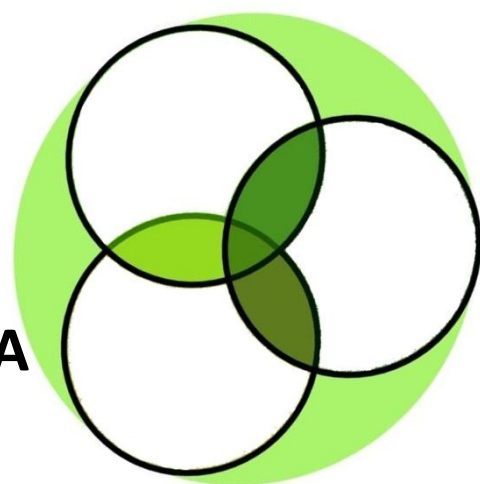


**ESTUDIO DE VIABILIDAD
DE MEDIDAS DE AHORRO
ENERGÉTICO EN EL
AYUNTAMIENTO DE TEO**

NORCONFORMA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 ANTECEDENTES GENERALES	5
1.2 ÁMBITO DE ACTUACIÓN : TEO	7
1.2.1 Situación geográfica y población.....	7
1.2.2 Clima.....	8
1.2.3 Actividad de la población	9
1.2.4 Teo: Ciudad en Transición	9
1.3 OBJETIVOS.....	10
2.RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	11
2.1 RECOPIACIÓN DE DOCUMENTOS YA REALIZADOS	11
2.2 RECOPIACIÓN DE DATOS	12
2.3 ENCUESTA SOBRE HÁBITOS.....	15
3. MEDIDAS A ADOPTAR	17
3.1 FLOTA AUTOMOVILÍSTICA.....	17
3.1.1 Justificación	17
3.1.2 Otras alternativas a la electrificación del parque automovilístico	18
3.1.3 La contaminación salud y motor de combustión	19
3.1.4 Eficiencia vehículo eléctrico <i>versus</i> combustión interna	19
3.1.4.1 Sistema generador mixto en un entorno de referencia	20
3.1.4.2 La cadena energética en relación al vehículo eléctrico	21
3.1.5 Análisis del parque automovilístico de Teo.....	23
3.2 CALDERAS.....	26
3.3 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.....	33
3.3.1 Enfriamiento por evaporación.....	33
3.3.2 Sistema de aire acondicionado	36
3.3.3 Ventiladores de techo.....	37
3.3.4 Enfriamiento por evaporación vs sistema de aire acondicionado.....	38

3.3.5 Propuesta de medida a realizar en el Ayuntamiento de Teo	38
3.4 ENERGÍAS RENOVABLES	40
3.4.1 La energía fotovoltaica como propuesta de autoproducción	40
3.4.2 Instalaciones fotovoltaicas aisladas	41
3.4.3 Propuesta de instalación fotovoltaica en el Ayuntamiento de Teo	42
3.5 ALUMBRADO MUNICIPAL EXTERIOR.....	44
3.5.1 Justificación	44
3.5.2 Eficiencia energética en iluminación	46
3.5.3 Tecnologías eficientes y sistema de ahorro	48
3.5.4 Lámparas y luminarias (LED)	53
3.5.4.1 Características lámparas LED.....	53
3.5.4.2 Características LED de alto rendimiento o inteligentes.....	54
4. CÁLCULO ECONÓMICO	58
4.1 PARÁMETROS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO ECONÓMICO	58
4.2 ESTIMACIÓN DE LA SUBIDA DEL PRECIO DEL kWh	60
4.3 FLOTA AUTOMOVILÍSTICA.....	61
4.3.1 Cálculo de ahorro energético	61
4.3.2 Viabilidad económica	62
4.4 CALDERAS.....	65
4.5 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.....	72
4.6 ENERGÍAS RENOVABLES	73
4.7 ILUMINACIÓN MUNICIAPL EXTERIOR	77
4.7.1 Cálculo de ahorro energético	77
4.7.2 Viabilidad económica	80

5. CÁLCULO EMISIONES CO₂	84
5.1 FACTORES DE EMISIÓN	84
5.2 EMISIONES DE CO ₂ : CONSUMO ELÉCTRICO	86
5.2.1 Consumo eléctrico sin medidas de ahorro energético.....	88
5.2.2 Reducción de emisiones de CO ₂ con medidas de ahorro eléctrico.....	89
5.3 EMISIONES DE CO ₂ : CALEFACCIÓN Y FLOTA DE VEHÍCULOS.....	91
5.3.1 Calefacción	91
5.3.2 Flota de vehículos.....	94
5.4 EMISIONES TOTALES DE CO ₂ DEL AYUNTAMIENTO DE TEO.....	96
5.5 COMPARATIVAS DE EMISIONES DE CO ₂	99
6. ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS	104
6.1 HÁBITOS	105
6.2 ACTITUD	106
7. CONCLUSIONES	107
8. ANEXO	110

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

El sector energético juega un papel de vital importancia en el desarrollo económico y social de las Naciones del Mundo. Alrededor de este mercado orbitan intereses políticos, económicos, medioambientales y sociales que trascienden las fronteras internacionales. Los países exportadores de petróleo y/o gas natural tienen el monopolio de los precios y de las condiciones de venta de estos recursos naturales. De cara a este juego de ofertas y demandas, la Unión Europea ha buscado fórmulas para frenar su dependencia energética.

Por otro lado, el Protocolo de Kyoto, firmado en 1997 y puesto en marcha en 2005, ha creado una matriz de consciencia, a nivel internacional, sobre los peligros del hombre hacia el frágil equilibrio climático del Planeta. En efecto, un aumento antropogénico anómalo e indiscriminado de las concentraciones troposféricas del CO₂ y de otros gases de efecto invernadero (GEI) tales como el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el ozono (O₃) y el vapor de agua, produce un inevitable desbalance y consecuente elevación de la temperatura terrestre que se conoce con el nombre de calentamiento global.

En los últimos años, las emisiones no naturales de CO₂ han superado las 50 Gton / año, con un crecimiento de 6,5 Gton / década. El nivel actual de GEI es el más alto en 420.000 años con un dramático incremento de las concentraciones de este gas a partir de la segunda mitad del siglo XX que coincide con la explosión demográfica y el alza en consumo energético. De esta forma, las políticas en materia de energía se ven también condicionadas, en mayor o menor grado (según el nivel de desarrollo de los diferentes Países), por la creciente presión social y por los acuerdos de Kyoto que establecen una reducción global de emisiones CO₂ de al menos un 5%, en el período 2008- 2012, tomado como año base 1990.

Sin embargo, la preocupación de gran parte de los Países del Mundo por la incertidumbre y volubilidad que acompañan al tema energético, es de larga data y precede incluso al Informe Brundtland de 1987. Las evaluaciones o estudios de optimización energética, ya sea en un contexto limitado, o en el marco de una auditoría integrada, se iniciaron en las décadas de los 70 y 80 como consecuencia de la crisis del petróleo y en respuesta activa, pero muy local, a estas grandes inquietudes de sostenibilidad energética a escala internacional.

En el momento coyuntural en que se llevaron a cabo en España las primeras evaluaciones de este tipo, se puso de manifiesto la gran dependencia energética de este País, así como también lo imprescindible de racionalizar el consumo de muchas empresas para garantizar de ese modo su propia supervivencia. Estudios técnicos y económicos demostraron que era posible la reducción del gasto energético de las mismas. Los primeros estudios de este tipo se hicieron en el grupo de empresas cuyo consumo superaba los 10.000 TEP/año (309 empresas = 65% del consumo total de España). En vista de los excelentes resultados

obtenidos, se dirigió otra campaña a aquellas con consumos entre 2.000 y 10.000 TEP/año. Finalmente se incluyeron todas las empresas con un consumo de hasta 500 TEP/año.

Paralelamente al desarrollo e implementación de estas primeras auditorías, se creó en 1974 del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), centro directivo de la Administración del Estado español, sin autonomía financiera hasta 1984. El IDAE estableció, entre otras cosas, una metodología de trabajo uniforme en las auditorías y diagnósticos energéticos. La segunda mitad de la década de los setenta y principios de los ochenta coincide también con la asignación de las primeras competencias en materia medioambiental, por parte del Gobierno central, a algunas de las Comunidades Autónomas españolas.

Está claro que, a lo largo de los últimos cuarenta años, la optimización energética se ha conseguido a través de múltiples esfuerzos mancomunados que incluyen evaluaciones de consumo, operaciones de demostración, adopción de tecnologías de vanguardia, implementación de procedimientos cada vez más eficientes y esquemas de subvenciones, disminuyendo así la dependencia energética de las empresas, oficinas e instituciones públicas y privadas. Establecer criterios de ahorro y eficiencia energética se ha convertido en un importante reto social que busca no sólo hacer frente a las constantes fluctuaciones de los precios del petróleo, sino también estar en resonancia con las políticas nacionales e internacionales de lucha contra el cambio climático migrando así hacia un nuevo modelo de crecimiento sostenible que trata de controlar el gasto de un recurso cuyo uso aun se puede llegar a optimizar.

En el caso particular de las administraciones locales (Ayuntamientos), las auditorías energéticas tienen como finalidad obtener un diagnóstico tecnológico a profundidad y un análisis técnico-económico financiero de la situación energética con respecto a las principales fuentes de consumo tales como las instalaciones eléctricas (principalmente el alumbrado público), los sistemas de climatización (calefacción y aire acondicionado) y la flota de vehículos. El paso final de estas auditorías consiste en formular y facilitar medidas correctoras viables para conseguir ahorros significativos en la facturación energética.

El alumbrado público, por ejemplo, puede alcanzar más del 50% del consumo eléctrico total de un Ayuntamiento. En España supone alrededor de 2.900 GWh/año, es decir aproximadamente 1,8% del total a nivel nacional. Esto implica, a su vez, la emisión a la atmósfera de aproximadamente 1.740.000 Tm de CO₂/año. A pesar de ello, existe en este sector un potencial de ahorro medio de hasta 10% (aproximadamente 174.000 Tm menos de emisiones de CO₂ al año), debido principalmente a que, por lo general, no se aplican en la totalidad de sus capacidades las tecnologías de eficiencia energética existentes para optimizar los niveles de iluminación.

Para la Comunidad Autónoma de Galicia, es importante destacar la iniciativa de la Diputación Provincial de A Coruña y su apoyo al Proyecto PEACE (Promoción de la Eficiencia, el Ahorro y la Calidad Energética) para el período 2007 – 2010. El objetivo principal de este Proyecto es asistir a los Ayuntamientos de A Coruña, con menos de 20.000 habitantes, en la mejora de su factura energética. En la primera etapa el Proyecto se ha compilado, con cierto nivel de detalle, un conocimiento del consumo energético de 83 Ayuntamientos, se han detectado los factores primordiales que inciden en este consumo y posteriormente se han evaluado y priorizado las distintas oportunidades de ahorro. Además del ahorro económico y de la priorización de las inversiones con el menor período de retorno posible, el Proyecto PEACE busca también priorizar las inversiones con una mejora ambiental en términos de la disminución de emisiones de CO₂ en consonancia con el espíritu medioambiental de la mayoría de las auditorías energéticas actuales.

1.2 ÁMBITO DE ACTUACIÓN: AYUNTAMIENTO DE TEO

1.2.1 Situación geográfica y población.

El Ayuntamiento de Teo está comprendido por trece parroquias que se extienden a lo largo de unos 80 km² pertenecientes a la comarca de Santiago de Compostela. Además de limitar con éste, lo hace también con Ames, Brión, Rois, Padrón, A Estrada y Vedra. Es, sin embargo, la capital de Galicia la que marca profundamente las características de dicho municipio, ya que se encuentra situado a unos 15 km de distancia.



Figura 1. Ayuntamiento de Teo

La cercanía del Ayuntamiento de Teo a Santiago de Compostela y el menor precio de la vivienda hacen de éste uno de los lugares predilectos por la población de Santiago para trasladar su domicilio, así como para asentarse los nuevos trabajadores de empresas o entidades públicas con sede en la capital. Muchas empresas compostelanas deciden también afincarse en las parroquias de Calo, Cacheiras y Os Tilos en donde el suelo es más barato y disponen de buenas comunicaciones.

Actualmente en Teo hay unos 18170 habitantes y dicha población está distribuida, según fuentes del INE e IGE de la siguiente manera:

- Menores de 15 años: 15.20 %
- Entre 15 y 64 años: 70.30 %
- Mayores de 64 años: 14.50 %

Se puede observar a continuación el alto crecimiento que ha sufrido dicho Ayuntamiento en los últimos cien años.

Evolución da poboación de Teo - desde 1900 ata 2010 -					
1900	1930	1950	1981	2004	2010
7.036	7.998	9.242	11.071	16.428	17.940

Fontes: [INE](#) e [IGE](#)

(Os criterios de rexistro censual variaron entre 1900 e 2004, e os datos do INE e do IGE poden non coincidir.)

Figura 2. Evolución de la población de Teo desde 1900 hasta 2010

El municipio se localiza en un área de suaves pendientes que descienden progresivamente desde el norte y oeste donde se encuentran las siguientes cimas: Pena Agrela de 410 m de altitud, Alto de Montouto con 339 metros y Monte da Pulga con 373 metros; hasta el Valle del Ulla a unos 100 metros sobre el nivel del mar.



Figura 3. Pontevea

1.2.2 Clima



Figura 4. Parque do Xirimbao

En cuanto al clima, Teo se encuentra dentro del dominio oceánico hiperhúmedo con temperaturas suaves, influenciadas por la presencia del Valle del Ulla en el sur y por las altitudes presentes en la parte septentrional descritas anteriormente. De esta forma, la temperatura media anual está entre los 13 y 14 °C, llegando en los meses de invierno a los 7°C. Las precipitaciones son elevadas y en forma de lluvia, registrando entre los 1700 y 1800 mm anual.

1.2.3 Actividad de la población

La actividad general de Teo es actualmente de un 55.4 % y una tasa de paro del 9.5 %. Por sectores de actividad, la agropecuaria ocupa a un 2.8 % de la población activa a tiempo parcial o total, contando con un total de 1172 explotaciones de las que la mayor parte se dedican a huertas, pastos y espacios forestales, siendo los cultivos hortícolas y la vid los que generan mayores ingresos. La ganadería porcina es la más destacada y cuenta con unas 1774 cabezas en todo el Ayuntamiento.

En el sector secundario se agrupa el 28,2 % de la población activa, repartida igualitariamente entre la construcción y la industria, encabezando las empresas transformadoras de madera y metal.

El sector terciario es el que ocupa a la mayor parte de la población activa, un 69 %, siendo el comercio en donde se sitúan la mayor parte de los empleos.

1.2.4. Teo: Ciudad en transición

Ciudades en transición es un movimiento internacional de personas que, ante el previsible fin del petróleo y la amenaza del cambio climático, han empezado a organizarse en sus municipios y localidades para hacerles frente y ser autosuficientes. Esta iniciativa es aplicable a pueblos, barrios, ciudades y comunidades.

El concepto fue creado por Louise Rooney, mientras asistía a las clases de permacultura de Rob Hopkins, quién posteriormente desarrolla, entre 2005 y 2006, dicha idea en su pueblo, Totnes, Inglaterra.

Desde entonces, el movimiento se ha extendido por todo el mundo, alcanzando al Ayuntamiento de Teo de la mano de la asociación “véspera de nada”. El 26 de Agosto de 2009 se aprueba en el pleno municipal una resolución que reconoce el problema del pico del petróleo y una puesta en marcha de medidas para estudiar y aminorar su impacto en la población local, haciendo la primera declaración institucional en iniciativas de transición en Galicia y la segunda en España.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos del presente proyecto son los que se listan a continuación:

- Estudio de las posibles líneas de actuación en materia de ahorro energético del Ayuntamiento de Teo.
- Propuesta de una serie de medidas de reducción de consumo eléctrico y/o de emisión de CO₂.
- Cálculo del ahorro y de la viabilidad económica de las medidas propuestas.
- Cálculo de la reducción de emisiones de CO₂ con la implantación de las medidas propuestas.

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.1 RECOPIACIÓN DE DOCUMENTOS YA REALIZADOS

En esta primera fase se recopilarán todos los estudios o documentos ya realizados, relacionados con el ahorro energético y/o el medio ambiente en el Ayuntamiento de Teo, que permitan disponer de información de partida y aprovechar los esfuerzos ya cometidos. El análisis documental se realizará, fundamentalmente, a través de la información secundaria proporcionada por el Ayuntamiento de Teo.

La herramienta de recogida de información que se empleará será un cuestionario remitido a la persona responsable que indicará si disponen de estudios, planes, auditorías, ordenanzas u otros tipos de documentos relacionados con el ahorro energético y/o el medio ambiente. En caso afirmativo, se procederá a la recogida de dicha información. Los estudios ya realizados sobre el Ayuntamiento de Teo en tema de ahorro energético y medio ambiente, y que nos fueron proporcionados se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Relación de estudios aportados por el Ayuntamiento de Teo

Título	Autor
Teo Informe ¹	<p>Proyecto PEACE "Promoción de la Eficiencia, el Ahorro y la Calidad Energética" (2007-2010).</p> <p>Promotor: Diputación Provincial de A Coruña (persona responsable: Susana Rouco)</p> <p>Dirección, coordinación y supervisión: Universidad de A Coruña (equipo: Juan Cagiao Villar, Alberto Varela García, Pedro Antas, Jesús Giz Novo, Xosé Manuel Acuña)</p> <p>Otros participantes: FAEPAC, GIGA, S.L., LIS_Laboratorio de Ingeniería Sostenible (Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia, UDC)</p>
Teo: Cara a autoxestión enerxética dos seus recursos	M. Castro Carballada, V. Gándara Villadóniga, Á. López Agüera, A. Moneo Montemayor, V.M. Olmos Gilbaja, D. Rey Rey, I. Rodríguez Cabo y M. Vázquez García.

¹ Auditoría energética.

Además, se ha contactado con un miembro del equipo directivo de Proyecto PEACE, Juan Cagiao Villar, que nos ha proporcionado informes, realizados dentro del Proyecto PEACE, de otros municipios vecinos a Teo. En concreto, los informes de Padrón, Brión, Vedra y Rois.

Una vez recopilada toda la información disponible se realizará un análisis para determinar las carencias y las fortalezas de las distintas líneas estratégicas y así poder acotar el rango de acción del proyecto.

2.2 RECOPIACIÓN DE DATOS

Para llevar a cabo el cálculo económico y de emisiones de CO₂ de las medidas que se desean implantar, es necesario saber el consumo eléctrico y de gasoil de las dependencias del municipio. El ayuntamiento de Teo nos ha proporcionado las facturas eléctricas de Julio, Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre del año 2009. En dichas facturas se encuentran recogidos tanto los consumos de las diferentes dependencias como los del alumbrado público. En la siguiente tabla se resume esta información en unidades de kWh.

Tabla 2. Consumo eléctrico en kWh (Julio - Diciembre 2009) según facturación suministrada por el Ayuntamiento de Teo.

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Alumbrado	79.702	450.790	166.627	538.877	201.187	597.660
Total alumbrado:						2.034.843 kWh
Otras dependencias						
Escuelas	4.813	21.712	26.416	26.622	42.742	39.206
	2.298	3.628	1.788	4369	2.149	3.907
Inst. culturales y deportivas	2.448	22.191	18.916	19.503	12.900	18.659
Edif. Municipales	3.041	19.581	22.056	32.337	21.829	40.886
Depuradoras	-	583	600	567	-	-
Subtotal	12.600	67.112	69.176	82.831	79.620	102.658
Total otras dependencias:						413.997kWh
Total por mes:	92.302	517.319	236.403	621.141	280.807	700.318
Total 6 meses:						2.448.840 kWh

En cuanto al consumo de gasoil, sólo existen datos registrados del periodo 2009-2010 y no están completos, como así se refleja en la documentación facilitada por el ayuntamiento de Teo. Se registran también algunos de los fallos ocurridos en las instalaciones durante el transcurso de dicho periodo, sin embargo, no sabemos si están registradas todas las incidencias ocurridas, ya que el sistema de registro no parece seguir un procedimiento previo estandarizado.

En la tabla se recoge el consumo de gasoil de las diferentes dependencias del Ayuntamiento de Teo.

Tabla 3. Pedido litros de gasoil por dependencias

Periodo 2009-2010	
Dependencia	Consumo (L)
AMENEIRO	0
ASPAMITE	1416
BAMONDE	0
CASALONGA	486
CASA DO CONCELLO	5051
CENTRO MÉDICO CACHEIRAS	500
CENTRO MÉDICO CALO	3702
CENTRO MÉDICO OS TILOS	2852
CENTRO MÉDICO PONTEVEA	800
ESCOLA DO AIDO	967
ESCOLA DE CAMPOS	403
ESCOLA DE SOLLÁNS	991
FRANCOS	144
GUARDERÍA DE CALO	2756
IGLESIA CACHEIRAS	1462
LOCAL SOCIAL AYTO	5000
LOCAL JUZGADO Y POLICÍA	3444
LOCAL DE BAMONDE	0
LOCAL BAICA	878
LOCAL SOCIAL LAMPAI	0
LOCAL SOCIAL TEO	827
LOCAL SOCIAL OZA(ESCUELA)	600
LOCAL SOCIAL OZA	1000
LOCAL SOCIAL RARÍS	1000
OZA	0
PONTEVEA	1608
RARÍS	760
RAXÓ	1074
RESELENDE	1453
SEDE CRA SOLLÁNS	2401

En cuanto a la flota automovilística del ayuntamiento, la información solicitada y proporcionada por el Ayuntamiento de Teo se recoge en las siguientes tablas.

Tabla 4. Relación de vehículos y kilometraje de los mismos

Matrícula	Marca y modelo de vehículo	Servicio	Fecha matriculación	Kilometraje (Km)
9988FMK	NISSAN NOTE 1.5 DCI	Administración general	20/03/2007	3137,3
7194FKJ	NISSAN PICK-UP	Obras, parques y jardines	12/01/2007	92421
4108GDF	RENAULT MASTER	Obras, parques y jardines	30/04/2008	52199
1136BZV	RENAULT TRAFIC	Obras, parques y jardines	30/09/2002	229884
1971GWX	NISSAN CABSTAR	Obras, parques y jardines	04/06/2010	11019
8957GYS	RENAULT KANGOO 1.5 DCI	Obras, parques y jardines	23/09/2010	10377
E1199BDK	JOHN DEERE-TRACTOR	Obras, parques y jardines	09/01/2006	5238 horas
C-90643-VE	LAMBORGHINI-TRACTOR	Obras, parques y jardines	10/01/1991	15660 horas
2924FWH	MERCEDES BENZ 822 ²	Protección civil	08/10/2007	18270
6669GJB	NISSAN PATHFINDER	Protección civil	20/10/2008	133635
8748GZZ	NISSAN QASHQAI	Protección civil	22/12/2010	9414
C-5309-BY	CITROËN XSARA	Protección civil	08/09/1998	301918
C-5261-BD	CAMIÓN DAF FA 1900NS	Recogida residuos	25/03/2007	500000
6999FKT	NISSAN PATHFINDER	Policía local	29/01/2007	173379
3637FSV	RENAULT MEGANE	Policía local	12/07/2007	105667
PO-4733-AS	PEUGEOT 309 1.6	Policía local	30/09/1992	73670
7946 CRG	PIAGGIO HEXAGON 250 GT ³	Policía local	13/01/2004	6210

² Motobomba

³ Motocicleta

Tabla 5. Facturación de combustible de la flota de vehículos

Año	2007	2008	2009	2010
POLICÍA LOCAL				
Crédito inicial	3.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	8.000,00 €
Gasto realizado	6.036,29 €	6.565,62 €	6.938,08 €	9.001,89 €
PROTECCION CIVIL				
Crédito inicial	1.200,00 €	1.500,00 €	1.500,00 €	7.000,00 €
Gasto realizado	3.097,76 €	6.372,74 €	7.451,64 €	9.475,31 €
OBRAS, PARQUES Y JARDINES				
Crédito inicial	3.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	18.000,00 €
Gasto realizado	10.477,24 €	27.153,27 €	16.395,58 €	22.557,03 €

2.3 ENCUESTA SOBRE HÁBITOS

También se ha realizado una encuesta sobre los hábitos de los empleados del Ayuntamiento en materia de ahorro energético, con el fin de determinar el grado de concienciación con el uso eficiente de la energía. La encuesta realizada es la siguiente.

Destinatario: Técnico medioambiental del Ayuntamiento

Preguntas:

- 1) Existe algún tipo de planificación para adaptarse a “ciudad en transición”.
- 2) Existe algún tipo de ordenanza municipal que fomente la eficiencia energética.
- 3) ¿Existe algún tipo de sistema de gestión medioambiental en el municipio?
- 4) ¿Se conoce el consumo energético anual de los edificios municipales?
- 5) ¿Se anima al personal a usar la energía de forma responsable?
- 6) ¿Se emplean sistemas de iluminación de bajo consumo en los edificios municipales?
- 7) ¿Se utiliza algún tipo de energía renovable para la producción de calor o energía? ¿Dónde?
- 8) ¿Se realizan revisiones periódicas de mantenimiento de edificios y equipos?
- 9) En las compras y contrataciones, ¿se considera la eficiencia energética de equipos, bienes o servicios como criterio de valoración? ¿Existe algún sistema de compras verdes?

10) ¿Se ha puesto en marcha algún plan de movilidad sostenible en el Ayuntamiento?

11) ¿Existe algún responsable de mantenimiento de los edificios?

Destinatario: Empleado

Preguntas:

- 1) ¿Cuál es tu horario de trabajo?
- 2) ¿Sueles dejar las luces encendidas cuando sales de una sala y esta se queda vacía?
- 3) ¿Utilizas la configuración de ahorro de energía en los equipos de la oficina (ordenador, impresora, fotocopidora...)?
- 4) ¿Mantienes el ordenador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlo? ¿Cuánto?
- 5) ¿A qué temperatura sueles programar el termostato de la calefacción en invierno y del aire acondicionado en verano?
- 6) ¿Se suelen dejar abiertas las puertas y ventanas cuando estos equipos están funcionando?
- 7) ¿Abres las ventanas y puertas con la calefacción o el aire acondicionado funcionando?
- 8) ¿Desenchufas los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utilizas y al terminar la jornada laboral?
- 9) ¿Ves positivo que se decidiera utilizar energías renovables para suministrar energía en la casa consistorial?
- 10) ¿Te parece bien que se ponga en marcha un plan en la casa consistorial y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético del centro?
- 11) ¿Estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía en tu lugar de trabajo?

3. MEDIDAS A ADOPTAR

Tras analizar toda la información facilitada por el Ayuntamiento de Teo y, en concreto, la auditoría realizada por el proyecto PEACE, centramos nuestra líneas de actuación en las principales carencias que presentaba dicha auditoría. Por tanto, este proyecto se centrará en el estudio de medidas centradas en cinco líneas estratégicas: flota automovilística, calderas, sistemas de aire acondicionado, energías renovables y alumbrado público. A continuación se detallarán los fundamentos de las medidas que se proponen para las líneas estratégicas citadas.

3.1 FLOTA AUTOMOVILÍSTICA

3.1.1. Justificación.

Las crisis del petróleo, 1973 la primera, 1979 la segunda, resultaron en el abandono del petróleo como fuente de generación de electricidad. La cada vez más cercana tercera crisis del petróleo o los problemas ambientales derivados de su utilización, cambio climático, debe implicar su desplazamiento del transporte.

Bien es cierto que tanto la escasez de recursos como los problemas ambientales derivados del transporte pasan por una política del mismo más sostenible, y no sólo por su electrificación, donde se ha de promover la reducción de la demanda, el uso de transportes no motorizados y el transporte público, haciendo hincapié en el ferrocarril, tanto para pasajeros como mercancías y el coche compartido, además de trabajar en la eficiencia de los vehículos. Pero dada la existencia de 800 millones de vehículos, la cultura de la movilidad motorizada individual, y aunque a pesar de las externalidades y costes del transporte actual, es de esperar un aumento del parque automovilístico en parte debido al desarrollo de China e India, entre otros países, de hecho las cifras que se manejan son de más de 1.500 millones en 2030, y para 2050, con tendencias previsibles se estima un parque automovilístico de 3.000 millones de vehículos, lo que implica la necesidad de un transporte individual motorizado mucho más eficiente, y ésta puede que sea el automóvil eléctrico conectado a la red, siempre y cuando gran parte de la energía eléctrica provenga de energías renovables.



Figura 5. Movilidad sostenible

El abandono de los combustibles fósiles para el transporte, tal y como lo conocemos, requiere la electrificación del mismo, como ya se ha comentado, el ciudadano demanda kilómetros motorizados, no carburantes.

Esta electrificación apunta a ser una realidad debido a las buenas condiciones que presenta: desarrollo de baterías de ión-Li principalmente y otros materiales en desarrollo, que tienen según los modelos actuales de transporte, autonomía suficiente, entre 60–400 km, para cubrir el 80% de los desplazamientos, que son menores de 60 km/día según diversos estudios. También cabe resaltar el desarrollo de las energías renovables, en especial, a día de hoy, la eólica y en un futuro la solar, que podrán aportar la energía necesaria, con emisiones cero de CO₂, y a un coste competitivo frente a carburantes fósiles y biocarburantes.

La optimización del transporte y su electrificación es importante también debido a la inseguridad en el abastecimiento del petróleo, el 95% de la energía que se consume para el transporte proviene de combustibles fósiles concretamente del petróleo, este recurso estará monopolizado por Rusia, Irán, Irak, Arabia Saudí y Qatar en el horizonte del 2050. Con la escasez del petróleo este irá alcanzando precios elevados con consecuencias negativas sobre el déficit comercial, la inflación y la actividad económica, así como las consecuencia ambientales derivadas de las emisiones de CO₂, contaminación atmosférica, de aquí la importancia de la dependencia del petróleo y su uso como fuente de energía.

Es entonces el transporte por carretera basado en el petróleo una amenaza al medio ambiente y a la seguridad energética, esta es la base para la mejora de la eficiencia y la electrificación del transporte.

3.1.2 Otras alternativas a la electrificación del parque automovilístico

Otras alternativas que se están barajando son combustibles fósiles conocidos como no convencionales, arenas alquitranadas, gas natural licuado, de este último dos terceras partes de las reservas están en Rusia, Irán y Qatar. También se investigan nuevas tecnologías como la licuefacción del carbón, todas ellas se pueden considerar *a priori* insostenibles, debido a que las tecnologías de almacenamiento geológico del CO₂, sólo son factibles para grandes centrales térmicas. También resultan insostenibles los biocarburantes a gran escala, ya que han de competir con la producción de alimentos, ser respetuosos con la conservación de la biodiversidad y el recurso agua, además la afección al ciclo del carbono será desfavorable, liberando CO₂ a la atmósfera si se basan en la sustitución de bosques por cultivos.

En cuanto al hidrógeno no parece a día de hoy una alternativa a tener en cuenta, dado que la producción de hidrógeno es cara e ineficiente y la infraestructura necesaria no existe, a diferencia de la red de distribución de electricidad que únicamente habría que adaptar a la electrificación del transporte. Además El desarrollo del hidrógeno y las pilas de combustible requiere mucha investigación y desarrollo. Por tanto a priori, la opción más ventajosa para el transporte es su electrificación, dado que el transporte eléctrico a día de hoy resulta más fácil de implantar y resulta más barata que el de hidrógeno. Además la electricidad siempre será muy superior al hidrógeno en cuanto a eficiencia, debido al proceso de producción, el lugar del hidrógeno será sin duda importante en el almacenamiento, para garantizar la generación

distribuida, como complemento a las energías renovables, pero un uso masivo en el transporte por carretera parece más incierto.

3.1.3 La contaminación salud y motor de combustión

El transporte por carretera representa sobre el 25% de las emisiones totales de CO₂, y es el sector más difícil de controlar duplicándose las emisiones desde 1990 a pesar de los esfuerzos sobre el control al límite de emisiones de los vehículos, algo normal si se tiene en cuenta que la economía europea se basa en el sector terciario, movimiento de personas y mercancías, y el transporte presenta por tanto un crecimiento ligado a la economía. Una de las políticas que se barajan para la estabilización y reducción de las emisiones, además del fomento de los medios de transporte masivos, es el fomento de los vehículos híbridos y eléctricos conectados a red, siempre y cuando el mix energético tenga un alto porcentaje de energías renovables. Ciertos estudios del coche eléctrico, que analizan su ciclo de vida demostraron que la electrificación del transporte con energías renovables liberan un 80% menos CO₂ que los vehículos tradicionales, no es el único contaminante emitido por el transporte, contaminantes como partículas PM10, NOx, hidrocarburos y CO son responsables de la muerte prematura de 16000 personas en el estado, cuatro veces más que las que provocan los accidentes de tráfico.

3.1.4 Eficiencia vehículo eléctrico *versus* combustión interna

La eficiencia del coche eléctrico depende del mix energético para la generación de energía primaria atendiendo a la estructura mixta que suponen las distintas centrales, la cual a su vez varía según los entornos geográficos de referencia.

La publicación de la eco-ficha “Balance ambiental de energía para la generación de 1 kWh eléctrico”, permite calcular el rendimiento medio ponderado, en base a la eficiencia energética.

Se escogen las cuatro unidades siguientes según R. Bargalló et al:

Tabla 6. Rendimientos medios de grupos generadores

Tipo de unidad generadora	Rendimiento medio atribuido
Carbón/Fuel/Gas/Ciclo combinado	28,90%
Nuclear	22,30%
Hidráulica	71,20%
Eólica/Resto de renovables	54,60%

El autor para la determinación de los rendimientos de la tabla anterior, considera el alcance del ciclo de vida que afecta el consumo de las unidades generadoras, así la construcción de las mismas.

3.1.4.1 Sistema generador mixto en un entorno de referencia

El autor recoge en base al ejercicio económico de 2007, los porcentajes que corresponden a los apartados considerados en la siguiente tabla, en cuanto al mix de producción de energía de energía primaria, y referidos al conjunto de países de la Unión Europea de los 15 (EU-15), y a España, obtenidos a partir de la memoria de Red Eléctrica Española (REE), este apartado es ampliado para el ejercicio 2010, considerándolo más actual y con el que se trabajara. La fuente son datos de Red Eléctrica Española

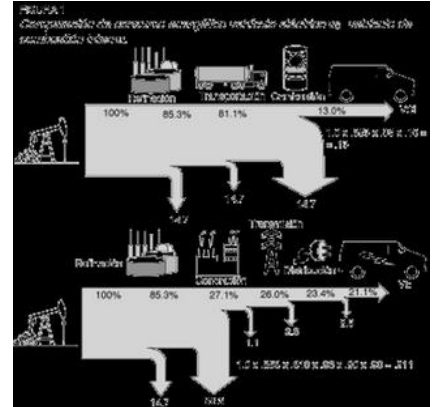


Figura 6 .Rendimiento coche motor combustión interna vs eléctrico

Tabla 7 .Composición de generación según unidad generadora

Tipo de unidad generadora	EU-15 2007	España 2007	España 2010
Carbón/Fuel/Gas/Ciclo combinado	53,40%	51,00%	33,40%
Nuclear	18,90%	28,00%	20,605
Hidráulica	18,60%	9,40%	13,7%
Eólica/Resto de renovables	9,00%	19,90%	32,30%

En base a los datos anteriores se obtiene el rendimiento medio ponderado de la generación total de energía primaria, correspondiente a EU15 y España (2007, 2010), hay que tener en cuenta que el año 2010 fue anormalmente lluvioso, con lo que la hidráulica tiene un peso anormalmente alto.

Según la expresión básica:

$$\eta_g = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot \mu_i)}{\sum_{i=1}^n (\alpha_i)} \quad [1]$$

La cual conduce a un resultado global de generación para EU15 $\eta_g = 37,80\%$; España (2007) $\eta_g = 36,69\%$; España (2010) $\eta_g = 41,64\%$

En un futuro, en un verdadero mercado libre donde se pueda elegir el tipo de energía que se quiera consumir, será más fácil elaborar y más cercanos a la realidad el cálculo de estos rendimientos.

3.1.4.2 La cadena energética en relación al vehículo eléctrico

Rendimientos asociados a la cadena energética en relación al vehículo eléctrico según R. Bargalló et al:

- Sistema mixto generador: η_g
- Transporte y distribución: η_t
- Convertidor electrónico y batería: $\eta_c \cdot \eta_b$
- Motor eléctrico: η_m
- Sistema mecánico del vehículo: η_{mec}

Las pérdidas por transporte y distribución de energía para la Europa de los 15 son del 6,32 % según Ferreira, es por tanto que se coge el dato de rendimiento $\eta_t = 93,7\%$ para el conjunto.

Para el convertidor electrónico de potencia que incorporan los equipos a base de rectificador, ondulator e inductancia, de acuerdo con ABB Automation Products S.A., los autores estiman un rendimiento $\eta_c = 97,0\%$.

Para la baterías se determina un rendimiento de $\eta_b = 98,8\%$. Tomando como batería tipo una de Ion-Li con una resistencia interna media de $0,175\text{m}\Omega$, con un rendimiento eléctrico del 99,14% según Automation Products S.A., que junto con el rendimiento de la conductancia térmica de la misma (99,63%) determinan el valor dado para el conjunto de la batería.

En relación con el motor eléctrico, se establece el rendimiento promedio para las potencias comprendidas entre 4 y 45 kW, de la serie 2p=4 polos, que indica la publicación Automation Products S.A. para cada uno de los tres niveles consignados en IEC 60034-30 (2008); estimándose según la tabla siguiente:

Tabla 8 .Rendimiento del motor según tipo

Tipo de motor	Rendimiento η
IE1 – Standard efficiency	87,40%
IE2 – High efficiency	89,90%
IE3 – Premium efficiency	91,40%

Los rendimientos anteriores se corregirán por la alimentación del motor según técnicas PWM, mediante la equipartición de pérdidas fijas y variables, asignando a estas últimas una corrección por armónicos según el binomio $[1+DTH^2]$, siendo la tasa de distorsión total armónica estimada del 47%, según la guía técnica de accionamientos de CA de la Automation Products S.A.

La frenada regenerativa que incluyen los coches eléctricos, así como la pérdida de rendimiento por trabajo que no sea el óptimo no se consideran, debido a que uno compensa al otro, incluyendo esta compensación el consumo de los servicios auxiliares del vehículo (luces, indicadores, confort...). En base a lo indicado anteriormente, los rendimientos de motor η_m , para cada referencia son los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 9 .Rendimiento del motor corregidos

Tipo de motor	Rendimiento η_m
IE1 – Standard efficiency	86,00%
IE2 – High efficiency	88,70%
IE3 – Premium efficiency	90,20%

Por último para el sistema mecánico, la transmisión de esfuerzos y los sistemas auxiliares de seguridad, se le asigna un rendimiento conjunto de $\eta_{mec} = 80,0\%$.

Resultados globales

El rendimiento η representativo de la eficiencia energética, según la cadena establecida en España para el coche eléctrico, $\eta = \eta_g \cdot \eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_m \cdot \eta_{mec}$, según R. Bargalló.

Resultando para cada uno de los niveles de motor referenciado, el rendimiento global indicado es:

Tabla 10 .Rendimiento global

Tipo de motor	Rendimiento η 2007	Rendimiento η 2010
IE1 – Standard efficiency	22,67%	25,72%
IE2 – High efficiency	23,38%	26,53%
IE3 – Premium efficiency	23,77%	26,98%

Rendimiento de la cadena establecida en España para los vehículos gasolina, diesel, biocarburantes. Teniendo en cuenta el proceso de extracción, refinamiento, almacenamiento, transporte, combustión motor y sistema mecánico, el rendimiento global está en un intervalo de: $\eta_p = 10-15\%$

Como se acaba de demostrar en los anteriores cálculos desde el punto de vista del aprovechamiento energético el coche eléctrico es un 10-15% más eficiente que uno de motor de combustión.

3.1.5 Análisis del parque automovilístico de Teo

El parque de automovilístico del Ayuntamiento de Teo está compuesto por los vehículos que se anexan en la siguiente tabla:

Tabla 11. Parque automovilístico Ayuntamiento de Teo

VEHICULO MUNICIPAL	SERVICIO	FECHA	
		MATRICULACIÓN	TRANSFERENCIA
NISSAN NOTE 1.5 DCI	Administración general	20/03/2007	
NISSAN PICK-UP	Obras, parques y jardines	12/01/2007	
RENAULT MASTER	Obras, parques y jardines	30/04/2008	
RENAULT TRAFIC	Obras, parques y jardines	30/09/2002	02/02/2010
NISSAN CABSTAR	Obras, parques y jardines	04/06/2010	
RENAULT KANGOO 1.5 DCI	Obras, parques y jardines	23/09/2010	
JOHN DEERE-TRACTOR	Obras, parques y jardines	09/01/2006	
LAMBORGHINI-TRACTOR	Obras, parques y jardines	10/01/1991	
MERCEDES BENZ 822	Protección civil	08/10/2007	
MOTOBOMBA			
NISSAN PATHFINDER	Protección civil	20/10/2008	
NISSAN QASHQAI	Protección civil	22/12/2010	
CITROËN XSARA	Protección civil	08/09/1998	
CAMIÓN DAF FA 1900NS	Recogida de residuos	25/03/1993	
NISSAN PATHFINDER	Policía local	29/01/2007	
RENAULT MEGANE	Policía local	12/07/2007	
PEUGEOT 309 1.6	Policía local	30/09/1992	23/10/2008
PIAGGIO HEXAGON 250 GT – MOTOCICLETA	Policía local	13/01/2004	

Como se puede observar en la tabla anterior los vehículos se distinguen por el servicio al que van asociado, todos ellos son diesel exceptuando uno de gasolina y la motocicleta.

A continuación se muestran los días de trabajo por servicio municipal:

Tabla 12 .Días trabajo a la semana según servicio

SERVICIO	DIAS TRABAJO/SEMANA
ADMINISTRACION XERAL	5
OBRAS, PARQUES Y JARDINES	5
PROTECCION CIVIL	7
RECOGIDA RESIDUOS	5
POLICIA LOCAL	7

Se calculo los días que tienen los coches como propiedad del Ayuntamiento, entendiéndose que son días de uso por parte del mismo, en base a la fecha de matriculación y poniendo como referencia el 13/06/2007, exceptuando la Renault Master, que es de segunda mano, y se tiene en cuenta la fecha de transferencia y no de matriculación.

Como no se tienen datos de consumo de combustible de los vehículos, ni de motorizaciones y potencia se cogen los datos de consumo mixto que establecen los fabricantes, estos datos son extraídos de la base de datos del IDAE y de la página web, <http://www.km77.com/>, al no conocer motorizaciones ni potencias se coge siempre el consumo más pequeño dentro de los que se mueve el modelo en cuestión y para el tipo de combustible dado, a partir de estos datos se obtienen los siguientes datos medios, de estos promedios se dejan fuera: el Nissan Note que presenta un uso testimonial, 2,8km diarios, la motocicleta, el Peugeot 309 y los camiones y tractores dado que es difícil conocer sus consumos, sin estimarlos mediante datos reales.

Tabla 13 .Definición coche tipo Teo

VEHICULO MUNICIPAL	KM	KM/DIA TRABJO	km/año	CONSUMO L/100km	€/100km	€/km	€/dia
NISSAN NOTE 1.5 DCI	3137,0	2,8	681,8	4,3	5,46 €	0,05 €	0,16 €
NISSAN PICK-UP	92421,0	80,2	19252,0	9,1	11,55 €	0,12 €	9,26 €
RENAULT MASTER	52199,0	64,2	15398,5	8,5	10,79 €	0,11 €	6,92 €
RENAULT TRAFIC	29884,0	84,4	20244,0	7,4	9,39 €	0,09 €	7,92 €
RENAULT KANGOO 1.5 DCI	10377,0	55,2	13257,3	5,2	6,60 €	0,07 €	3,65 €
NISSAN PATHFINDER	133635,0	138,3	46481,7	8,5	10,79 €	0,11 €	14,92 €
NISSAN QASHQAI	9414,0	54,4	18283,8	4,9	6,22 €	0,06 €	3,38 €
CITROËN XSARA	301918,0	64,8	21764,5	4,5	5,71 €	0,06 €	3,70 €
NISSAN PATHFINDER	173379,0	108,6	36500,8	8,5	10,79 €	0,11 €	11,72 €
RENAULT MEGANE	105667,0	73,8	24793,4	4,4	5,58 €	0,06 €	4,12 €
MEDIA	100988,2	80,4	23997,3	6,8	8,60 €	0,09 €	7,29 €

De este análisis podemos extraer los parámetros medios de la flota del Ayuntamiento de Teo, viendo que esta está caracterizada por los parámetros medios definidos arriba, siendo los más interesantes el consumo medio (6,8L/100km) y los kilómetros por día (23997,3).

Con los valores medios anteriormente definidos vamos a comprobar si la flota vehicular del Ayuntamiento de Teo podría estar compuesta por vehículos eléctricos, en teoría un vehículo eléctrico tiene una autonomía que se mueve entre una horquilla de 60–200km, lo que cubriría las necesidades del ayuntamiento, dado que la media diaria para la flota del ayuntamiento es de 80,4 km y la máxima es de 138,3 km, hay que decir que estos datos están estimados y no son datos reales, además de que al ser medidas medias no tienen en cuenta picos que sería lo que habría que buscar. Pero analicemos esta autonomía con un ejemplo real que bien podría representar el coche tipo del Ayuntamiento de Teo, según características



Figura 7 .Coche eléctrico

reales de un modelo eléctrico. Se define una autonomía de 175km.

La autonomía de los vehículos eléctricos depende de cinco factores:

- El estilo de conducción.
- La velocidad
- El uso de la calefacción y el aire acondicionado
- La topografía
- Temperatura ambiente

Según esto un vehículo con una autonomía de 175 km, tiene una autonomía de: 170 km a una temperatura ambiente de 20°C, sin aire acondicionado ni calefacción y a 24km/h; la autonomía es de 113 km a una velocidad de 43km/h y con el aire acondicionado puesto a 20°C; a 81km/h a 20°C y con aire acondicionado la autonomía es de 76 km; y a 60km/h, sin aire acondicionado y también a 20°C la autonomía es de 220km.

Lo que se deduce de estos datos, es que el coche eléctrico, por ahora, tiene unas prestaciones que se amoldan a trayectos cortos y lentos, es decir, ciudades donde la velocidad media es baja y los desplazamientos están por debajo de los 40km, por lo que un automóvil eléctrico con estas prestaciones no parece lo más indicado para un ayuntamiento como Teo.

3.2 CALDERAS

El ayuntamiento de Teo actualmente cuenta con calderas de gasoil como modo de calefacción y producción de agua caliente sanitaria. En este apartado estudiamos las opciones existentes y cuya aplicación fuera factible para una institución que es pionera en España en declaración de Iniciativas de Transición. Puesto que la premisa de dicho movimiento es hacer frente al Pico del Petróleo y al Cambio Climático, no parece muy sensato continuar con este medio de producción calorífica. Al tratarse de edificios ya construidos y con instalaciones de caldera de gasoil hechas, consideramos que la mejor opción sería la sustitución de dichas calderas por otras cuyo combustible fuera biomasa.

Tabla 14. Comparación entre biomasa y combustible fósil para su uso en una caldera

BIOMASA	COMBUSTIBLES FÓSILES
Inagotable	Se agotan
Es abundante	Cada vez hay menos
Precios competitivos y estables	Constante incremento de precios
Genera puestos de trabajo locales	Beneficio hacia el exterior
Emisiones nocivas prácticamente nulas	Altas emisiones nocivas

Se han hecho grandes avances respecto al aumento del rendimiento y en la reducción de las emisiones de partículas y monóxido de carbono CO. El estado actual de la tecnología de las calderas automáticas parece haber aumentado su rendimiento de un 60 % a un 85 – 92 % durante la década pasada, superando al rendimiento de las calderas de gasoil y se ha logrado una disminución de las emisiones del CO desde valores del rango de 5.000 mg/m³ hasta valores de 50 mg/m³ y menores.

La biomasa vegetal es la materia constituida por las plantas. La energía que contiene es energía solar almacenada durante el crecimiento por medio de la fotosíntesis. Por esta razón, la biomasa, constituye un recurso energético renovable y respetuoso con el medio ambiente.

Como beneficios medioambientales podemos destacar que las emisiones de las calderas, medidas en operación real tienen emisiones más bajas de SO₂, emisiones más bajas de NO_x y CO y emisiones parecidas de partículas que las calderas de gasoil. Sin embargo, las emisiones de calderas no son las únicas consecuencias para el medio ambiente que deben ser consideradas. La producción y el transporte del combustible suponen unas cantidades considerables de contaminación que necesitan considerarse para el equilibrio ambiental. Las emisiones que se desprenden del ciclo de vida de los pellets son mucho mayores que las del gasoil, analizado dicho ciclo de vida para un tecnología de caldera análoga, con condiciones estándar para los combustibles convencionales y suponiendo que los pellets de madera son

transportados en camión una distancia de 300 km. Incluso se considera las emisiones debidas a la producción y al reciclado de las calderas.

La comparación muestra, que los pellets cumplen mejor los límites de emisiones de CO₂ y CO. Las emisiones de SO₂ son significativamente más bajas que para las calderas de gasóleo y de gas. Las emisiones de partículas son leves pero su cantidad no supera los 20 kg al año, dos ceniceros llenos.

Calentarse con la biomasa no sólo es beneficioso para el medio ambiente, sino también para el ahorro puesto que para producir la misma cantidad de calor 2 kg de pellets equivalen a 1 litro de gasoil ya que el poder calorífico de los pellets es de entre 4000 y 45000 Kcal/Kg y el del gasoil es de 9500 Kcal/Kg. El siguiente gráfico permite comparar la diferencia de precio existente para la obtención del mismo poder calorífico:

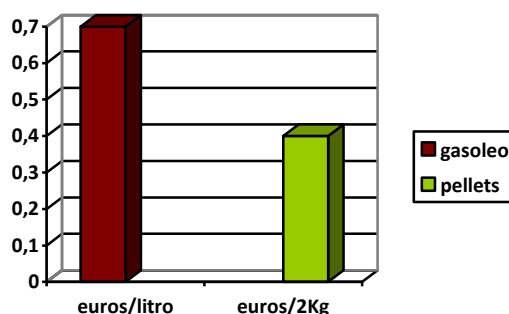


Figura 8.Comparativa precio gasoil-pellets

Existen numerosos tipos de combustibles vegetales como astillas de leña, huesos de aceituna, leña para quemar, etc y los pellets. Los pellets son residuos procedentes de limpiezas forestales e industrias madereras que son triturados y convertidos en virutas. Una vez secados para disminuir el nivel de humedad y las posibles resinas, son prensados en forma de pequeños cilindros. Los pellets son una aplicación evolucionada de la biomasa. Son limpios, de fácil manejo, ocupan poco espacio y permiten la capacidad de autoalimentarse a las calderas y estufas que los utilizan, funcionando así de forma autónoma durante horas.

En este caso nos hemos decantado por los pellets de madera no sólo por las características antes mencionadas sino también por la existencia de una empresa que los suministra, Ecowarm, sita en Brión, perteneciente al ayuntamiento de Teo. De este modo estaríamos cumpliendo otras de las premisas de las Iniciativas de Transición, la proximidad para un transporte mínimo y el desarrollo económico local.

En el caso de Teo existen dos opciones:

- **Equipos compactos.** Estas calderas son versiones agrandadas de las calderas domésticas de pellets. Son comparativamente baratos y bien aceptados, pues se han diseñado para calefacción doméstica. Eso significa que incluyen sistemas para la comodidad del usuario, como la limpieza automática, el encendido eléctrico y una alta fiabilidad.
- **Calderas de gasoil con un quemador de pellets.** Esta solución es común en Escandinavia. Una vieja caldera de gasoil existente se adapta con un quemador de pellets. Esto es una solución perceptiblemente más barata con algunas desventajas: la potencia obtenida se reduce alrededor del 30 % por la conversión y la limpieza de la caldera no puede ser automatizada siendo más laboriosa su operación.



Figura 9. Quemador para pellets aplicado a una caldera de gasóleo

La instalación de un sistema de calefacción de pellets cuesta unos 6900 euros y consta de los siguientes componentes:

- Caldera
- Deposito de pellet
- Sistema de alimentación de pellet
- Centralita de regulación
- Eventual acumulador inercial y calentador para agua sanitaria

Estos serían los aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de la elección de una caldera de biomasa:

- Alto rendimiento, (más del 85%), probado por mediciones certificadas.
- Bajas emisiones de CO (por debajo de 200 mg/m³), bajas emisiones de polvo (por debajo de 150 mg/m³ a plena carga)

- Modulación continua de la potencia de salida, (no solo regulación por conexión/desconexión, ya que esto causa emisiones y pérdidas altas)
- Alto grado de automatización para reducir el trabajo de mantenimiento.
- Posibilidad de telecontrol de los parámetros de la caldera por el suministrador de la misma
- Referencias que prueben que la caldera se ha utilizado en aplicaciones domésticas de calefacción con éxito

En cuanto al mantenimiento de la caldera de biomasa, la diferencia principal entre la operación de una caldera de pellets y una caldera de gasóleo es, que en la caldera de pellets las cenizas se deben retirar periódicamente. Es importante establecer por anticipado la identidad de la persona que va a tener la responsabilidad de esta tarea y que va a vigilar el almacenamiento del combustible. Existen calderas con la posibilidad de tener limpieza automática del intercambiador, lo que conlleva realizar un mínimo esfuerzo para limpiar el polvo de cenizas.

Los pellets pueden almacenarse en un depósito dentro del edificio, en una habitación cerrada cerca de la caldera o en un almacén separado fuera del edificio. Este puede ser un silo, en superficie o subterráneo, en una habitación desde donde el combustible es transportado hasta la caldera por un tornillo sinfín. Otra solución es un contenedor situado al lado del edificio, con rampas de descarga, que transporte la biomasa de uno a otro mediante de un vehículo de intercambio de carga. En el caso del Ayuntamiento de Teo, el almacenamiento de los pellets deberá hacerse adecuándose en cada caso al espacio existente, adaptando, en la medida de lo posible el espacio ocupado por el tanque de combustible de gasoil.

El volumen de almacenamiento depende de varios factores:

- Expectativa de la demanda de combustible,
- tipo de combustible,
- fiabilidad de suministro del combustible,
- espacio disponible,
- tamaño del vehículo de suministro,
- etc.

Para edificios existentes, siendo este el caso actual del Ayuntamiento de Teo, la solución más eficiente económicamente es, a menudo, adaptar el suministro de combustible al silo de almacenamiento existente, en lugar de construir uno nuevo. Llenar más del 70 por ciento del espacio del depósito es una tarea difícil y es importante poder descargar un camión completo sin tener que esperar a que se vacíe por completo el almacén. Por ello, cuando se proyecta un edificio nuevo el tamaño mínimo del depósito debe ser aproximadamente un 50 % mayor que un camión lleno de combustible o que la demanda de combustible para dos semanas.

Debe considerarse cómo se puede vaciar el almacén en caso de ocurrir un fallo técnico del equipo.

El almacenamiento de pellets tiene unas características específicas de seguridad para prevenir problemas como, el daño del silo, autocombustiones, explosiones o la degradación del combustible. Un cuarto de almacenamiento de pellets debe cumplir: Estar completamente seco.

- Tener una capa de goma que proteja la pared de los golpes de los pellets durante su manipulación.
- Las puertas del almacén deben ser compactas y resistentes al fuego, y unos tabloncillos de madera deben proteger las puertas contra la presión de los pellets.
- Las instalaciones eléctricas dentro del almacén no están permitidas.
- El sistema neumático de las tuberías debe tener una toma de tierra para prevenir chispas electrostáticas durante la carga.
- Las paredes deben ser suficientemente fuertes para soportar la presión de los pellets.
- Las paredes deben ser resistentes al fuego durante 90 minutos.
- Una vez al año debe limpiarse el polvo acumulado y deben ser engrasados los cojinetes del tornillo sin fin.

En algunas dependencias que carecen de sistema de radiadores instalado se utilizan radiadores eléctricos de distintos tipos:



Figura 10. Calefactor de infrarrojos



Figura 11. Radiador de aceite

Este tipo de aparatos tiene un alto consumo energético, sin embargo, la solución a este problema es costosa, ya que se tendría que realizar la instalación del sistema de radiadores asociado a la caldera de gasoil, siempre y cuando dicha dependencia estuviera dotada de una.

Otra solución sería instalar estufas de pellets o las clásicas de leña con la tecnología de última generación. Estas dos anteriores requieren instalación y una inversión elevada, aunque a largo plazo serían más rentables, a priori no parecen la mejor opción.

Así pues, seguirán usándose estos aparatos en aquellas dependencias que lo requieran y deberán utilizarse de la manera más eficiente posible, mejorando las condiciones de la estancia que están climatizando, para así optimizar su rendimiento.

Por otra parte, para las calderas de gasoil existentes y su mayor eficiencia se requiere un buen mantenimiento, hecho que parece fallar en las distintas calderas existentes del Ayuntamiento, ya que existen numerosos fallos registrados sólo en el periodo del que disponemos datos.

Las tareas de revisión deberán ser periódicas y actuarán en ellas técnicos especializados y debidamente autorizados.

Estos instaladores realizarán la labor de medir los consumos de combustible y de agua, supervisar la temperatura de los gases de combustión y ambiente, comprobar los índices de los gases expulsados y la opacidad de los humos, verificar el tiro de la chimenea y limpiar la caldera y su circuito de humos.

Hay tareas que inciden sobre el particular que no son tan técnicas, pero no por ello menos importantes, ya que si se quiere mejorar el rendimiento de la instalación se deberán vigilar una serie de factores como son:

- la regulación y el control de la caldera
- los quemadores
- la independencia del sistema de calefacción y del agua caliente sanitaria.

Para la perfecta conservación de la caldera se deberá observar periódicamente que esté libre de causas externas que puedan bajar o anular su rendimiento como son su ventilación, el hollín que genera la combustión las incrustaciones de cal, la chimenea, condensaciones y el quemador.

Con el fin de no despilfarrar energía, las instalaciones de calefacción deberán tener:

- Un regulador automático de temperatura que sea capaz de controlar y regular el calor.
- Quemadores de dos etapas para evitar que la caldera funcione con un exceso de potencia.

3.3 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Los equipos de aire acondicionado requieren un elevado consumo de energía eléctrica. Por eso, es necesaria la elección y utilización de equipos de aire acondicionado con una elevada eficiencia. A continuación se resume el funcionamiento y características de los sistemas más frecuentes para proporcionar aire acondicionado: el sistema de enfriamiento por evaporación, el sistema convencional de aire acondicionado y por último los ventiladores de techo.

3.3.1 Enfriamiento por Evaporación

El enfriamiento por evaporación es una manera completamente natural de producir aire frío refrescante de alta calidad. El refrigerador evaporativo es conocido hoy en día como “enfriador bioclimático” y su funcionamiento logra una climatización similar a la brisa marina.

Funcionamiento

El proceso consiste en provocar la circulación de aire proveniente del exterior a través de unos filtros por donde circula agua: el aire cede calor al agua para su cambio de estado líquido a gas (evaporación). Con esta cesión de energía el aire se enfría y el vapor de agua pasa a formar parte del aire, aumentando su humedad. Una vez realizado el proceso, puede utilizarse este aire frío y húmedo para la climatización de la vivienda.

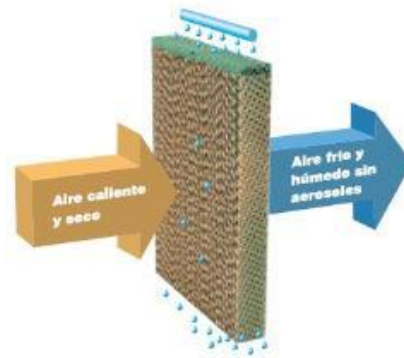


Figura 12. Filtro de un enfriador bioclimático

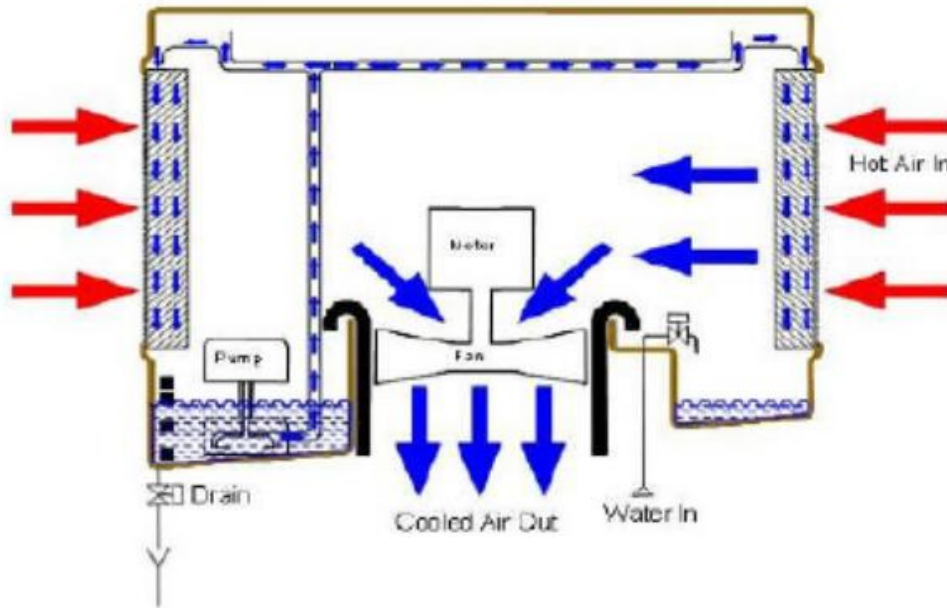


Figura 13. Esquema de funcionamiento de un enfriador bioclimático

El funcionamiento de un enfriador por evaporación depende de la temperatura del aire y de su humedad relativa. A temperaturas más altas y humedades menores se alcanzan mayores enfriamientos. Sin embargo, actualmente se emplean filtros de alta eficiencia para la humectación del aire, con lo que se logran excelentes resultados en ambientes con un 85% de humedad relativa.

Existen una serie de factores a tener en cuenta a la hora de instalar un sistema de enfriamiento por evaporación:

- Dejar salida al aire cuando el enfriador bioclimático trabaja para asegurar el adecuado flujo de aire y el enfriamiento óptimo. Es mejor que operen con puertas o ventanas abiertas.
- No usar nunca al mismo tiempo un enfriador bioclimático y el aire acondicionado, pues trabajarán uno en contra del otro.
- El mantenimiento de los equipos es muy importante. Los paneles necesitan ser limpiados o reemplazados anualmente. Además, el fondo de la unidad debe limpiarse completamente de partículas de polvo, polen y otros contaminantes.

Inversión

La tecnología por evaporación utiliza el agua como fundamento de la refrigeración, con el consiguiente ahorro de energía. Actualmente, se dispone de dos tipos de productos: para uso industrial y para vivienda. Austral Air⁴ establece que normalmente se necesita una inversión inicial de 18 euros por metro cuadrado para instalar un sistema de enfriamiento por evaporación. Pero no hace falta instalación previa si no quieres. También disponen de aparatos individuales portátiles que se venden en grandes almacenes. En portátiles existen varios modelos, aunque el precio depende de su capacidad de climatización: para superficies de 10 m² cuestan 280 €; para 20 m², 339 €. Consumen 60 y 90 W respectivamente.



Tabla 15. Características de equipos portátiles

Superficie (m ²)	Potencia (W)	Precio (€)
10	60	280
20	90	339

Figura 14. Equipo portátil

Beneficios para la salud

El aire ambiente está compuesto de iones positivos o cationes y de iones negativos o aniones. Los aniones hacen que los órganos del cuerpo humano absorban mejor el oxígeno, lo que mejora la salud personal y el confort. Además, tienen la capacidad de absorber partículas, bacterias y virus del polvo que están normalmente con carga positiva y los neutralizan. La Organización Mundial de la Salud (WHO) ha especificado que el contenido de aniones en el aire no debe ser inferior a 1.000 por cm³ de aire. Si el contenido del anión del aire interior se eleva a 1.500 por cc de aire, puede mejorar el humor de los que permanezcan en el cuarto de modo que puedan trabajar mejor con una eficacia más alta.

Los cationes tienen efectos adversos sobre la salud como dolores de cabeza, obstrucción nasal, fatiga, ronquera, infecciones frecuentes, mareo, etc. Los aparatos electrodomésticos consumen los iones negativos del aire (aniones) y los vuelven positivos (cationes). En las habitaciones cerradas en las que el aire acondicionado funciona continuamente y no se renueva el aire, el contenido de iones positivos del aire aumenta con rapidez, lo que produce la así llamada "enfermedad del aire acondicionado" (mareos, insomnio, estrés y otros problemas de salud).

⁴ Empresa distribuidora en España de los productos de Seeley Internacional, compañía australiana de climatización especializada en sistemas evaporativos.

3.3.2 Sistema de aire acondicionado

El acondicionamiento de aire es el proceso en el cual se trata el aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad y el movimiento del aire adentro de los locales.

Existen diferentes configuraciones para los sistemas de aire acondicionado.

- Sistemas compactos, el evaporador y el condensador están en la misma carcasa. Son transportables y normalmente, expulsan el aire al exterior por el condensador.
- Sistemas partidos, hay dos unidades, una interior y otra exterior, conectadas por conducciones frigoríficas.

Funcionamiento

El sistema partido es el más tradicional. Las dos unidades, exterior e interior, están comunicados por un circuito, y dentro de éste hay un gas refrigerante. Mientras en el interior el refrigerante se evapora porque absorbe el calor, la unidad exterior transforma de nuevo el refrigerante en líquido y despiden el aire caliente. Por eso, se puede decir que el verdadero protagonista es el refrigerante en sí, ya que produce el aire frío dentro de la casa y expulsa el calor fuera de la vivienda. En la siguiente figura se puede observar el funcionamiento de este tipo de equipos de aire acondicionado.

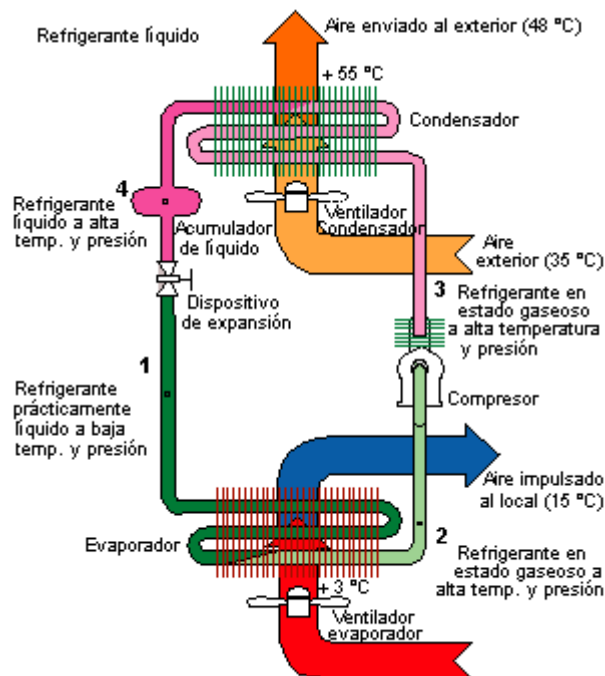


Figura 15. Esquema de funcionamiento de un sistema partido de aire acondicionado

3.3.3 Ventiladores de techo

El objetivo de los ventiladores es doble. En verano tienen la función de hacer disminuir la sensación de calor entre los ocupantes de una habitación. El ventilador genera una corriente de aire que hace que se acelere el ritmo de evaporación de la humedad de la piel y, además, se pierda más calor por convección. Es el denominado efecto “wind chill”.

En invierno, con la vivienda calefactada, hacen circular hacia abajo el aire más caliente que se ha estratificado en el techo, donde no tiene utilidad. La velocidad de giro durante esta época del año debe ser más lenta que en verano, precisamente para no producir el efecto anteriormente comentado.



Figura 16. Ventilador de techo

3.3.4 Enfriamiento por evaporación vs Sistema de aire acondicionado

Los dos sistemas para aclimatar el aire ambiente en una habitación que requieren mayor inversión y son más eficientes son el enfriamiento por evaporación y los equipos de aire acondicionado. Por tanto, vamos a realizar una comparativa para ver las ventajas y desventajas de cada uno.

Tabla 16. Características técnicas y ambientales de un sistema de aire acondicionado y un enfriamiento por evaporación

	Aire Acondicionado	Enfriamiento por evaporación
Consumo eléctrico (kW/h)	20,6	1,36
Consumo agua (m ³ /h)	-	0,04
Emisiones CO ₂ (g/h)	3.090	204
Coste total temporada	1.040,00€	80,00€
Emisiones CO ₂ totales temporada	1.560 Kg	107 Kg

Fuente: AECO₂ (Universidad de Valencia)

Para 200 m² de superficie, base de cálculo establecida para 6 h/día, 21 días/mes y 4 meses/año de funcionamiento

Tabla 17. Comparación entre un sistema de Enfriamiento por evaporación y uno de aire acondicionado

Enfriamiento por Evaporación	Aire Acondicionado
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emplea sólo el 10% de electricidad comparado con el aire acondicionado convencional. ▪ No emplea refrigerantes. (Agua). ▪ Suministra aire enfriado 100% nuevo. ▪ Baja huella de carbono. ▪ Ingeniería sencilla. ▪ Menor coste de adquisición. ▪ Elevan el nivel de aniones (aire nuevo) con que el ambiente interior es más saludable. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto consumo energético debido al circuito de compresión del refrigerante. ▪ Empleo de refrigerantes dañinos para el medio ambiente. ▪ Usa principalmente aire reciclado. ▪ Alto impacto de CO₂. ▪ Ingeniería compleja ▪ Mayor coste de adquisición ▪ Genera cationes que inducen daños en la salud.

3.3.5 Propuestas o medidas a realizar en el Ayuntamiento de Teo.

El técnico de medioambiente del Ayuntamiento de Teo nos ha indicado que ninguna de las disposiciones tiene instalado un sistema de aire acondicionado. Esto puede deberse a dos razones, una es que no exista la necesidad de refrigerar el aire ambiente debido a las condiciones climáticas de Teo y otra es que el presupuesto disponible no sea suficiente para poder instalar este tipo de instalaciones.

El Real Decreto 486/1997 (BOE 23-4-97) establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben cumplir los lugares de trabajo, entre ellas la temperatura. Este R.D establece que la temperatura de locales en donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27°C.

A continuación se recogen en formato tabla la temperatura del aire y la humedad relativa registrada por la Estación Meteorológica Santiago-EOAS, los datos fueron obtenidos de la base de datos de Meteogalicia.

Tabla 18. Datos de temperatura del aire y humedad relativa 2010-2011

Mes	T _{max} aire (°C)	T _{minima} aire (°C)	T _{media} aire (°C)	Humedad relativa _{media} (%)
Año 2010				
Enero	15,6	-2,3	7,6	91
Febrero	15	-1,6	7,4	83
Marzo	18,9	0,3	9,4	77
Abril	27,4	2,5	13,1	76
Mayo	31,8	4,6	14,2	77
Junio	32,5	8,8	17,2	79
Julio	34,6	11,2	19,4	78
Agosto	35,8	12,2	19,8	75
Septiembre	33,5	8,2	17,6	79
Octubre	22,4	5,4	13,7	86
Noviembre	22,6	-2,3	9,4	93
Diciembre	19,4	-1,7	7,8	86
Año 2011				
Enero	15,3	0,9	8,8	86
Febrero	18,7	-0,1	8,9	88
Marzo	22,7	2,4	10,5	79
Abril	30,9	4,7	15,3	75
Mayo	30,1	8,3	15,6	78
Junio	27	7,2	15,5	75

Como se puede observar en la tabla 18, en los meses de verano se sobrepasa la temperatura máxima de trabajo (27°C) y por tanto sería aconsejable la instalación de un sistema de aclimatación del aire ambiente para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores.

Cabe destacar que los valores de la tabla 18 son los máximos registrados y no necesariamente significa que se alcancen muy a menudo. Por tanto, será decisión del Ayuntamiento la instalación de un sistema para aclimatar el aire debido a la inversión necesaria.

Propuesta de Medida de aire acondicionado:

Si durante los meses de verano se alcanzan frecuentemente temperaturas superiores a 27°C se recomienda la instalación de un sistema para acondicionar el aire ambiente. En este caso se recomendaría la instalación de un sistema de refrigeración por evaporación por las ventajas que este presentan frente al sistema convencional de aire acondicionado y que se recogen en la tabla 17.

3.4 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables suponen una alternativa a las fuentes de energía convencionales por las ventajas que presentan: ambientales, estratégicas y socioeconómicas. Dentro de la primera cabe destacar la no emisión de gases contaminantes, la no generación de residuos y su carácter inagotable. En cuanto a las ventajas estratégicas, destacar que las energías renovables se pueden emplear en la mayoría de los territorios mientras que un limitado número de lugares disponen de energía fósil. Y por último, las ventajas socioeconómicas son que crean cinco veces más puestos de trabajo y que contribuyen al equilibrio interterritorial al poder ser instaladas en zonas rurales.

El objetivo de las medidas relativas a las energías renovables no es tanto el ahorro energético sino el ahorro o reducción a cero de las emisiones de CO₂. Esto es un aspecto muy importante si tenemos en cuenta que el Ayuntamiento de Teo forma parte de la iniciativa “Ciudad en Transición” y una de sus premisas es hacer frente al cambio climático y a la previsible amenaza del fin del petróleo. Para ello es necesario implantar una serie de medidas que permitan que dichas ciudades sean autosuficientes e independientes energéticamente del petróleo. Otro de los objetivos de este movimiento es el desarrollo sostenible del municipio. Teniendo en cuenta estos conceptos, desarrollo sostenible e independencia del petróleo, las energías renovables son la mejor y única opción para que el municipio pueda satisfacer sus necesidades energéticas.

Además, actualmente, no es posible contratar una compañía eléctrica que garantice que su energía es producida exclusivamente mediante energías renovables. Por tanto, la única opción posible sería producir energía eléctrica mediante fuentes renovables en el propio municipio con el objetivo de autoabastecerse.

3.4.1 La energía fotovoltaica como propuesta de autoproducción

De entre las energías renovables, la más adecuada para producir energía eléctrica a nivel doméstico es la energía fotovoltaica. En un estudio realizado por la Universidad de Santiago de Compostela, *“Teo: Cara a autoxestión enerxética dos seus recursos”*, se incluye una propuesta de una instalación fotovoltaica con conexión a la red. En este caso, la energía producida se vendería recibiendo una prima económica y la energía consumida por el Ayuntamiento sería la proporcionada por una compañía eléctrica. Como nuestro objetivo es no depender del petróleo, dicha energía en vez de venderse se destinaría al consumo de las dependencias del Ayuntamiento consiguiendo así un consumo de energía sostenible e independiente del petróleo.

Por tanto, habría que adaptar la propuesta de instalación fotovoltaica con conexión a la red a una instalación fotovoltaica aislada (autoconsumo). Para ello, se necesitarían una serie de baterías para poder almacenar la energía y los equipos destinados a enviar la energía a la red no serían necesarios.

3.4.2 Instalaciones fotovoltaicas aisladas

Las instalaciones de fotovoltaica aislada se caracterizan por ser fiables, no necesitar combustibles, por tener un mantenimiento sencillo de bajo coste y porque pueden usarse en cualquier lugar con cualquier tamaño. Los elementos de una instalación fotovoltaica aislada se pueden observar en la siguiente figura.

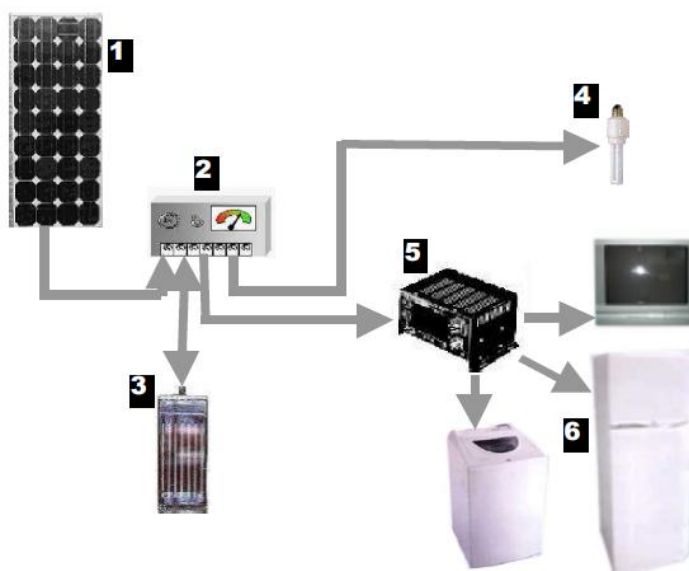


Figura 17. Elementos de una instalación fotovoltaica aislada

1) **Módulos o paneles fotovoltaicos.** Son los encargados de transformar la energía del sol en energía eléctrica.

2) **Regulador de carga.** Los módulos fotovoltaicos tienen una tensión de salida superior a la tensión nominal de las baterías. Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación, entre los paneles solares y las baterías se deben instalar un sistema de regulación de carga. Este regulador tiene como función impedir que la batería continúe recibiendo energía una vez que haya alcanzado su carga máxima.

3) **Acumuladores o baterías.** Son dispositivos que transforman la energía potencial química en energía eléctrica. La energía solar llega a la tierra de forma variable no sólo durante el día, sino también de la época de año y de las condiciones meteorológicas. Esto hace necesario la utilización de baterías capaces de almacenar la energía producida durante los periodos de no consumo y de alimentar la energía almacenada durante los periodos de consumo.

4) **Consumos de corriente continua**

5) **Inversor o convertidor continua-alterna.** Son equipos destinados a convertir la corriente continua de una batería o la proporcionada por los paneles solares en corriente alterna.

6) **Consumos de corriente alterna**

3.4.3 Propuesta de instalación fotovoltaica aislada en el Ayuntamiento de Teo

El objetivo de esta propuesta es tener una idea aproximada del coste de la instalación y del periodo de amortización para concluir si es viable realizar una instalación fotovoltaica aislada en el Ayuntamiento de Teo.

En el estudio citado anteriormente se propone la construcción de un sistema fotovoltaico como parte integrada de la cubierta de un aparcamiento para vehículos. Las características técnicas de la instalación se recogen en la tabla 19.



Figura 18. Modelo de instalación fotovoltaica como parte integrada de la cubierta de un aparcamiento

Tabla 19. Características técnicas de la instalación.

Panel Fotovoltaico	
Modelo de panel	CONERGY S 210 P
Potencia pico	210 Wp
Número de paneles	20
Dimensiones de la instalación	
Plaza de aparcamiento	4,77m x 2,3m
Número de plazas	5
Número de paneles por plaza	4
Superficie de la instalación	54,86m ²
Energía producida	5469,64 kWh/año

Esta instalación tiene una capacidad de 5469,64 kWh anuales. En las facturas eléctricas aportadas por el Ayuntamiento en donde se recogen los consumos eléctricos de las distintas dependencias, se observa que existen dependencias con consumos cercanos a los 5500kWh/año y que podrían abastecerse con una instalación de características similares a la propuesta.

La inversión necesaria para llevar a cabo la instalación de esta propuesta se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 20. Inversión necesaria para la instalación fotovoltaica propuesta

Equipo	Precio (€)
Paneles	9000
Soporte	5000
Regulador	313,2
Inversor	3227,12
Baterías	14977,92
Cableado	200
Ingeniería	7200
Logística y Montaje	4100
Inversión	44.018,24 €

La propuesta diseñada en el estudio anteriormente citado tiene como fin la venta de la electricidad a la red. En este caso, como la finalidad es el autoconsumo es necesaria la adquisición de una serie de baterías. Diversos documentos consultados de la bibliografía establecen que para una instalación fotovoltaica que produzca en torno a 15kWh diarios, 5475kWh/año, son necesarias 24 baterías de 2V cada una en una disposición de 12 baterías en serie conectadas en dos ramas en paralelo. Teniendo en cuenta las baterías, serán necesarios 44.018,24€ para llevar a cabo la instalación fotovoltaica propuesta.

3.5 ALUMBRADO MUNICIPAL EXTERIOR

3.5.1. Justificación

La reducción de consumo energético es una necesidad global, tanto en el contexto de crisis como en la solución del problema del cambio climático. Es decir, hay dos perspectivas claras, una de carácter medioambiental del consumo energético, que se complementa con una mejora económica, debida a la reducción del consumo que se produce, o viceversa.

En base a esto España adquirió un compromiso de no superar el 15% de emisiones de gases de efecto invernadero respecto el año 1990 en el período 2008–2012. Lo que resalta frente a las emisiones de gases de efecto invernadero en España del 2005 que crecieron un 52,8% respecto al año base 1990, así como los datos con lo que trabaja la Oficina Española del cambio climático, que prevé un aumento de sus emisiones respecto al mismo año base del 37% en el 2012.

Por otro lado el alumbrado público en España supone un consumo eléctrico entorno a 2.900 GWh/año, esto supone el 1,8% del consumo total del estado y la emision de CO₂ a la atmósfera de alrededor de 1.740.000 t/año, parece infimo, pero el alumbrado público en el ámbito municipal representa un 60% del consumo total de energía de sus instalaciones, siendo mayores del 70% para Teo para el 2008, según una auditoría energética realizada al Municipio por parte de la Diputación Provincial Da Coruña. Es evidente que este consumo tan importante también tiene una gran repercusión en la factura eléctrica del municipio 269.329,37€ para el año 2008 en Teo, por lo que se justifica la actuación sobre el mismo.

Además datos de un informe del grupo de Estudios de Contaminación Lumínica del Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de Universidad Complutense de Madrid ha puesto de relieve que el alumbrado público español, es el de mayor gasto eléctrico por habitante en Europa y tiene un crecimiento anual del 4,7%, frente al 0,7% de de tasa de crecimiento poblacional, sin olvidar que España es el país de la Unión Europea con mayor densidad de población por área construida, lo que debería de implicar que iluminar fuese mucho más barato.

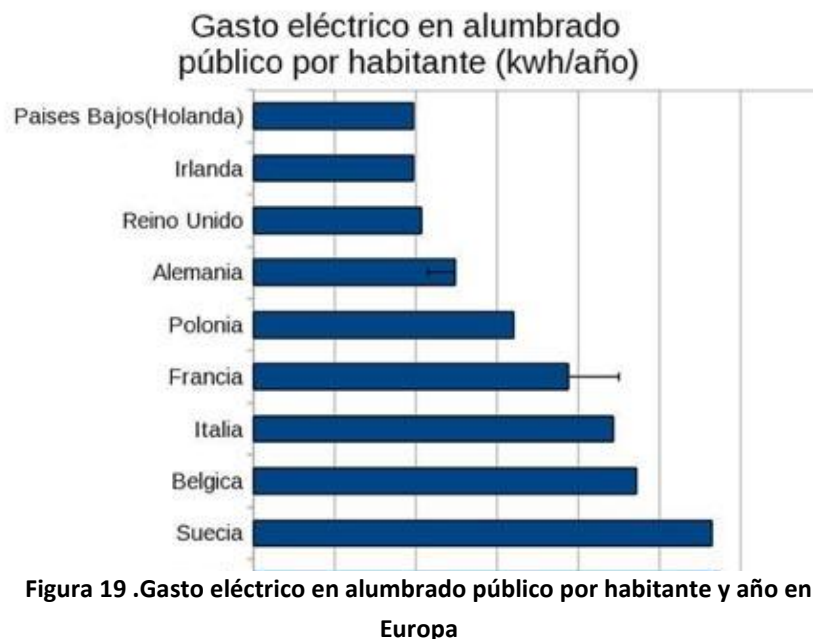


Figura 19 .Gasto eléctrico en alumbrado público por habitante y año en Europa

Esto se contempla en el gráfico anexo donde se observa que España es uno de los países de la Unión Europea con consumo energético per cápita mayor, siendo este de 118-114 kWh/hab. año, frente a los 90-77 de Francia o los 48-43 de Alemania. Este dato para el Ayuntamiento de Teo es de 200,17 kWh/hab. año (2008) según la auditoría energética anteriormente mencionada, muy por encima de la media estatal, esto responde a que en los últimos años el mayor aumento de iluminación en España se ha dado en las nuevas construcciones, caso de Murcia, y en zonas de una alta dispersión de la población, claro ejemplo el de Galicia, en estas zonas se ha duplicado y hasta triplicado en algunos casos el nivel de emisiones contaminantes, según el grupo de Estudios de Contaminación Lumínica.

Estos datos están lejos de los objetivos fijados por el Ministerio de Industria a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) fijados para el año 2012 a través de El Plan de Acción 2008-2012, mediante las medidas de "Mejora de la Eficiencia Energética de las Instalaciones Actuales del Alumbrado Público Exterior", objetivos referidos a consumo en la iluminación pública de las ciudades, donde se establecía como año base el 2004 con un consumo medio de 78 kWh/hab. año, fijándose como objetivo bajar el consumo a 75 kWh/hab. año para el 2012.

El Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Industria han desarrollado diversos instrumentos normativos para hacer partícipes a las diferentes administraciones, empresa y ciudadanía en la lucha contra el cambio climático y la mejora en la eficiencia y ahorro energético:

- Segundo Plan Nacional de Asignación (PNA) para limitar las emisiones de CO₂ de un millar de instalaciones industriales y energéticas.
- Creación del Registro Nacional de Derechos de Emisión (RENADE).
- Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética.
- Plan de Intensificación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2011 (20 medidas)
- Plan de Energías Renovables.
- Plan Nacional de Reducción de Emisiones de las Grandes Instalaciones de Combustión.
- Código Técnico de la Edificación.

A nivel local, está constituida la Red Española de ciudades por el clima. Con iniciativas propias y evaluables en la estrategia nacional de lucha contra el cambio climático:

- Estrategia Española de Desarrollo Sostenible.
- Plan de Adaptación al Cambio Climático.
- El protocolo de Kioto, entró en vigor el 16 de febrero de 2005.
- Mecanismos de Flexibilidad del Protocolo de Kioto, para compensar el 22 % de exceso:
- Inversiones en países en desarrollo que contribuyan a reducir la contaminación.
- Sumideros o capacidad de nuestros bosques para absorber CO₂.

- Comprar toneladas de emisiones que no podemos reducir.

En estas medidas se considera para la reducción de emisiones de gases, la mejora de la eficiencia energética, teniendo en cuenta el uso más eficiente de la electricidad por parte de los usuarios finales, ayuda a lograr los objetivos de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, y rebajan la factura eléctrica.

Se basa este informe en la aplicación de sistemas de ahorro, basados en una mayor eficiencia, que pueden llegar a generar reducciones del 50% del consumo eléctrico derivado del alumbrado exterior, es clara la relevancia económica de posibles ahorros. Aunque este cambio de una instalación de alumbrado existente por una energéticamente más eficiente supondrá una inversión inicial alta, estas instalaciones pueden gozar de distintos incentivos como subvenciones y financiación, alcanzando rentabilidades altas, representado así inversiones interesantes.

3.5.2 Eficiencia energética en iluminación

La eficiencia luminosa de una fuente de luz se define como la relación entre el flujo luminoso y potencia absorbida por la fuente.

En una instalación de alumbrado público la eficiencia energética se puede evaluar mediante la relación entre potencia instalada y superficie iluminada (EE en W/m²).

$$EE = \frac{W}{S} \text{ (w/m}^2\text{)} \quad [2]$$

Donde:

EE= consumo energético (w/m²).

W= potencia instalada (w)

S= superficie iluminada (m²)

Por otra parte, la iluminancia (E) en servicio con mantenimiento de la instalación, se define en función del flujo luminoso instalado emitido por las lámparas (F), el factor de utilización de la instalación (K) y la superficie iluminada (S):

$$E = \frac{F \cdot K \cdot f_m}{S} \Rightarrow F = \frac{E \cdot S}{K \cdot f_m} \quad [3]$$

La eficacia luminosa de la lámpara se define también por la expresión:

$$EE = \frac{E}{E_n \cdot K \cdot f_m} \quad [4]$$

Los valores del factor de mantenimiento (f_m) oscilan entre el siguiente rango de valores: $0,44 < f_m < 0,89$

En cuanto al factor de utilización de la instalación, el intervalo aproximado en el que se mueve es: $0,20 \leq K \leq 0,30$ para luminarias de ambiente urbano y $0,35 \leq K \leq 0,50$

Por tanto, el flujo a instalar (F) en la puesta en servicio de una instalación de características de iluminancia en servicio (E) media, para una superficie (S), en función del factor de mantenimiento (f_m) y utilización (K), estará:

$$\frac{E \cdot S}{0,50 \cdot 0,89} \leq F \leq \frac{E \cdot S}{0,20 \cdot 0,44} \quad [5]$$

Así para la misma iluminancia en servicio haciendo mantenimiento de la instalación, en base a una idéntica superficie iluminada, el flujo a instalar suministrado por las lámparas llega a variar en relación de 1 a 5, en función del factor de utilización y mantenimiento de la instalación.

Es decir, entre la solución más eficiente energéticamente y la menos idónea, el flujo luminoso a instalar varía en la relación de 1 a 5.

Esta relación aumenta si se comparan las energías eléctricas consumidas, dado que entre la gama de lámparas a instalar, se encuentran las que tienen una eficacia luminosa de 55 lm/w frente a otras cuya eficacia es de 110 lm/w, es decir, alterando esta eficacia en una proporción de 1 a 2, la energía eléctrica oscilará en la relación de 1 a 10 entre soluciones extremas.

Por último, en función del pavimento, desde hormigón claro al asfalto oscuro, para igual luminancia (L), el nivel de iluminancia (E) o cantidad de lux necesarios, varían en relación de 1 a 1,6.

La cantidad de lux proporcionados condiciona la potencia eléctrica que se consume, por lo que la relación de 1 a 10 de energía eléctrica consumida que se ha señalado antes, puede en casos límites llegar a relaciones de 1 a 16 para la soluciones más eficiente, realmente elevado.

3.5.3 Tecnologías eficientes y sistema de ahorro

Actualmente se llevan a cabo sustituciones de lámparas, así como sistemas poco eficientes de control y regulación por nuevos sistemas que brindan una reducción en el consumo energético sin perder en la calidad del servicio prestado, así como una mayor vida útil de las instalaciones, reportando en ahorros económicos, por medio de una menor factura eléctrica y reducción de los costes de mantenimiento, que a día de hoy si son altamente retables (relación coste/ahorro) y que ya fueron propuestos para Teo en la auditoría energética realizada por la Diputación.

Estas medidas sumadas al establecimiento de criterios estrictos de utilización del alumbrado público (horario y regímenes de funcionamiento, encendido y apagado de los alumbrados ornamentales, iluminaciones festivas, navideñas, etc.), consiguen un importante ahorro energético y una salientable reducción en la emisión de gases de efecto invernadero.

Se explican a continuación sistemas de ahorro en iluminación externa:

TIPOS DE SISTEMAS.

1. SISTEMAS MENOS EFICIENTES.

Apagado parcial (Doble circuito).

Este sistema consigue reducir el consumo mediante el apagado de parte de las luminarias durante períodos de tiempo determinados, el ahorro conseguido es directamente proporcional al número y tiempo de luminarias apagadas. Sistema efectivo, con el inconveniente de la pérdida de uniformidad lumínica, es decir, de servicio.

2. SISTEMAS EFICIENTES.

Son nuevas tecnologías que se pueden dividir según los elementos sobre los que actúan:

Sistemas de accionamiento (Interruptores crepusculares y astronómicos):

Sistemas que encienden y apagan las instalaciones de alumbrado en el momento preciso, evitando encendidos con luz natural suficiente.

Los interruptores crepusculares: células fotoeléctricas que detectan la cantidad de luz natural existente, activando el sistema cuando la luz natural baja de un determinado valor umbral.

Los interruptores astronómicos: programadores electrónicos en el momento de apagado y encendido se programan en base al movimiento de la Tierra respecto al Sol, a partir de cálculos de geometría solar según el emplazamiento de la instalación.

2.1 SISTEMAS DE REGULACIÓN DE LOS NIVELES LUMINOSOS CONTRASTADOS.

Para alumbrados públicos con lámparas de descarga, donde se puede reducirse el consumo en horas de menor exigencia visual mediante la reducción del flujo luminoso.

En instalaciones antiguas se solía montar dos lámparas sobre cada luminaria destinada al alumbrado viario, el objetivo era disponer de dos niveles de iluminación según fuese conveniente. Hoy en día, se utiliza una luminaria con una sola lámpara de descarga con equipo de doble nivel.

2.1.1 BALASTOS.

Balasto electromecánico de doble nivel.

Elementos electrónicos mediante los que se consigue dos regímenes de tensión para las lámparas. Se obtiene así tener un “régimen reducido” donde la tensión que llega a los extremos de la lámpara es menor, reduciéndose así el consumo de energía.

2.1.2 REGULADORES DE FLUJO EN CABECERA DE LÍNEA.

Los reguladores de flujo permiten reducir la tensión de alimentación en el conjunto lámpara-balasto, consiguiendo reducciones de potencia del 40% para reducciones de flujo luminoso del 50%. En la actualidad son equipos electrónicos estáticos, actúan independientemente sobre cada una de las fases, a fin de estabilizar o reducir la tensión de cada una respecto al neutro común en el circuito de salida, consiguiendo ahorro energético. Para tensiones de alimentación nominales del conjunto lámpara-balasto de 220 V, la reducción de tensión es de 175 V para la lámpara de sodio de alta presión y de 195 V para la de vapor mercurio.



Figura 20 .Fotocélula y reloj astronómico

Son instalados en las cabezas de línea, se ubican en el armario de maniobra y medida, o bien en un armario independiente al lado de este.

La ventaja principal frente a balastos electromecánicos de doble nivel, es la tensión de alimentación, tanto en nivel máximo, plena potencia, como en nivel reducido, segundo nivel.

Cabe destacar, su incorporación a alumbrados antiguos sin inversiones costosas.

Por otra parte, tienen incompatibilidad con instalaciones en las que hay mezcla de lámparas de sodio y de mercurio o instalaciones en las que las secciones de los cables han quedado disminuidas debido a la ampliación de la instalación.

2.1.3 SENSORES.

Los sensores, en sistema de control, comprueban variaciones ambientales como: cantidad de luz; presencia o ausencia de ocupantes, generando y enviando una señal de control, analógica o binaria.

Los sensores binarios sólo tienen dos posibilidades, abierto-cerrado, en tanto que los analógicos puede cambiar de forma continua el valor, entre los márgenes de medida.

A continuación, de forma resumida se describe el funcionamiento de algunos que se aplican, en la regulación y control de la iluminación.

2.1.3.1 DETECTOR DE PRESENCIA.

Control automáticamente de el encendido y apagado de la instalación de alumbrado, al registrar la presencia de personas en el sector a iluminar. Tipos de sistemas de detección:

Por infrarrojos.

Miden la radiación infrarroja dentro de su área de cobertura y establecen comparaciones, por lo que captan cuerpos, que emite calor, radiación térmica infrarroja, detectan la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo y el espacio de alrededor.

Detección por ultrasonidos.

Sensores de movimiento volumétricos, utilizan el efecto Doppler. Los sensores emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área de control, las cuales rebotan en los objetos presentes y regresan al receptor del detector.

La presencia de un cuerpo en el área provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia distinta a la de emisión, lo que es interpretado como detección de presencia.

Detección mixta, resulta del uso combinado de los sistemas descritos anteriormente.

Sensores de luminosidad, dispositivos que detectan la intensidad luminosa incidente.

Básicamente hay dos tecnologías:

Células fotoeléctricas. funciona activando o desactivando un contacto en base a la intensidad luminosa. La salida del circuito electrónico bien puede ser un relé o una salida estática del mismo circuito.

La célula fotoeléctrica compuesta por resistencia variable con a intensidad luminosa (LDR), responden rápidamente a los cambios bruscos de luz, el circuito electrónico de la

fotocélula incluye normalmente un retardo (en algunos casos ajustable), de forma que los cambios bruscos de luz (rayos, luces de coches, etc.) no realicen falsas maniobras. Retardos normales suelen estar entre 10 y 60 segundos.

Fotodiodos. Se parece a un diodo normal, pero tiene una característica que lo hace especial; ya que es un dispositivo que genera corriente en proporción a la cantidad de luz que incide sobre él. Para un funcionamiento correcto se polariza inversamente, con lo que se produce una pequeña circulación de corriente cuando se excita con luz. Muchos vienen equipados con una lente que concentra la cantidad de luz que incide, para lograr una reacción más efectiva.

El fotodiodo al contrario que LDR responde a cambios de oscuridad, iluminación y viceversa, con más rapidez, y puede ser útil en circuitos con respuestas más reducidas.

2.1.3.2 SISTEMA DE TEMPORIZACIÓN.

Los sistemas de temporización, interrupción horaria comparte con células fotoeléctricas, la automatización, ofreciendo bastantes ventajas. Como la posibilidad de limitar maniobras a los tiempos realmente necesarios, no sólo en cuanto a la intensidad luminosa se refiere y colaborando, por tanto, con el ahorro energético.

Entre los interruptores horarios, pueden ser mecánicos o electrónicos:

Interruptor horario mecánico: Su funcionamiento se basa en un pequeño motor, que se controla mediante un circuito eléctrico. En cuanto a la programación se realiza sobre una esfera funciona mediante relojería. Precisión de marcha es buena y maniobra aceptable, la desventaja principal es la baja resolución del programa.

Interruptor horario electrónico: Su base de funcionamiento suele ser un microprocesador. Permite mucha más variedad de programación, mayor exactitud y resolución. Suele ser más caro que el mecánico.

Relojes astronómicos.

Los relojes astronómicos: programadores electrónico–digitales, diseñados para controlar automáticamente el encendido y apagado del alumbrado exterior, en base a la posición solar.

Estos sistemas y los anteriores, tanto pueden ser mecánicos como electrónicos, siendo, hoy por hoy, los electrónicos los más empleados, ya que disponen de un programador con múltiples posibilidades. A su vez también presentan un circuito independiente programable, con el que producir un apagado y encendido parcial. Este apagado y encendido puede ser fijo o alternativo, apagado parcial siempre del mismo circuito o alternarse diariamente con el circuito auxiliar.

El reloj horario astronómico, funciona calculando automáticamente la salida y ocaso del sol en base a la longitud y latitud donde se encuentra la instalación. Fechas de cambio automático verano/invierno se programan en la memoria.

No se necesitan elementos exteriores para la programación del reloj, se realiza mediante coordenadas geográficas o mediante zonas.

2.2.SISTEMAS DE GESTIÓN CENTRALIZADA ADECUADOS. SISTEMAS DE CONTROL.

Facilitan la gestión del alumbrado, desarrollando las funciones necesarias para optimizar el uso de recursos disponibles, obteniendo significativos ahorros, realizando:

- Medida de tensión, intensidad, energías, potencias y factor de potencia.
- Detección de presencia.
- Inventario de Instalaciones.
- Historial de cada una de las luminarias.
- Detección de averías.
- Encendido y apagado de alumbrado.
- Activación–desactivación de alumbrado reducido.
- Sincronización horaria.

Sistema de control digital

- Control individualizado de lámparas
- Detección en línea de fallos de cualquier componente
- 3 elementos principales
 - Módulo de lámpara
 - CPU en centralita
 - Soporte lógico informático
- Transferencia de datos via GSM

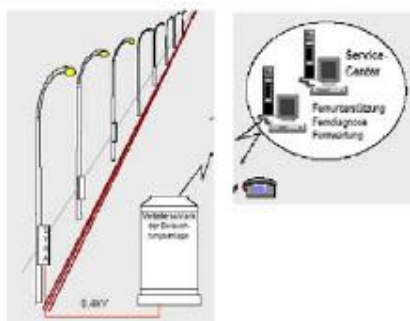


Figura 21 .Sistemas Led inteligentes integrados

Se puede combinar el encendido de algunas luminarias mediante detección de presencia de cuerpos con la reducción de potencia en dichas luminarias en ausencia de los mismos.

Algunas de las medidas aquí descritas, fueron estudiadas en la auditoría energética elaborada por la Diputación Provincial Da Coruña, a continuación se muestra una tabla resumen, donde se observa su viabilidad, económica.

Se ordenarán por orden de menor a mayor plazo de retorno de la inversión.

Tabla 21 .Resumen propuesta auditoría energética Diputación de A Coruña

Acción	Inversión inicial (€)	ahorro anual kW.h	ahorro anual (€)	ahorro (%)	Plazo de retorno (años)
1. Optimización contratación	0,00 €	0	235,99	0,09	0,000
3. Instalación de relojes astronómicos	22.278,38	265.460	31.037,06 158.966,0	11,52	0,718
5. Sustitución de lámparas	377.182,00	1.524.593	5	59,02	2,373
4. Instalación de estabilizadores-reductores de flujo	66.689,63	225.629	24.261,99	9,01	2,749
2. Instalación de condensadores	16.660,00	0	2.532,08	0,94	6,580
TOTAL	482.810,01	2.015.682	217.033,2	80,58	2,225

3.5.4 Lámparas y luminarias (LED)

3.5.4.1 Características lámparas LED

A parte de todas las lámparas conocidas, aparece una nueva tecnología de lámpara la tipo LED (diodo emisor de luz) que frente a las lámparas clásicas, incluso las más eficientes como las lámparas de descarga de sodio a alta presión, tienen muchísimas ventajas:

- Bajo consumo.
- Baja temperatura.
- Amplia banda espectral.
- Mayor rapidez de respuesta.
- Luz más brillante.
- Sin fallos de iluminación.
- Mayor duración y fiabilidad.



Figura 22. LED

Estos sistemas garantizan, por tanto, una reducción en el consumo de energía a la vez que mantienen la calidad del servicio, además las lámparas de tecnología LED tienen una mayor vida útil y un menor mantenimiento de las instalaciones. Por lo tanto con este tipo de luminarias se consigue reducir las emisiones de gases efecto invernadero, la contaminación lumínica y el consumo energético.

Con este tipo de alumbrado se consigue:

- Adecuar los requerimientos y características técnicas de las instalaciones a las recomendaciones y normativas vigentes.
- Fomentar el uso racional de la energía sin perjuicio de la seguridad de los usuarios.
- Mantener al máximo posible las condiciones naturales de las horas nocturnas, en beneficio de los ecosistemas en general.

- Minimizar la intrusión luminosa en el entorno doméstico y por tanto, disminuir sus molestias y prejuicios.
- Ahorro energético, ya que se evita el pago innecesario de energía mal aprovechada.
- Mayor respeto y conservación del medio ambiente, pues se disminuyen las emisiones de CO₂, lo que contribuye al bienestar general.

3.5.4.2 Características LED de alto rendimiento o inteligentes:

- Alimentación controlada y asegurada Tensión Corriente
- Sistema de autoprotección del LEDs
- Seguridad térmica
- Extinción asegurada
- Pasos de graduación
- Gradación de serie automática
- Ajuste de la potencia nominal del conjunto óptico
- Función interruptor crepuscular y medida de iluminación
- Altura de instalación: de 6 m a 8 m la de un conjunto óptico normal

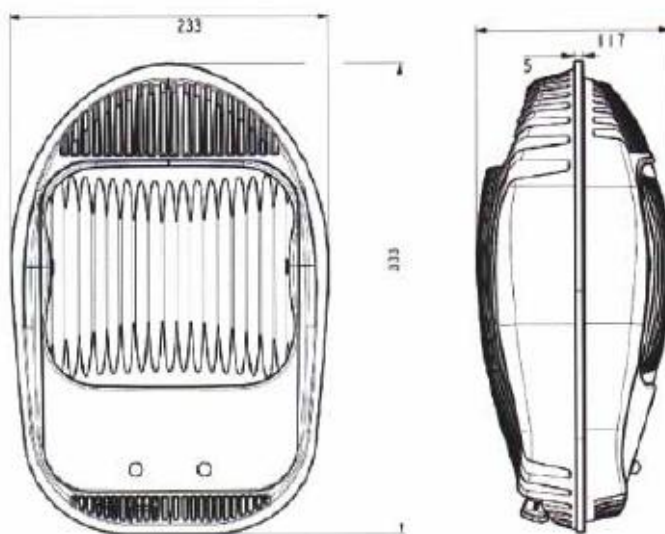


Figura 23 .Imagen lámpara DATALED52, LED inteligente

Tabla de parámetros, se dispone de una serie de parámetros y opciones para configurar el funcionamiento de las lámparas de alto rendimiento. En general, estos valores son programados en fábrica con valores por defecto pero también pueden ser modificados según el tipo de aplicación que mejor convenga al usuario.

Medida de corriente, se utiliza para detectar una deriva rápida en caso de disfunción. La potencia se controla entonces para limitar la subida de temperatura en los LED de la lámpara.

Medida y control de la temperatura, útil para un mejor rendimiento de los LED,, la potencia se controla para evitar que los LED alcancen un límite máximo que pueda causar su envejecimiento prematuro.

Medida y control de la luz ambiente, se utiliza para la detección del crepúsculo y al alba. Un captador de luz da el valor en corriente de la luz ambiente. Lo que permite comparar el valor recibido a límites máximos para la puesta en servicio y el corte del alumbrado. Se utiliza normalmente cuando el LED tiene un funcionamiento autónomo. Si el LED se sitúa en una red ya controlada, se inhibe la medida. Parámetros asociados:

- Umbral de detección del principio de la noche
- Umbral de detección de final de la noche
- Contador de detecciones consecutivas antes del cambio de estado.

Medida y detección de movimiento (opción), detección de movimiento se programa para pasar a alumbrado pleno a bajo en zonas de tráfico escaso. Parámetros asociados:

- Límite máximo de variación de luz
- Duración de la variación
- Temporización de alumbrado a plena potencia.

Control de reloj interno (reservado), permite la inhibición del reloj interno para la puesta fuera de servicio de los ciclos de gradación.

Control de gradación. Función de servicio de la gradación se hace completamente sola cada noche. El ciclo más natural de gradación está formado por tres fases principales:

- el inicio de la noche con alumbrado máximo
- el medio de la noche con alumbrado mínimo
- el final de la noche con alumbrado máximo.

Protección contra defectos de iluminación. Presentan unha función de control de seguridad de la luz ambiente. Esta salta cuando la lámpara LED se pone en servicio mediante armario de control y en este se desactiva el interruptor crepuscular. Si se sobrepasa un límite máximo de luz, la lámpara se apaga automáticamente y compensa el defecto.

Compensación potencia luminosa A lo largo de la vida de los LED, la potencia luminosa disminuye, esta pérdida de potencia se compensada con un algoritmo interno.

Control de puesta bajo tensión. Bajo funcionamiento autónomo, la lámpara corta la alimentación de los LED por la mañana y lo vuelve a poner en servicio a principios de la noche.

Este funcionamiento se realiza de esta forma, con el fin de evitar posibles deterioros a causa de una subida progresiva de la tensión interna.

Programa informático de control de parámetros, programa informático que suelen tener este tipo de lámparas permite programar las distintas opciones de la misma, descritas anteriormente. El operador programa la mayoría de los parámetros o aunque vienen ya programados de fábrica.

COMPARATIVA ENTRE LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS

Las LED lámparas son más eficientes con lo que se consigue un mayor ahorro y una mayor eficiencia energética.

Para una iluminación similar a la de una luminaria convencional de descarga, bien de VM (vapor de mercurio) de 250W puede utilizarse una de LED de 90W, y de 120W en caso de que la lámpara de descarga a sustituir sea de vapor de sodio a alta presión (VSHP) se utilizará una LED 120W.

Ventaja de la tecnología LED:

- Por su funcionamiento, convierten la mayor parte de la energía en luz, con lo cual producen poco calor.
- No atrae a insectos, al no producir rayos ultravioletas.
- Se minimizan los cortocircuitos en zócalos, cables y circuitos.
- No producen “carbonilla”.
- Menor mantenimiento.
- Rendimiento luminoso para variaciones de tensión y frecuencia de alimentación del orden del 20%
- No parpadean.
- No están afectadas por los ciclos de encendido y apagado.
- No tienen arranque, por lo que no les hace falta complejos circuitos especiales que consumen energía y aumentan la probabilidad de fallo
- No necesitan circuitos adicionales a favor del aprovechamiento de toda la energía suministrada por la red eléctrica, dado que su Factor de potencia es mayor del 0,95.
- No precisan reguladores de flujo, ni producen interferencias electromagnéticas.
- Instalaciones sencillas sin cables especiales.
- No requieren de tiempos de estabilización para una máxima luminosidad.
- No les afecta la posición de funcionamiento.
- Más de 50.000h de vida útil con rendimiento lumínico dentro del 80%.
- Con respaldo reducido de iluminación.
- Tiempo promedio de reparación 10min.
- Control sencillo de la intensidad luminosa.
- Resistentes a impactos, vibraciones y cargas mecánicas.

- Rendimiento luminoso alto (139lm/w)
- Ecológicas durante la vida operativa
- Ecológicas a final de su vida útil, dado que sus componentes son: aluminio, plástico y vidrio, de fácil separación y reciclaje.
- Buen rendimiento de color y del factor pupila lumen, el más alto de la industria.
- Tabla comparativa, distintas luminarias:

Tabla 22 .Comparación LED y VSAP

CARACTERÍSTICA LUMINARIA	VSAP (250W)	LED (120W)
Rendimiento color (CRI Ra)	40	75
Temperatura de color (°K)	2100 – 3500	2800 – 7000
Factor de corrección por percepción visual	0.76	2
Rendimiento luminoso percibido (plm/W)	98.8	220
Coeficiente de iluminación (%)	70	99
Factor de mantenimiento	0,85	0,99
Vida útil promedio (hs)	25.000	>60.000
Rendimiento luminoso (lm/W)	130	110
Parpadeo	SI	NO
Flujo luminoso instantáneo	NO	SI
Estabilización luego de encendido (minutos)	15	10
Efecto encendido/apagado sobre vida útil	Acortan	sin efecto
Variación admitida tensión de línea (V)	210 a 230	176 a 264
Variación admitida frecuencia de línea (Hz)	48 a 52	47 a 63
Temperatura máx.en funcionamiento (°C)	600	60
Atracción de insectos y generación de “carbonilla”	Alta	No
Factor de potencia	0,95	0,98
Contaminación luminosa	Alta	muy baja
Circuito de control de tensión	SI	SI
Circuito auxiliar para arranque	SI	NO
Circuito auxiliar durante operación	SI	NO
Módulos potencialmente peligrosos	SI	NO
Rendimiento energético (%)	40	>80
Robustez mecánica	Media	muy alta

Sólo por la eficiencia que representa estas lámparas y su fácil reciclado sin sustancias peligrosa, debería de basta para que se apostase por ellas.

4. CÁLCULO ECONÓMICO

4.1 PARÁMETROS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO ECONÓMICO

Para valorar el ahorro económico que se obtiene mediante la implantación de las medidas propuestas en materia de ahorro energético en el Ayuntamiento de Teo, se calcularán los siguientes indicadores: VAN, TIR y payback.

El **VAN o valor actual neto** es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un número de flujos de caja originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual todos los flujos de caja del proyecto durante la vida útil. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La expresión empleada para calcular el VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{(1+i)^j} \quad [6]$$

donde:

- VAN, es el valor actual neto
- I_0 , es el desembolso inicial
- q_j , es el flujo de caja en el año j
- i , es la tasa de actualización del dinero
- n , es el número de años

Una inversión será rentable si el valor del VAN es mayor que cero y será tanto más rentable cuanto mayor sea el valor del VAN para una tasa de actualización determinada. La principal desventaja del VAN es su dependencia de la tasa de actualización empleada.

El **TIR o tasa interna (r) de retorno** es el tipo de actualización que hace cero el valor actual neto o VAN. Se calcula determinando el valor r que cumple la siguiente condición.

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{(1+r)^j} = 0 \quad [7]$$

Un proyecto será rentable cuando el TIR sea mayor a la tasa de actualización empleada para el análisis. La principal desventaja del TIR es que no tiene en cuenta la temporalidad de los flujos de caja.

Se entiende por flujo de caja la diferencia entre las entradas y salidas de fondos (ingresos –costes) que tienen lugar en un periodo concreto, en este caso la vida útil de las medidas propuestas. Para calcular los flujos de caja de cada año se sigue el siguiente esquema, en donde los desembolsos se representan con signo negativo y los ingresos con signo positivo.

+ Ingresos
- Amortización
Beneficio antes de impuestos y tributos (BAIT)
- Impuestos
Beneficio neto
+ Amortización
FLUJO DE CAJA

En este caso, lo que se quiere determinar es el ahorro que se consigue mediante la implantación de una serie de medidas. Por tanto, se seguirá el modelo de cálculo de VAN, TIR y flujos de caja pero teniendo en cuenta una serie de supuestos que se listan a continuación.

- Las medidas que se proponen no son proyectos que generen dinero, sino que lo ahorran. Por tanto, los ingresos generados por la aplicación de dichas medidas serán los ahorros que se consiguen respecto a la situación previa a su implantación.
- No se tendrán en cuenta los impuestos.
- La tasa de descuento empleada para todas las medidas será del 7%. Esta tasa se aplica al flujo de caja según la Ley financiera de descuento, esta cifra viene a representar el coste de la financiación del proyecto, se cree que es lo más razonable en un proyecto municipal donde no cabría esperar grandes beneficios.

El **payback o plazo de retorno** se define como el período de recuperación de la inversión, es decir, el tiempo que se requiere para que el valor de los ahorros alcanzados iguale al valor de inversión inicial. Se calcula haciendo las sumas acumulativas de los flujos de caja actualizados y detectando el punto donde éstos se hacen mayores que cero. Ese será el momento en el cual se haya recuperado la inversión mediante los ahorros generados y a partir de ahí todo será ahorro.

Para cada una de las medidas propuestas en las diferentes líneas estratégicas se calculará el VAN y el TIR para valorar la rentabilidad y el payback para poder determinar a partir de qué momento se empieza realmente a ahorrar dinero.

4.2 ESTIMACIÓN DE LA SUBIDA DEL PRECIO DEL KWh.

Debido a los elevados periodos de amortización de la mayoría de las medidas propuestas en el presente proyecto, llegando incluso a los 25 años en algunos casos, y a la dependencia del de los ahorros generados (ingresos) del precio de la electricidad, es necesario realizar una buena estimación de la subida del precio del kWh. Existen muy pocos datos o estimaciones sobre la subida de dicho precio en los próximos años y menos aún, un pronóstico a 25 años. Este es un aspecto clave a la hora de determinar la viabilidad económica de las medidas.

En un artículo publicado en la web *Expansión.com* se dice lo siguiente:

El Gobierno tendrá que subir el recibo de la luz. Y deberá hacerlo sustancialmente para enjugar el problema del déficit de tarifa. Según las estimaciones del banco de inversión Nomura, el precio de la electricidad debería aumentar como mínimo un 15% el próximo año para que el déficit engordara 'sólo' en otros 2.000 millones previstos por el Ejecutivo.

El déficit de tarifa (la diferencia entre los costes de producir la electricidad y el precio que los clientes pagan) ronda ya los 20.000 millones. El Ejecutivo aprobó el pasado año un decreto (el 6/2009) que establecía el déficit máximo permitido cada año (3.000 millones en 2010; 2.000 millones en 2011; y 1.000 millones en 2012) hasta llegar a 2013 con una situación de equilibrio: que lo obtenido con el recibo de la luz cubriera la totalidad de los costes.

Para cumplir con estos objetivos parciales anuales, el Gobierno debería subir el precio de la luz sólo 3% este año; un nivel asumible, a priori sin demasiado coste político. Pero el ministro Sebastián tendría que elevar las tarifas todo un 15% en 2011 para que salgan las cuentas y que el ya enorme agujero del déficit de tarifa engordara 'sólo' en otros 2.000 millones el próximo año. La subida necesaria para 2012 y 2013 será del 4%, y en los años posteriores los incrementos se moverían de forma permanente en la horquilla del 2% y el 1%.

Teniendo en cuenta esta información, y la ausencia de otras de mayor veracidad, se estima lo siguiente:

- Durante los años 2012 y 2013 la subida será del 4%
- A partir del 2013 se propone una subida del 3%. Se ha escogido una subida un punto más elevada de propuesta por el artículo para “curarse en salud”, es decir, si las medidas son viables económicamente considerando una subida del 3% entonces también los serán con subidas de precio más bajas.

4.3 FLOTA AUTOMOVILÍSTICA

4.3.1 Cálculo de ahorro energético.

Se pretende estudiar la sustitución de la flota automovilística de motor de combustión existente en el ayuntamiento de Teo por vehículos eléctricos. Para ello se determina que el coche tipo para la flota de vehículos del ayuntamiento de Teo tiene un consumo de 6,8L/100km y recorre 23997,34 km/año. Anteriormente se ha demostrado que el coche eléctrico tiene un rendimiento energético de un 10-15% mayor que los coches de combustión interna, lo que ya sería una buena razón para apostar por este tipo de vehículos.

La flota automovilística es bastante nueva y con pocos kilómetros, se parte de la base de que el ayuntamiento no cambiará de vehículo hasta que este tenga doce años o 240000km que es según bibliografía consultada, la vida media de un coche diesel en Europa.

Las opciones que se barajan son dos, que ya se pueden adquirir, y que además representan dos tendencias que puede seguir el mercado:

Caso Renault

Ofrece cuatro coches eléctricos, nos centraremos en uno de ellos:

Renault Fluence Z.E. versión eléctrica del Fluence. El precio parte de los 19.960 €, con las ayudas del gobierno. El precio no se incluye la batería, la marca la alquila por 79 €/mes para un recorrido de 10000 km/año.

La batería como se explicó es en régimen de alquiler y tiene una garantía de 10 años o 200000km. La recarga de la misma es aconsejable hacerla a través de un dispositivo que no se incluye en el precio de automóvil, el Wall-Box, dispositivo que gestiona la carga de la batería, para que esta se conecte a la red durante las tarifas más bajas. En cuanto al tiempo de recarga de la batería es de 6 a 8 horas en toma monofásica.

Lo interesante del modelo Renault es que el propietario, lo es del vehículo pero no de la batería.

Caso Nissan

Nissan comercializa el Leaf, esta tipología de coche sería parecido al Fluence, y la principal diferencia de uno respecto a otro, es que en el Leaf la batería no está en régimen de alquiler, sino que es propiedad, un elemento más del coche.

La diferencia más apreciable que provoca tener la batería en régimen de alquiler es el precio de partida de 19.960,00 € para el Fluence eléctrico y 29.950,00 € para el Leaf, así como el precio de alquiler de la batería que sería de 948€/año, este último precio sólo para el Fluence.

Otras características de los modelos propuestos:

Tabla 23 .Características opciones coches eléctricos

Precio coche eléctrico	Fluence		Leaf	
	19.960,00 €		29.950,00 €	
	kwh/100km	kw/km	kwh/100km	kw/km
Consumo	16,58	0,1658	13,71	0,13714286
Gasto	1,62 €	0,02 €	1,34 €	0,01 €

Se presentan a continuación los cálculos de económicos producidos por un vehículo eléctrico respecto a uno de motor de combustión

4.3.2. Viabilidad económica

Para el cálculo económico se tiene en cuenta lo siguiente:

- La inversión representa la diferencia entre la adquisición de un coche eléctrico y ese mismo coche o similar en diesel, como se mencionó se esperaría a cambiar de vehículo, al llegar al final de su vida útil, es decir, la cuestión se hace respecto a la comprar de un vehículo de motor de combustión interna frente a uno eléctrico.
- Se considera en base a la bibliografía consultada y como se explica en este mismo proyecto, que el precio de la energía eléctrica aumenta un 4% los dos años siguientes al inicio del proyecto y luego se mantiene con un crecimiento del 3%. El precio de la luz inicial se obtiene del promedio del precio del Kw/h para cada uno de los cuadros estudiados, según las facturas cedidas por el Ayuntamiento de Teo.
- En cuanto al precio de gasoil se considera que este es de un 6% anual. La Agencia Internacional de la Energía tiene unas estimaciones del crecimiento de precio del petróleo de un 20% anual. Pero al comparar el precio del petróleo con el precio del gasoil en series históricas, se ve que este relación que existe entre el incremento del precio del petróleo y el del gasoil suele ser 3 veces menor, esto significa que en el precio del gasoil influyen más factores que el precio del petróleo, y que aplicando este parámetro el precio del petróleo, en los próximos años el crecimiento del precio del gasoil será de un 6,67%.
- EL flujo de caja son los ahorros percibidos por la nueva tecnología, que es más eficiente, es decir, el ahorro en la factura eléctrica.
- Para el período de amortización se tiene en cuenta la vida media del vehículo eléctrico, que viene caracterizada por la vida media que dan los fabricantes a las baterías, de 10 años o 200000km, concretamente a los km con respecto a la

cifra media de km/año del coche tipo configurado a partir de los dato recopilados de la flota de vehículos del Municipio, que es de 23997,34 km/año. Esto relación nos da una vida media y por tanto un período de amortización de 8 años. El período de amortización entre la diferencia de inversiones de un coche diesel frente a su homologado eléctrico, nos da una tasa de amortización del 12,5%. Estos datos de amortización cumplen con los coeficientes anuales de amortización, aprobada por el Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, que definen para este caso de vehículos automóviles de servicio público, un coeficiente máximo de amortización del 22% y un período máximo de amortización de 10 años.

En base a lo anterior se calculo el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y el período de retorno de la inversión para los dos tipos de coche eléctrico estudiados, con respecto al consumos y km/año del coche tipo definido para el Ayuntamiento de Teo, como referencia de precio diesel se toma el precio de Fluence diesel más barato (17500€):

Caso Renault Fluence

Tabla 24 .Flujos de caja caso Renaut Fluence

Año	Precio gasoil	Consumo coche 1e	Ahorro mantenimiento	Ahorro	Amortización	BN	Flujo caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
1	2.064 €	1.230 €	948 €	-114 €	123 €	-237 €	-114 €	-106 €	-2.566 €
2	2.188 €	1.279 €	948 €	-39 €	123 €	-162 €	-39 €	-34 €	-2.601 €
3	2.319 €	1.330 €	948 €	41 €	123 €	-82 €	41 €	33 €	-2.567 €
4	2.458 €	1.370 €	948 €	140 €	123 €	17 €	140 €	107 €	-2.461 €
5	2.606 €	1.411 €	948 €	246 €	123 €	123 €	246 €	176 €	-2.285 €
6	2.762 €	1.454 €	948 €	360 €	123 €	237 €	360 €	240 €	-2.045 €
7	2.928 €	1.497 €	948 €	483 €	123 €	360 €	483 €	301 €	-1.744 €
8	3.104 €	1.542 €	948 €	613 €	123 €	490 €	613 €	357 €	-1.387 €

Tabla 25 . Parámetros económicos caso Renault Fluence

VAN	-1387,09€
TIR	-
Payback	-

Caso Nissan Leaf

Tabla 26 .Flujos de caja caso Nissan Leaf

Año	Precio gasoil	Consumo coche 1e	Ahorro	Amortización	BN	Flujo caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
1	2.064 €	323 €	1.741 €	1.556 €	185 €	1.741 €	1.628 €	-10.822 €
2	2.188 €	335 €	1.852 €	1.556 €	296 €	1.852 €	1.618 €	-9.204 €
3	2.319 €	349 €	1.970 €	1.556 €	414 €	1.970 €	1.608 €	-7.596 €
4	2.458 €	359 €	2.099 €	1.556 €	543 €	2.099 €	1.601 €	-5.995 €
5	2.606 €	370 €	2.236 €	1.556 €	679 €	2.236 €	1.594 €	-4.401 €
6	2.762 €	381 €	2.381 €	1.556 €	825 €	2.381 €	1.587 €	-2.814 €
7	2.928 €	393 €	2.535 €	1.556 €	979 €	2.535 €	1.579 €	-1.236 €
8	3.104 €	404 €	2.699 €	1.556 €	1.143 €	2.699 €	1.571 €	335 €

Tabla 27 .Parámetros económicos caso Nissan Leaf 2

VAN	335,39€
TIR	7,64%
Payback	7años y 9,44meses

Se parte de la base que el proyecto se escoge cuando el VAN es positivo y el TIR mayor que el coste de capital, mayor del 7%. Ahora bien, hay que tener en cuenta que el coste capital podría ser menor y habría que ajustarlo lo máximo posible.

Según estos datos parece ser más rentable, ser el propietario de la batería que alquilarla, sin contar que el precio del alquiler de la batería, está asociada a unos kilómetros anuales que en principio son pocos, por lo que estaría bien investigar el precio de este alquiler para los km/año de vehículo tipo de municipio.

Hay un proyecto, el Fluence, que no generan por sí ningún valor que sería los que habría que descartar mientras no sea rentable, aunque esta tecnología aportar eficiencia energética con lo que acabará siendo rentable.

4.4 CALDERAS

Debido a la volatilidad del mercado del petróleo y a la gran disparidad existente entre las distintas teorías predictivas acerca de la evolución de dicho precio, este será el dato que más incertidumbre, y probablemente error, introducirá en este estudio económico. Sin embargo, este mismo mes de junio de 2011 la Agencia Internacional de la Energía (AIE) declaró que prevé una subida interanual del 20% durante los próximos 10 años para el precio del petróleo. Aunque este incremento parece demasiado elevado, no debemos olvidar que en reciente periodo 2006-2008 el barril de petróleo incremento su precio hasta en un 56,55 %.

En la siguiente figura se observa la tendencia de fuerte aumento del precio del petróleo de la última década. Así pues, para el estudio de este caso hemos supuesto que la predicción de la Agencia Internacional de la Energía se prolongará durante los próximos 20 años, para los cuales realizamos el estudio de viabilidad económica de cambio de caldera de gasoil a biomasa.

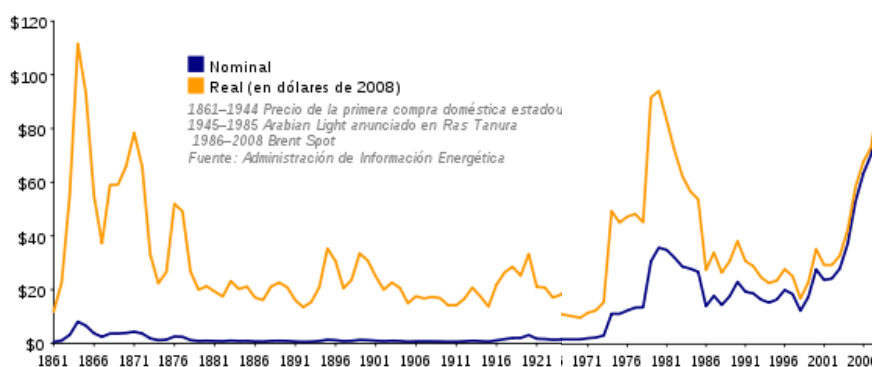


Figura 24. Evolución precio petróleo desde 1861 hasta 2008

Estos últimos años existían subvenciones de hasta el 45 % de la inversión para la instalación de calderas de biomasa nuevas, de las cuales se podía beneficiar un ayuntamiento. El pasado día 30 de Mayo de 2011 finalizó el plazo de solicitud de dichas subvenciones. Así pues, hemos calculado los ahorros que se obtendrían al realizar la inversión con y sin subvención como se podrá ver en los anexos. Sin embargo, en el presente apartado haremos alusión solamente a las conclusiones obtenidas sin subvención alguna.

Realizamos una primera aproximación a la rentabilidad económica que supone la instalación de una caldera nueva de biomasa frente a instalar una de gasoil. Lo hacemos suponiendo que la estancia mide entre 175 y 200 m² y que se hace uso de la calefacción durante 5 meses al año, 8 horas al día (1200 horas/año). Suponemos también que el coste del gasoil no sufre ninguna modificación y no consideramos en ningún caso la subida del IPC puesto que éste afectaría en ambos por igual.

Tabla 28. Comparativa gasto nueva instalación caldera de gasoil y biomasa

	Caldera gasoil	Caldera biomasa
Adquisición e instalación caldera	2500	6900
Precio combustible	0.7 €/l	0.20 €/Kg
Consumo por hora	2 l	4 Kg
Gasto por hora	1.40 €/h	0.8 €/h
Gasto por año	1680 €/h	979.2 €/h
Instalación caldera + combustible durante 7 años	14260 €	13754.4 €

Comparando los gastos acumulados de uno y otro tipo de caldera, a partir del séptimo año resulta más rentable la caldera de biomasa. Teniendo en cuenta que la vida útil de una caldera de este tipo es de como mínimo 20 años, su instalación parece la decisión más inteligente. Así es que en el caso de que sea necesario instalar una caldera nueva, nuestra recomendación es instalar una de biomasa, no sólo por su rentabilidad a medio plazo, si no porque habiéndose declarado el ayuntamiento de Teo en 2009 como institución en Transición, no parece muy lógico hacer frente al Pico del Petróleo instalando una caldera de combustibles fósiles, hecho que ya tuvo lugar en el Ayuntamiento y en el Local Social del Ayuntamiento este pasado 2010.

**Figura 25. Bolsa de pellets**

Tras esta aproximación inicial, el estudio económico del cambio de calderas de gasoil existentes por calderas de biomasa se llevó a cabo por dependencias municipales. Se realizó un estudio de aquellas de las que se disponía datos de consumo de gasoil (véase apartado recopilación de la información). Así pues, quedan exentas de este estudio las calderas de los centros de Ameneiro, Bamonde, Oza, local de Bamonde y local social de Lampai de las cuales no se tiene registro de consumo de gasoil. Queda fuera del estudio también la caldera de la escuela de Campos ya que está previsto que cierre este año sus puertas.

Para el cálculo de la viabilidad económica del proyecto de cambio de caldera de biomasa se ha trabajado sólo con los datos de pedidos de gasoil del año 2009-2010, puesto que no existían otros, y suponiendo que los datos que están registrados son efectivamente reales y están completos.

A continuación se detalla el estudio por dependencia municipal y su caldera, ya que cada una presenta una casuística determinada. En esta tabla resumen se muestra el consumo registrado de gasoil para el periodo 2009-2010 en litros, su gasto asociado suponiendo un precio/litro de 0,7 euros en el año 1; el consumo equivalente en pellets y su consumo teniendo en cuenta un precio medio actual de 0,20 euros y el ahorro que supondría usar dicho combustible vegetal en lugar del actual combustible fósil que se utiliza.

Tabla 29.Comparación de gasto gasoil-pellets

Dependencia	Gasto L gasoil/año	Gasto € gasoil/año	Gasto kg pellets/año	Gasto €pellets/año	Ahorro (€/año)
Aspamite	1416	991,2	2832	577,73	413,47
Casalonga	486	340,2	972	198,29	141,91
Ayuntamiento	5051	3535,7	10102	2060,81	1474,89
Centro médico Cacheiras	500	350	1000	204	146
Centro médico Calo	3702	2591,4	7404	1510,42	1080,98
Centro médico Os Tilos	2852	1996,4	5704	1163,62	832,78
Centro médico Pontevea	800	560	1600	326,4	233,6
Escuela do Aido	967	676,9	1934	394,54	282,36
Escuela de Solláns	991	693,7	1982	404,33	289,37
Francos	144	100,8	288	58,75	42,05
Guardería de Calo	2756	1929,2	5512	1124,45	804,75
Iglesia de Cacheiras	1462	1023,4	2924	596,5	426,9
Local social Ayuntamiento	5000	3500	10000	2040	1460
Local Juzgado y Policía	3444	2410,8	6888	1405,15	1005,65
Local Baica	878	614,6	1756	358,22	256,38
Local Social Teo	827	578,9	1654	337,42	241,48
Local Social Oza(escuela)	600	420	1200	244,8	7144,8
Local Social Oza	1000	700	2000	408	292
Local Social Rarís	1000	700	2000	408	292
Pontevea	1608	1125,6	3216	656,06	469,54
Rarís	760	532	1520	310,08	221,92
Raxó	1074	751,8	2148	438,19	313,61
Resecende	1453	1017,1	2906	592,82	424,28
sede(CRA) Solláns	2401	1680,7	4802	979,61	701,09

A partir de estos datos se realiza el cálculo del VAN, TIR y Payback para cada caldera. Se ha tomado como ingresos los ahorros que se obtendrían con el cambio de combustible, de gasoil a pellets, suponiendo que el petróleo incremente un 20% interanual su valor actual, como hemos explicado previamente.

A continuación se muestran los cálculos realizados para la caldera del edificio principal del Ayuntamiento de Teo.

Tabla 30. Flujos de caja para el cambio de caldera Edificio principal del Ayuntamiento

Año	Ahorro	Amortización	BN	Flujo caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado	Inversión -6900€
1	1.474,89€	345,00 €	1.129,89 €	1.474,89 €	1.378,40 €	-5.521,60 €	1.474,89 €
2	1.770	345,00 €	1.424,87 €	1.769,87 €	1.545,87 €	-3.975,72 €	1.769,87 €
3	2.124	345,00 €	1.778,84 €	2.123,84 €	1.733,69 €	-2.242,03 €	2.123,84 €
4	2.549	345,00 €	2.203,61 €	2.548,61 €	1.944,32 €	-297,71 €	2.548,61 €
5	3.058	345,00 €	2.713,34 €	3.058,34 €	2.180,55 €	1.882,84 €	3.058,34 €
6	3.670	345,00 €	3.325,00 €	3.670,00 €	2.445,48 €	4.328,32 €	3.670,00 €
7	4.404	345,00 €	4.059,00 €	4.404,00 €	2.742,59 €	7.070,91 €	4.404,00 €
8	5.285	345,00 €	4.939,80 €	5.284,80 €	3.075,80 €	10.146,72 €	5.284,80 €
9	6.342	345,00 €	5.996,77 €	6.341,77 €	3.449,50 €	13.596,22 €	6.341,77 €
10	7.610	345,00 €	7.265,12 €	7.610,12 €	3.868,60 €	17.464,82 €	7.610,12 €
11	9.132	345,00 €	8.787,14 €	9.132,14 €	4.338,62 €	21.803,43 €	9.132,14 €
12	10.959	345,00 €	10.613,57€	10.958,57€	4.865,74 €	26.669,17 €	10.958,57 €
13	13.150	345,00 €	12.805,29€	13.150,29€	5.456,90 €	32.126,07 €	13.150,29 €
14	15.780	345,00 €	15.435,34€	15.780,34€	6.119,89 €	38.245,96 €	15.780,34 €
15	18.936	345,00 €	18.591,41€	18.936,41€	6.863,43 €	45.109,38 €	18.936,41 €
16	22.724	345,00 €	22.378,69€	22.723,69€	7.697,30 €	52.806,69 €	22.723,69 €
17	27.268	345,00 €	26.923,43€	27.268,43€	8.632,49 €	61.439,17 €	27.268,43 €
18	32.722	345,00 €	32.377,12€	32.722,12€	9.681,29 €	71.120,47 €	32.722,12 €
19	39.267	345,00 €	38.921,54€	39.266,54€	10.857,53 €	81.977,99 €	39.266,54 €
20	47.120	345,00 €	46.774,85€	47.119,85€	12.176,66 €	94.154,66 €	47.119,85 €

Tabla 31. Parámetros económicos para el cambio de caldera Edificio principal del Ayuntamiento

Payback	1 año y 0,64 meses
VAN	94154,66 €
TIR	40%

En este caso el período de retorno sería de 4 años y 1,64 meses desde el momento en que se realiza la inversión, obteniendo un ahorro de 569685,50 euros a partir de ese momento hasta los 20 años que tiene de vida útil como mínimo una caldera.

Para el resto de dependencias obtenemos los resultados que se muestran en la siguiente tabla resumen:

Tabla 32. Parámetros económicos para el cambio de caldera del resto de dependencias del Ayuntamiento de Teo

Dependencia	Payback	VAN (€)	TIR (%)	Ahorro(€)
Aspamite	10 años y 0,69 meses	21429,72	20	97584,04
Casalonga	17 años y 4,18 meses	2823,33	10	4870,56
Ayuntamiento	4 años y 1,64 meses	94154,66	40	579685,50
Centro médico Cacheiras	17 años y 1,69 meses	3103,43	10	5708,09
Centro médico Calo	5 años y 3,10 meses	67195,40	34	395688,42
Centro médico Os Tilos	6 años y 4,34 meses	20159,57	29	281539,32
Centro médico Pontevea	14 años y 8,9 meses	9105,49	14	29622,58
Escuela do Aido	12 años y 5,44 meses	12446,64	16	46425,15
Escuela de Solláns	12 años y 3,52 meses	12926,8	16	48990,95
Francos	0	-4019,01	1	
Guardería de Calo	6 años y 6,20 meses	48238,91	29	268782,45
Iglesia de Cacheiras	9 años y 10,37 meses	22350,03	20	103083,65
Local social Ayuntamiento	4 años y 2,03 meses	93134,31	40	572668,52
Local Juzgados y Policía	5 años y 6,56 meses	62003,63	33	360804,72
Local Baica	13 años y 1,31 meses	10666,02	15	37320,51
Local social Teo	13 años y 6,11 meses	9645,67	14	32193,49
Local social Oza(escuela)	15 años y 9,47 meses	5104,12	11	12388,48
Local social Oza	12 años y 2,82 meses	13106,86	16	49966,89
Local social Rarís	12 años y 2,82 meses	13106,86	16	49966,89
Pontevea	9 años y 3,65 meses	25271,03	21	120842,37
Rarís	14 años y 1,24 meses	8305,21	14	25914,31
Raxó	10 años y 9,24 meses	14587,37	17	58012,74
Resecende	8 años y 10,83 meses	22169,97	20	102014,63
sede CRA Solláns	7 años y 2,12 meses	41136,47	27	222089,47

Como se puede observar en la tabla resumen anterior, excepto en el caso de la caldera de Francos, todos los cambios de caldera de gasoil a caldera de biomasa son viables económicamente.

Sin embargo, la caldera de Francos sí sería rentable cambiarla por dos motivos. Uno, que en la hoja de registro de las calderas figura que la caldera de Francos está estropeada y dos, porque puntualiza que el consumo que allí aparece registrado no es el real. Así pues, sería conveniente cambiarla aprovechando que se encuentra estropeada y habría que realizar un desembolso de dinero para arreglarla.

Esto mismo le ocurre a la caldera del Local de Bamonde, que a pesar de no tener datos del consumo de gasoil y no haber realizado un estudio económico hacer de su sustitución, se recomienda cambiarla por una de biomasa ya que la actual está estropeada según consta en el registro.

La caldera de Oza no presenta datos numéricos registrados acerca de su consumo, sin embargo en la hoja de registro aparece anotado que éste es “brutal”. Así es que es probable que esta caldera también debiera ser sustituida.

En el caso de las calderas del Ayuntamiento y del Local social del Ayuntamiento, con un VAN de 94154,66 y 93134,31 €, respectivamente y una TIR del 40% en ambos casos, parecería lógico cambiarlas, ya que se trata de unas de las calderas que más combustible fósil consumen. Sin embargo, estas calderas han sido instaladas el pasado 2010, por lo que aún no está amortizada su instalación. En este caso se habría tomado una mala decisión a la hora de instalar este tipo de caldera de gasoil, no sólo por el gasto enorme que supone su consumo de combustible y la mucha menor rentabilidad económica que presenta frente a una caldera de biomasa, sino porque recordemos que el Ayuntamiento de Teo en Agosto de 2009 se declara dentro de las Iniciativas de Transición, lo que implica hacer frente al Pico del Petróleo. Así pues, se aconseja realizar el cambio de caldera de gasoil a biomasa cuando las calderas se estropeen.

Se realizó un estudio paralelo suponiendo que el precio del gasoil permanecía estático durante los próximos 20 años y para todas aquellas calderas cuyo consumo de gasoil superaba los 2500 litros anuales el cambio de una caldera por otra resultaba rentable. Por no ajustarse demasiado a la tendencia actual de incremento del precio del crudo y por motivos de extensión del propio proyecto, no se han realizado estos cálculos para cada una de las calderas existentes pero sí se adjunta el cálculo de una con un consumo ficticio de 2500 litros anuales y con un precio de gasoil estático en el precio actual durante los próximos 20 años.

Tabla 33. Flujos de caja para el cambio de caldera con un consumo ficticio de 2500L/año y precio de gasoil constante durante los próximos 20 años

Año	Ahorro	Amortización	BN	Flujo caja	Flujo caja actualizado	Flujo Acumulado	Inversión -6900€
1	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	682,24 €	-6.217,76 €	730,00 €
2	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	637,61 €	-5.580,15 €	730,00 €
3	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	595,90 €	-4.984,25 €	730,00 €
4	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	556,91 €	-4.427,34 €	730,00 €
5	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	520,48 €	-3.906,86 €	730,00 €
6	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	486,43 €	-3.420,43 €	730,00 €
7	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	454,61 €	-2.965,82 €	730,00 €
8	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	424,87 €	-2.540,95 €	730,00 €
9	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	397,07 €	-2.143,88 €	730,00 €
10	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	371,09 €	-1.772,79 €	730,00 €
11	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	346,82 €	-1.425,97 €	730,00 €
12	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	324,13 €	-1.101,84 €	730,00 €
13	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	302,92 €	-798,91 €	730,00 €
14	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	283,11 €	-515,81 €	730,00 €
15	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	264,59 €	-251,22 €	730,00 €
16	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	247,28 €	-3,95 €	730,00 €
17	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	231,10 €	227,15 €	730,00 €
18	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	215,98 €	443,13 €	730,00 €
19	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	201,85 €	644,98 €	730,00 €
20	730,00 €	345,00 €	385,00 €	730,00 €	188,65 €	833,63 €	730,00 €

Tabla 34. Parámetros económicos para el caso anterior

Payback	0,20 meses
VAN	833,63 €
TIR	9%

Así pues, en este hipotético caso la inversión se amortizaría a los 16 años y 0,20 meses, obteniendo un ahorro, a partir de dicha fecha y hasta los 20 años que tiene de vida como mínimo una caldera de biomasa, de 2145,10 euros.

Apuntar también, que un sistema de calefacción eficiente no sólo es aquel cuya caldera funciona de dicho modo, sino que juega otro de los papeles principales el sistema de instalación de tuberías y radiadores, como mencionamos en el apartado de proposición de medidas a tomar, calderas, 3.2. Así pues en el caso de las calderas del Local Social del Ayuntamiento y del Local Social de Oza habría que realizar una revisión completa a dicha instalación, ya que en el registro de consumos de gasoil consta que tienen un mal funcionamiento.

4.5 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

La medida propuesta es la instalación, en caso necesario, de un sistema de evaporación por refrigeración. En este caso, como no existe ningún sistema aclimatación del aire en el ayuntamiento, esta medida no supondrá un ahorro energético con respecto a la situación actual sino más bien al contrario. Sin embargo, lo que se pretende con esta medida es la elección, en caso necesario, de un sistema eficiente, económico y menos contaminante que el sistema convencional de aire acondicionado. Por tanto, en este caso habría que aportar determinar el ahorro económico de esta medida frente a la instalación de un sistema de aire acondicionado.

Un estudio realizado por la Universidad de Valencia en el que se comparan los dos sistemas, partiendo de la base de cálculo de 200m² de superficie y un periodo de funcionamiento de 6 h/día, 21 días/mes y 4 meses/año, se obtienen los resultados recogidos en la tabla 35. De estos resultados, se concluye que el ahorro energético de la instalación de un sistema de enfriamiento por evaporación en lugar de aire acondicionado es del 87,6%. El ahorro económico es del 85,7%.

Tabla 35. Ahorro que se consigue mediante la instalación de un sistema de enfriamiento por evaporación en lugar de un sistema de aire acondicionado.

Ahorro energético	87,6%
Ahorro económico	85,7%

4.6 ENERGÍAS RENOVABLES

La medida propuesta es la instalación de una estación de energía fotovoltaica aislada para autoconsumo. En este caso, el ahorro energético es nulo ya que el objetivo no es que se reduzca o aumente el consumo sino producir la electricidad de una forma limpia y libre de emisiones de CO₂, en el marco de una ciudad en transición. Sin embargo, mientras que el ahorro energético es nulo, el ahorro económico es total. Es decir, se produciría la electricidad necesaria para autoconsumo y por tanto no sería necesario comprarla.

Este tipo de instalaciones requieren una inversión muy elevada y, aunque se ahorre la totalidad de los costes eléctricos, es necesario determinar si estos son lo suficientemente elevados para que la inversión realizada en dicha instalación se recupere antes de su vida útil.

La vida útil de una instalación de este tipo es aproximadamente 25 años. Para poder calcular el periodo de retorno de la inversión es necesario realizar una estimación del aumento precio del kWh durante los siguientes 25 años y poder estimar, así, el ahorro anual. La estimación empleada es la que se indica en el apartado 4.2 ESTIMACIÓN DE LA SUBIDA DEL PRECIO DEL kWh del presente Proyecto.

Por tanto, teniendo en cuenta la vida útil de la instalación, la inversión necesaria (tabla 20) y considerando que el ahorro (ingreso) el precio de la factura de la luz para el año base de 1129€⁵, se calculan los flujos de caja. Empleando las ecuaciones [6], y [7] se calcula el VAN y el TIR. La cuota de amortización que se empleará será la utilizada en el documento *“Teo: Cara a autoxestión enerxética dos seus recursos”*, que es del 5%.

⁵ Este dato se obtiene de las facturas eléctricas proporcionadas por el Ayuntamiento. Así, para el caso de la Guardería cuyo consumo es de 6744kWh, el más cercano a los 5500kWh que se proponen, el coste de la factura eléctrica para el año 2009 es de 1129,73€. Por tanto, se considera un valor de partida para los cálculos de 1129€.

Tabla 36. Flujos de caja de la instalación fotovoltaica

Año	Ingresos	Amortización	BN	Flujo caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
1	1.174,2 €	1.680,0 €	-505,8 €	1.174,2 €	1.097,3 €	-40.902,7 €
2	1.221,1 €	1.680,0 €	-458,9 €	1.221,1 €	1.066,6 €	-39.836,1 €
3	1.257,8 €	1.680,0 €	-422,2 €	1.257,8 €	1.026,7 €	-38.809,4 €
4	1.295,5 €	1.680,0 €	-384,5 €	1.295,5 €	988,3 €	-37.821,0 €
5	1.334,4 €	1.680,0 €	-345,6 €	1.334,4 €	951,4 €	-36.869,7 €
6	1.374,4 €	1.680,0 €	-305,6 €	1.374,4 €	915,8 €	-35.953,9 €
7	1.415,6 €	1.680,0 €	-264,4 €	1.415,6 €	881,6 €	-35.072,3 €
8	1.458,1 €	1.680,0 €	-221,9 €	1.458,1 €	848,6 €	-34.223,7 €
9	1.501,8 €	1.680,0 €	-178,2 €	1.501,8 €	816,9 €	-33.406,8 €
10	1.546,9 €	1.680,0 €	-133,1 €	1.546,9 €	786,4 €	-32.620,4 €
11	1.593,3 €	1.680,0 €	-86,7 €	1.593,3 €	757,0 €	-31.863,4 €
12	1.641,1 €	1.680,0 €	-38,9 €	1.641,1 €	728,7 €	-31.134,8 €
13	1.690,3 €	1.680,0 €	10,3 €	1.690,3 €	701,4 €	-30.433,3 €
14	1.741,0 €	1.680,0 €	61,0 €	1.741,0 €	675,2 €	-29.758,1 €
15	1.793,3 €	1.680,0 €	113,3 €	1.793,3 €	650,0 €	-29.108,2 €
16	1.847,1 €	1.680,0 €	167,1 €	1.847,1 €	625,7 €	-28.482,5 €
17	1.902,5 €	1.680,0 €	222,5 €	1.902,5 €	602,3 €	-27.880,2 €
18	1.959,5 €	1.680,0 €	279,5 €	1.959,5 €	579,8 €	-27.300,5 €
19	2.018,3 €	1.680,0 €	338,3 €	2.018,3 €	558,1 €	-26.742,4 €
20	2.078,9 €	1.680,0 €	398,9 €	2.078,9 €	537,2 €	-26.205,2 €
21	2.141,3 €	1.680,0 €	461,3 €	2.141,3 €	517,1 €	-25.688,0 €
22	2.205,5 €	1.680,0 €	525,5 €	2.205,5 €	497,8 €	-25.190,2 €
23	2.271,7 €	1.680,0 €	591,7 €	2.271,7 €	479,2 €	-24.711,0 €
24	2.339,8 €	1.680,0 €	659,8 €	2.339,8 €	461,3 €	-24.249,7 €
25	2.410,0 €	1.680,0 €	730,0 €	2.410,0 €	444,0 €	-23.805,7 €

Tabla 37. Parámetros económicos de la instalación fotovoltaica

Payback	>25 años
VAN	-23.086€
TIR	0,196%
Ahorro económico	-

Como se puede observa en la tabla anterior, el periodo de retorno de la inversión realizada para instalar las placas fotovoltaicas de autoconsumo es superior a la vida útil de dicha instalación, además el VAN es negativo y el TIR inferior a la tasa de actualización empleada. Todo esto indica que el proyecto “instalación fotovoltaica” no es rentable y más aún, se perdería dinero.

Observando la tabla 36 se deduce lo siguiente:

- El beneficio neto es negativo durante los primeros doce años, es decir lo que se consigue ahorrar mediante el no pago de la factura de la luz es inferior a la cuota de amortización de la instalación. A partir del año 13 se empiezan a obtener beneficios netos pero son tan bajos que no son suficientes para recuperar una inversión de cerca de 40.000€. Podría pensarse que si se alcanzaran beneficios netos superiores podría recuperarse la inversión. Como la tasa de amortización es constante, lo que tendría que aumentar serían los ahorros, es decir, la subida de la luz en los próximos años debería ser más elevada. Vamos a realizar una estimación de dicha subida a partir de la cual la inversión se recupera y el proyecto pueda ser rentable.

Tabla 38. Flujos de caja de la instalación fotovoltaica considerando una subida anual del 12% en el precio del kWh

Año	Ingresos	Amortización	BN	Flujo caja	Flujo caja actualizado	Flujo acumulado
1	1.241,9 €	1.680,0 €	-438,1 €	1.241,9 €	1.160,7 €	-40.839,3 €
2	1.390,9 €	1.680,0 €	-289,1 €	1.390,9 €	1.214,9 €	-39.624,5 €
3	1.557,8 €	1.680,0 €	-122,2 €	1.557,8 €	1.271,7 €	-38.352,8 €
4	1.744,8 €	1.680,0 €	64,8 €	1.744,8 €	1.331,1 €	-37.021,7 €
5	1.954,2 €	1.680,0 €	274,2 €	1.954,2 €	1.393,3 €	-35.628,4 €
6	2.188,7 €	1.680,0 €	508,7 €	2.188,7 €	1.458,4 €	-34.170,0 €
7	2.451,3 €	1.680,0 €	771,3 €	2.451,3 €	1.526,5 €	-32.643,5 €
8	2.745,4 €	1.680,0 €	1.065,4 €	2.745,4 €	1.597,9 €	-31.045,6 €
9	3.074,9 €	1.680,0 €	1.394,9 €	3.074,9 €	1.672,5 €	-29.373,1 €
10	3.443,9 €	1.680,0 €	1.763,9 €	3.443,9 €	1.750,7 €	-27.622,4 €
11	3.857,2 €	1.680,0 €	2.177,2 €	3.857,2 €	1.832,5 €	-25.789,9 €
12	4.320,0 €	1.680,0 €	2.640,0 €	4.320,0 €	1.918,1 €	-23.871,7 €
13	4.838,4 €	1.680,0 €	3.158,4 €	4.838,4 €	2.007,8 €	-21.864,0 €
14	5.419,0 €	1.680,0 €	3.739,0 €	5.419,0 €	2.101,6 €	-19.762,4 €
15	6.069,3 €	1.680,0 €	4.389,3 €	6.069,3 €	2.199,8 €	-17.562,6 €
16	6.797,6 €	1.680,0 €	5.117,6 €	6.797,6 €	2.302,6 €	-15.260,0 €
17	7.613,3 €	1.680,0 €	5.933,3 €	7.613,3 €	2.410,2 €	-12.849,8 €
18	8.526,9 €	1.680,0 €	6.846,9 €	8.526,9 €	2.522,8 €	-10.327,0 €
19	9.550,2 €	1.680,0 €	7.870,2 €	9.550,2 €	2.640,7 €	-7.686,3 €
20	10.696,2 €	1.680,0 €	9.016,2 €	10.696,2 €	2.764,1 €	-4.922,2 €
21	11.979,7 €	1.680,0 €	10.299,7 €	11.979,7 €	2.893,3 €	-2.028,9 €
22	13.417,3 €	1.680,0 €	11.737,3 €	13.417,3 €	3.028,5 €	999,5 €
23	15.027,4 €	1.680,0 €	13.347,4 €	15.027,4 €	3.170,0 €	4.169,5 €
24	16.830,7 €	1.680,0 €	15.150,7 €	16.830,7 €	3.318,1 €	7.487,6 €
25	18.850,3 €	1.680,0 €	17.170,3 €	18.850,3 €	3.473,2 €	10.960,8 €

Tabla 39. Parámetros de viabilidad económica de la instalación fotovoltaica considerando una subida anual del 12% en el precio del kWh.

Payback	21 años y 8 meses
VAN	10.961€
TIR	1,6%
Ahorro económico⁶	72.112,1€

En este caso se recuperaría la inversión en 21 años y 8 meses, el VAN es positivo lo que indica que la inversión es rentable. El TIR es inferior a la tasa de actualización empleada, sin embargo puede considerarse que el proyecto sería rentable.

Para que el proyecto sea rentable, un escenario como el anterior, la subida del precio de la luz debe ser como mínimo del 12% anual durante los próximos 25 años. Un escenario, en principio y a la vista de varias hipótesis, poco probable.

Otra de las opciones a considerar para poder hacer rentable el proyecto es reducir la inversión necesaria mediante una subvención. El Inega⁷ concede subvenciones a instalaciones de fotovoltaica aislada pero siempre y cuando se considere objetivamente que son necesarias para poder dotar de suministro eléctrico, es decir, es muy costoso dotar de líneas eléctricas convencionales la zona. Por tanto, en este caso no se concedería la subvención.

Por tanto, se concluye que la instalación de fotovoltaica para autoconsumo no es rentable hoy día a no ser que se produzca una subida excesiva del precio de la luz y/o se cambien las condiciones para dotar de subvenciones a este tipo de instalaciones.

⁶ Entendido como, una vez recuperada la inversión los ahorros que se producen por no pagar la factura son los ahorros económicos que se obtienen mediante la implantación de esta medida.

⁷ Instituto Enerxético de Galicia.

4.7. ALUMBRADO MUNICIPAL EXTERIOR

4.7.1 Cálculo de ahorro energético.

Se pretende estudiar la sustitución de las lámparas preexistentes en 3 de los cuadros de luces del alumbrado público en el Ayuntamiento de Teo por un Sistema de luminarias de nueva tecnología de lámparas de LED. Dichas luminarias son más eficientes y se consigue un mayor ahorro y eficiencia energética.

Los cuadros a estudiar son los de las parroquias de Raxó y Feros, se anexan los datos de iluminación de las parroquias, obtenidas de la auditoría energética realizada por la Diputación Da Coruña:

Tabla 40 .Datos cuadro de iluminación exterior del Ayuntamiento de Teo a estudiar

nº orden cuadro	Potencia contratada (kW)	Control potencia contratada	Potencia instalada (kW)	Energía activa total (kW.h)	Energía activa llano (kW.h)	Energía activa valle (kW.h)	Energía reactiva (kVAr.h)	f.d.p (cos f)	Importe total facturación
C069	2,3	NA	2,798	7.866	6.891	975	0	1	580,19 €
C070	3,45	NA	5,085	17.704	15.148	2.556	0	1	1.305,55 €
C145	4,6	NA	3,661	20.635	18.007	2.628	0	1	1.509,28 €
C146	1,15	NA	1,812	2.978	2.628	350	0	1	229,97 €
TOTAL			13,356	49.183	42.674	6.509	0	1	3.624,99 €

Las luminarias que están actualmente instaladas en estas parroquias del Concello de Teo, son lámparas de descarga de Vapor de Sodio de alta presión (VSAP) con una potencia de 100w y Vapor de Mercurio (VM) con potencias de 80 W y 125 W, en los cuadros de estudio no hay reductores de flujo, por lo que la potencia consumida es la de la bombilla y equipos auxiliares, estas potencias se presenta a continuación

Tabla 41 .Tipo de lámparas y potencia instalada en los cuadros a estudiar

Cuadro	Lugar	nº orden luminaria	Tipo	Potencia(W)	Potencia Lámpara + Equipos Aux. (W)	nº puntos de luz	Pot. Inst. (W)
C069	FEROS_01	L01	VM	125	139,9	18	2518,2
		L06	VM	125	139,9	2	279,8
C070	FEROS_02	L01	VM	125	139,9	12	1678,8
			VSAP	100	115,6	5	578
		L02	VM	80	90	25	2250
		L03	VSAP	100	115,6	5	578
C145	RAXO_01	L01	VSAP	100	115,6	20	2312
		L02	VM	80	90	6	540
		L03	VSAP	100	115,6	7	809,2
C146	RAXO_02	L01	VM	80	90	6	540
		L02	VSAP	100	115,6	6	693,6
		L03	VSAP	100	115,6	3	346,8
		L06	VSAP	100	115,6	2	231,2
TOTAL				1315	1498,9	117	13355,6

Se propone los siguientes casos la sustitución de todas las lámparas actuales por lámparas LED inteligentes

Tabla 42 .Total Lámparas (VM + VSHP)

Cuadro	Lugar	nº orden luminaria	Tipo	Potencia(W)	Potencia Lámpara + Equipos Aux. (W)	nº puntos de luz	Pot inst (W)
C069	FEROS_01	L01	LED	45	45	18	810
		L06	LED	45	45	2	90
C070	FEROS_02	L01	LED	45	45	12	540
			LED	56	56	5	280
		L02	LED	30	30	25	750
		L03	LED	56	56	5	280
C145	RAXO_01	L01	LED	56	56	20	1120
		L02	LED	30	30	6	180
		L03	LED	56	56	7	392
C146	RAXO_02	L01	LED	30	30	6	180
		L02	LED	56	56	6	336
		L03	LED	56	56	3	168
		L06	LED	56	56	2	112
TOTAL				617	617	117	5238

Estas lámparas además del ahorro producido por menor potencia instalada, producen un ahorro a mayor, a horas donde el tráfico es menor, en este caso del 60%, esto se debe a la función de gradación de series automática y permite la regulación de la potencia a lo largo de la noche, bajando la potencia y por tanto la luminosidad a aquellas horas donde el tráfico es menor, y por tanto la necesidad de luz menor.

Como se puede ver en la tabla anterior, las lámparas de vapor de mercurio de 125 W son sustituidas por lámparas LED de con una potencia de 45 W, las lámparas de vapor de mercurio de 80 W son sustituidas por lámpara LED de 30 W y las de Vapor de Sodio a Alta Presión de 100 W, al ser más eficientes son sustituidas por lámparas de LED de 56 W.

También se hacen los cálculos de amortización con lámparas LED normales, es decir, siempre consumen la misma potencia al no presentar regulación de flujo alguno, son más baratas que las LED inteligentes.

Además estas sustituciones se tienen en cuenta para las lámparas de vapor de mercurio y vapor de sodio a alta presión en su conjunto, así como por separado, también se hace el estudio con ayuda del 40% por parte del IDAE para cada uno de los casos.

A continuación se presenta el ahorro energético de las distintas opciones barajadas, estos datos fueron calculados teniendo en cuenta los datos de la de la auditoría energética de

la Diputación, donde establece que el encendido público en Teo se pone en funcionamiento durante 10,5 horas al días, por lo que al año se utiliza 3832,5 horas.

Con este dato y la potencia instalada con las lámparas actuales se obtiene el consumo energético en estos cuadros, y para cada una de las opciones estudiadas se presenta a continuación:

Tabla 43 .Ahorro energético con lámpara LED inteligente

Lámparas total (VSHP + VM)			
Lámpara actual (Kw/hora)	LED (Kw/hora)	Ahorro (Kw/hora)	% ahorro
51185,34	14721,40	36463,94	71%
Lámparas (VM)			
Lámpara actual (Kw/hora)	LED (Kw/hora)	Ahorro (Kw/hora)	% ahorro
29919,56	7166,78	22752,79	76%
Lámparas (VSHP)			
Lámpara actual (Kw/hora)	LED (Kw/hora)	Ahorro (Kw/hora)	% ahorro
21265,78	7554,624	13711,15	64%

Ahorro de energía en kW/h para las lámparas LED inteligente, regulación de flujo ahorra un 40% de energía adicional, además de la menor potencia instalada.

Tabla 44 .ahorro energético lámpara LED normal

Lámparas total (VSHP + VM)			
Lámpara actual (Kw/hora)	LED (Kw/hora)	Ahorro (Kw/hora)	% ahorro
51185,34	20074,64	31110,70	61%
Lámparas (VM)			
Lámpara actual (Kw/hora)	LED (Kw/hora)	Ahorro (Kw/hora)	% ahorro
29919,56	9772,88	20146,69	67%
Lámparas (VSHP)			
Lámpara actual (Kw/hora)	LED (Kw/hora)	Ahorro (Kw/hora)	% ahorro
21265,78	10750,16	10515,61	49%

Ahorro de energía para las lámparas LED normales, como se puede observar presenta una amplitud del ahorro bastante menos interesante que con las LED's inteligentes, en cuanto al ahorro es mayor el obtenido con la sustitución de las lámparas de vapor de mercurio que con las de vapor de sodio a alta presión, esto se debe a que las primeras son mucho menos eficientes.

4.7.2 Viabilidad económica

Para el cálculo económico se tiene en cuenta lo siguiente:

- La inversión representa la inversión necesaria para el cambio de lámparas, menos el coste de la lámpara actual.
- Se considera en base a la bibliografía consultada y como se explica en este mismo proyecto, que el precio de la energía eléctrica aumenta un 4% los dos años siguientes al inicio del proyecto y luego se mantiene con un crecimiento del 3%. El precio de la luz inicial se obtiene del promedio del precio del Kw/h para cada uno de los cuadros estudiados en base a facturas cedidas por el Ayuntamiento de Teo
- EL flujo de caja son lo ahorro percibidos por la nueva tecnología, que es más eficiente, es decir, el ahorro en la factura eléctrica.
- La vida media de las lámparas LED (50000 horas LED normal, 60000 horas LED inteligente) con respecto a las horas de uso anuales, lo que da una vida media para la LED normal de 13 años y para la LED inteligente de 15.
- El período de amortización y la tasa se definen en base a la tabla oficial de coeficientes anuales de amortización, aprobada por el Real Decreto 1777/2004, de 30 de julio, se considera la agrupación 91. Servicios de saneamiento de vías públicas. Puto 3. Mobiliario urbano. Apartado b) Que define una tasa máxima de un 18%, y un período máximo de 12 años. La tasa de amortización es de un 8% tanto para LED normales como inteligentes.
- Para el cálculo de la mano de obra se tienen en cuenta dos operarios con un coste de 120€/día para cada operario y un camión capacho con un coste de 240€/día, el tiempo de instalación de las lámparas sería de 5 días para las LED y 2,5 para la lámparas instaladas actualmente. Esto da un precio de colocación por lámpara de 21€ para las lámparas LED y 10,5€ para las lámparas de VM y de VSAP.
- El ahorro de mantenimiento se calcula en base a la vida media de las distintas lámparas (VM = 16000 horas, VSAP = 20000 horas) con respecto a las lámparas de LED, con lo que se obtiene, el número de bombillas actuales con respecto a las lámparas LED:

Tabla 45. Nº de bombillas actuales con respecto de la vida útil de las lámparas LED

	Proporción vida útil respecto LED inteligente	Proporción vida útil respecto LED normal
VSAP	3,0	2,5
VM	3,8	3,1

Esta proporción se multiplica por el precio de colocación de cada una de las lámparas

- El precio de las distintas lámparas LED:

Estos precios son orientativos, son difíciles de encontrar catálogos con precios aunque distintos artículos consultados resaltan que los precios medios están en 600€ para LED normal y 700€ para LED inteligente. Aunque se ha comprobado que el precio de la lámpara es proporcional a la potencia de esta, es decir, que la potencia influye bastante en la lámpara.

Tabla 46. Precios distintas lámparas LED

TIPO LED	PRECIO
Precio lámpara LED Inteligente 45W (sin IVA)	669 €
Precio lámpara LED Inteligente 56W (sin IVA)	669 €
Precio lámpara LED Inteligente 30W (sin IVA)	669 €
Precio lámpara LED normal 45W (sin IVA)	430 €
Precio lámpara LED normal 56W (sin IVA)	450 €
Precio lámpara LED normal 30W (sin IVA)	400 €

En base a lo anterior se calculo el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) para los dos tipos de LED (inteligente y normal), para los dos tipos de lámparas instaladas actualmente (vapor de mercurio VM, vapor de sodio a alta presión VSAP) tanto junta como por separado y con y sin subvención del IDAE del 40%. Se muestra a continuación un ejemplo de estos cálculos:

Tabla 47 .Flujos de caja ejemplo cálculo indicadores de rentabilidad

Año	Ahorro luz (€)	Ahorro mantenimiento (€)	Ahorro (€)	Amortización (€)	BN (€)	Flujo caja (€)	Flujo caja actualizado (€)	Flujo acumulado (€)
1	3574,5	645,3	4219,8	6610,0	-2390,2	4219,8	3943,7	-75376,3
2	3717,5	658,2	4375,7	6610,0	-2234,3	4375,7	3821,9	-71554,3
3	3866,2	671,4	4537,6	6610,0	-2072,4	4537,6	3704,0	-67850,3
4	3982,2	684,8	4667,0	6610,0	-1943,0	4667,0	3560,4	-64289,9
5	4101,6	698,5	4800,1	6610,0	-1809,9	4800,1	3422,4	-60867,5
6	4224,7	712,5	4937,2	6610,0	-1672,8	4937,2	3289,8	-57577,7
7	4351,4	726,7	5078,1	6610,0	-1531,9	5078,1	3162,4	-54415,3
8	4481,9	741,3	5223,2	6610,0	-1386,8	5223,2	3040,0	-51375,3
9	4616,4	756,1	5372,5	6610,0	-1237,5	5372,5	2922,3	-48453,0
10	4754,9	771,2	5526,1	6610,0	-1083,9	5526,1	2809,2	-45643,8
11	4897,5	786,6	5684,2	6610,0	-925,8	5684,2	2700,5	-42943,3
12	5044,5	802,4	5846,8	6610,0	-763,2	5846,8	2596,1	-40347,2
13	5195,8	818,4	6014,2	0,0	6014,2	6014,2	2495,7	-37851,5
14	5351,7	834,8	6186,5	0,0	6186,5	6186,5	2399,2	-35452,3
15	5512,2	851,5	6363,7	0,0	6363,7	6363,7	2306,5	-33145,8

Se presenta a continuación los datos de VAN, TIR y payback para cada una de las opciones estudiadas:

Sustitución con LED inteligentes

Tabla 48 .Indicadores de rentabilidad LED inteligente

	VAN	TIR	Payback
Sustitución lámparas de VM y VSAP por LED inteligente sin subvención	-33.145,80 €	-	-
Sustitución lámparas de VM y VSAP por LED inteligente con subvención	-1.417,80 €	6,56%	-
Sustitución lámparas de VM por LED inteligente sin subvención	-18803,53€	0,27%	-
Sustitución lámparas de VM por LED inteligente con subvención	-35,53 €	6,98%	-
Sustitución lámparas de VSAP por LED inteligente sin subvención	-15143,58€	-	-
Sustitución lámparas de VSAP por LED inteligente con subvención	-2183,58€	5,30%	-

Sustitución LED normales

Tabla 49 .Indicadores de rentabilidad LED normal

	VAN	TIR	Payback
Sustitución lámparas de VM y VSAP por LED normal sin subvención	-14.948,82 €	1,71%	-
Sustitución lámparas de VM y VSAP por LED normal con subvención	5.533,98 €	9,86%	10 años 6,47 meses
Sustitución lámparas de VM por LED normal sin subvención	-6.608,80 €	3,01%	-
Sustitución lámparas de VM por LED normal con subvención	5.118,80 €	11,51%	9 años 5,38 meses
Sustitución lámparas de VSAP por LED normal sin subvención	-9.501,09 €	-	-
Sustitución lámparas de VSAP por LED normal con subvención	-745,89 €	6,04%	-

Se parte de la base que el proyecto se escoge cuando el VAN es positivo y el TIR mayor que el coste de capital, mayor del 7%. Ahora bien, hay que tener en cuenta que el coste capital podría ser menor y habría que ajustarlo lo máximo posible, dado que hay proyectos con un TIR pro encima del 5%.

Hay proyectos que no generan por si ningún valor que sería los que habría que descartar mientras no baje el precio de esta nueva tecnología y/o suba el precio de la energía eléctrica, aunque esta tecnología aportar eficiencia energética con lo que acabará siendo rentable.

5. CÁLCULO EMISIONES DE CO₂

El problema del cambio climático se plantea como un aspecto relativamente nuevo en la gestión de las administraciones locales. Hoy en día, además de establecer criterios de ahorro y eficiencia energética, las actuaciones municipales requieren de la consolidación de un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), de la cuantificación de la situación de partida, de la identificación de sectores especialmente sensibles y de la adopción de acciones que corrijan tendencias negativas. De esta forma, entre los objetivos fundamentales de la mayoría de los planes regionales de auditorías energéticas (ejemplo: Proyecto PEACE de A Coruña) se incluyen aspectos tales como priorizar las inversiones con una mejora ambiental en lo referente a las emisiones de CO₂ y contrastar ratios entre diferentes Ayuntamientos de una misma región.

5.1 FACTORES DE EMISIÓN

Dependiendo de la variación diaria del mix eléctrico en España, la generación de electricidad produce niveles distintos de GEIs. Para llevar a cabo un estimado lo más preciso posible, de las emisiones indirectas de CO₂ producidas por el consumo eléctrico en el Ayuntamiento de Teo, se calcularon las medias anuales de los factores de emisión (ton CO₂/MWh) para los años 2008, 2009 y 2010. Para ello se usó la base de datos de la Red Eléctrica de España que presenta, en su portal de Internet, el consumo total por día, en tiempo real:

<https://demanda.ree.es/demanda.html>

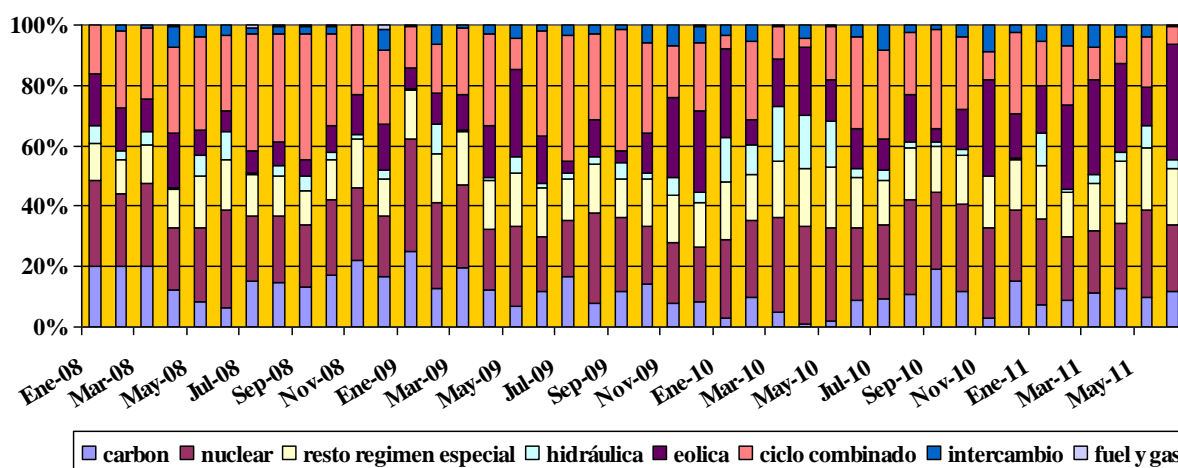


Figura 26. Variación del mix eléctrico en España desde Enero 2008 hasta Junio 2011 graficados de acuerdo a la información de la demanda de energía eléctrica en tiempo real

Las medias anuales se refieren a los porcentajes del mix para el primer día de cada mes únicamente (figura 26) usando los factores de emisión de CO₂ para las distintas fuentes generadoras (Tabla 50) que la misma Red Eléctrica presenta en su portal:

<http://www.slideshare.net/guest78993b8/c02-emissions> Estas medias anuales se muestran en la Tabla 51.

Tabla 50. Factores de emisión por fuente generadora de energía eléctrica, usados para calcular los factores de emisión promedio por año y por mes de la Red Eléctrica de España.

Fuente de generación		ton CO ₂ /MWh (kg/kWh)
Centrales térmicas de Carbón		0,95
Nuclear		0
Hidráulica		0
Eólica		0
Resto Régimen especial	Cogeneración	0,37
	Biomasa	0
	Residuos	0,24
	Tratamiento de residuos	0,24
	Solar	0
		Promedio = 0,25
Centrales de ciclo combinado de gas natural		0,37
Centrales térmicas de fuel y gas		0,37
Interconexiones internacionales		0

Tabla 51. Promedios anuales de los factores de emisión debidos al consumo eléctrico en España (kg CO₂/kWh)

	2008	2009	2010
Este estudio			
	0.289	0.258	0.194
WWF ADENA			
	0,278	0,233	

La media española de 0,39 kg CO₂/kWh, usada en la mayoría de los estudios de emisiones indirectas, está por encima del factor de emisión más alto obtenido para 2008 (Tabla 51). Sin embargo, este factor es a su vez mayor que el de 0,278 kg CO₂/kWh que reporta, para ese mismo año, el Observatorio de la Electricidad de la Asociación para la defensa de la Naturaleza (WWF Adena). Las discrepancias pueden ser debidas a múltiples razones.

El factor de 0,39 kg CO₂/kWh no ha sido actualizado en muchos años mientras que el Observatorio de WWF Adena considera únicamente el consumo en la península. Cabe destacar también que en el cálculo de los factores usados en este estudio no se está considerando una pérdida de aproximadamente 6% debida al transporte y distribución de la energía eléctrica desde la central hasta el punto de consumo. No obstante, lo más importante en relación a la información de la Tabla 51 no son los valores numéricos, sino su disminución progresiva anual que podría representar una reducción indirecta de las emisiones de CO₂ del Ayuntamiento de Teo. Esta misma tendencia la reportan los datos del Observatorio de WWF Adena (Tabla 51). Los demás factores usados en este estudio, para los cálculos de emisiones de CO₂ de las calderas de calefacción y los vehículos, se resumen en la Tabla 52.

Tabla 52. Factores de emisión para calderas y vehículos

Fuente de emisión	Factor tabulado	Factor usado	Referencia
Calderas			
Gasóleo C	3,07 ton CO ₂ /TEP	3,178 kg CO ₂ /litro	Guía de factores de emisión para carburantes, usos térmicos y electricidad 2008 del IDAE
Observación: 1.082 litros de gasóleo C = 1,12 TEP			
Biomasa	0,03895 grCO ₂ e/kWh	0,00191 kg CO ₂ e/kg	Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors" www.defra.gov.uk
Observación: 1kg de pellets aprox. = 4,9 kWh de combustible			
Vehículos			
Diesel		2,639 kg CO ₂ /L	http://publications.environment-agency.gov.uk/PDF/GEHO0310BRYE-E-E.pdf
Eléctricos	14,38 kWh/100km	0,1438 kWh/km	http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ correspondientes al uso de gasóleo C, en los sistemas de calefacción del Ayuntamiento de Teo, no se consideró la eficiencia de las calderas ya que los datos de rendimiento no aparecen documentados en el informe de la auditoría energética del Proyecto PEACE, ni tampoco fueron suministrados por la administración local del municipio. El valor que se muestra en la tabla 52 se obtuvo de la guía de factores de emisión para carburantes, usos térmicos y electricidad 2008 del IDAE. La cantidad de gasóleo utilizado en el Ayuntamiento de Teo, entre Mayo 2010 y Marzo 2011, viene dada en litros de ahí que fuese necesario hacer la transformación de unidades de ton CO₂/TEP a kg CO₂/litro usando la equivalencia de 1.082 litros de gasóleo C = 1,12 TEP

El factor de emisión que se muestra en la tabla 52, correspondiente a los pellets de madera para las calderas de biomasa que sustituirían a las de gasóleo, se tomó del: "2010 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors" (ver portal www.defra.gov.uk). De acuerdo a las especificaciones

comerciales de algunas calderas de biomasa, 1kg de pellets equivaldría a aproximadamente 4,9 kWh de combustible y de ahí la conversión que se utiliza en todos los cálculos en unidades de kg CO₂e/kg de pellets.

Para la flota del Ayuntamiento de Teo, los datos del gasto total de diesel fueron proporcionados para un período que va desde 2007 hasta los primeros meses de 2011. Sin embargo, esta información viene dada en euros. Para convertir el coste de combustible por año en unidades que permitan calcular emisiones correspondientes de CO₂ se utilizó la evolución histórica de los precios del diesel en España según la tabla de “Evolución Precios del Gasóleo Automoción, Ministerio de Industria, Turismo Comercio”

(<http://www.cetm.es/principal/carburantes/gasoleos/datos.asp>)

El factor de emisión para el diesel (Tabla 52) fue tomado del “The Guidance of the CRC Energy Efficiency System: conversion factors and emission factors march 2010 Northern Ireland Environmental Agency”

<http://publications.environment-agency.gov.uk/PDF/GEHO0310BRYE-E-E.pdf>

Para el estimado de los kWh por km de recorrido de un vehículo eléctrico, se tomó la media que proporciona una autonomía de aproximadamente 100 km. Esta cifra fue calculada en base al rendimiento de los ocho modelos de vehículos eléctricos más comúnmente usados en la actualidad. El valor que aparece en la tabla 52, en unidades de kWh/km, ha sido corregido por un factor que compensa la pérdida de aproximadamente un 4% que ocurre al extraer del enchufe la carga completa de la batería. Sin embargo, al igual que en el caso de las emisiones indirectas producidas por el consumo eléctrico del Ayuntamiento, en ningún cálculo se tomó en cuenta la pérdida de aproximadamente 6% debida al transporte y distribución de la energía eléctrica de la central al enchufe.

5.2 EMISIONES DE CO₂: CONSUMO ELÉCTRICO

5.2.1 Consumo eléctrico sin medidas de ahorro energético

La Tabla 53 presenta el consumo eléctrico en el Ayuntamiento de Teo, tanto para el alumbrado público como para sus dependencias administrativas. Estas últimas incluyen una depuradora, escuelas y guarderías, centros médicos, instalaciones culturales y deportivas y los edificios municipales.

Tabla 53. Cuadro de consumo eléctrico en el Ayuntamiento de Teo (kWh) y sus correspondientes emisiones de CO₂ (kg)

ENERGÍA EN kWh DE GASTO ELÉCTRICO			
	2008 (conocidos)	2009 (conocidos)	2010 (tendencial)
Alumbrado Público (kWh)	3.491.115	4.069.686	
Dependencias del Ayuntamiento	1.257.811	827.994	
Total kWh	4.748.926	4.897.680	5.046.540
EMISIONES DEBIDAS AL CONSUMO ELÉCTRICO (CO ₂ kg)			
Alumbrado Público	1.010.418,87	1.048.574,95	
Dependencias del Ayuntamiento	364.042,10	213.336,79	
Total CO₂	1.374.461,86	1.261.911,74	979.028,76

Los datos para 2008 y 2009 son conocidos. El total en kWh para 2010 es tendencial y se obtuvo haciendo una extrapolación lineal del consumo eléctrico de los dos años anteriores.

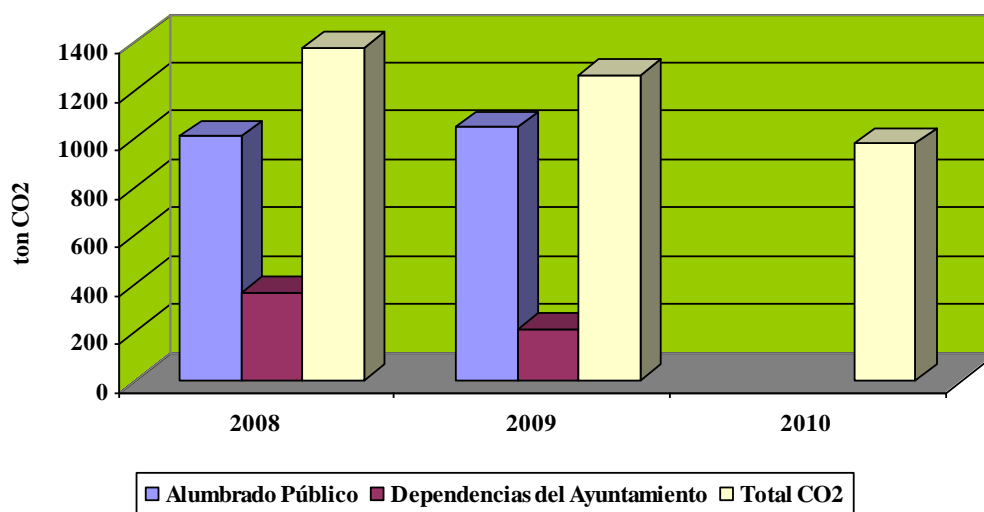


Figura 27. Emisiones de CO₂ producidas por el consumo eléctrico del Ayuntamiento de Teo

La figura 27 muestra, en un diagrama de barras, la información contenida en la Tabla 53 de este gráfico se deduce que, pese al pequeño incremento anual de la energía eléctrica total utilizada por el Ayuntamiento de Teo, la generación de CO₂ va disminuyendo en respuesta a la baja progresiva de los factores de emisión correspondientes para cada año en consideración (Tabla 51).

5.2.2 Reducción de emisiones de CO₂ con medidas de ahorro eléctrico

La tabla 54 resume, en cantidades de kgs, las emisiones de CO₂ en el Ayuntamiento de Teo correspondientes a la demanda eléctrica únicamente. Estas fueron calculadas en base a datos conocidos para 2008 y 2009 y a la proyección tendencial lineal para 2010. En esta tabla se incluyen también los posibles escenarios de reducción de emisiones previstos tras la implementación de las medidas de ahorro energético sugeridas en la auditoría del PEACE de 2008 (reducción de 2.015.681 kWh/año en el alumbrado público y 9.268 kWh/año en las demás dependencias administrativas del Ayuntamiento = 2.024.949,79 kWh/año).

La figura 20 muestra gráficamente la información contenida en la tabla 53 y el porcentaje de reducción de emisiones de CO₂ que se hubiese podido obtener, tanto en 2009 como en 2010, de haberse implementado las acciones de ahorro recomendadas por el Proyecto PEACE (aproximadamente 40% del valor tendencial). Este porcentaje es alto si se compara con los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ establecidos en planes globales de acción frente al cambio climático tales como el PAES para el municipio de Donosita-San Sebastián (20% entre 2007 y 2020), el IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change), The Government's Royal Commission Environmental Pollution (aproximadamente 80% para 2100 en relación al 2007) y la Fédération canadiense des municipalités (FCM) (6% en un período de 10 años).

Tabla 54. Emisiones de CO₂ producidas por el consumo eléctrico del Ayuntamiento de Teo, con y sin la implementación de las medidas de ahorro energético propuestas por el PEACE

	2008	2009	2010
Alumbrado Público (kg CO ₂)	1.010.418,87	1.048.574,95	
Dependencias (kg CO ₂)	364.042,10	213.336,79	
Total (kg CO ₂)	1.374.461,86	1.261.911,74	979.028,76
Plan de ahorro PEACE (kg CO ₂)		741.164,34 (41%)	586.188,46 (40%)
Reducción propuesta por el PEACE (kWh)	Alumbrado Público 2.015.681,55	Dependencias Ayuntamiento 9.268,24	Total 2.024.949,79

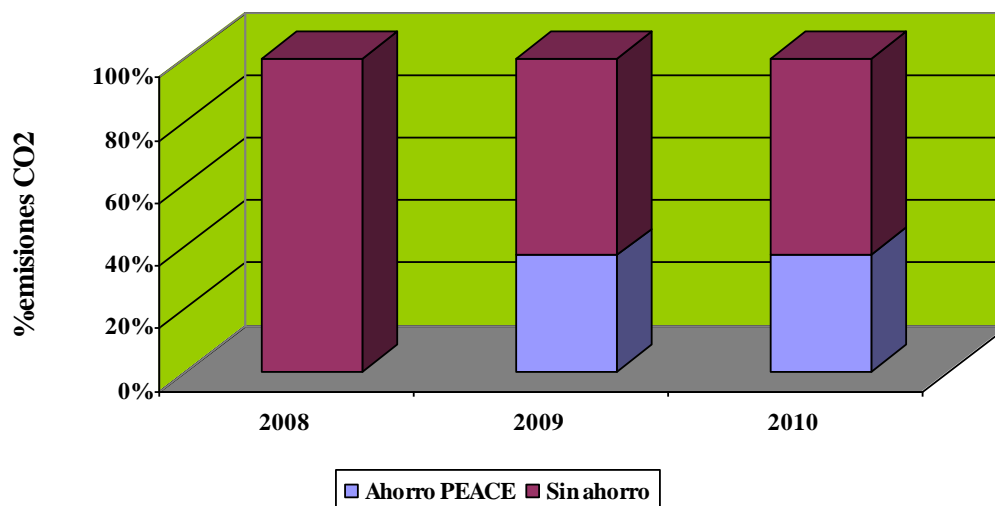


Figura 28. Reducciones obtenidas tras la implementación de las medidas de ahorro energético propuestas por el PEACE para 2009 y 2010

En el presente estudio se sugieren también posibles alternativas de ahorro en el consumo eléctrico, algunas de ellas de mayor viabilidad económica que otras. En la Tabla 55 se resume el ahorro energético por año, y el de producción de CO₂ correspondiente calculado con el factor de emisión para 2010 (tabla 51). Estos valores se comparan también con el total de emisiones para 2010 del escenario tendencial de la tabla 53. Es importante mencionar que las tres medidas de ahorro energético que se presentan en la tabla 55 para la sustitución de luminarias por LEDs, son mutuamente excluyentes.

Tabla 55. Comparativa entre las emisiones de CO₂ debidas al consumo eléctrico del alumbrado público y el escenario previsto tras la instalación de una central fotovoltaica y/o de tres esquemas mutuamente excluyentes de sustitución de las luminarias existentes. Entre paréntesis las disminuciones en % para cada caso con respecto a 2010 (% promedio de disminución = 0,46%)

Medida	Ahorro (kWh)/año	(kg CO ₂ /kWh)	Emisiones reducidas 2010 kg CO ₂ /kWh (% de disminución)
Instalación Fotovoltaica	5.469	1.061	977.968 (0,11%)
Sustitución LED 69 VM	22.101	4.288	974.741 (0,44%)
Sustitución LED 69 VM y 48 VSAP	35.125	6.814	972.214 (0,70%)
Sustitución LED 48 VSAP	12.665	2.457	976.572 (0,25%)

Tendencial sin plan de ahorro (2010) = 979.028,76kg CO₂/kWh

5.3 EMISIONES DE CO₂: CALEFACCIÓN Y FLOTA DE VEHÍCULOS

5.3.1 Calefacción

La Tabla 56 resume el consumo en litros de gasóleo C por las calderas del Ayuntamiento de Teo, así como las emisiones correspondientes de CO₂ para un período de aproximadamente un año. La figura 29 compara las emisiones generadas por las diferentes dependencias del Ayuntamiento en ese mismo período. El pico de producción aparece en Octubre 2010 y la producción total de emisiones entre Mayo 2010 y Marzo 2011 es de aproximadamente 132.118 kg de CO₂.

Los posibles ahorros de energía sugeridos en el presente estudio, mediante la sustitución de las calderas de gasóleo C por sus equivalentes de biomasa (pellets de madera), tienen una clara repercusión en la disminución de las emisiones correspondientes de CO₂. Sin embargo, es importante aclarar que la migración de un sistema a otro sería progresiva, de acuerdo a un esquema que tome en cuenta la vida útil que resta a las diferentes calderas de gasóleo actualmente en funcionamiento. Por lo tanto, las disminuciones correspondientes de emisiones de CO₂ no serían del todo significativas en el horizonte temporal de dos años consecutivos. Es por ello que en la tabla 57 la información se presenta pormenorizada para cada una de las calderas actualmente en funcionamiento (calculada de acuerdo a los factores de emisión de la tabla 52). De esta forma, la tabla 57 podría servir de guía al Ayuntamiento para evaluar, a lo largo del programa de sustitución parcial o total de su sistema de calefacción, el alcance medioambiental que tales cambios irían teniendo. También, a modo de guía, se muestran en esta misma tabla los valores totales y promedios de emisiones de CO₂ por sector y por tipo de caldera.

Aunque la cantidad de CO₂ emitido por el sistema de calefacción actual no parece ser significativa cuando se compara con las emisiones indirectas producidas por el consumo eléctrico del alumbrado público y las dependencias del Ayuntamiento, las reducciones que se lograrían en un programa de sustitución de las calderas existentes, por equipos equivalentes de energías limpias, está en el orden del 99% en todos los casos.

Tabla 56. Consumo de gasóleo C en litros (calefacción) del Ayuntamiento de Teo y emisiones de CO2 correspondientes con los totales agrupados por sector y por período

	Mayo 2010		Octubre 2010		Diciembre 2010		Enero 2011		Febrero 2011		Marzo 2011	
	L	CO2(kg)	L	CO2(kg)	L	CO2(kg)	L	CO2(kg)	L	CO2(kg)	L	CO2(kg)
Escuelas	0		5.960	18.939,80	2.712	8.618,24	3.537	11.239,94	0		2.296	7.296,27
Locales	0		8.535	27.122,68	2.500	7.944,55	4.010	12.743,05	2.171	6.899,04	2.000	6.355,63
Centros Médicos	1.852	5.885,32	3.602	11.446,50	0		0		2.400	7.626,76	0	
Totales	1.852	5.885,32	18.097	57.508,98	5.212	16.562,79	7.547	23.982,99	4.571	14.525,81	4.296	13.651,91

TOTAL kg CO2 132.117,82

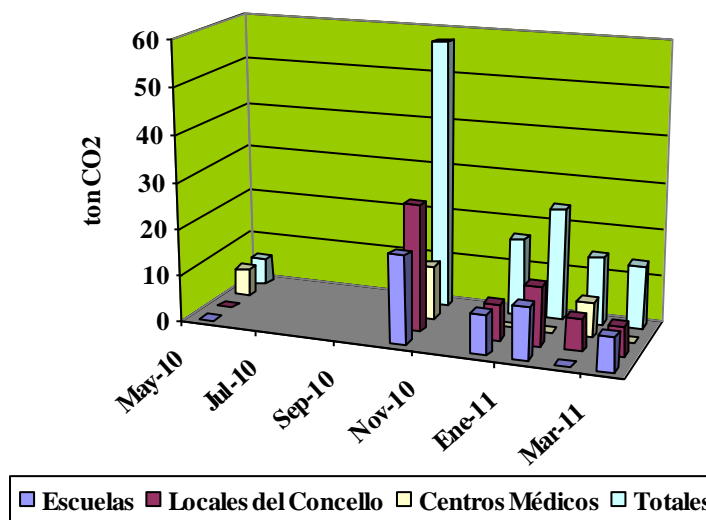


Figura 29. Emisiones de CO₂ debidas al consumo de gasóleo C (calefacción) del Ayuntamiento de Teo (2010/2011)

Tabla 57. Comparativa entre las emisiones debidas a las calderas de gasóleo, y el escenario previsto tras su sustitución parcial o total por biomasa. Entre paréntesis las disminuciones en kg de CO₂/año en cada caso (aprox 99%)

Dependencia	Gasóleo kg CO₂/año	Biomasa kg CO₂/año (disminución)
ESCOLA DE SOLLÁNS	3.149,4	3,8 (-3.146)
CASALONGA	1.544,5	1,8 (-1.543)
FRANCOS	457,6	0,6 (-457)
RARÍS	2.415,3	2,9 (-2.412)
RAXÓ	3.413,2	4,1 (-3.409)
IGLESIA CACHEIRAS	4.646,2	5,6 (-4.641)
PONTEVEA	5.110,2	6,1 (- 5.104)
RESELENDE	4.617,6	5,6 (-4.612)
GUARDERÍA DE CALO	8.758,6	10,5 (-8.748)
ESCOLA DE CAMPOS	1.280,7	1,5 (-1.279)
ESCOLA DO AIDO	3.073,1	3,7 (-3.069)
SEDE CRA SOLLÁNS	7.630,4	9,2 (-7.621)
TOTAL ESCUELAS (2009/2010)	46.096,9	55,4 (-46.041)
CASA DO CONCELLO	16.052,1	19,3 (-16.033)
LOCAL SOCIAL AYTO	15.890	19,1 (-15.871)
LOCAL JUZGADO Y POLICÍA	10.945,0	13,2 (-10.932)
LOCAL BAICA	2.790,3	3,4 (-2.787)
LOCAL SOCIAL OZA	3.178	3,8 (-3.174)
LOCAL SOCIAL RARÍS	3.178	3,8 (-3.174)
LOCAL SOCIAL TEO	2.628,2	3,2 (-2.625)
ASPAMITE	4.500,1	5,4 (-4.495)
LOCAL SOCIAL OZA(ESCUELA)	1.906,8	2,3 (-1.905)
TOTAL LOCALES DEL AYMTO. (2009/2010)	61.068,5	73,4 (-60.995)
CENTRO MÉDICO OS TILOS	9.063,7	10,9 (-9.053)
CENTRO MÉDICO CALO	11.765	14,1 (-11.751)
CENTRO MÉDICO CACHEIRAS	1.589	1,9 (-1.587)
CENTRO MÉDICO PONTEVEA	2.542,4	3,1 (-2.539)
TOTAL CENTROS MÉDICOS (2009/2010)	24.960	30,0 (-2.539)
TOTAL	132.125,4	159 (-131.966)
Emisiones medias por caldera		
= 5285 kg CO₂/año (Gasóleo C)		
= 6,4 kg CO₂/año (Biomasa)		

5.3.2 Flota de vehículos

La Tabla 58 resume datos, equivalencias y resultados para la flota de vehículos del Ayuntamiento de Teo, para los años 2008, 2009 y 2010. En la figura 30 se muestra un aumento progresivo de las emisiones de CO₂. El sector de obras, parques y jardines es el de mayor consumo y por ende el de mayor peso sobre el total de kilogramos de CO₂ producidos entre 2008 y 2010.

Tabla 58. Consumo de Diesel en € para los vehículos de la flota del Ayuntamiento de Teo y sus emisiones de CO₂ equivalentes

	2008			2009			2010		
	€ (1,142€/L)	L	CO2 (kg)	€ (0,91€/L)	L	CO2 (kg)	€ (1,08€/L)	L	CO2 (kg)
Policía local	6.565,6	5.749	15.172	6.938	7.624	20.120	9.002	8.335	21.996
Protección civil	6.372,7	5.580	14.727	7.452	8.189	21.610	9.475	8.773	23.153
Obras, parques y jardines	27.153,3	23.777	62.747	16.396	18.017	47.547	22.557	20.886	55.119
Total	40.091.6	35.107	92.646	30.785	33.830	89.277	41.034	37.995	100.268

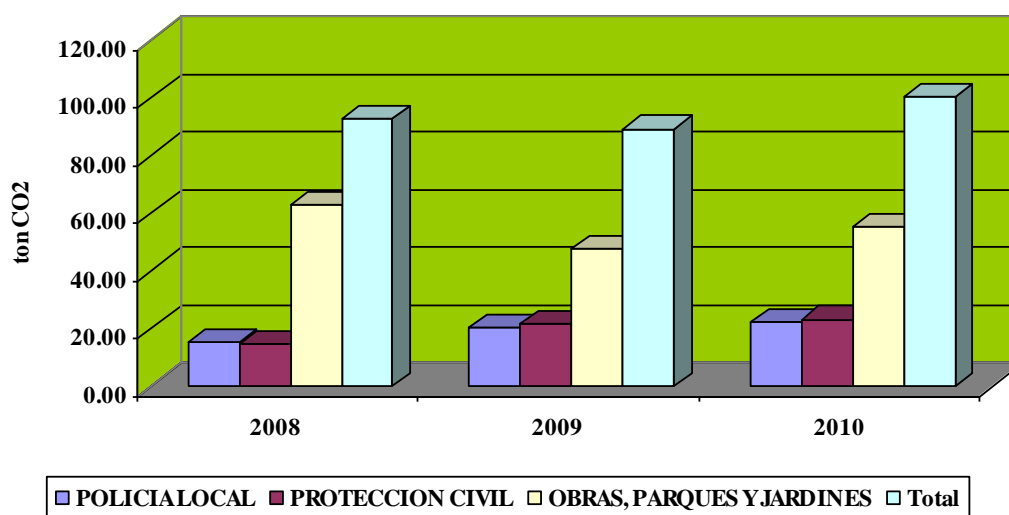


Figura 30. Emisiones de CO₂ producidas por el diesel usado en la flota de vehículos del Ayuntamiento de Teo

En la tabla 59 se presentan los modelos de los diferentes vehículos de la flota del Ayuntamiento y sus correspondientes promedios anuales de kilómetros recorridos, calculados de acuerdo a los datos suministrados (kilometraje actual y fecha de matriculación). En base a esta información se puede estimar en cada caso el gasto en kWh/año que requeriría un vehículo eléctrico para cubrir el mismo número de kilómetros, así como las consecuentes

emisiones de CO₂ que producirían, en forma indirecta, de acuerdo a la equivalencia de la tabla 52 y al factor de emisión calculado para el 2010 de la tabla 51.

Los posibles ahorros de energía sugeridos en el presente estudio, mediante la sustitución de los vehículos actuales de la flota por equivalentes de tipo eléctrico, inciden en una disminución notable de las emisiones correspondientes de CO₂. Sin embargo, al igual que en el caso de las calderas, es importante destacar que la migración de una flota diesel a una eléctrica sería progresiva y de acuerdo a un esquema de sustitución que debería tomar en cuenta la vida útil que le resta a cada vehículo para llegar a cubrir aproximadamente 200 mil kilómetros. De esta forma, tampoco en este caso, las disminuciones correspondientes de emisiones de CO₂ serían significativas en el horizonte temporal de dos años seguidos. Es por ello que la cantidad promedio de CO₂ emitido por cada vehículo eléctrico equivalente, se presenta en la tabla 59 en forma pormenorizada pudiendo servir de guía al Ayuntamiento para evaluar, a lo largo del programa de renovación parcial o total de su flota, el alcance medioambiental correspondiente a cada acción sustitutiva. A modo de guía se muestran también, en esta misma tabla, los valores totales y promedios de emisiones de CO₂ por sector y por vehículo.

La cantidad de CO₂ emitida por la flota actual de vehículos no es significativa si se compara con las emisiones indirectas producidas por el consumo eléctrico del alumbrado público y las dependencias del Ayuntamiento. Sin embargo, las reducciones que se lograrían en un esquema de sustitución de la flota existente por coches eléctricos, está en un promedio del 93% en cada uno de los sectores considerados.

Tabla 59. Comparativa entre las emisiones debidas a uso de diesel por la flota del Ayuntamiento de Teo, y el escenario previsto tras su sustitución de la misma por coches eléctricos. Entre paréntesis las disminuciones en kg de CO₂/año para cada sector considerado (aproximadamente -93% del valor en 2010).

Modelo	km/año	Vehículo eléctrico equivalente	
		kWh/año	kg CO ₂ /año
NISSAN PICK-UP	19.252,0	2.768,4	537,1
RENAULT MASTER	15.398,5	2.214,3	429,6
RENAULT TRAFIC	24.304,9	3.495,0	678,0
NISSAN CABSTAR	9.899,4	1.423,5	276,2
RENAULT KANGOO 1.5 DCI	13.257,3	1.906,4	369,8
TOTAL OBRAS PARQUES Y JARDINES 2010	Diesel = 55.119 (kg CO₂/año)	Eléctrico kg CO₂/año	2.290,7 (-52.828)
MERCEDES BENZ 822	4.961,7	713,5	1.38,4
NISSAN PATHFINDER	50.493,6	7.261,0	1.408,6
NISSAN QASHQAI	19.861,9	2.856,1	554,1
CITROËN XSARA	23.643,0	3.399,9	659,6
TOTAL PROTECCIÓN CIVIL	Diesel = 23.153(kg CO₂/año)	Eléctrico kg CO₂/año	2.760,7

		CO ₂ /año	CO ₂ /año	(-20.392)
NISSAN PATHFINDER		39.651,2	5.701,8	1106,2
RENAULT MEGANE		26.933,3	3.873,0	751,4
PEUGEOT 309 1.6		3.937,0	566,1	109,8
PIAGGIO HEXAGON 250 GT		837,0	120,4	23,4
TOTAL POLICÍA LOCAL	Diesel =	21.996 (kg	Eléctrico kg	1.990.7
		CO₂/año)	CO₂/año	(-20.005)

Emisiones medias por vehículo
 = 7.713 kg CO₂/año (Diesel)
 = 542 kg CO₂/año (eléctrico)

5.4 EMISIONES TOTALES DE CO₂ DEL AYUNTAMIENTO DE TEO

Las emisiones totales, calculadas por concepto de: consumo eléctrico, calefacción y flota de vehículos para el Ayuntamiento de Teo, se resumen en la tabla 60. Como se mencionó anteriormente, las emisiones de CO₂ correspondientes al consumo eléctrico de 2010 son producto de una extrapolación lineal de los datos de energía consumida. Así mismo, al no disponerse de información en relación a la cantidad de gasóleo C usado en las calderas en años anteriores a 2010, se ha asignado a 2008 y 2009 el mismo valor correspondiente al 2010.

Los gráficos circulares (figuras 31, 32 y 33) correspondientes a 2008, 2009 y 2010, indican un dominio claro del consumo eléctrico como principal responsable de las emisiones de CO₂ en este Ayuntamiento, siendo el alumbrado público (según datos conocidos para 2008 y 2009) el concepto energético que mayor cantidad de CO₂ genera.

Tabla 60. Emisiones totales de CO₂ en kgs (datos conocidos y tendenciales) del Ayuntamiento de Teo para 2008 – 2010

	2008	2009	2010
Electricidad			
Alumbrado	1.010.418,87	1.048.574,95	
Electricidad Dependencias	364.042,10	213.336,79	
Electricidad Total	1.374.461,86	1.261.911,74	979.028,76 (tendencial)
Calefacción	132.117,82 (tendencial)	132.117,82 (tendencial)	132.117,82
Flota Ayuntamiento	92.646	89.277	100.268
Total (kg)	1.599.226	1.483.307	1.211.415

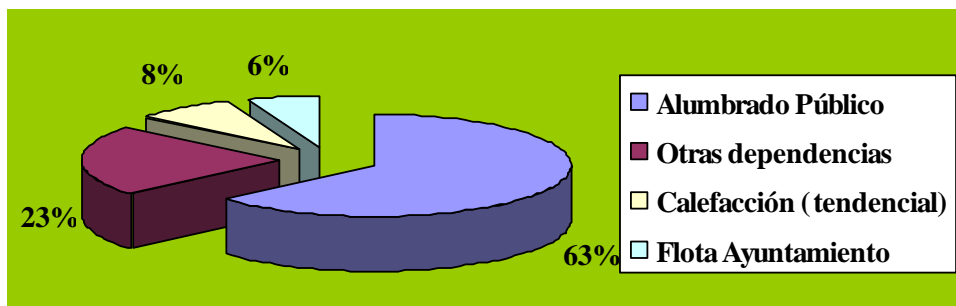


Figura 31. Valores relativos de las emisiones de CO2 producidas por los principales conceptos energéticos del Ayuntamiento de Teo (2008)

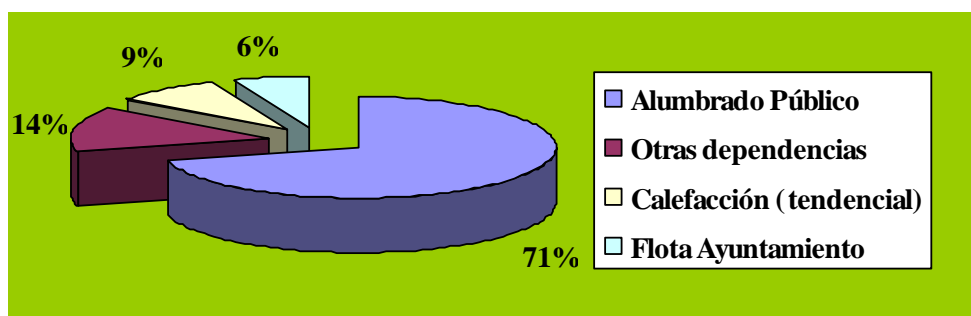


Figura 32. Valores relativos de las emisiones de CO2 producidas por los principales conceptos energéticos del Ayuntamiento de Teo (2009)

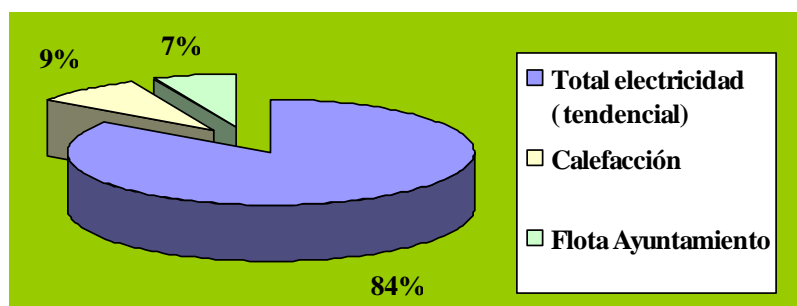


Figura 33. Valores relativos de las emisiones de CO2 producida por los principales conceptos energéticos del Ayuntamiento de Teo (2010)

Para hacer un cálculo hipotético de la reducción de emisiones de CO₂ que se alcanzaría en el caso ideal de la total implementación de las medidas de ahorro energético propuestas en este estudio, se toma como año base el 2010 y se restan los porcentajes promedios a las emisiones correspondientes de: 0,46% por consumo eléctrico (sustitución de luminarias por LED tabla 55), 99% por sustitución del total de calderas de gasóleo por biomasa (tabla 57) y 93% por sustitución total de la flota por coches eléctricos (tabla 59). La tabla 61 y la figura 34 resumen estos resultados. La disminución total se compara con el escenario actual y con el de ahorros propuestos por el PEACE que incide únicamente sobre el consumo eléctrico. En el caso de este estudio se lograría una disminución total del orden del 19%, mientras que en el PEACE sería del 32% con respecto a las emisiones del 2010.

Sin embargo, un escenario más realista sería considerar, anualmente, la reducción de emisiones debida a la sustitución progresiva de las calderas de gasóleo y vehículos de diesel por biomasa y coches eléctricos respectivamente, lo cual correspondería, aproximadamente, a la disminución aproximada de un 99% (biomasa) y 93% (coches eléctricos) del valor promedio en 2010 por cada desincorporación que se hiciera efectiva (ver tablas 57 y 59).

Es importante hacer notar que, a pesar de que en algunos intervalos de tiempo no se dispone de cifras conocidas de consumo de energía eléctrica, o de litros de gasóleo, las extrapolaciones hechas para llenar estos vacíos de información responden fielmente a las tendencias observadas. Así mismo, la precisión con la que se han calculado todas las equivalencias de unidades para los datos conocidos y los factores de emisión, ajustados en la medida de lo posible al caso específico de España y del intervalo de tiempo estudiado, compensan los posibles errores que pudiesen derivar de las extrapolaciones hechas. Por lo tanto, los porcentajes de emisiones por cada concepto energético, para el período 2008 – 2010, que se presentan en las figuras 31, 32 y 33, estarían ajustados razonablemente a la realidad, así como también los órdenes de magnitud de cantidades absolutas de CO₂ emitidas por el Ayuntamiento de Teo que se reseñan en las Tabla 60.

Tabla 61. Comparativa de reducción de emisiones de CO₂ con la implantación de medidas de ahorro energético

	Actual (CO₂ kg) 2010	Emisiones con el ahorro propuesto en este estudio (CO₂ kg)	Emisiones con el ahorro propuesto por el PEACE (CO₂ kg)
Electricidad total	979.028,76	974.525,23	586.188,46
Calefacción	132.117,32	1.321,17	132.117,32
Flota Ayuntamiento	100.268	7.019	100.268
Total	1.211.414,08	982.865,4	818.573,78
Reducción		19%	32%

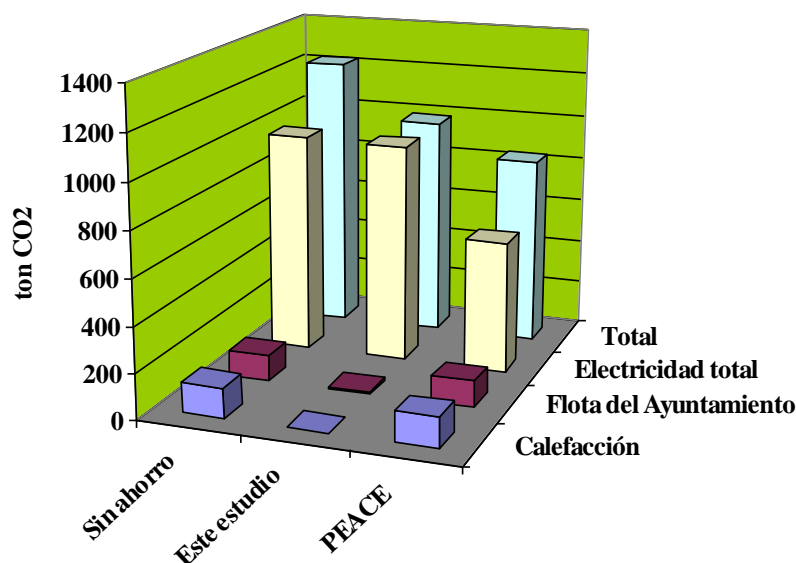


Figura 34. Reducciones obtenidas tras la implementación de las medidas de ahorro energético propuestas en este estudio y en el PEACE usando como año base 2010

5.5 COMPARATIVAS DE EMISIONES DE CO₂

Finalmente se obtuvieron algunos indicadores que reflejarían en mayor o menor medida la huella climática del Ayuntamiento de Teo y se contrastaron con su entorno local y regional. Para ello se usaron también los valores conocidos de consumo de energía eléctrica y, en algunos casos de gasóleo C, para los municipios vecinos de Padrón, Vedra, Brión y Rois, documentados en los informes de las auditorías energéticas realizadas en 2008 en el marco del Proyecto PEACE.

Los resultados se resumen en la Tabla 62 y se presentan en forma de gráficos de barras en las figuras 35, 36 y 37 para los valores absolutos por Ayuntamiento, segmentados por concepto energético, y normalizados por área y por número de habitantes respectivamente. De la figura 35 se deduce que Teo es el Ayuntamiento con mayor generación anual de emisiones de CO₂ (aproximadamente 1.400 toneladas en 2008) y posiblemente el de mayor huella climática en la región, seguido por Padrón (aproximadamente 800 toneladas en 2008). El resto de los Ayuntamientos (Vedra, Brión y Rois) tienen una producción considerablemente menor (entre 500 y 300 toneladas en 2008). Al igual que en Teo, en todos estos Ayuntamientos, el consumo de energía eléctrica es el factor que contribuye con mayor peso a las emisiones de CO₂, particularmente el sector del alumbrado público.

Tabla 62. Cuadro comparativo de emisiones de CO2 para el Ayuntamiento de Teo y los Ayuntamientos vecinos (año 2008)

Municipio	TEO	PADRÓN	VEDRA	BRION	ROIS
Superficie (km ²)	82,2	48,4	50,8	74,9	92,8
Población	17.441	9.030	5.088	7.104	5.012
Alumbrado (kg CO ₂)	1.010.418,87	452.245,23	408.290,71	347.759,32	207.797,91
Dependencias (kg CO ₂)	364.042,10	318.514,29	122.904,39	121.291,42	78.965,79
Combustibles (kg CO ₂)			31.190,29	44.495,82	37.310,77
Total emisiones	1.374.461,86	770.759,52	562.385,39	513.546,56	324.074,47
kg CO₂/área	78,47	84,99	110,09	72,01	64,42
kg CO₂/hab.	16.649,45	15.856,69	11.025,87	6.829,65	3.478,97

Al normalizar por número de habitantes y área de cada municipio se obtiene una visión diferente del escenario de emisiones de CO₂ (figura 36). En efecto, Teo y Padrón parecen tener la mayor generación de estas emisiones por área de municipio (aproximadamente 16 ton/km² ambos) seguidos por Vedra (aproximadamente 10 ton/km²) y por último por Brión y Rois con aproximadamente 6 y 3,5 ton/km² respectivamente.

El escenario cambia nuevamente al analizar los datos normalizados por número de habitantes (figura 37). En este caso Vedra destaca con aproximadamente 120 kg/habitante mientras que el resto de los Ayuntamientos parecen tener valores similares del indicador (entre 70 y 80 kg/habitante).

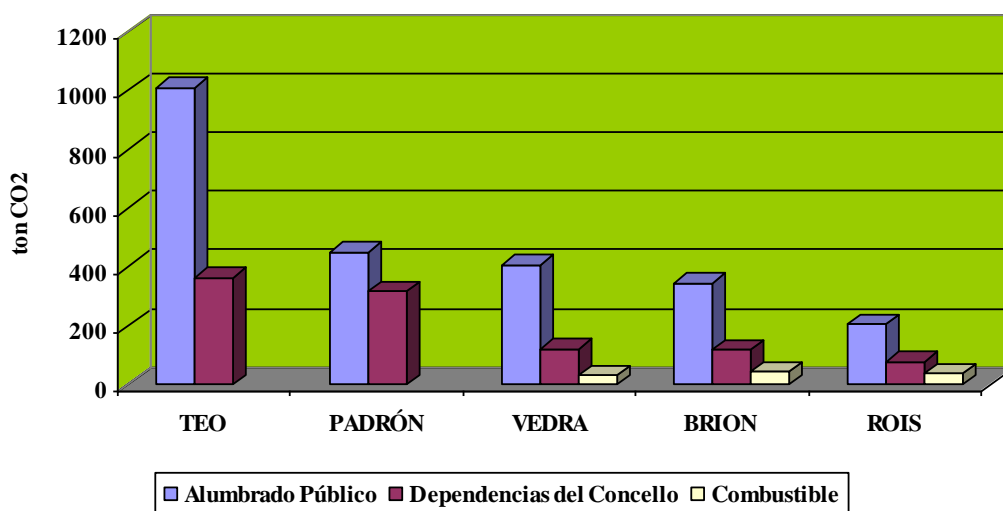


Figura 35. Producción de CO2 en 2008 segmentada por sector para Teo y Ayuntamientos vecinos

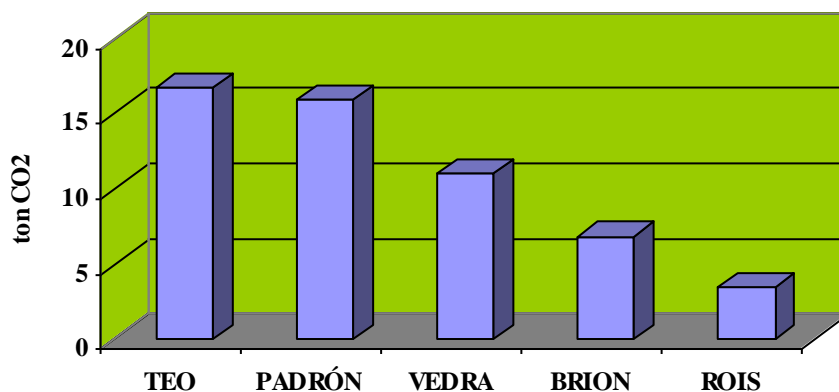


Figura 36. Emisiones de CO₂ de Teo y Ayuntamientos vecinos normalizadas por superficie (km²) de cada municipio (2008)

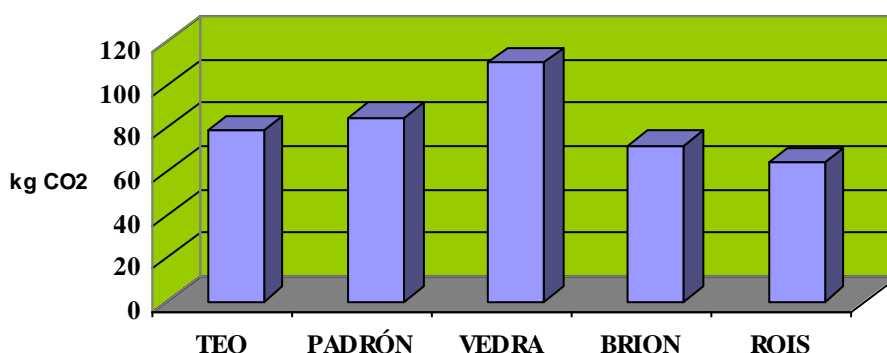


Figura 37. Emisiones de CO₂ de Teo y Ayuntamientos vecinos, normalizadas por población en cada municipio (2008)

Es necesario hacer hincapié en la importancia de estos análisis, no sólo para comparar los indicadores que reflejan en mayor o menor medida las huellas climáticas de distintos Ayuntamientos vecinos en una región en particular, sino también para identificar el indicador más adecuado al momento de asignar cuotas de reducción de emisiones de CO₂ a los diferentes Ayuntamientos, en el marco global de Planes y Programas nacionales, autonómicos o provinciales.

En efecto, las figuras 38 y 39 muestran los mismos datos de las figuras 36 y 37 graficados en función de los ejes de coordenadas: emisiones de CO₂ versus superficie y número de habitantes totales por cada municipio. De la primera gráfica (figura 38) se deduce que no existe una relación lineal entre emisiones de CO₂ y área total, mientras que en la segunda gráfica (figura 39) es clara la dependencia lineal entre kg de emisiones de CO₂ y número de habitantes. La implicación directa de este resultado es que el número de habitantes por municipio debería ser el criterio más apropiado a la hora de asignar cuotas de reducción de emisiones de CO₂ a las diferentes administraciones públicas locales.

A modo de ejemplo, se discute aquí el caso del Ayuntamiento de Teo en el contexto del Plan Gallego de Acción frente al cambio climático:

http://www.conama9.org/conama9/download/files/MRs/4461_ppt_EFern%E1ndez.pdf

Este Plan propone un objetivo de reducción de emisiones producidas en los sectores no afectados por el comercio de derechos de emisión (transporte, residencial, comercial, institucional, gestión de los residuos, gases fluorados y agrario) de 2,45 Mton CO₂/año para el período 2008 – 2012. El programa de mitigación asociado al Plan solo compensa 1,80 Mton/año. De las restantes 0,65 Mton/año unas 0,28 Mton/año se le asignarían a otras administraciones públicas distintas de la Xunta de Galicia (administraciones locales).

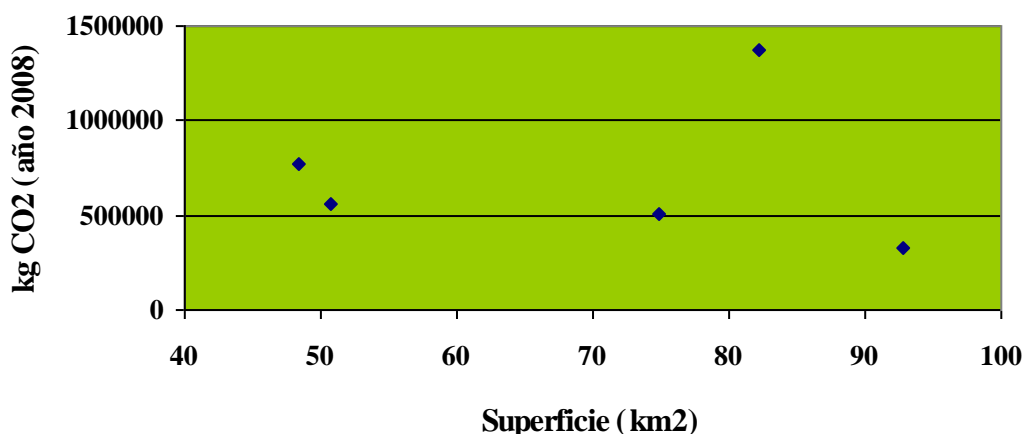


Figura 38. Relación no lineal entre superficie total de los municipios y cantidad de CO₂ emitido por cada Ayuntamiento (2008)

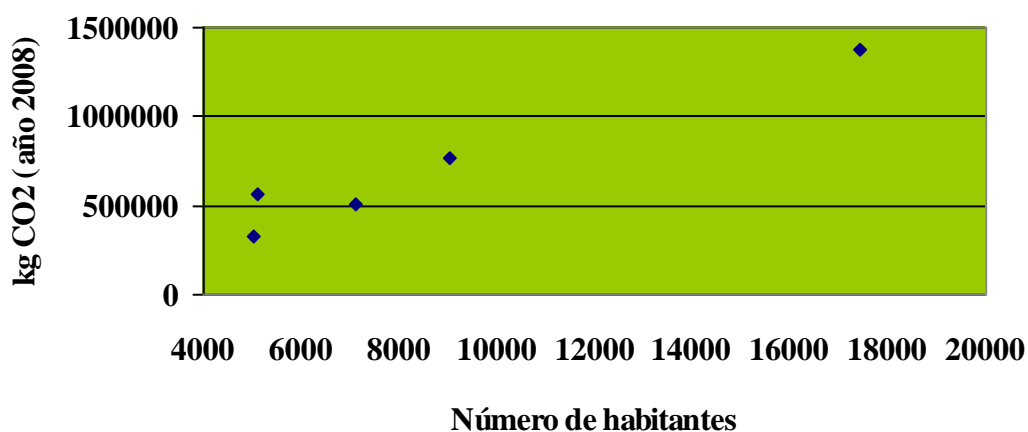


Figura 39. Relación lineal entre número de habitantes por municipio y emisiones de CO₂ por Ayuntamiento (2008)

Para el municipio de Teo, con una población en 2008 de 17.441 (población total en Galicia = aproximadamente 2.762.198 habitantes) esto implicaría una reducción anual de aproximadamente 1.767 ton CO₂ comparable a la producción media anual de CO₂ del

Ayuntamiento. Aunque la cuota de 0,28 Mton/año para las administraciones públicas locales, propuesta por el Plan Gallego, es orientativa y no impositiva, el resultado obtenido para el caso de Teo parece indicar que el nivel de emisiones de CO₂ de este Ayuntamiento (y posiblemente su huella climática) es poco conspicuo, al menos en el marco referencial de la Comunidad Autónoma de Galicia.

En resumen:

- En el Ayuntamiento de Teo domina el consumo eléctrico como principal fuente indirecta de emisiones de CO₂ (aproximadamente 85% del total), siendo el alumbrado público el concepto energético que mayor cantidad de CO₂ genera (63 a 71% aproximadamente). La flota de vehículos produce entre 6 y 7%, y la calefacción entre 8 y 9%.
- Los ahorros energéticos propuestos representan una reducción de emisiones indirectas de CO₂ de aproximadamente 0,46% (luminarias LED) por consumo eléctrico. Las reducciones por sustitución de gasóleo por biomasa y de la flota de vehículos por coches eléctricos, serían aproximadamente 99 y 93% respectivamente. En el caso ideal de implementación de todas estas medidas, se lograría una disminución de emisiones del orden del 19% del valor total actual. No obstante, para la calefacción y la flota de vehículos, la migración hacia sistemas de energías más limpias está sujeta a un esquema de sustituciones parciales progresivas que debería tomar en cuenta la vida útil de las calderas y de los coches actualmente en uso. Por lo tanto, la disminución de emisiones de CO₂ correspondientes, en el lapso de dos años consecutivos, no sería realmente significativa.
- Teo es el Ayuntamiento de mayor producción de CO₂ anual en su entorno cercano (aproximadamente 1.200 toneladas). Aun así, esta cifra está por debajo de la cuota de reducción de emisiones difusas que le correspondería por número de habitantes a la administración local, según los porcentajes sugeridos por el Plan Gallego de acción frente al cambio climático (aproximadamente 1.700 ton/año).

6. ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

El objetivo que se pretende conseguir con la realización de las encuestas es determinar los hábitos de consumo de los trabajadores, en este caso sólo de la casa consistorial por falta de tiempo, y la disposición que tienen a intentar cambiarlos en pro de la reducción del consumo eléctrico. De las 11 preguntas realizadas sólo se han tratado 8 de ellas por ser de las que más se podrían extraer conclusiones para nuestro objeto de estudio. A continuación se presentan en formato las tablas y las respuestas de los 18 que devolvieron la encuesta respecto a los 22 que se les entregó.

Tabla 63. Respuestas a la encuesta realizada en la Casa consistorial

PREGUNTA	Sí	No	Otros
¿Sueles dejar las luces encendidas cuando sales de una sala y esta se queda vacía?	3	12	3
¿Utilizas la configuración de ahorro de energía en los equipos de la oficina (ordenador, impresora, fotocopiadora...)?	10	7	1
¿Mantienes el ordenador encendido durante largos periodos de tiempo sin utilizarlo? ¿Cuánto?	7	10	1
¿Abres las ventanas y puertas con la calefacción o el aire acondicionado funcionando?	1	14	3
¿Desenchufas los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utilizas y al terminar la jornada laboral?	8	8	2
¿Ves positivo que se decidiera utilizar energías renovables para suministrar energía en la casa consistorial?	18	0	0
¿Te parece bien que se ponga en marcha un plan en la casa consistorial y campañas informativas entre los empleados para reducir el consumo energético del centro?	18	0	0
¿Estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de consumo para reducir el gasto de energía en tu lugar de trabajo?	18	0	0

En cuanto al tamaño de la muestra (22) respecto de la población total (80), estadísticamente se puede considerar no significativa por ser pequeña, la muestra para ser representativa con un nivel de confianza del 95% para una población de 80 personas tendría que ser de 58 persona encuestadas, 18 personas dan un nivel de confianza menor del 80% y por tanto no significativa, aunque si vale para tener una percepción orientativa del comportamiento del personal en la Casa Consistorial del Ayuntamiento de Teo.

6.1 HÁBITOS

El análisis de los hábitos de los trabajadores nos dará una idea sobre si es necesaria la recomendación de ciertas medidas para reducir el consumo energético que puedan ser llevados a cabo en el trabajo y además, sobre el contenido de un posible curso de concienciación para mejorar dichos hábitos. De la tabla anterior, se obtiene los siguientes resultados recogidos en forma de gráfico.

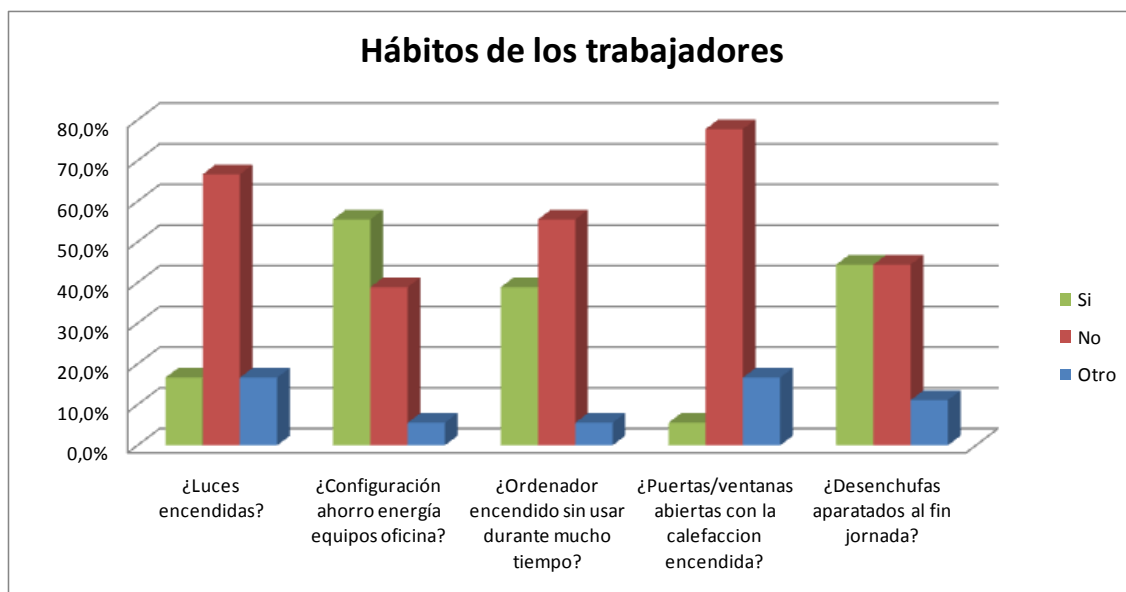


Figura 40. Hábitos de ahorro energético de los trabajadores de la casa consistorial

En general los hábitos de los trabajadores en materia de ahorro energéticos son muy favorables ya que el 66,7% apaga las luces de una habitación si no hay nadie y el 77,8% no deja las ventanas o puertas abiertas con la calefacción encendida, el 55,6% apaga el ordenador si se ausenta por grandes periodos de tiempo. Un aspecto a mejorar y que supone un gran ahorro de energía es desenchufar los apartados, sobre todo si quedan en standby, al final de la jornada laboral. Solo el 44,4% de los trabajadores apaga la regleta de los aparatos eléctricos de su zona de trabajo y este hábito puede y debe mejorarse.

6.2 ACTITUD

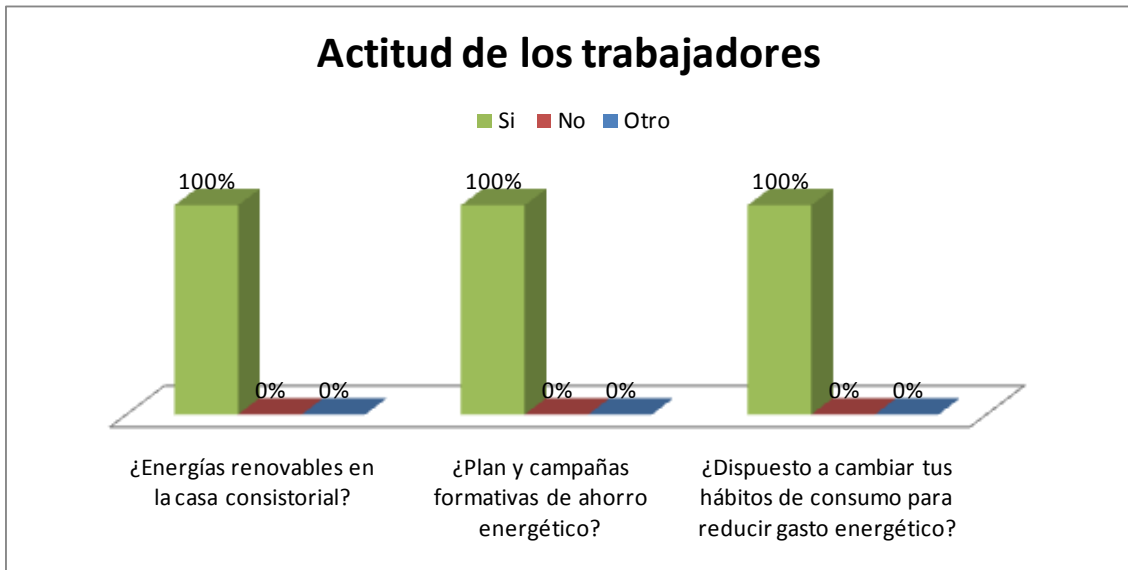


Figura 41. Actitud de los trabajadores sobre diversas actuaciones en materia de ahorro energético en la Casa consistorial.

El grafico de la figura 41 nos muestra una actitud y una disposición muy positiva de los trabajadores, ya que el 100% está dispuesto a cambiar sus hábitos para reducir el gasto energético y está a favor de campañas formativas que le ayuden a mejorar dichos hábitos. Esto es muy positivo, porque nos asegura el éxito de cualquier campaña o medida de actuación en el ámbito de ahorro energético que esté relacionada directamente con los trabajadores.

7. CONCLUSIONES

Tabla 64. Resumen de las medidas propuestas para el ahorro energético en el Ayuntamiento de Teo.

Medida	Ahorro energético	Ahorro económico	Payback	Ahorro emisiones CO ₂ ⁸
Sustitución flota automovilística por vehículos eléctricos	10-15% ⁹	<0-335€	7 años y 9,44 meses	93%
Sustitución de calderas de gasoil por calderas de biomasa	0	42,05-7144,8	4-17 años	99%
Sistema de refrigeración por evaporación¹⁰	87,6%	85,6%	-	93,1%
Instalación fotovoltaica aislada	0	-	<25 años	100%
Sustitución alumbrado público por lámparas LED	49-76%	<0-5.118,8 ¹¹ €	9 años y 5,31 meses	0,46%

Como se puede observar en la tabla 64 las medidas propuestas no suponen un ahorro energético elevado, sin embargo, el impacto medioambiental es favorable al producirse una considerable reducción en las emisiones de CO₂ (alrededor del 20% del total actual). Cabe destacar, que el mayor ahorro energético se consigue en medidas sobre el alumbrado público mientras que en el resto de los ámbitos de actuación la reducción energética es nula o muy poco significativa. Sin embargo, hay que tener en cuenta que Teo es un “Ayuntamiento de Transición” y por tanto, aquellas medidas que supongan una reducción de las emisiones de CO₂ no sólo son recomendables sino necesarias. Otro aspecto importante es el ahorro económico que se consigue con la implantación de dichas medidas, que en la mayoría es más que favorable. A continuación se analizarán por separado cada una de las propuestas.

Como conclusiones se puede extraer que haría falta un seguimiento de por lo menos un año sobre el consumo, los kilómetros diarios, velocidad media... En los que definir parámetros medio y máximos.

El coche eléctrico tiene como trabas más consistentes su vida media y sobretodo sus prestaciones frente al vehículo de combustión interna, destacando la autonomía, debido a la densidad energética que alcanzan las baterías.

⁸ Datos con respecto al año 2010.

⁹ Entendido como aumento del rendimiento energético y no como ahorro en kWh.

¹⁰ En este caso el ahorro no sería con respecto a la situación actual, puesto que no hay ningún sistema de aire acondicionado, sino una comparación de esta propuesta frente al sistema de aire acondicionado convencional.

¹¹ Considerando una subvención del 40%.

El coche eléctrico mejora entre 12,7 y 13,8 puntos en el porcentaje de rendimiento de la cadena energética con respecto del vehículo de motor interno de combustión, es decir, en eficiencia de la cadena energética, esto debería ser suficiente para determinar el apoyo decidido hacia la sustitución de vehículos basados en los combustibles fósiles por el vehículo eléctrico.

Parece ser más rentable la opción de compra de la batería que el régimen en alquiler.

Deben tenerse en cuenta aspectos aún más determinantes, contemplados aquí, en relación con la contaminación ambiental y la salud.

Parece ser más rentable, ser el propietario de la batería que alquilarla, sin contar que el precio del alquiler de la batería, está asociada a unos kilómetros anuales que en principio son pocos, por lo que estaría bien investigar el precio de este alquiler para los km/año de vehículo tipo de municipio

Según la bibliografía consultada es de esperar que el precio de los coches eléctricos disminuya, mientras que van ganando en prestaciones, aunque también es cierto que la industria del automóvil crea coches de combustión interna, por si solos, o mediante hibridaciones con motores eléctricos, que cada vez consumen menos.

La sustitución de las calderas de gasoil por calderas cuyo combustible es la biomasa, está claro que es, no solo rentable si no éticamente correcto en el caso del Ayuntamiento de Teo debido al compromiso adquirido en las Iniciativas en Transición. En el caso de las calderas que presentan problemas en su funcionamiento, lo óptimo sería realizar ya mismo la sustitución de unas por otras. En cuanto a las calderas cuyo funcionamiento es correcto en la actualidad sería conveniente realizar dicha sustitución en el momento en que éstas presentasen problemas con el fin de amortizar su tecnología.

En el supuesto de que el Ayuntamiento de Teo decidiese instalar un sistema para refrigerar el aire en cualquiera de sus disposiciones, se recomienda la instalación de sistemas con enfriamiento por evaporación ya que el ahorro energético, económico y de emisiones es superior al 85% en comparación a los sistemas de aire acondicionado convencional.

En cuanto a la instalación de fotovoltaica para autoconsumo hoy día no es rentable a no ser que se produzca una subida excesiva del precio de la luz y/o se cambien las condiciones para dotar de subvenciones a este tipo de instalaciones. A pesar de que la medida supone un ahorro de las emisiones de CO₂ del 100% y que debe ser el objetivo a alcanzar por Teo como "Ayuntamiento en Transición" también hay que tener en cuenta, que las pérdidas económicas son muy elevadas y por tanto, esta iniciativa no se recomienda a pesar de sus beneficios ambientales.

Se recomienda ahondar más en los precios de las lámparas LED, y en cuanto sea posible el cambio de luminarias, empezando por las de Vapor de Mercurio, que es lo más

rentable, aunque sin subvenciones con los precios encontrados sólo es rentable para LED normales.

Variaciones en coste del capital más ajustados al coste de la financiación de proyecto pueden hacer que más de los proyectos estudiados resulten rentables, por ejemplo un coste capital del 5%.

Queda demostrado que la tecnología LED, es una tecnología que proporciona ahorros entre el 49-76% dependiendo de la lámpara a sustituir y el tipo de LED utilizado para tal fin.

Según bibliografía consultada es de esperar que el precio de estas lámparas baje sus precios en los próximos años, haciendo de ellas una inversión interesante.

8. ANEXO

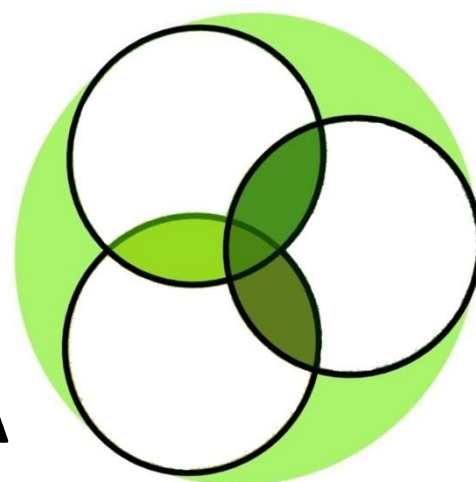
COMPARATIVA INSTALACIÓN Y GASTO DE COMBUSTIBLE CALDERA GASOIL-CALDERA BIOMASA

	caldera gasoil	caldera gasoil *	caldera pelets madera	caldera pelets madera
adquisición caldera	2500	0	6900	6900
Subvención	0%	0%	45%	0%
	0	0	3105	0
coste-subvención	2500	0	3795	6900
gasto combustible	l	l	kg	kg
consumo/hora	2,00	2,00	4,00	4,00
Precio	0,70 €	0,70 €	0,20 €	0,20 €
euros/hora	1,40	1,40	0,82	0,82
euros/año	1680	1680	979,2	979,2
gasto total (caldera+gasto por año)				
2	5860	3360	5753,4	8858,4
3	7540	5040	6732,6	9837,6
4	9220	6720	7711,8	10816,8
5	10900	8400	8691	11796
6	12580	10080	9670,2	12775,2
7	14260	11760	10649,4	13754,4
8	15940	13440	11628,6	14733,6
9	17620	15120	12607,8	15712,8
10	19300	16800	13587	16692
11	20980	18480	14566,2	17671,2
12	22660	20160	15545,4	18650,4
13	24340	21840	16524,6	19629,6

suponiendo que la estancia mide entre 175 y 200 m², 5 meses de calefacción al año, 8 horas al día (1200 horas/año)

* caldera ya instalada

NORCONFORMA



MANUEL RODRÍGUEZ VARELA

RAQUEL SUÁREZ PEDROSA

VERÓNICA GARCÍA LÓPEZ

VINCENZO COSTANZO ALVAREZ