España. Es una empresa que actúa como operador del sistema eléctrico en el mercado energético español. Se encarga de la gestión del transporte de la energía pero no de su distribución.

PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. Es una plataforma cuyo objetivo es generar innovaciones en materia energética y así conseguir una reducción del consumo de energía.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA. Es la capacidad que un material presenta para transferir la energía cinética de sus partículas a otras partículas o sustancias adyacentes. La resistencia térmica es la magnitud inversa.

RESISTENCIA TÉRMICA. Es la capacidad que presenta un material para oponerse al intercambio de energía cinética entre las partículas del propio material y las adyacentes.

HIGROSCOPIA. Capacidad, que presentan algunos materiales, de absorción de humedad del medio circundante.

HIDRÓFUGO. Capacidad, que presentan los materiales, de evitar filtraciones y humedad.

CUBIERTA INVERTIDA. Es un tipo de construcción comúnmente utilizado. Es una cubierta plana en la que un aislante térmico cubre y protege a una lámina impermeabilizante.

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

Aranda, A., Barrio, F., Zabalza, I. y Díaz, S. (2010). *Técnicas para la elaboración de auditorías energéticas en el sector industrial: eficiencia energética*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Martínez, A., Valero, A., Aranda, A., Zabalza, I. y Scarpellini, S. (2006). *Disminución de costes energéticos en la empresa: tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética*. Madrid: Fundación Confemetal.

Aranda, A., Zabalza, I., Díaz, S. y Llera, E. (2010). *Eficiencia energética en instalaciones y equipamientos de edificios: eficiencia energética*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Sevillano, E. (2014, 3 de Junio). Europa cumple la reducción de emisiones de protocolo de Kioto. El País.

Sevillano, E., (2014, 10 de Febrero). Más de 800 millones de euros gastados para cumplir el protocolo de Kioto. El País.

Minetur, España (2011). Resumen del Plan de Energías renovables 2011-2020.

Minetur, España (2011). Plan de ahorro y eficiencia energética 2011-2020.

Minetur (Ministerio de Industria, Energía y Turismo). (2014, 6 de Mayo). Recuperado de <http://www.minetur.gob.es/es-ES/Paginas/index.aspx>

Magrama, España (2007). Estrategia española de cambio climático y energía limpia-horizonte 2007-2012-2020.

Magrama, España (2007). Estrategia española de calidad del aire.

Magrama, (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). (2014, 12 de Mayo). Recuperado de <http://www.magrama.gob.es/es/>

Instituto Nacional de Estadística. (2014, 10 de Mayo). Recuperado de <http://www.ine.es/>

El banco Mundial: Datos (2014, 15 de Mayo). Recuperado de <http://datos.bancomundial.org/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2014, 6 de Mayo). Recuperado de <http://www.idae.es/>

Red Eléctrica de España. (2014, 10 de Junio). Recuperado de www.ree.es/

Plataforma tecnológica española de eficiencia energética (PTE-EE). (2014, 20 de Mayo) Recuperado de <http://www.ptee.org/>

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2014, 14 de Junio) Recuperado de <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>

Asociación de empresas de eficiencia energética. (2014, 23 de Junio) Recuperado de <http://www.asociacion3e.org/>

España, Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE). Boletín Oficial del Estado, 28 de Marzo de 2006.

España, Real decreto 1027/2007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Boletín Oficial del Estado, 31 de Julio de 2007.

España, Real Decreto 47/2007, 19 de Enero, por el que se aprueba el procedimiento de certificación Energética en Edificios. Boletín Oficial del Estado, 31 de Enero de 2007.

Iberdrola (2014). Precios regulados 2014 electricidad y gas.

Red Eléctrica de España. (2014, 17 de Junio) Recuperado de <http://www.esios.ree.es/web-publica/>

IDAE, España (2007). Guía técnica de diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos.

DOW-building solutions. (2014, 30 de Junio) Recuperado de <http://building.dow.com/>

Ladrillos. (2014, 30 de Junio) Recuperado de <http://ladrillos.es/>

Word Reference. (2014, 8 de Julio) Recuperado de <http://www.wordreference.com/>

BAE-UKY, EEUU. Capítulo 11: Hogares Solares Pasivos. Recuperado de http://www.bae.uky.edu/energy/residential/guide/spanish/CAPITULO_11.pdf

PCE-Ibérica. (2014, 30 de Junio) Recuperado de <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/analizadores-redes-electricas.htm>

Compara tarifas de energía. (2014, 29 de Mayo) Recuperado de <http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/calcular-el-consumo>

IDAE, España (2001). Guía técnica de eficiencia energética en iluminación.

CITCEA-UPC. (2014, 15 de Junio) Recuperado de <http://www.citcea.upc.edu/index.php>

Ecoterra. (2014, 24 de Junio) Recuperado de <http://www.ecoterra.org/hoycambiomibombilla/info.html>

IDAE, España Curso Etiquetado Energético de los Electrodomésticos.

CIRCE. (2014, 21 de Mayo) Recuperado de <http://portal.circe.es/es-ES/Paginas/Home.aspx>

Arquitectnide. (2014, 2 de Julio) Recuperado de <http://arquitectnide.blogspot.com.es/2013/07/nueva-etiqueta-energetica-para-los.html>

Quadri, N. (2009) Ahorro energético y aprovechamiento de la energía en la climatización de edificios. Rumbos tecnológicos. Año 1. Volumen 1.

ECO-inteligencia. (2014, 5 de Julio) Recuperado de <http://www.ecointeligencia.com/2013/04/energias-renovables-en-casa-eolica/>

Sitiosolar. (2014 5 de Julio) Recuperado de <http://www.sitiosolar.com/la-electrificacion-solar-fotovoltaica-de-hogares/>

Wikipedia. (2014, 5 de Julio) Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

Bilbao, J.M., Rey, F. y Vidal, J.M. (2010). Lecciones de derecho constitucional I. Valladolid: Grafolex S.L.U.