

10.- APLICACIÓN

10.1.- Presentación del municipio.

El ayuntamiento seleccionado para aplicar la metodología es Sanlúcar La Mayor. Este municipio se encuentra ubicado en la provincia de Sevilla, en la cornisa oeste de la comarca del Aljarafe y en la margen izquierda del río Guadiamar. En concreto, la casa consistorial se encuentra situada en la latitud: 37° 22' 59" N y longitud: 006° 12' 00" O.

Cuenta con una población de 12.485 habitantes que se ubican principalmente en el núcleo de población homónimo, existiendo otros como los caseríos de Tablante, Villarán y la Herrería, y el de la estación de Benacazón.

La extensión de su término municipal es de 13.500 ha y su altura media sobre el nivel del mar es de unos 150 m. La gran magnitud de su término municipal hace que su relieve sea de lo más heterogéneo, constituyendo una pequeña meseta con suaves pero abundantes colinas.

En cuanto a su agricultura, destacan los cultivos herbáceos de secano, en concreto el trigo (también se cultiva, aunque en menor cuantía, en modo de regadío). El olivar de la aceituna de mesa, tanto en secano como en regadío, es el cultivo leñoso más importante en este municipio.

A continuación se muestra la ubicación, en el contexto provincial, del término municipal de Sanlúcar la Mayor:

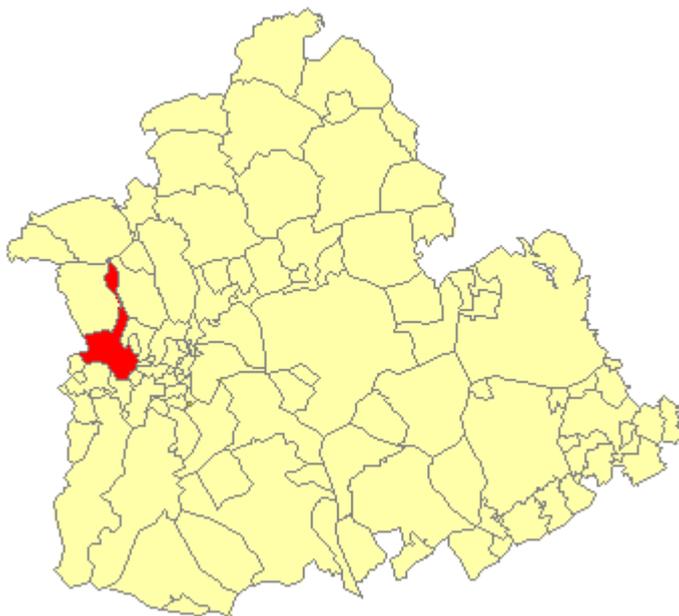


Imagen 7.- Término municipal de Sanlúcar la Mayor en el contexto provincial.
Fuente: Diputación Provincial de Sevilla

La elección de este municipio no es casual. El término municipal de Sanlúcar la Mayor cuenta con la "Plataforma Solúcar", propiedad de la compañía sevillana Abengoa. Para el 2013, se tiene previsto que la potencia total instalada sea de 300 MW. En concreto, se tiene previsto que 50MW de ellos sean a partir de tecnología de torre, 250 MW de colectores cilíndrico-parabólicos, 3 MW de tecnología fotovoltaica y 80 KW a partir de tecnología disco Stirling.

A día de hoy, la plataforma cuenta con las siguientes centrales ya en funcionamiento:

Sevilla PV (1,2 MW)

La primera planta comercial con tecnología fotovoltaica de baja concentración del mundo, con una potencia de 1,2 MW. Se puso en marcha en mayo del 2006 y desde entonces su operación y explotación se han llevado a cabo superando los valores estimados de diseño.

Casaquemada PV (1,9 MW)

Es una planta fotovoltaica de 1,9 MW, con tecnología de seguidor a dos ejes que entró en operación en septiembre del 2008. Esta planta tiene la particularidad de servir como campo de ensayo para la tecnología de alta concentración "Concentrix" que permite concentrar el sol unas quinientas veces sobre un módulo especial. Esta es la primera planta comercial de Abengoa Solar que incorporamos en parte de nuestra instalación esta nueva tecnología.

PS10 (11 MW)

Primera planta comercial de [tecnología de torre](#) del mundo. Esta formada por 624 heliostatos de 120 m² que concentran la radiación solar en una torre de 115 metros de altura.

PS20 (20MW)

La PS20, la segunda planta comercial de torre del mundo, incorpora avances tecnológicos muy importantes, desarrollados por Abengoa Solar, respecto a la primera torre, la PS10: un receptor con más eficiencia, y diversas mejoras en los sistemas de control y operación, y en el sistema de almacenamiento térmico de energía.

Igualmente, existen 3 plantas que actualmente se encuentran en construcción. Concretamente se tratan de las centrales Solnova 1, Solnova 3 y Solnova 4. Son las tres primeras plantas de colectores cilindro-parabólicos de un total de cinco, de 50 MW de potencia cada una, haciendo un total de 250 MW de esta tecnología en perspectivas para el 2013.

Por último, se encuentran en la fase de promoción las centrales Solnova 2 y Solnova 5, así como la AZ20 (20 MW), planta de tecnología de torre de características semejantes a PS20.

Debido a estas instalaciones, en el término municipal de Sanlúcar la Mayor se produce más energía eléctrica anualmente de la que se consume, toda ella mediante el recurso solar. Este ejemplo demuestra la viabilidad de los objetivos marcados.

No obstante la Plataforma Solúcar no será tenida en cuenta en la elaboración de la aplicación práctica debido a varios motivos:

Una de las consignas marcadas para la elaboración del proyecto no se cumple. Se trata de evitar que las centrales eléctricas dependan en más de un 50% de un mismo recurso energético. En este caso, la dependencia es del 100% sobre la radiación solar.

Otro motivo radica en la filosofía con la que se concibe el proyecto. Ésta no posee carácter municipalista y esto es otra de las consignas dadas al comienzo de este proyecto. La intervención municipal debe acompañar a la intervención privada, no debiendo sustituir la segunda a la primera. Es obvio que existe una intervención municipal de apoyo a la Plataforma y que sin ella no hubiera sido posible su implementación, pero lo que aquí se pretende es que los consistorios promuevan, promocionen y ejecuten ellos mismos las instalaciones (venga de donde venga la financiación).

Por tanto, esta Plataforma se obviará, más aún teniendo presente que esta aplicación práctica se muestra como ejemplo y que esta avanzada situación del municipio no es generalizable al resto de municipios sevillanos y andaluces.

10.2.- Determinación de los objetivos.

Aunque en la descripción de la metodología a llevar a cabo se establecía que se debía seleccionar uno de los objetivos marcados, la presente aplicación se desarrollará para los tres, con el fin de mostrar una mejor ilustración del procedimiento a llevar en cada uno de ellos. De este modo, se logrará un completo ejemplo práctico de la aplicación de esta metodología.

A continuación se muestra el proceso para determinar los 3 objetivos de generación, o lo que es lo mismo, la demanda eléctrica municipal en cada uno de los periodos temporales contemplados en estos objetivos. Para tal fin se ha hecho uso del Plan de Optimización Energética llevado a cabo en el municipio, así como de las curvas de carga vistas en el apartado dedicado a los perfiles de demanda. Por tanto, se supondrá que el proceso de optimización de los consumos eléctricos está ya realizado. El proceso será como allí se detallaba.

10.2.1.- Determinación de demanda eléctrica en alumbrado público.

La potencia total instalada en equipos de alumbrado público, según el POE realizado en el municipio, es de 250 kW. Con este dato (considerado como la máxima potencia demandada), la curva de demanda cualitativa vista en el capítulo sexto y los criterios de extrapolación dados en el capítulo séptimo es inmediato evaluar la demanda eléctrica del alumbrado público durante los tres periodos considerados. A continuación, para cada uno de éstos, se muestran los resultados obtenidos:

Día Tipo Invierno (kWh/día)	Día Tipo Verano (kWh/día)
1.507,5	1.206,0

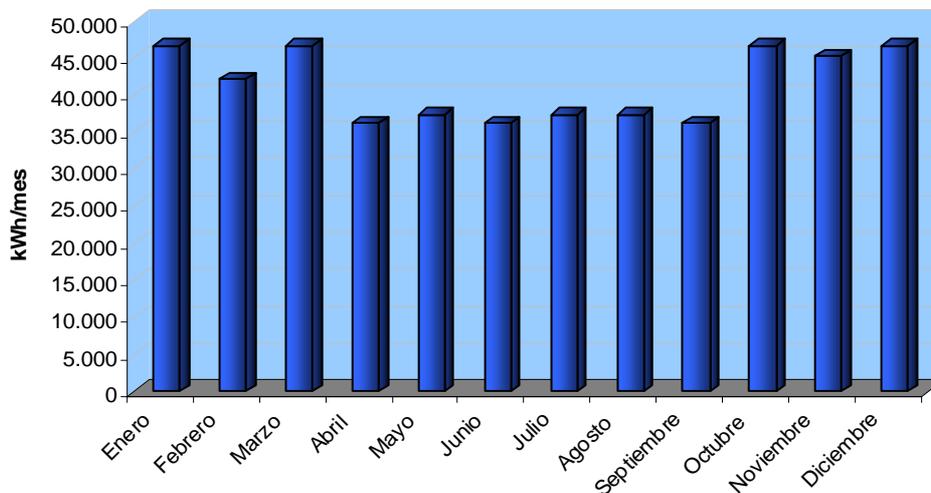
Tabla 34.- Demanda de alumbrado público en Días Tipo.
Fuente: Elaboración propia

Demanda Anual (Objetivo 1):

Demanda anual de alumbrado público (MWh/año)
495,1

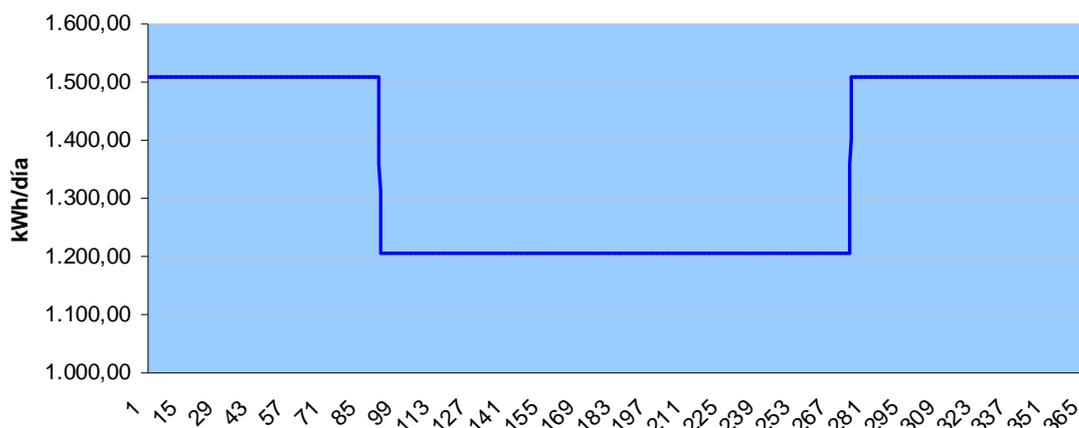
Tabla 35.- Demanda anual del alumbrado público.
Fuente: Elaboración propia

Demanda Mensual (Objetivo 2):



Gráfica 25.- Demanda mensual del alumbrado público.
Fuente: Elaboración propia

Demanda Diaria (Objetivo 3):



Gráfica 26.- Demanda diaria de alumbrado público.
Fuente: Elaboración propia

10.2.2.- Determinación de demanda eléctrica en edificios y dependencias municipales.

A continuación se muestran los distintos edificios/dependencias municipales hallados en Sanlúcar la Mayor, junto con la potencia demandada por éstas:

	Edificio/s	Potencia optimizada (kW)	Tipología
1	Biblioteca	28,07	Educativo
2	Centro Cultural-Auditorio	82,2	Ocio
3	Colegio La Paz	40,11	Educativo
4	Colegio San Eustaquio	28,94	Educativo
5	Escuela de Música y Locales	8,8	Educativo
6	Escuela Taller Alxarafe	9,86	Educativo
7	Gabinete de Prensa/Radio	5,5	Oficina
8	Guardería Platero y Yo	26,86	Educativo
9	Mercado Municipal/Policia	9,86	24H
10	Nave Almacén municipal	6,57	Oficina
11	Oficinas del Ayto.	28,92	Oficina
12	Pabellón Cubierto	39,44	Deportivo
13	Polideportivo	32,87	Deportivo
14	Residencia de Ancianos	37	24H
15	Servicios Sociales comunitarios	15	24H
16	Taller ocupacional	4,4	Educativo
17	Parvulario La Paz	2,2	Educativo
	Total de Potencia demandada	406,6	

Tabla 36.- Potencia máxima demandada (estimación) en edificios
Fuente: POE Sanlúcar la Mayor y elaboración propia

Aplicando las curvas de cargas vistas en el capítulo sexto, se obtendrán las demandas eléctricas para cada día tipo en que se ha dividido la anualidad:

Días Tipo	Consumos eléctricos en los Días Tipo (kWh/día)					TOTAL
	Oficinas	Docente	Deportivo	Ocio	24 H	
Lab. Inv.	401,7	1.484,4	516,3	494,8	767,1	3664,3
No Lab. Inv.	19,7	106,3	595,8	560,6	767,1	2049,5
Lab. Ver.	299,2	487,4	516,3	494,8	767,1	2.564,8
No Lab. Ver.	19,7	106,3	595,8	560,6	767,1	2.049,5
Vacacional	153,7	106,3	516,3	494,8	767,1	2.419,2

Tabla 37.- Demanda eléctrica en edificios según usos y Días Tipo
Fuente: POE Sanlúcar la Mayor y elaboración propia

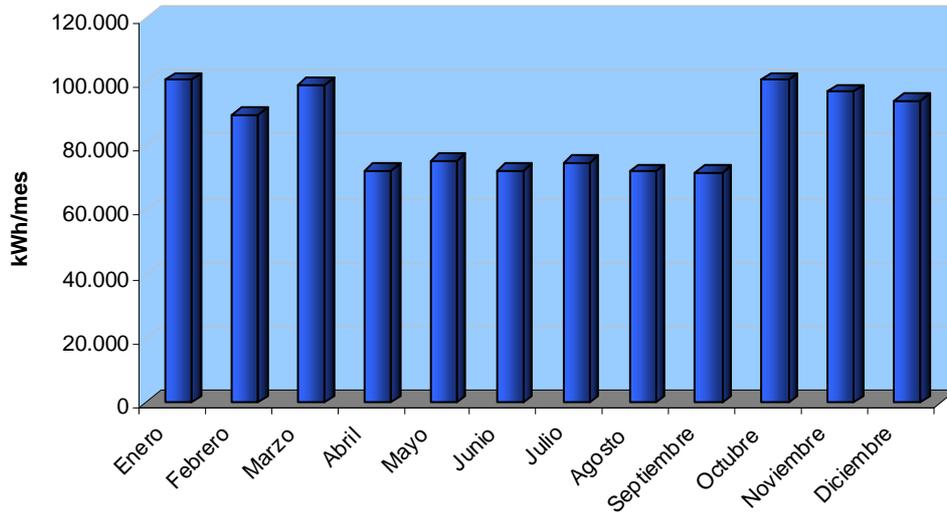
Por tanto, ahora se está en condiciones de evaluar la demanda en edificios y dependencias municipales en los tres periodos de tiempo contemplados:

Demanda anual (Objetivo 1):

Demanda anual de edificios (MWh/año)
1.020,0

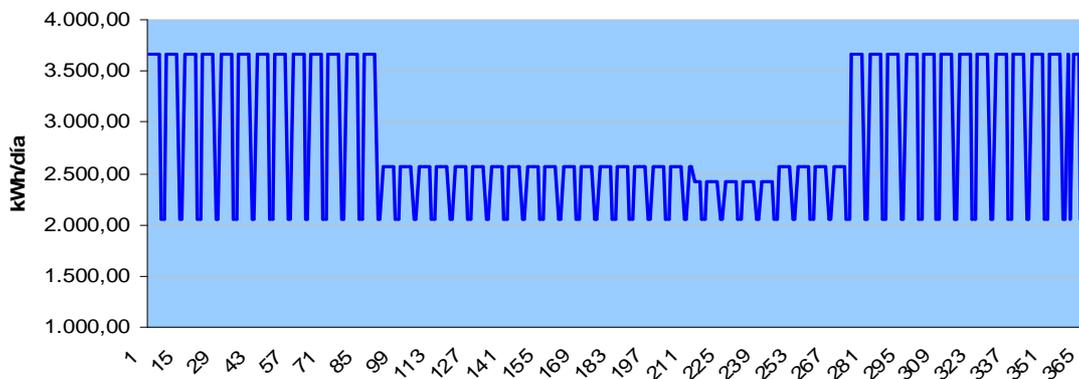
Tabla 38.- Demanda anual de edificios y dependencias municipales.
Fuente: Elaboración propia

Demanda mensual (Objetivo 2):



Gráfica 27.- Demanda mensual del alumbrado público.
Fuente: Elaboración propia

Demanda diaria (Objetivo 3):



Gráfica 28.- Demanda diaria de edificios y dependencias municipales.
Fuente: Elaboración propia

10.2.3.- Determinación de demanda eléctrica en semáforos.

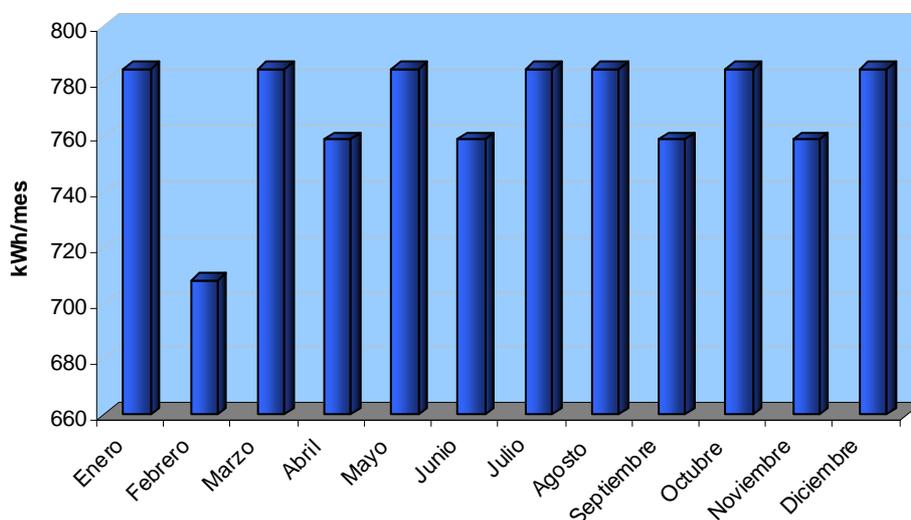
La potencia instalada de equipos semafóricos, según el Plan de Optimización Energética de Sanlúcar la Mayor es de unos 4,5 kW. Es de prever que la energía demanda en cualquiera de los periodos de tiempo considerados por este grupo de consumo no sea relevante. Aún así, se muestran estos resultados:

Demanda anual (Objetivo 1):

Demanda anual de semáforos (MWh/año)
9,2

Tabla 39.- Demanda anual en semáforos.
Fuente: Elaboración propia

Demanda mensual (Objetivo 2):



Gráfica 29.- Demanda mensual en semáforos.
Fuente: Elaboración propia

Demanda diaria (Objetivo 3):

Al ser constante la demanda diaria de energía eléctrica durante todo el año en los suministros semafóricos, se presentará sólo este dato, prescindiendo pues de la representación gráfica:

Demanda diaria de semáforos (kWh/año)
25,3

Tabla 40.- Demanda diaria en semáforos.
Fuente: Elaboración propia

10.2.4.- Determinación de demanda eléctrica en otros/temporales.

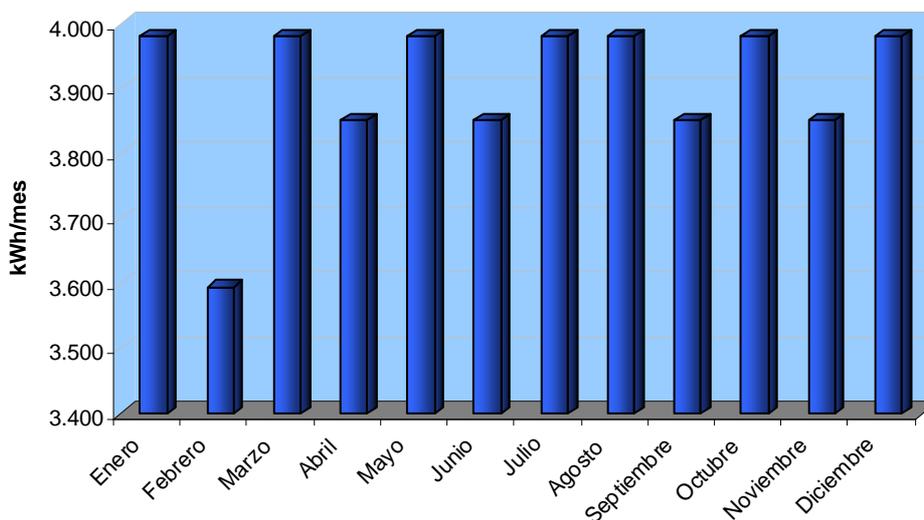
Como ya se estableció anteriormente, el procedimiento para adaptar la demanda de este grupo a los periodos temporales establecidos será el de evaluar el consumo anual y prorratearlo a los periodos mensuales y diarios. La potencia total instalada detectada en este grupo de suministros es de 47,6 kW.

Demanda anual (Objetivo 1):

Demanda anual de otros/temporales (MWh/año)
46,9

Tabla 41.- Demanda anual en otros/temporales.
Fuente: Elaboración propia

Demanda mensual (Objetivo 2):



Gráfica 30.- Demanda mensual en semáforos.
Fuente: Elaboración propia

Demanda diaria (Objetivo 3):

Demanda diaria de otros/temporales (kWh/año)
128,4

Tabla 42.- Demanda diaria en otros/temporales.
Fuente: Elaboración propia

10.2.5.- Determinación global de los objetivos.

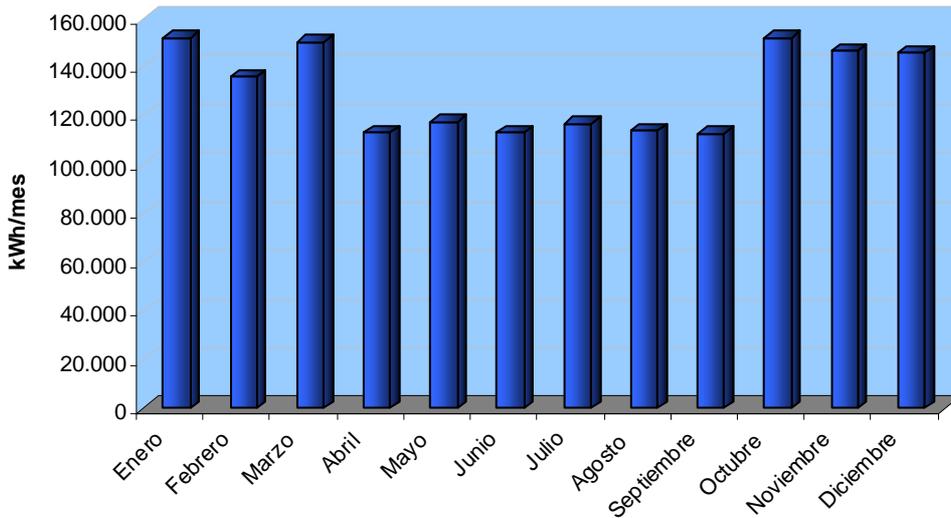
Una vez determinados las demandas eléctricas de cada grupo de consumo y para cada periodo temporal, se está en disposición de superponerlas y obtener así la demanda global de energía eléctrica municipal para cada periodo. A continuación se muestran estos resultados, debiéndose entender como los objetivos de producción eléctrica a satisfacer.

Demanda anual (Objetivo 1):

Grupos de demanda	Demanda eléctrica (MWh/año)
Alumbrado público	495,1
Edificios y dependencias municipales	1.020,0
Semáforos	9,2
Otros/Temporales	46,9
TOTAL	1571,2

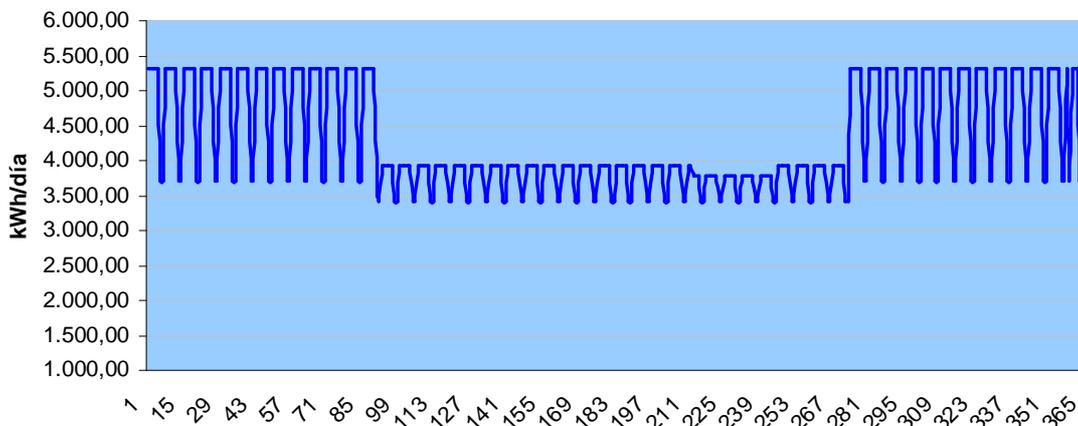
Tabla 43.- Demanda global anual municipal.
Fuente: Elaboración propia

Demanda mensual (Objetivo 2):



Gráfica 31.- Demanda global mensual municipal.
Fuente: Elaboración propia

Demanda diaria (Objetivo 3):



Gráfica 32.- Demanda global diaria municipal.
Fuente: Elaboración propia

10.3.- Determinación de los potenciales de generación.

10.3.1.- Centrales eólicas.

El procedimiento seguido en la evaluación práctica del potencial de generación eléctrica mediante centrales eólicas en el término municipal de Sanlúcar la Mayor ha consistido en el estudio de varios puntos ubicados en zonas distintas de éste. Mediante este “barrido” del municipio se consigue evaluar si éste presenta en términos generales un potencial eólico apto para la instalación de aerogeneradores. En caso de ser afirmativo, el procedimiento continuará por medio de la búsqueda de ubicaciones concretas que presenten, además de un potencial eólico suficiente, características que permitan la instalación de aerogeneradores.

En la siguiente tabla se muestran los puntos seleccionados para este barrido:

Punto	Coordenadas UTM		Elevación (m)	Rugosidad (m)	Altura de medición: 80 m		
	X	Y			V (m/s)	C (m/s)	K
1	212041	4146962	65	0,1	5,85	6,34	2,061
2	213441	4163262	216	0,2	6,18	6,82	2,247
3	208441	4145762	46	0,1	5,62	6,10	2,076
4	208441	4150762	60	0,1	5,79	6,29	2,127
5	215941	4148262	34	0,1	5,53	6,00	2,049
6	215941	4140762	106	0,4	5,73	6,21	2,006

Tabla 44.-Descripción de los puntos para el barrido del potencial eólico.
Fuente: Elaboración propia.

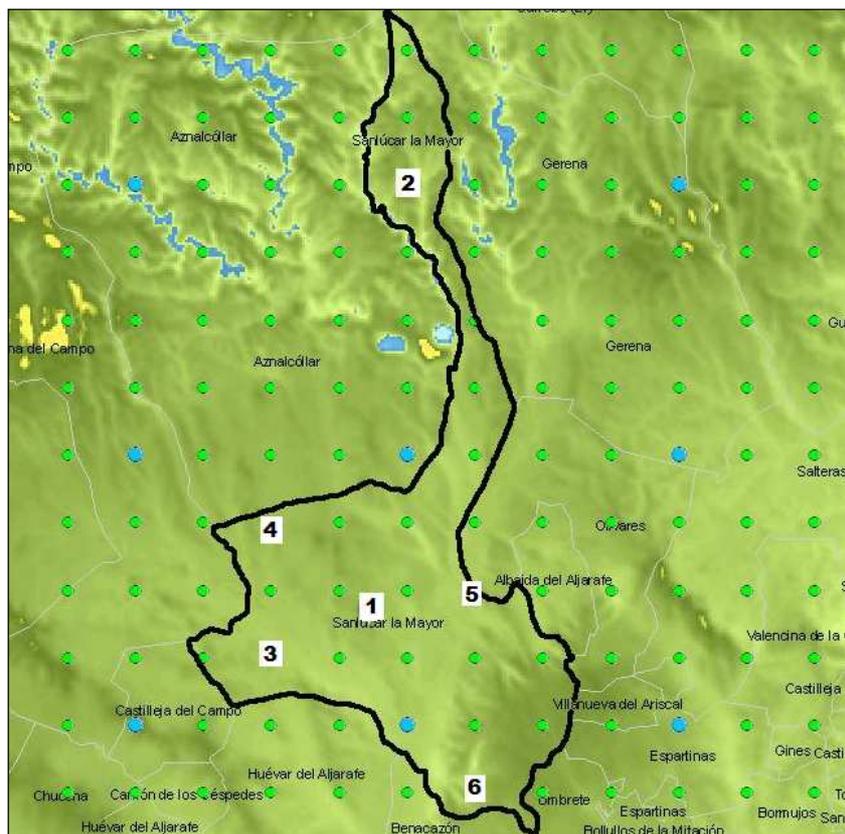


Imagen 8.- Ubicación de los puntos seleccionados para la estimación de potencial eólico.
Fuente: Atlas Eólico de España (IDAE)

Para estos puntos, el resultado anual es el siguiente:

Puntos	Producción Bruta (MWh/año)		Producción Neta (MWh/año)		Horas equivalentes de funcionamiento (h/año)		Factor de carga anual (%)	
	800kW	2.000kW	800kW	2.000kW	800kW	2.000kW	800kW	2.000kW
1	1.689,4	4.694,6	1.182,6	3.286,2	1.460	1.603	16,7	18,3
2	1.935,0	5.387,5	1.354,5	3.371,3	1.672	1.839	19,1	21,0
3	1.543,9	4.295,2	1.080,7	3.306,6	1.334	1.467	15,2	16,7
4	1.641,3	4.568,8	1.148,9	3.198,1	1.418	1.560	16,2	17,8
5	1.494,1	4.155,0	1.045,8	2.908,5	1.291	1.419	14,7	16,2
6	1.629,4	4.524,3	1.140,6	3.167,0	1.408	1.545	16,1	17,6

Tabla 45.- Datos de producción eólica en los puntos de barrido seleccionados.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, en ninguno de los puntos analizados se logra alcanzar el factor de capacidad definido como límite para la viabilidad de centrales eólicas. Tan sólo el

aerogenerador de 2.000 kW en el punto número 2 alcanza este límite, mientras que el aerogenerador de 800 kW alcanza un valor relativamente cercano.

Desde el punto de vista de los objetivos a satisfacer, el aerogenerador de 2.000 kW, aún superando el límite impuesto, deberá ser desechado, ya que su elevada potencia nominal sobredimensionaría excesivamente el mix de generación con el consecuente aumento del coste económico.

Por tanto, se va a probar la viabilidad de un aerogenerador de menor potencia nominal, en concreto, se ha seleccionado para esta prueba el modelo de 330 kW disponible en el catálogo de productos de Enercom.

Puntos	Producción Bruta (MWh/año)	Producción Neta (MWh/año)	Horas equivalentes (h/año)	Factor de carga anual (%)
	330 kW	330 kW	330 kW	330 kW
1	772,2	540,6	1.614	18,4
2	884,1	618,9	1.847	21,1
3	708,5	495,9	1.480	16,9
4	752,6	526,8	1.573	18,0
5	685,8	480,1	1.433	16,4
6	744,6	521,2	1.556	17,8

Tabla 46.- Datos de producción eólica en los puntos de barrido seleccionados para aerogenerador de 330 kW.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, en el punto 2 se consiguen para este aerogenerador un número de horas equivalentes de funcionamiento superior a las 1.800 h/año. Esto unido a que la potencia está dentro del rango característico definido por la demanda, hacen aconsejable llevar a cabo el estudio de producción eléctrica en los distintos periodos temporales.

Objetivo 1: Producción Anual

Veloc.(m/s)	Weibull (P)	Weibull (p)	horas/año	Curva Potencia (kW)	Producción Aerog. 330 (kWh/año)
1	0,01329	0,01329	116	0	0,00
2	0,06154	0,04825	423	0	0,00
3	0,14613	0,08458	741	5	3.704,71
4	0,26031	0,11418	1000	14	13.703,08
5	0,39215	0,13184	1155	30	34.647,28
6	0,52758	0,13543	1186	55	65.251,02
7	0,65364	0,12606	1104	92	101.598,29
8	0,76100	0,10736	940	138	129.784,14
9	0,84510	0,08410	737	196	144.390,00
10	0,90587	0,06078	532	250	133.101,09
11	0,94647	0,04059	356	293	104.122,34
12	0,97155	0,02508	220	320	70.310,33
13	0,98589	0,01434	126	335	42.086,58
14	0,99348	0,00759	66	335	22.270,32
15	0,99720	0,00372	33	335	10.903,92
16	0,99888	0,00168	15	335	4.938,14
17	0,99958	0,00070	6	335	2.067,64
18	0,99986	0,00027	2	335	800,00
19	0,99995	0,00010	1	335	285,86
20	0,99999	0,00003	0	335	94,28
21	1,00000	0,00001	0	335	28,68
22	1,00000	0,00000	0	335	8,04
23	1,00000	0,00000	0	335	2,08
24	1,00000	0,00000	0	335	0,49
25	1,00000	0,00000	0	335	0,11

Tabla 47.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Aerogenerador	Producción Bruta (kWh/año)	Producción Neta(kWh/año)	Horas equivalentes (h/año)	Factor de capacidad (%)
330 kW	884.098,39	618.868,87	1.847	21,1

Tabla 48.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 2: Producción mensual

Debido a que la fuente de información del recurso no presenta los datos de éste mensualmente, se hace necesaria su adaptación al periodo de tiempo característico de este segundo objetivo, el mes. Para ello, se tomarán los datos correspondientes a las 4 estaciones y se seguirá el mismo procedimiento que en el caso anual. Una vez determinados los parámetros (horas brutas, netas y producción) se extrapolarán a los meses según correspondan en cada estación.

ESTACIÓN	Meses de la estación	Horas de la estación	C de Weibull	K de Weibull
Invierno	Dic, ene, feb	2.160	7,06	2,255
Primavera	Mar, abr, may	2.208	7,01	2,4
Verano	Jun, jul, ago	2.208	6,55	2,242
Otoño	Sep, oct, nov	2.184	6,7	2,144

Tabla 49.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN: Invierno

Veloc.(m/s)	Weibull (P)	Weibull (p)	horas/año	Curva Potencia 330 (kW)	Producción Aerog. 330 (kWh/año)
1	0,01211	0,01211	26	0	0,00
2	0,05652	0,04440	96	0	0,00
3	0,13512	0,07860	170	5	848,87
4	0,24248	0,10737	232	14	3.177,15
5	0,36829	0,12581	272	30	8.152,41
6	0,49988	0,13159	284	55	15.632,80
7	0,62504	0,12516	270	92	24.871,72
8	0,73436	0,10932	236	138	32.585,04
9	0,82252	0,08816	190	196	37.322,55
10	0,88837	0,06585	142	250	35.559,47
11	0,93401	0,04564	99	293	28.866,48
12	0,96339	0,02938	63	320	20.310,08
13	0,98097	0,01758	38	335	12.719,52
14	0,99074	0,00977	21	335	7.071,36
15	0,99579	0,00505	11	335	3.652,95
16	0,99821	0,00242	5	335	1.752,93
17	0,99929	0,00108	2	335	781,06
18	0,99974	0,00045	1	335	323,00
19	0,99991	0,00017	0	335	123,90
20	0,99997	0,00006	0	335	44,06
21	0,99999	0,00002	0	335	14,52
22	1,00000	0,00001	0	335	4,43
23	1,00000	0,00000	0	335	1,25
24	1,00000	0,00000	0	335	0,33
25	1,00000	0,00000	0	335	0,08

Tabla 50.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados Invierno	Producción Bruta (kWh/estación)	Producción Neta(kWh/estación)	Horas equivalentes (h/estación)	Factor de capacidad (%)
330 kW	233.815,9	163.671,15	489	22,6

Tabla 51.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN: Primavera

Veloc.(m/s)	Weibull (P)	Weibull (p)	Horas/año	Curva Potencia 330(kW)	Producción Aerog. 330 (kWh/año)
1	0,00930	0,00930	21	0	0,00
2	0,04809	0,03880	86	0	0,00
3	0,12228	0,07419	164	5	819,01
4	0,22906	0,10678	236	14	3.230,15
5	0,35881	0,12975	286	30	8.594,55
6	0,49762	0,13881	306	55	16.856,92
7	0,63086	0,13324	294	92	27.065,90
8	0,74667	0,11581	256	138	35.288,33
9	0,83824	0,09157	202	196	39.626,49
10	0,90422	0,06598	146	250	36.423,66
11	0,94759	0,04337	96	293	28.036,27
12	0,97357	0,02599	57	320	18.360,20
13	0,98776	0,01418	31	335	10.492,33
14	0,99480	0,00705	16	335	5.211,88
15	0,99799	0,00318	7	335	2.352,58
16	0,99929	0,00130	3	335	963,54
17	0,99977	0,00048	1	335	357,49
18	0,99993	0,00016	0	335	119,96
19	0,99998	0,00005	0	335	36,34
20	1,00000	0,00001	0	335	9,92
21	1,00000	0,00000	0	335	2,44
22	1,00000	0,00000	0	335	0,54
23	1,00000	0,00000	0	335	0,11
24	1,00000	0,00000	0	335	0,02
25	1,00000	0,00000	0	335	0,00

Tabla 52.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados Primavera	Producción Bruta (kWh/estación)	Producción Neta(kWh/estación)	Horas equivalentes (h/estación)	Factor de capacidad (%)
330 kW	233.848,63	163.694,04	489	22,1

Tabla 53.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN: Verano

Veloc.(m/s)	Weibull (P)	Weibull (p)	horas/año	Curva Potencia 330 (kW)	Producción Aerog. 330 (kWh/año)
1	0,01468	0,01468	32	0	0,00
2	0,06758	0,05289	117	0	0,00
3	0,15942	0,09184	203	5	1.013,90
4	0,28178	0,12237	270	14	3.701,57
5	0,42065	0,13887	307	30	9.198,85
6	0,56022	0,13957	308	55	16.949,36
7	0,68671	0,12649	279	92	25.694,64
8	0,79106	0,10435	230	138	31.795,62
9	0,86983	0,07877	174	196	34.087,80
10	0,92439	0,05456	120	250	30.117,86
11	0,95913	0,03474	77	293	22.458,31
12	0,97947	0,02034	45	320	14.374,88
13	0,99044	0,01096	24	335	8.109,56
14	0,99587	0,00544	12	335	4.020,92
15	0,99835	0,00248	5	335	1.833,85
16	0,99939	0,00104	2	335	769,01
17	0,99979	0,00040	1	335	296,35
18	0,99994	0,00014	0	335	104,88
19	0,99998	0,00005	0	335	34,07
20	1,00000	0,00001	0	335	10,15
21	1,00000	0,00000	0	335	2,77
22	1,00000	0,00000	0	335	0,69
23	1,00000	0,00000	0	335	0,16
24	1,00000	0,00000	0	335	0,03
25	1,00000	0,00000	0	335	0,01

Tabla 54.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados Verano	Producción Bruta (kWh/estación)	Producción Neta(kWh/estación)	Horas equivalentes (h/estación)	Factor de capacidad (%)
330 kW	204.575,26	143.202,68	427	19,4

Tabla 55.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

ESTACIÓN: Otoño

Veloc.(m/s)	Weibull (P)	Weibull (p)	horas/otoño	Curva Potencia 330 (kW)	Producción Aerog. 330 (kWh/año)
1	0,01680	0,01680	37	0	0,00
2	0,07214	0,05534	121	0	0,00
3	0,16355	0,09141	200	5	998,21
4	0,28173	0,11818	258	14	3.536,19
5	0,41371	0,13197	288	30	8.646,96
6	0,54585	0,13214	289	55	15.872,61
7	0,66662	0,12077	264	92	24.266,42
8	0,76836	0,10175	222	138	30.665,31
9	0,84783	0,07947	174	196	34.016,27
10	0,90557	0,05774	126	250	31.527,76
11	0,94470	0,03913	85	293	25.020,75
12	0,96946	0,02476	54	320	17.304,43
13	0,98411	0,01465	32	335	10.716,57
14	0,99221	0,00811	18	335	5.930,05
15	0,99641	0,00420	9	335	3.070,64
16	0,99844	0,00203	4	335	1.488,20
17	0,99936	0,00092	2	335	675,15
18	0,99976	0,00039	1	335	286,71
19	0,99991	0,00016	0	335	113,97
20	0,99997	0,00006	0	335	42,40
21	0,99999	0,00002	0	335	14,76
22	1,00000	0,00001	0	335	4,81
23	1,00000	0,00000	0	335	1,46
24	1,00000	0,00000	0	335	0,42
25	1,00000	0,00000	0	335	0,11

Tabla 56.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados Otoño	Producción Bruta (kWh/estación)	Producción Neta(kWh/estación)	Horas equivalentes (h/estación)	Factor de capacidad (%)
330 kW	214.200,19	149.940,13	448	20,5

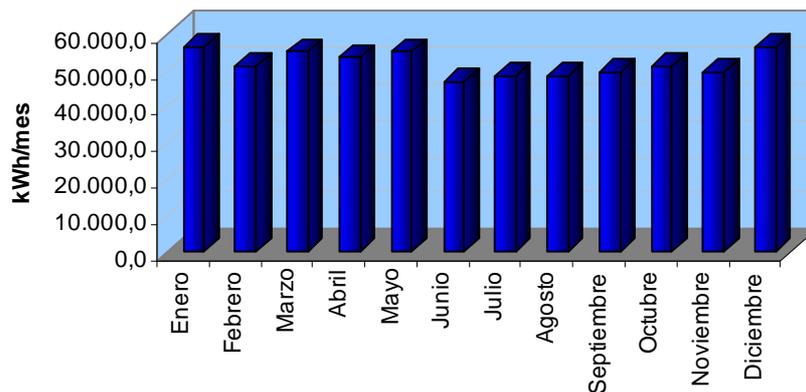
Tabla 57.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los resultados estacionales, se procederá a su extrapolación mensual según las horas equivalentes de funcionamiento en cada una de las 4 estaciones. De esta manera se obtendrá una aproximación suficiente como para caracterizar el comportamiento mensual:

Aerogenerador 330 kW			
	Producción (kWh/mes)	Horas eq. (h/mes)	F.C. (%)
Enero	56.389,7	170,9	23
Febrero	50.932,6	154,3	23
Marzo	55.157,8	167,1	22
Abril	53.378,5	161,8	22
Mayo	55.157,8	167,1	22
Junio	46.696,5	141,5	20
Julio	48.253,1	146,2	20
Agosto	48.253,1	146,2	20
Septiembre	49.430,8	149,8	21
Octubre	51.078,5	154,8	21
Noviembre	49.430,8	149,8	21
Diciembre	56.389,7	170,9	23
TOTAL	620.548,8	1.880	21

Tabla 58.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

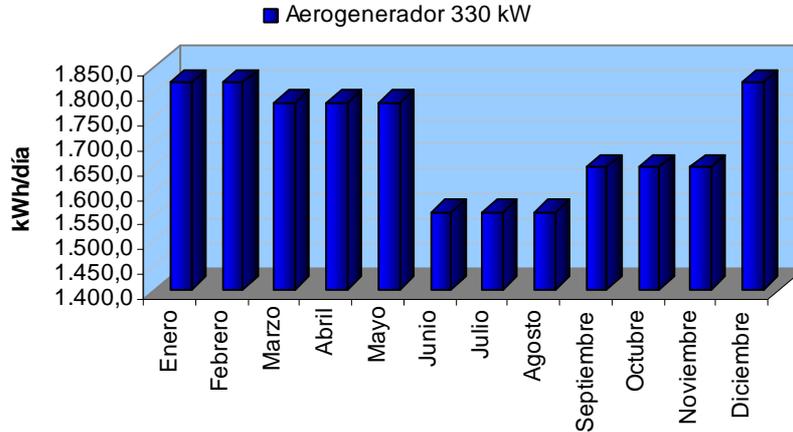
■ Aerogenerador 330 kW



Gráfica 33.- Producción eólica mensual.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 3: Producción diario

Al igual que ocurría en el caso anterior, la fuente de datos del recurso eólico no los ofrece para este ámbito temporal. El procedimiento será análogo al anterior caso. A partir de los resultados anteriores (mensuales) se extrapolarán al periodo diario en función del número de días de cada mes. Así se obtendrá una curva discreta pero que en general se aproximará bastante a la realidad.



Gráfica 34.- Producción eólica diaria mensual.
Fuente: Elaboración propia.

Promedio de energía generada diariamente (kWh/día)

Días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	330 kW											
1	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
2	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
3	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
4	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
5	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
6	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
7	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
8	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
9	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
10	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
11	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
12	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
13	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
14	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
15	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
16	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
17	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
18	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
19	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
20	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
21	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
22	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
23	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
24	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
25	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
26	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
27	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
28	1.819,0	1.819,0	1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
29	1.819,0		1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
30	1.819,0		1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0
31	1.819,0		1.779,3	1.779,3	1.779,3	1.556,6	1.556,6	1.556,6	1.647,7	1.647,7	1.647,7	1.819,0

Tabla 59.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

10.3.2.- Centrales fotovoltaicas.

Como se estableció en el capítulo 8, la metodología para estimar el potencial de generación fotovoltaico comienza con el estudio de las posibles superficies aptas para instalar en ellas centrales fotovoltaicas.

En concreto, en el ayuntamiento de Sanlúcar la Mayor se han detectado los edificios cuyas superficies podrían albergar una instalación fotovoltaica:

Ubicación Superficie	Superficie útil disponible (m ²)	Orient. (0° Sur)	Inclinación (0° horiz.)	Densidad de potencia superficial	Potencia instalable (kW _p)
Centro de Cultura Municipal	170	0°	0°	18	9,5
C.P. La Paz	500	0°	0°	18	28
C.P. San Esustaquio	70	-20°	0°	19	3,7
Guardería Platero y Yo	600	0°	0°	18	33,5
Guardería Nuestra Señora del Rosario	225	0°	0°	18	15,5
Parvulario La Paz	100	15°	0°	20	4,8
Residencia de ancianos	200	0°	0°	18	11
Polideportivo	1.480	-30 ^a	15 ^a	23	64
				TOTAL	170

Tabla 60.- Parámetros seleccionados para caracterizar a las centrales eólicas.
Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, ahora se está en disposición de analizar la capacidad de generación fotovoltaica una vez estimada la potencia pico instalable, para cada periodo de tiempo considerado en cada uno de los tres objetivos.

Los parámetros comunes para este estudio se presentan a continuación:

P.R. (Rendimiento Global (%))	P _p total (kW _p)
75	170

Tabla 61.-Datos para evaluación del potencial fotovoltaico comunes a los 3 objetivos.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 1: Producción anual.

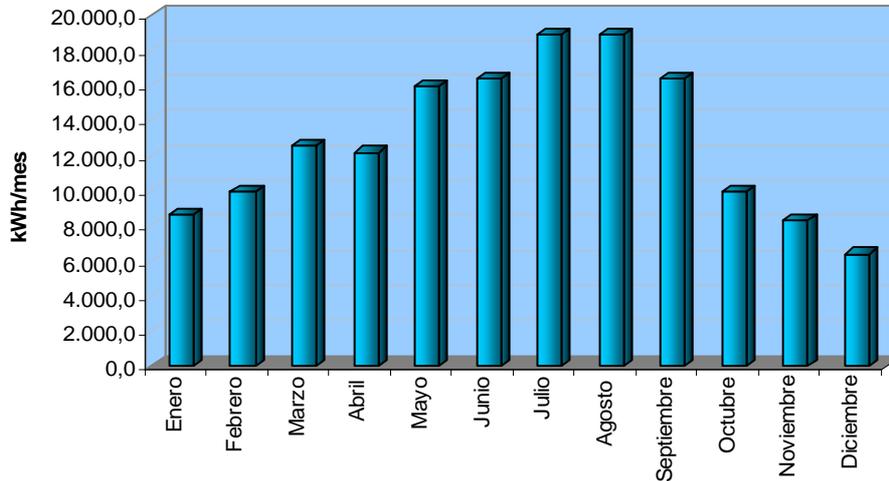
Periodo	Radiación Directa 35° (kWh/(m ² *año))	Producción Eléctrica (kWh)
Anual	1.211,7	154.491,8

Tabla 62.- Resultados de la estimación del potencial fotovoltaico según objetivo 1.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 2: Producción mensual.

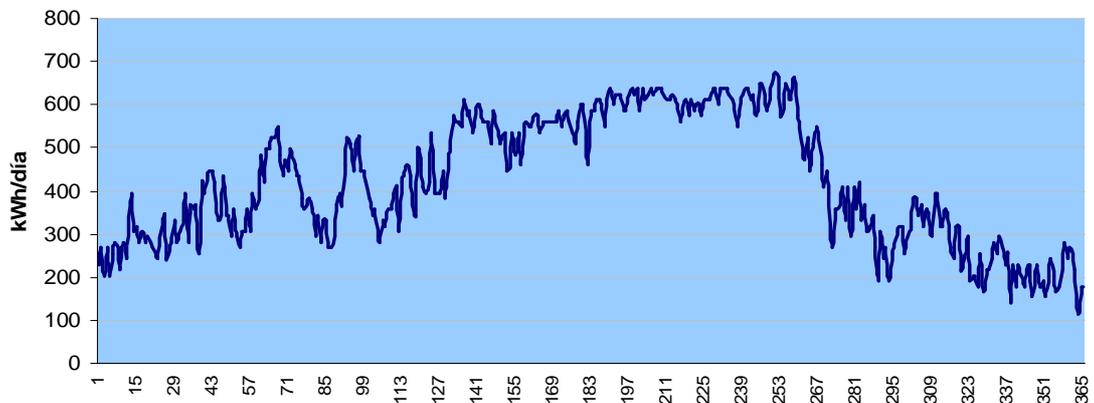
Meses	Radiación Directa 35° (kWh/(m ² *mes))	Producción Eléctrica (kWh/mes)
Enero	67,6	8.619,0
Febrero	78,1	9.957,8
Marzo	98,7	12.584,3
Abril	95,6	12.189,0
Mayo	124,9	15.924,8
Junio	128,3	16.358,3
Julio	148,3	18.908,3
Agosto	148,0	18.870,0
Septiembre	128,7	16.409,3
Octubre	77,9	9.932,3
Noviembre	65,4	8.338,5
Diciembre	50,2	6.400,5

Tabla 63.- Resultados de la estimación del potencial fotovoltaico según objetivo 2.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 35.- Producción fotovoltaica mensual.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 3: Producción diario.



Gráfica 36.- Producción fotovoltaica diaria.
Fuente: Elaboración propia.

Día	G(l)	Ege												
1	1,8	229,5	74	3,4	433,5	147	4,6	586,5	220	4,8	612,0	293	1,5	191,3
2	2,1	267,8	75	3,4	433,5	148	4,3	548,3	221	4,6	586,5	294	2,0	255,0
3	1,6	204,0	76	3,0	382,5	149	4,0	510,0	222	4,7	599,3	295	2,1	267,8
4	2,1	267,8	77	2,8	357,0	150	4,1	522,8	223	4,7	599,3	296	2,4	306,0
5	1,6	204,0	78	2,9	369,8	151	4,2	535,5	224	4,5	573,8	297	2,5	318,8
6	2,0	255,0	79	3,0	382,5	152	3,5	446,3	225	4,8	612,0	298	2,5	318,8
7	2,2	280,5	80	2,8	357,0	153	3,6	459,0	226	4,8	612,0	299	2,0	255,0
8	2,1	267,8	81	2,3	293,3	154	4,2	535,5	227	4,8	612,0	300	2,3	293,3
9	1,7	216,8	82	2,7	344,3	155	3,8	484,5	228	5,0	637,5	301	2,5	318,8
10	2,2	280,5	83	2,2	280,5	156	4,2	535,5	229	5,0	637,5	302	3,0	382,5
11	1,9	242,3	84	2,6	331,5	157	3,6	459,0	230	4,7	599,3	303	3,0	382,5
12	2,5	318,8	85	2,6	331,5	158	4,3	548,3	231	5,0	637,5	304	2,7	344,3
13	3,1	395,3	86	2,1	267,8	159	4,4	561,0	232	5,0	637,5	305	2,9	369,8
14	2,4	306,0	87	2,1	267,8	160	4,3	548,3	233	5,0	637,5	306	2,5	318,8
15	2,5	318,8	88	2,3	293,3	161	4,3	548,3	234	4,9	624,8	307	2,8	357,0
16	2,2	280,5	89	2,9	369,8	162	4,5	573,8	235	4,8	612,0	308	2,4	306,0
17	2,4	306,0	90	3,1	395,3	163	4,5	573,8	236	4,7	599,3	309	2,3	293,3
18	2,2	280,5	91	2,9	369,8	164	4,2	535,5	237	4,3	548,3	310	3,1	395,3
19	2,3	293,3	92	3,6	459,0	165	4,4	561,0	238	4,6	586,5	311	3,1	395,3
20	2,2	280,5	93	4,1	522,8	166	4,4	561,0	239	4,9	624,8	312	2,5	318,8
21	2,1	267,8	94	4,0	510,0	167	4,4	561,0	240	5,0	637,5	313	2,5	318,8
22	2,0	255,0	95	3,5	446,3	168	4,4	561,0	241	5,0	637,5	314	2,8	357,0
23	1,9	242,3	96	3,9	497,3	169	4,4	561,0	242	4,8	612,0	315	2,4	306,0
24	2,4	306,0	97	4,1	522,8	170	4,4	561,0	243	4,9	624,8	316	2,1	267,8
25	2,7	344,3	98	3,5	446,3	171	4,6	586,5	244	4,5	573,8	317	1,9	242,3
26	1,9	242,3	99	3,5	446,3	172	4,3	548,3	245	5,1	650,3	318	2,5	318,8
27	2,1	267,8	100	3,3	420,8	173	4,5	573,8	246	5,1	650,3	319	2,5	318,8
28	2,2	280,5	101	3,0	382,5	174	4,6	586,5	247	4,9	624,8	320	1,7	216,8
29	2,6	331,5	102	2,7	344,3	175	4,4	561,0	248	4,6	586,5	321	1,9	242,3
30	2,2	280,5	103	2,8	357,0	176	4,2	535,5	249	4,9	624,8	322	2,3	293,3
31	2,4	306,0	104	2,3	293,3	177	4,0	510,0	250	5,1	650,3	323	1,5	191,3
32	2,6	331,5	105	2,2	280,5	178	4,4	561,0	251	5,3	675,8	324	1,6	204,0
33	3,1	395,3	106	2,6	331,5	179	4,7	599,3	252	5,2	663,0	325	1,6	204,0
34	2,2	280,5	107	2,5	318,8	180	4,7	599,3	253	4,5	573,8	326	1,4	178,5
35	2,9	369,8	108	2,8	357,0	181	4,1	522,8	254	4,7	599,3	327	2,0	255,0
36	2,8	357,0	109	2,8	357,0	182	3,6	459,0	255	5,1	650,3	328	1,3	165,8
37	2,9	369,8	110	3,0	382,5	183	4,6	586,5	256	4,9	624,8	329	1,7	216,8
38	2,0	255,0	111	3,2	408,0	184	4,6	586,5	257	4,8	612,0	330	1,7	216,8
39	3,3	420,8	112	2,4	306,0	185	4,8	612,0	258	5,2	663,0	331	1,9	242,3
40	3,1	395,3	113	3,3	420,8	186	4,8	612,0	259	4,5	573,8	332	2,2	280,5
41	3,4	433,5	114	3,4	433,5	187	4,7	599,3	260	4,4	561,0	333	2,0	255,0
42	3,5	446,3	115	3,6	459,0	188	4,3	548,3	261	3,8	484,5	334	2,3	293,3
43	3,5	446,3	116	3,4	433,5	189	4,8	612,0	262	3,7	471,8	335	2,1	267,8
44	3,3	420,8	117	3,0	382,5	190	5,0	637,5	263	4,1	522,8	336	1,8	229,5
45	2,6	331,5	118	2,7	344,3	191	4,7	599,3	264	3,5	446,3	337	2,0	255,0
46	2,7	344,3	119	3,9	497,3	192	4,9	624,8	265	4,0	510,0	338	1,1	140,3
47	3,4	433,5	120	3,6	459,0	193	4,9	624,8	266	4,3	548,3	339	1,8	229,5
48	2,7	344,3	121	3,2	408,0	194	4,9	624,8	267	4,2	535,5	340	1,4	178,5
49	2,7	344,3	122	3,1	395,3	195	4,6	586,5	268	3,6	459,0	341	1,8	229,5
50	2,3	293,3	123	3,3	420,8	196	4,6	586,5	269	3,2	408,0	342	1,6	204,0
51	2,8	357,0	124	4,2	535,5	197	4,9	624,8	270	3,5	446,3	343	1,4	178,5
52	2,3	293,3	125	3,1	395,3	198	5,0	637,5	271	3,1	395,3	344	1,7	216,8
53	2,1	267,8	126	3,1	395,3	199	4,9	624,8	272	2,1	267,8	345	1,8	229,5
54	2,4	306,0	127	3,1	395,3	200	5,0	637,5	273	2,8	357,0	346	1,2	153,0
55	2,4	306,0	128	3,5	446,3	201	4,6	586,5	274	2,8	357,0	347	1,5	191,3
56	2,8	357,0	129	3,0	382,5	202	5,0	637,5	275	2,9	369,8	348	1,8	229,5
57	2,4	306,0	130	3,7	471,8	203	4,8	612,0	276	3,2	408,0	349	1,4	178,5
58	3,1	395,3	131	3,9	497,3	204	4,9	624,8	277	2,6	331,5	350	1,5	191,3
59	2,8	357,0	132	4,5	573,8	205	5,0	637,5	278	3,2	408,0	351	1,2	153,0
60	3,1	395,3	133	4,4	561,0	206	4,9	624,8	279	2,3	293,3	352	1,6	204,0
61	3,8	484,5	134	4,4	561,0	207	5,0	637,5	280	3,2	408,0	353	1,9	242,3
62	3,3	420,8	135	4,3	548,3	208	5,0	637,5	281	2,8	357,0	354	1,6	204,0
63	3,9	497,3	136	4,8	612,0	209	5,0	637,5	282	3,3	420,8	355	1,3	165,8
64	3,9	497,3	137	4,5	573,8	210	4,9	624,8	283	2,6	331,5	356	1,4	178,5
65	4,1	522,8	138	4,6	586,5	211	4,8	612,0	284	2,9	369,8	357	1,7	216,8
66	4,1	522,8	139	4,2	535,5	212	4,8	612,0	285	2,4	306,0	358	2,2	280,5
67	4,3	548,3	140	4,3	548,3	213	4,9	624,8	286	2,5	318,8	359	1,9	242,3
68	3,8	484,5	141	4,7	599,3	214	4,8	612,0	287	2,7	344,3	360	2,1	267,8
69	3,4	433,5	142	4,6	586,5	215	4,7	599,3	288	2,1	267,8	361	2,0	255,0
70	3,7	471,8	143	4,4	561,0	216	4,4	561,0	289	1,5	191,3	362	1,7	216,8
71	3,5	446,3	144	4,4	561,0	217	4,6	586,5	290	2,4	306,0	363	0,9	114,8
72	3,9	497,3	145	4,4	561,0	218	4,8	612,0	291	1,9	242,3	364	1,4	178,5
73	3,7	471,8	146	4,0	510,0	219	4,5	573,8	292	2,1	267,8	365	1,4	178,5

Tabla 64.- Producción eléctrica diaria mediante centrales fotovoltaicas.

Fuente: Elaboración propia.

10.3.3.- Centrales solares termoelectricas.

Una vez evaluada la demanda de energía eléctrica municipal en el apartado segundo del presente capítulo se observa cómo el orden de magnitud característico, en cuanto a potencias, de la presente aplicación es de cientos de kilovatios. El tamaño en cuanto a habitantes del municipio seleccionado y sus características particulares definen este orden de magnitud.

Por otro lado, se vio en el capítulo tercero que las centrales solares termoelectricas de receptor central y de concentradores cilindro parabólicos presentan unas potencias características del orden de los megavatios. Esto se debe al coste que presentan los equipos que componen estas centrales, desde los correspondientes al campo de captación hasta los correspondientes al bloque de potencia. Éste es suficientemente alto como para que no exista en la actualidad ninguna central en operación comercial con una potencia de generación eléctrica por debajo de 1 MW.

Por tanto, en aras de conseguir un mix de generación viable técnica y económicamente estas tecnologías se desestimarán, sin perjuicio de que en otras aplicaciones pueda ser necesaria su incorporación (municipios más grandes cuyos consumos eléctricos sean lo suficientemente altos como para justificar su inclusión).

De incluir estas centrales se incurriría en un sobredimensionamiento del mix de generación, que, al igual que ocurría con el aerogenerador de 2.000 kW, encarecería el sistema global mediante la “disipación” de energía eléctrica (el término disipación no debe entenderse de manera literal, sino desde el punto de vista de los objetivos del proyecto como energía no útil).

10.3.4.- Centrales de biomasa procedente de industria agrícola.

Para la determinación del potencial de generación en centrales termoelectricas que utilizan como combustible la biomasa procedente de los residuos de la industria agrícola es necesario, como se vio durante la explicación de la metodología, evaluar la disponibilidad de la materia prima a lo largo del año.

Según el Instituto de Estadística de Andalucía, los principales cultivos existentes en el término municipal de Sanlúcar la Mayor son, en el 2007, los siguientes:

Cultivos herbáceos. Año 2007		Cultivos leñosos. Año 2007	
Superficie (ha)	6.738	Superficie (ha)	2.550
Principales cultivos regadío	Trigo	Principales cultivos regadío	Oliv. aceituna de mesa
	Girasol		Naranja
Principales cultivos regadío(ha)	260	Principales cultivos regadío(ha)	975
	122		254
Principales cultivos secano	Trigo	Principales cultivos secano	Oliv. aceituna de mesa
	Girasol		Oliv. Aceite
Principales cultivos secano(ha)	2.216	Principales cultivos secano(ha)	800
	1.954		100

Tabla 65.- Principales cultivos en Sanlúcar la Mayor. Año 2007.
Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda

Como se observa, en el término municipal predominan los cultivos herbáceos, tanto trigo como girasol (67,6% del total de herbáceos) y en ambos destaca su cultivo en secano. En cuanto a los cultivos leñosos, aunque menores que los herbáceos, destaca el olivar destinado a la aceituna de mesa, tanto en regadío como en secano (83,5% del total de cultivos leñosos).

Para estimar la producción potencial de residuos a partir de estos datos de producción se han utilizado las siguientes equivalencias:

Cultivo	Prod. Resíduos (T/ha)	PCI (kWh/kg)	Energía Disponible (kWh/(año*ha))
Herbáceo	3	4,18	12.600
Olivar	0,9	3,7	3.350

Tabla 66.- Equivalencias para estimación de producción de residuos.

Fuente: Análisis de la producción potencial de biomasa en Andalucía. J. Domínguez y M.J. Marcos (CIEMAT).

Con los anteriores parámetros se está en disposición de evaluar la energía disponible, potencial, en forma de residuos agrícolas para producción de electricidad:

Cultivo	Hectáreas cultivadas	Energía Primaria Disponible (MWh/año)
Herbáceo (Trigo y girasol)	4.552	57.355,2
Olivar (Aceite y ac. Mesa)	2.129	7.132,2

Tabla 67.- Estimación de disponibilidad de energía primaria en forma de residuos agrícolas en el municipio.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos anteriores.

A continuación, haciendo uso de los parámetros dados en la descripción de las centrales, se estimará la potencia instalable en centrales de este tipo:

E.Primaria disponible (MWh/año)	Rendimiento Global de la central (%)	Horas equivalentes de funcionamiento (h/año)	Potencia máx. instalable (kW)
64.487,4	21,6	7.500	1.860

Tabla 68.- Estimación de la potencia máxima instalable en centrales de biomasa residual.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos anteriores.

El dato de potencia mostrado en la tabla anterior hace referencia al límite superior de la potencia que es instalable. Obviamente este dato no debe entenderse como la potencia que se instalará en este tipo de centrales, sino como la potencia máxima que sería viable instalarse para que todo el acopio de energía primaria proviniera de cultivos desarrollados en el término municipal. Debido a que durante la elaboración de este apartado (y también del siguiente) han aparecido numerosos problemas en cuanto a la obtención de información veraz sobre el municipio, y más concretamente, sobre las superficies rústicas y explotaciones agrarias municipales, la metodología a seguir para evaluar el potencial de generación será la inversa mostrada en la caracterización de las centrales. Se realizará la evaluación del potencial de generación eléctrica suponiendo una potencia que cumpla, por un lado, ser menor que la potencia máxima instalable, y por otro lado, que esté dentro de los órdenes de magnitud característicos de esta aplicación. Cuando llegue el momento de superponer las producciones de las diferentes centrales para los distintos periodos temporales según los objetivos, se tendrá en cuenta que la producción en estas centrales se ha evaluado según esta hipótesis, por lo que deberá ajustarse.

En concreto, se supondrá que la potencia a instalar es de 100 kW. Por tanto se tratará de central de biomasa gasificada en reactores, ya que esta tecnología es la usada cuando se tratan de potencias de este orden de magnitud.

Objetivo 1: Producción anual.

Periodo	Potencia a instalar (kW)	Horas equivalentes (h/año)	Producción eléctrica (MWh/año)	Consumo de biomasa (MWh/año)	Consumo de biomasa (t/año) (*)
Anual	100	7.500	750	3.472,2	830,7

(*)Para el cálculo del consumo másico de biomasa se ha supuesto que toda se corresponde con cultivos herbáceos.

Tabla 69.- Resultados de la estimación del potencial de generación eléctrica con biomasa procedente de residuos según objetivo 1.

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 2: Producción mensual.

Meses	Horas equivalentes (h/mes)	Producción eléctrica (MWh/mes)	Consumo Cble (MWh/mes)	Consumo biomasa (t/mes) (*)
Enero	637	63,69	294,84	70,54
Febrero	575	57,52	266,31	63,71
Marzo	637	63,69	294,84	70,54
Abril	616	61,63	285,33	68,26
Mayo	637	63,69	294,84	70,54
Junio	616	61,63	285,33	68,26
Julio	637	63,69	294,84	70,54
Agosto	637	63,69	294,84	70,54
Septiembre	616	61,63	285,33	68,26
Octubre	637	63,69	294,84	70,54
Noviembre	616	61,63	285,33	68,26
Diciembre	637	63,69	294,84	70,54
TOTAL	7499	749,86	3.471,56	830,52

(*)Para el cálculo del consumo másico de biomasa se ha supuesto que toda se corresponde con cultivos herbáceos.

Tabla 70.- Resultados de la estimación del potencial de generación eléctrica con biomasa procedente de residuos según objetivo 2.

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 3: Producción diario.

Debido a las hipótesis relacionadas, la producción diaria será constante a lo largo del año. A continuación se muestra este valor:

Horas equivalentes (h/día)	Producción diaria (kWh/día)	Consumo Energía Primaria (kWh/día)	Consumo biomasa (t/día) (*)
20,5	2.054,4	9.511,1	2,28

(*)Para el cálculo del consumo másico de biomasa se ha supuesto que toda se corresponde con cultivos herbáceos.

Tabla 71.- Resultados de la estimación del potencial de generación eléctrica con biomasa procedente de cultivos energéticos según objetivo 3.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, se ha prorrateado la producción anual entre los 365 días que tiene un año y no se ha partido del periodo mensual. Esto se debe a que se ha creído esta forma de hacerlo más conveniente debido a que en este caso se trata de una extrapolación de primer nivel. De haberlo hecho a partir de la disponibilidad mensual se incurriría en una extrapolación de segundo nivel, con el consecuente aumento de los errores.

10.3.5.- Centrales de biomasa procedente de cultivos energéticos.

Para determinar el potencial de generación eléctrica mediante centrales termoeléctricas de biomasa procedente de cultivos energéticos en el municipio se hace necesario evaluar el potencial de abastecimiento de estos cultivos, ya que, como se comentó cuando se explicaba la metodología, éste será el factor limitante a la generación. Esta evaluación se realizará en función de la disponibilidad de suelo.

Al igual que en el caso anterior, se han encontrado dificultades para recopilar la información necesaria. Una forma de hacerlo sería como en el caso anterior, aunque en este caso el proceso ha consistido en suponer una superficie disponible municipal de 50 ha. La justificación del porqué se ha elegido esta superficie es que según conversaciones mantenidas con técnicos del ayuntamiento, existen algunas fincas municipales de este tamaño, sin llegar a detallar más.

A continuación se muestra una tabla con la distribución de las tierras de aprovechamiento para el año 2007:

Distribución general de la tierra de aprovechamiento. Año 2007 (ha)						
Barbecho y otras tierras	Cultivos herbáceos	Cultivos leñosos	Pastizales	Monte abierto	Terreno improductivo	Superficie no agrícola
497	6.738	2.550	341	2.553	15	850

Tabla 72.- Distribución general de la tierra de aprovechamiento. Año 2007.
Fuente: Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda

Como se observa, las tierras destinadas a cultivos herbáceos predominan sobre el resto y, más concretamente, sobre las tierras destinadas a los cultivos leñosos. Por esta razón se elegirán para la presente aplicación los cultivos energéticos herbáceos.

A continuación se muestra la disponibilidad energética, en términos de energía primaria, para una superficie de 50 hectáreas:

Determinación de disponibilidad energética	
Hectáreas disponibles (ha)	50
Productividad (t/(ha*año))	10
Producción Anual (t/año)	500
Poder Calorífico Inferior (MWh/t)	4,875
Disponibilidad energética por PCI(MWh/año)	2.437,5

Tabla 73.-Determinación de disponibilidad energética anual en cultivos energéticos.
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el potencial de generación eléctrica para la superficie seleccionada anteriormente, 50 ha:

Determinación de energía eléctrica producida	
Disponibilidad energética por PCI(MWh/año)	2.437,5
Rendimiento Global Medio (%)	21,6
Producción eléctrica estimada (MWh/año)	526,5

Tabla 74.-Determinación del potencial anual de generación eléctrica con cultivos energéticos.
Fuente: Elaboración propia

Como se vio en la descripción de las centrales de generación eléctrica, las centrales de biomasa se caracterizan por un elevado número de horas equivalentes de funcionamiento al año, alrededor de las 7.500 horas. En este apartado se utilizará este dato para determinar la potencia a instalar en cuanto a las máquinas térmicas generadoras:

Producción eléctrica estimada (MWh/año)	Horas equivalentes de funcionamiento (h)	Potencia instalable (kW)
526,5	7.500	70

Tabla 75.- Determinación de la potencia instalable, para 100 hectáreas de cultivo.
Fuente: IDAE y Elaboración propia

Para la estimación tanto de la energía eléctrica generada como de la potencia instalable para otras superficies distintas a 50 ha, la extrapolación lineal no debe suponer un desvío de la realidad demasiado significativo. Esta hipótesis será más crítica en apartados posteriores, cuando se evalúen los distintos costes (iniciales y anuales) ya que en éstos sí interviene la economía de escala, rompiendo esta linealidad.

La hipótesis de 7.500 horas equivalentes de funcionamiento supone que la central funcionaría, durante el periodo anual, el 85,6% de éste. Esta misma hipótesis se utilizará en los periodos de tiempo considerados para los restantes objetivos. Esta hipótesis viene de prorratear las labores

de mantenimiento y paradas por averías anuales en los distintos periodos de tiempo considerados.

Una vez aclarado lo anterior, se procederá a evaluar la producción según cada objetivo, siempre con la hipótesis principal realizada de 100 ha disponibles para los cultivos energéticos.

Objetivo 1: Producción anual.

Periodo	Disponibilidad anual de E. Prim. (MWh/año)	Producción Eléctrica (MWh/año)	Consumo de biomasa (t/año) (*)
Anual	2.437,5	526,5	500

Tabla 76.- Resultados de la estimación del potencial de generación eléctrica con biomasa procedente de cultivos energéticos según objetivo 1.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 2: Producción mensual.

Meses	Disponibilidad mensual de E. Prim. (MWh/mes)	Horas equivalentes (h/mes)	Producción Eléctrica (MWh/mes)	Consumo de biomasa (t/mes) (*)
Enero	206,39	637	44,58	42,34
Febrero	186,44	575	40,27	38,24
Marzo	206,39	637	44,58	42,34
Abril	199,72	616	43,14	40,97
Mayo	206,39	637	44,58	42,34
Junio	199,72	616	43,14	40,97
Julio	206,39	637	44,58	42,34
Agosto	206,39	637	44,58	42,34
Septiembre	199,72	616	43,14	40,97
Octubre	206,39	637	44,58	42,34
Noviembre	199,72	616	43,14	40,97
Diciembre	206,39	637	44,58	42,34
TOTAL	2.430,05	7.500	524,9	498,5

Tabla 77.- Resultados de la estimación del potencial de generación eléctrica con biomasa procedente de cultivos energéticos según objetivo 2.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 3: Producción diario.

Debido a las hipótesis relacionadas, la producción diaria será constante a lo largo del año. A continuación se muestra este valor:

Disponibilidad mensual de E. Prim. (kWh/día)	Horas equivalentes (h/día)	Producción diaria (kWh/día)	Consumo de biomasa (t/día)
6.657,9	20,544	1.438,1	1,36

Tabla 78.- Resultados de la estimación del potencial de generación eléctrica con biomasa procedente de cultivos energéticos según objetivo 3.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, se ha prorrateado la producción anual entre los 365 días que tiene un año y no se ha partido del periodo mensual. Esto se debe a que se ha creído esta forma de hacerlo más conveniente debido a que en este caso se trata de una extrapolación de primer nivel. De haberlo hecho a partir de la disponibilidad mensual se incurriría en una extrapolación de segundo nivel, con el consecuente aumento de los errores.

10.3.6.- Centrales mini hidráulicas.

Como se comentó cuando se explicaba la metodología a seguir para evaluar el potencial de generación eléctrica con este tipo de centrales, el primer paso es evaluar la disponibilidad del recurso.

Para la evaluación de éste se hará uso de la fuente de información detallada en el capítulo dedicado a los recursos. No obstante, además de evaluar el caudal en los diferentes periodos se hace necesario evaluar el salto hidráulico disponible en una ubicación concreta.

Como se apuntó en la presentación del municipio en esta aplicación práctica, el término municipal de Sanlúcar la Mayor está atravesado por el Río Guadiamar, afluente del Guadalquivir. La estación de aforo número 5090 está situada en el término municipal de Sanlúcar la Mayor, más concretamente en “El Guijo”. Los datos representativos mostrados en la base de datos, de cara a los objetivos del proyecto, son:

Año	Caudal medio anual (m ³ /s)
1980	0,406
1981	1,752
1982	0,280
1983	2,961
1984	3,583
1985	1,737
1986	2,263
1991	0,180
1999	1,327
2002	2,936
2003	5,225
2004	0,886
2005	1,180
Media	1,901

Tabla 79.- Recurso hídrico para objetivo 1.
Fuente: Elaboración propia.

Meses	Caudal medio mensual (m ³ /s)
enero	5,537
febrero	3,791
marzo	2,432
abril	1,202
mayo	1,120
junio	0,298
julio	0,119
agosto	0,047
septiembre	0,125
octubre	1,188
noviembre	3,396
diciembre	7,407
Media	2,222

Tabla 80.- Recurso hídrico para objetivo 2.
Fuente: Elaboración propia.

Caudales medios diarios (m³/s)												
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	octub.	nov.	dicie.
1	4,227	4,127	2,637	1,102	0,407	0,283	0,156	0,045	0,049	0,087	2,611	2,751
2	3,548	3,735	4,290	1,015	0,460	0,314	0,144	0,040	0,051	0,149	2,118	2,162
3	5,173	5,346	5,502	0,843	0,783	0,279	0,153	0,043	0,048	0,187	2,262	5,189
4	2,491	5,304	5,924	0,547	0,936	0,263	0,141	0,046	0,030	0,124	4,318	6,199
5	4,837	4,458	5,617	0,525	0,607	0,247	0,152	0,046	0,024	0,072	3,331	3,171
6	6,132	3,913	3,756	0,517	1,941	0,665	0,154	0,057	0,042	0,070	4,476	6,302
7	2,790	3,549	3,765	0,655	4,617	0,401	0,146	0,054	0,032	0,351	6,610	5,183
8	5,039	4,764	2,898	4,531	4,065	0,343	0,142	0,061	0,029	0,339	5,930	6,131
9	4,231	4,063	2,203	2,787	3,574	0,245	0,126	0,074	0,029	0,330	3,658	13,027
10	6,429	5,043	1,625	2,100	2,542	0,214	0,141	0,075	0,030	0,412	3,136	4,282
11	10,852	5,138	1,174	1,594	2,781	0,217	0,148	0,066	0,026	0,200	3,266	10,014
12	17,452	3,742	1,922	1,322	2,317	0,229	0,151	0,071	0,026	0,248	3,190	14,378
13	9,467	3,709	1,513	1,234	1,665	0,415	0,154	0,076	0,029	0,112	2,903	11,451
14	9,557	4,051	1,613	1,204	1,090	0,313	0,186	0,060	0,027	0,086	3,771	6,406
15	7,425	3,972	1,440	1,245	1,192	0,397	0,171	0,050	0,029	0,071	5,073	14,063
16	7,164	2,756	1,448	3,197	0,789	0,360	0,165	0,046	0,051	0,086	7,130	7,331
17	6,319	2,385	0,880	1,421	0,720	0,359	0,136	0,043	0,075	0,091	4,024	5,450
18	7,237	2,193	1,685	0,888	0,691	0,359	0,105	0,034	0,378	0,106	2,816	6,091
19	4,400	1,713	2,686	0,597	0,628	0,523	0,101	0,040	0,305	0,801	2,562	10,818
20	5,292	2,610	3,100	0,769	0,612	0,396	0,107	0,044	0,230	1,499	2,517	6,726
21	15,218	3,798	2,718	0,629	0,545	0,320	0,110	0,042	0,276	1,181	6,127	6,082
22	15,718	4,029	2,082	0,598	0,512	0,241	0,114	0,042	0,297	1,310	4,787	6,167
23	5,584	4,527	1,645	1,330	0,480	0,289	0,101	0,039	0,289	0,929	5,409	8,005
24	4,464	12,013	1,527	0,751	0,443	0,228	0,083	0,037	0,284	1,480	4,678	7,718
25	4,452	6,542	1,951	0,586	0,424	0,203	0,066	0,040	0,264	1,120	2,614	8,410
26	4,032	5,375	1,205	0,488	0,416	0,189	0,059	0,042	0,269	3,265	2,062	7,206
27	4,657	5,044	1,092	0,432	0,395	0,226	0,063	0,045	0,246	4,559	3,700	7,721
28	9,494	3,843	1,977	0,431	0,398	0,163	0,059	0,053	0,105	6,594	3,911	22,041
29	7,903		1,551	0,484	0,384	0,141	0,053	0,058	0,084	3,275	3,289	4,768
30	9,451		1,099	0,397	0,323	0,138	0,050	0,053	0,077	2,666	2,927	4,045
31	4,625		0,855		0,334		0,047	0,050		2,479		2,639
Media de los caudales medios diarios (m³/s)										2,415		

Tabla 81.- Recurso hídrico para objetivo 3.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivos	Caudal medio (m³/s)	Caudal de diseño (m³/s)
Objetivo 1	1,901	3,8
Objetivo 2	2,222	4,5
Objetivo 3	2,415	5

Tabla 82.-Caudales medios y de diseño para los tres objetivos.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizados los caudales es necesario estimar el salto hidráulico disponible. Para ello se han determinado las pendientes medias, por tramos, a lo largo del cauce en el término municipal. Se trata de un río de aguas tranquilas, sin apenas pendientes.

En cualquier caso, aparte del potencial aparentemente escaso para la generación hidráulica, no se ha comentado hasta ahora que toda la vereda del río aguas debajo de la antigua mina de Aznalcóllar está catalogada como el "Paisaje Protegido El corredor verde del Guadiamar", por lo que llevar a cabo una central mini hidráulica en esa zona no estará permitido por las autoridades competentes. Esto se mostrará más detalladamente en apartados posteriores.

10.3.7.- Centrales de cogeneración con gas natural.

La primera comprobación a realizar es la existencia de red de abastecimiento de gas natural en el municipio. Se ha llevado a cabo esta comprobación con resultado positivo. Por tanto, una vez hecho esto, como indica la metodología propuesta, se procederá a evaluar los consumos térmicos municipales existentes.

En el municipio existen un total de 3 suministros de combustible pertenecientes a 3 dependencias municipales, según el Plan de Optimización Energética llevado a cabo en él. La totalidad de estos suministros se corresponden con el combustible propano.

Los datos representativos de estos consumos son los siguientes:

Edificio/Dependencia	Potencia Térmica Instalada (kW)	Consumo Energía (kWh/año)
Residencia de Ancianos	44	51.358,1
Polideportivo	≈15 (*)	15.532,1
Colegio La Paz	75	22.406,1
TOTALES	134	89.296,3

(*) Apoyo a instalación solar térmica

Tabla 83.- Potencia térmica instalada y demanda térmica en edificios municipales.

Fuente: Plan de Optimización Energética de Sanlúcar la Mayor.

Siguiendo la metodología propuesta y antes de evaluar la demanda en los demás periodos temporales relacionados con los objetivos, se estimará la energía eléctrica a generar así como la potencia eléctrica a instalar en los equipos de cogeneración:

Edificio/Dependencia	Energía eléctrica estimada (kWh/año)	Potencia eléctrica instalable (kW)
Residencia de Ancianos	36.977,2	8,5
Polideportivo	11.183,1	2,5
Colegio La Paz	16.132,4	3,7
TOTALES	64.293,0	14,7

Tabla 84.- Estimación de potencia eléctrica instalable y generación eléctrica mediante centrales de cogeneración.

Fuente: Elaboración propia.

Estos tres edificios o dependencias no cumplen ninguno de los criterios exigidos (ni demanda térmica mínima ni distancias entre ubicaciones máximas) para valorar la posibilidad de una instalación de cogeneración centralizada.

Por otra parte, la baja demanda térmica existente en cada uno de los edificios hace que se desestime esta tipología de centrales de generación térmica y eléctrica.

10.4.- Superposición de las producciones de las centrales

A continuación se muestra, para cada objetivo, la producción de cada central y la suma de todas ellas, así como la energía demandada en cada periodo, de forma que se tenga una amplia visión de la situación energética.

10.4.1.- Producción anual

Centrales	Producción Anual (MWh/año)	Cobertura de la demanda (%)
Eólica (Aerog.330 kW)	618,9	39,39%
Fotovoltaica	154,5	9,83%
Solar Temoelectrica	-	-
Biomasa Residuos (100 kW)	750,0	47,73%
Biomasa Cultivos (50 ha)	526,5	33,51%
Mini Hidráulica	-	-
Cogeneración	-	-
TOTAL	2049,9	130,46%

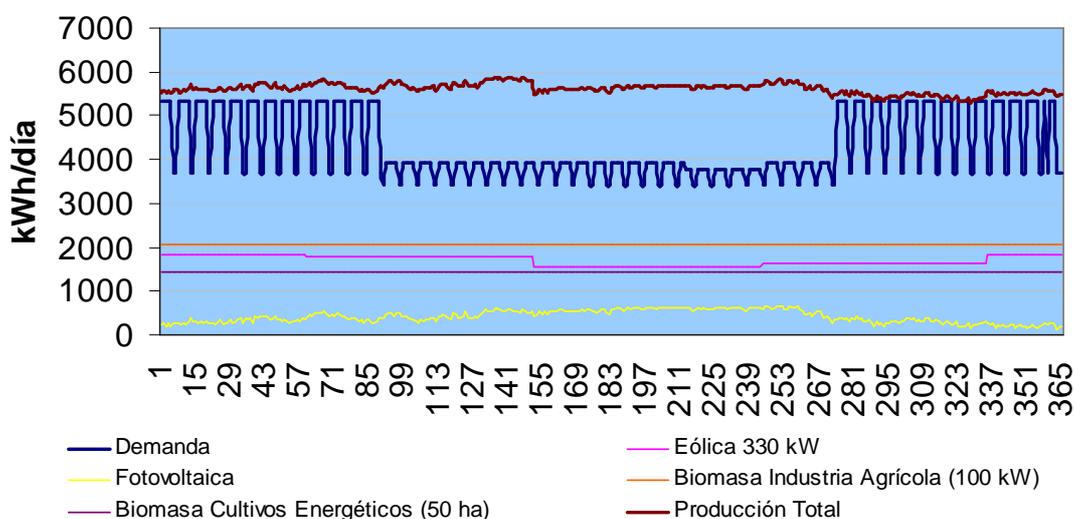
Tabla 85.- Producción global de energía eléctrica.
Fuente: Elaboración propia

10.4.2.- Producción mensual

	Aerog330 kW			Fotovoltaica		CST		Biomasa Residuos (100 kW)		Biomasa Cultivos (50 ha)		Mini Hidráulica		Cogeneración		TOTAL	
	Demanda (MWh/mes)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)
Enero	152,2	56,4	37,1%	8,6	5,7	-	-	63,7	41,9%	44,6	29,3%	-	-	-	-	173,3	113,9%
Febrero	136,2	50,9	37,4%	10,0	7,3	-	-	57,5	42,2%	40,3	29,6%	-	-	-	-	158,7	116,5%
Marzo	150,6	55,2	36,6%	12,6	8,4	-	-	63,7	42,3%	44,6	29,6%	-	-	-	-	176,0	116,9%
Abril	113,1	53,4	47,2%	12,2	10,8	-	-	61,6	54,5%	43,1	38,1%	-	-	-	-	170,3	150,6%
Mayo	117,5	55,2	46,9%	15,9	13,5	-	-	63,7	54,2%	44,6	37,9%	-	-	-	-	179,3	152,6%
Junio	113,1	46,7	41,3%	16,4	14,5	-	-	61,6	54,5%	43,1	38,1%	-	-	-	-	167,8	148,4%
Julio	117,0	48,3	41,2%	18,9	16,2	-	-	63,7	54,4%	44,6	38,1%	-	-	-	-	175,4	149,9%
Agosto	114,2	48,3	42,3%	18,9	16,5	-	-	63,7	55,8%	44,6	39,0%	-	-	-	-	175,4	153,6%
Septiembre	112,6	49,4	43,9%	16,4	14,6	-	-	61,6	54,7%	43,1	38,3%	-	-	-	-	170,6	151,5%
Octubre	152,2	51,1	33,6%	9,9	6,5	-	-	63,7	41,9%	44,6	29,3%	-	-	-	-	169,3	111,2%
Noviembre	146,8	49,4	33,7%	8,3	5,7	-	-	61,6	42,0%	43,1	29,4%	-	-	-	-	162,5	110,7%
Diciembre	145,7	56,4	38,7%	6,4	4,4	-	-	63,7	43,7%	44,6	30,6%	-	-	-	-	171,1	117,4%

Tabla 86.- Producción global de energía eléctrica mensual.
Fuente: Elaboración propia

10.4.3.- Producción diaria (Objetivo 3)



Gráfica 37.- Producción global de energía eléctrica diaria.
Fuente: Elaboración propia

10.5.- Redefinición de centrales y ajuste de la producción

Por las razones anteriormente expuestas se hace necesario realizar una redefinición de las centrales, en aras de ajustar la producción eléctrica a la demanda municipal. En concreto, se redefinirán por lo anteriormente expuesto:

- Centrales eólicas (decisión si instalar un número superior de aerogeneradores).
- Centrales de biomasa procedente de residuos de la industria agrícola
- Centrales de biomasa procedente de cultivos energéticos

Imponiendo la generación fotovoltaica y eólica (1 sólo aerogenerador) como fijas, sólo se puede actuar sobre las centrales de biomasa o bien sobre la central eólica, incorporándole otra turbina.

La incorporación al mix de otra turbina eólica supondría porcentajes de cobertura de la demanda de entre el 65% y el 94%. Esto quiere decir que tan solo con la producción fotovoltaica se cubriría casi la totalidad de la demanda eléctrica, si bien no serían necesarias las centrales de biomasa. Este hecho iría en contra de un mix de generación diversificado, por lo que, de momento, no se incorporará otro aerogenerador.

Por tanto, la redefinición de la potencia se llevará a cabo sobre las centrales de biomasa (tanto proveniente de residuos de la industria agrícola como de cultivos energéticos).

La redefinición de las centrales de biomasa puede ser enfocada desde dos puntos de vista:

- 1) Disminuir el número de horas anuales de funcionamiento manteniendo la potencia instalada.
- 2) Disminuir la potencia a instalar y mantener el número de horas de funcionamiento.

En esta aplicación se tomará la segunda opción, ya que disminuir la potencia a instalar, si bien no redundaría en una disminución de costes directamente proporcional a la disminución de potencia, sí conlleva un abaratamiento relativo de equipos. Además, al mantener el número de horas de funcionamiento, la rentabilidad no se verá perjudicada como ocurriría en la primera opción.

A continuación se llevará a cabo esta redefinición atendiendo a cada objetivo.

10.5.1- Redefinición según Objetivo 1.

En este caso, la cobertura de la demanda eléctrica municipal asciende a un 130,46%.

En la siguiente tabla se muestra esta redefinición, hasta alcanzar una producción igual al 100% de la demanda eléctrica:

Demanda Anual (MWh/año)	Producción Anual (MWh/año)	Excedente de producción (MWh/año)	Excedente de potencia (kW)	Nueva potencia en centrales de biomasa (kW)
1571,2	2049,9	478,7	64,0	106

(*) La nueva potencia se refiere al total de central de biomasa residual y de cultivos energéticos

Tabla 87.- Producción global de energía eléctrica diaria.

Fuente: Elaboración propia

10.5.2- Redefinición según Objetivo 2.

	Demanda (MWh/mes)	Producción (MWh/mes)	Cobertura (%)	Excedente de producción (MWh/mes)	Excedente de potencia (kW)
Enero	152,2	173,3	113,9%	21,1	33,1
Febrero	136,2	158,7	116,5%	22,5	39,1
Marzo	150,6	176,0	116,9%	25,5	40,0
Abril	113,1	170,3	150,6%	57,2	92,9
Mayo	117,5	179,3	152,6%	61,8	97,1
Junio	113,1	167,8	148,4%	54,7	88,8
Julio	117,0	175,4	149,9%	58,4	91,7
Agosto	114,2	175,4	153,6%	61,2	96,1
Septiembre	112,6	170,6	151,5%	58,0	94,2
Octubre	152,2	169,3	111,2%	17,1	26,9
Noviembre	146,8	162,5	110,7%	15,7	25,5
Diciembre	145,7	171,1	117,4%	25,3	39,8

(*) La nueva potencia se refiere al total de central de biomasa residual y de cultivos energéticos

Tabla 88.- Producción global de energía eléctrica diaria.

Fuente: Elaboración propia

La mínima potencia excedentaria, como se observa en la tabla, es 25,5 kW, correspondiente al mes de Noviembre. En contra, la máxima potencia excedentaria se alcanza en el mes de Mayo, y asciende a 97,1 kW.

Si se asume disminuir la potencia a instalar en las dos centrales de biomasa los 25,5 kW (la nueva potencia será de 144,5 kW), el excedente de potencia quedará de la siguiente manera:

	Primer Excedente de potencia (kW)	Nuevo Excedente de potencia (kW)
Enero	33,1	7,6
Febrero	39,1	13,6
Marzo	40,0	14,5
Abril	92,9	67,4
Mayo	97,1	71,6
Junio	88,8	63,3
Julio	91,7	66,2
Agosto	96,1	70,6
Septiembre	94,2	68,7
Octubre	26,9	1,4
Noviembre	25,5	0,0
Diciembre	39,8	14,3

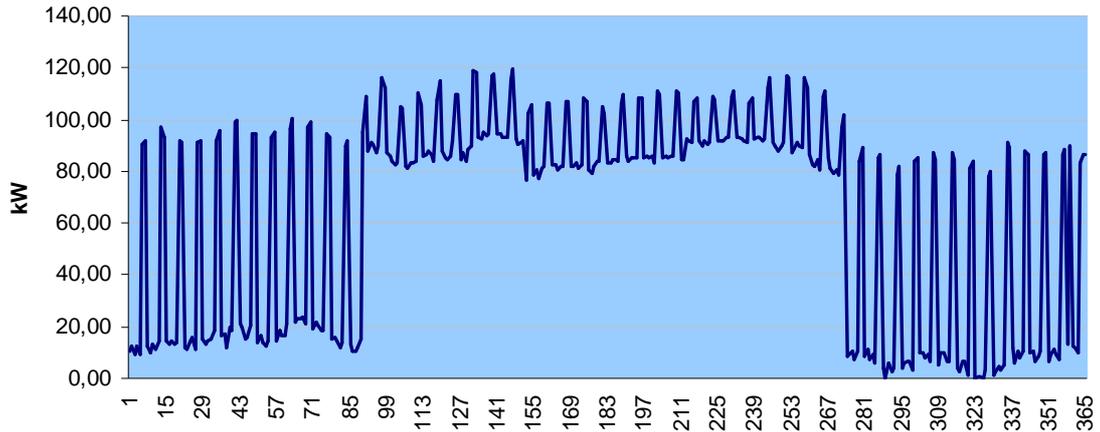
Tabla 89.- Producción global de energía eléctrica diaria.

Fuente: Elaboración propia

En esta nueva situación se observa cómo en los meses de verano sigue existiendo un excedente de potencia. Asumiendo que el total de potencia a instalar en este tipo de centrales se dividirá en dos (dos centrales de 72,25 kW), se ajustaría la producción a la demanda imponiendo que en estos meses sólo funcionara una. De esta forma se obtendría un acoplamiento casi perfecto. En cualquier caso, debido a que las centrales propuestas de biomasa utilizan el recurso primario una vez gasificado, en caso de decidir instalar el total de la potencia en una única central, se deberá hacer mediante MCIA o turbinas de gas modulables, de forma que el efecto sea el mismo que con dos centrales.

10.5.3.- Redefinición según objetivo 3.

En la siguiente gráfica se muestra el excedente de potencia existente antes de la redefinición y atribuido, según se ha estipulado, a las centrales de biomasa:



Gráfica 38.- Excedente diario de potencia, asignada a las centrales de biomasa.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, tanto en los días de verano como en los fines de semana de invierno, el excedente de potencia es sensiblemente superior que en los días laborables de invierno. Esta circunstancia hace plantear la misma actuación que en el caso anterior.

Para los días laborables de invierno, la/s central/es producirán energía eléctrica con una potencia igual a la original (170 kW), ya que el excedente es mínimo, como se observa sobre todo en el último trimestre del año.

En cambio, los fines de semana de invierno y todos los días de verano, la/s central/es producirán energía eléctrica con una potencia de 93,5 kW, ya que el excedente mínimo en estos días es 76,5 kW.

Como se puede comprobar, la potencia total instalada en el caso del objetivo 3 no variará, ya que en los días laborales de invierno no existe excedente. De todos modos, la producción si lo hará y con ella disminuirán los gastos de acopio de biomasa, debido a que con esta propuesta la disipación de energía es mínima para el objetivo marcado.

10.6.- Comentarios sobre infraestructuras y otros requerimientos

Debido a las características de las centrales seleccionadas, tanto las fotovoltaicas como las centrales de biomasa irán instaladas en el entorno urbano del municipio, por lo que, a priori, no deben existir problemas para encontrar un punto de evacuación a la red de la energía eléctrica generada, claro está, siempre y cuando se cumplan los requisitos relacionados en el capítulo cuarto. Para justificar esto, se propone el siguiente argumento:

En términos globales, las infraestructuras eléctricas en el municipio deben permitir consumir la potencia contratada en cada uno de los suministros municipales. Por tanto, si la potencia instalada en las centrales no supera a la potencia total contratada se podrá asegurar que estas infraestructuras tienen la capacidad de exportar toda la energía que generan las centrales.

En la siguiente tabla se muestran las potencias totales a instalar propuestas en las centrales y la potencia contratada total en los suministros municipales:

Potencia a instalar según Objetivo 1 (kW)	Potencia a instalar según Objetivo 2 (kW)	Potencia a instalar según Objetivo 3 (kW)	Total potencia contratada municipal (kW)
606,0	644,5	670,0	740,0(*)

(*) Sólo se han tenido en cuenta los suministros de alumbrado público y edificios

Tabla 90.- Distribución de costes por centrales según objetivo 1.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, para cualquier de los 3 casos mostrados la potencia contratada es mayor que la propuesta a instalar (más aún si se hubieran considerados los suministros “Temporales” y “Otros”.

Para la instalación de las centrales fotovoltaicas no se ha encontrado ninguna ordenanza municipal que impida o mate impedimentos para este fin, por lo que en principio se descarta cualquier problema a este respecto. Algo parecido ocurre con las centrales de biomasa propuestas. No se han encontrado impedimentos de este tipo para su instalación. Además, debido a sus características, siempre será posible proponer otras ubicaciones si en las propuestas existiese algún tipo de impedimentos.

En cuanto a la central eólica, el aerogenerador irá instalado al norte del municipio, en las coordenadas UTM especificadas. Mediante la exploración del “Mapa de infraestructuras energéticas de Andalucía”, Agencia Andaluza de la Energía, 2.009, se ha podido comprobar cómo en un radio inferior a los 2.000 m pasa una línea eléctrica de alta tensión, por lo que a expensas de cumplir los requerimientos establecidos en el capítulo cuarto, la conexión a red no debe suponer un problema. Además se ha comprobado que, a priori, no existe ningún impedimento de los comentados en cuanto a espacios protegidos que afecte a esta ubicación propuesta.

Como se dejó entrever cuando se analizaba el potencial mini hidroeléctrico, el Corredor Verde del Guadiamar está catalogado como Paisaje Protegido, por lo que la instalación de una central mini hidráulica no es factible.

A continuación se muestra en la siguiente imagen lo anteriormente comentado:

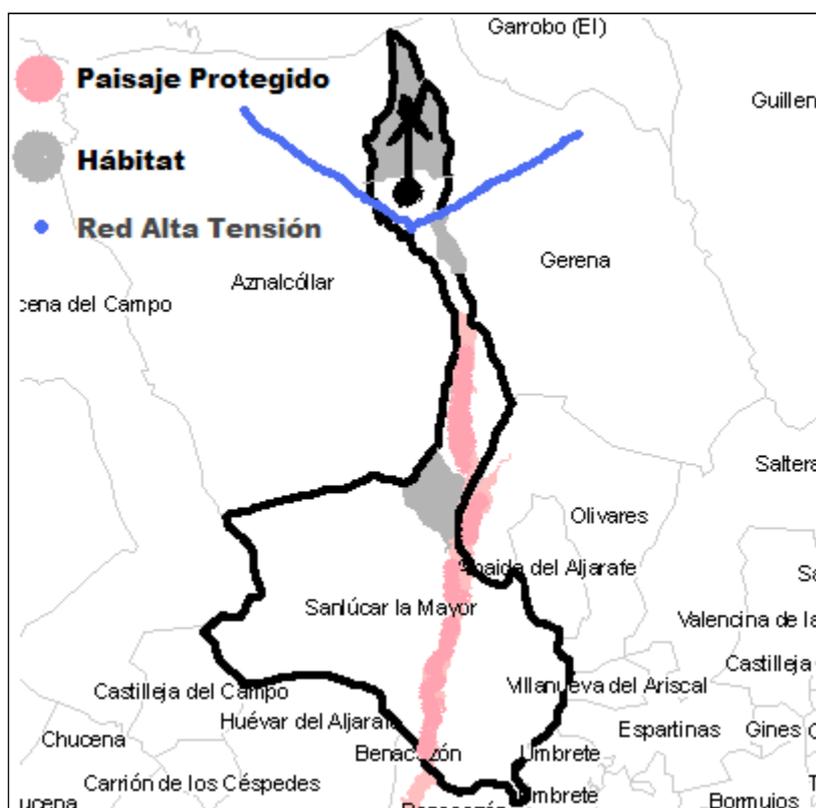
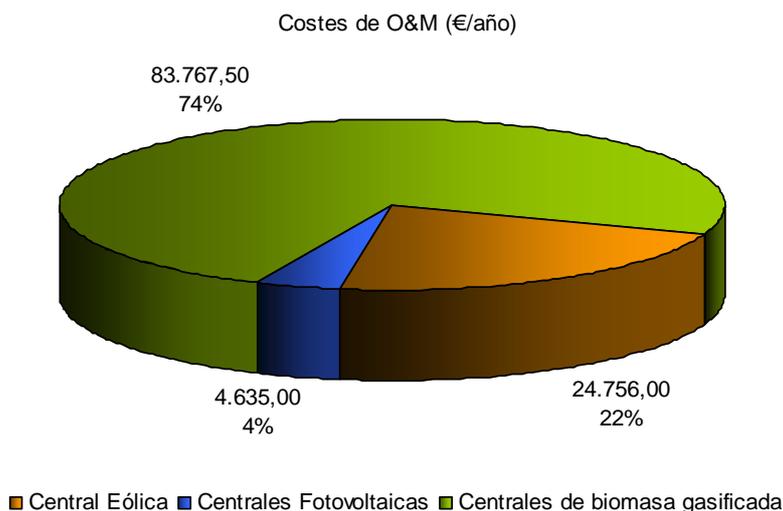


Imagen 9.- Corredor verde del Río Guadiamar y otros espacios protegidos.
Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Consejería de Innovación, Junta de Andalucía

Por tanto, la conexión a la red de las centrales propuestas, bajo esta perspectiva global, no debe suponer ningún problema que no sea solventable.

10.7.- Determinación de costes de inversión y de O&M

Debido a la metodología seguida, los costes de inversión variarán en función del objetivo seleccionado, no así los costes de operación y mantenimiento. Éstos se han definido como ratios unitarios por energía eléctrica producida y ésta a su vez viene impuesta por la demanda eléctrica municipal, que es el objetivo de generación. Por tanto, para cada objetivo la generación anual será la misma, por lo que estos costes no variarán. A continuación se muestra la distribución sobre el total de costes de operación y mantenimiento, común para los tres objetivos:



Gráfica 39.- Distribución de costes de operación y mantenimiento comunes para los tres objetivos.
Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de estos costes de O&M se han tenido en cuenta los costes de acopio de biomasa. Se ha supuesto un precio medio de este acopio de 45 €/t de biomasa, valor intermedio entre los 30-35 €/t y los 70-80 €/t que ofrece el IDAE cuando se trata de biomasa procedente de residuos o de cultivos energéticos, respectivamente.

10.7.1.- Costes según Objetivo 1.

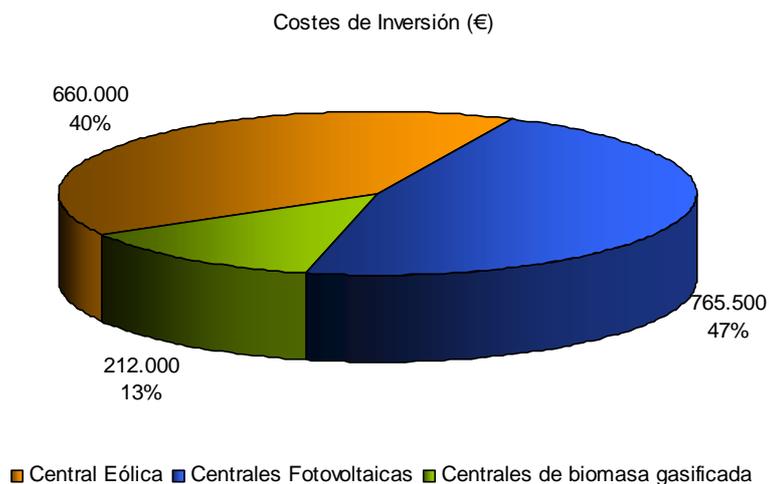
	Potencia a instalar (kW)	Producción anual (MWh/año)	Coste de inversión (€)	Coste de O&M (€/año)
Central Eólica (*)	330	618,9	660.000	24.756,00
Centrales FV (**)	170	154,5	765.500	4.635,00
Centrales biomasa (***)	106	796,5	212.000	83.767,50
TOTAL	606	1.570,0	1.637.500	113.158,50

(*) Costes usados de 1M€/MW y 15 €/MWh;

(**) Costes usados de 4.450 €/kW y 30 €/MWh

(***) Coste usados de 1.750 €/kW y 0,03 c€/kWh

Tabla 91.- Distribución de costes por centrales según objetivo 1.
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 40.- Distribución de costes de inversión por centrales según objetivo 1.
Fuente: Elaboración propia.

10.7.2.- Costes según Objetivo 2.

	Potencia a instalar (kW)	Producción anual (MWh/año)	Coste de inversión (€)	Coste de O&M (€/año)
Central Eólica (*)	330	618,9	330.000	24.756,00
Centrales FV (**)	170	154,5	765.500	4.635,00
Centrales biomasa (***)	144,5	796,5 (5.510 h/año)	252.875	83.767,50
TOTAL	644,5	1.570,0	1.347.875	113.158,50

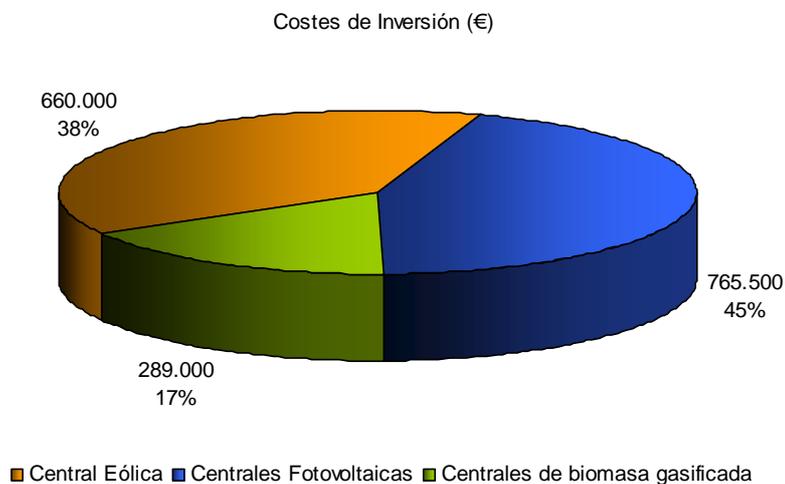
(*) Costes usados de 1M€/MW y 15 €/MWh;

(**) Costes usados de 4.450 €/kW y 30 €/MWh

(***) Coste usados de 1.750 €/kW y 0,03 c€/kWh

Tabla 92.- Distribución de costes por centrales según objetivo 2.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 41.- Distribución de costes de inversión por centrales según objetivo 2.
Fuente: Elaboración propia.

10.7.3.- Costes según Objetivo 3.

	Potencia a instalar (kW)	Producción anual (MWh/año)	Coste de inversión (€)	Coste de O&M (€/año)
Central Eólica (*)	330	618,9	330.000	24.756,00
Centrales FV (**)	170	154,5	765.500	4.635,00
Centrales biomasa (***)	170	796,5 (4.684 h/año)	297.500	83.767,50
TOTAL	670	1.570,0	1.393.000	113.158,50

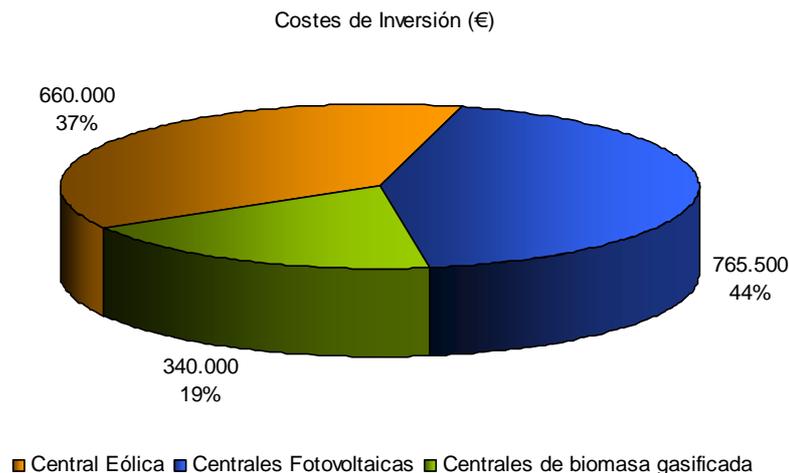
(*) Costes usados de 1M€/MW y 15 €/MWh;

(**) Costes usados de 4.450 €/kW y 30 €/MWh

(***) Coste usados de 1.750 €/kW y 0,03 c€/kWh

Tabla 93.- Distribución de costes por centrales según objetivo 3.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 42.- Distribución de costes de inversión por centrales según objetivo 3.
Fuente: Elaboración propia.

10.7.4.- Análisis de costes

Aunque la rentabilidad económica de las centrales no es objeto de este proyecto, es necesario evaluar la viabilidad de éstas. Si se comparan los costes de cada objetivo (inversión y O&M) con el coste que asume el Ayuntamiento debido al consumo eléctrico, se podrá encontrar un valor que represente la viabilidad, expresada en años de retorno, de la aplicación práctica. En función de que se tome como referencia el coste antes de la optimización o después de ella se obtendrá este periodo de retorno virtual para el conjunto de centrales o para la metodología completa, incluyendo la optimización.

	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3
Coste O&M (€/año)	113.159,0		
Coste eléctrico (€/año)	226.782,5		
Coste Inversión (€)	1.637.500	1.714.500	1.765.500
PRS	14,4	15,1	15,5

Tabla 94.- Periodos de retorno de las centrales relativo al coste energético municipal.
Fuente: Elaboración Propia

Si en vez de tomar como referencia el coste del consumo eléctrico se toman los ingresos derivados de la venta de la energía eléctrica a la red, los periodos de retorno simples reales serán:

	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3
Coste O&M (€/año)	113.159,0		
Ingresos estim. (€/año)	322.703,7		
Coste Inversión (€)	1.637.500	1.714.500	1.765.500
PRS	7,8	8,2	8,4

Tabla 95.- Periodos de retorno de las centrales relativo a los ingresos estimados por la venta de energía eléctrica a la red.
Fuente: Elaboración Propia

Las tarifas de referencia tomadas para cada central han sido:

	Centrales Fotovoltaica	Central Eólica	Centrales de biomasa
Tarifas Referencia (€/kWh)	0,32	0,073228	0,1423

Tabla 96.- Tarifas reguladas tomadas como referencia para la estimación de los ingresos.
Fuente: RD 661/2007 y RD 1578/2008

Se han tomado las primas que aparecen en los Reales Decretos citados. No obstante, en el caso de las centrales de biomasa, se ha tomado un valor intermedio entre los 15,889 y 12,5710 c€/kWh para centrales de biomasa de cultivos energéticos y residuales respectivamente.

10.8.- Análisis Ambiental

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes como consecuencia de la sustitución de la generación eléctrica mediante procesos convencionales (basados en centrales termoeléctricas que utilizan combustibles fósiles) por las centrales propuestas.

	Emisiones Evitadas						
	Producción Eléctrica (MWh/año)	NO como NO ₂ (t/año)	SO _x como SO ₂ (t/año)	CO (t/año)	HC como CH ₄ (t/año)	Partículas (t/año)	CO ₂ (t/año)
Central Eólica	618,9	0,80	1,49	0,02	0,01	9,58	262,83
Centrales FV	154,5	0,20	0,37	0,01	0,00	2,39	65,61
Centrales biomasa	796,5	1,03	1,92	0,03	0,01	12,34	338,25
TOTAL	1.570,0	2,03	3,78	0,05	0,02	24,31	666,70

Tabla 97.- Emisiones evitadas por la generación eléctrica renovable

Fuente: Elaboración propia

Para la simulación de estos resultados se ha supuesto que las centrales convencionales son centrales termoeléctricas de carbón. Los ratios de emisiones de estas centrales se muestran a continuación:

	NO como NO ₂ (kg/MWh)	SO _x como SO ₂ (kg/MWh)	CO (kg/MWh)	HC como CH ₄ (kg/MWh)	Partículas (kg/MWh)	CO ₂ (kg/MWh)
Carbón (C. Termoeléctrica)	1,29	2,41	0,03	0,01	15,49	424,68

Tabla 98.- Ratios medios de emisiones en centrales termoeléctricas de carbón

Fuente: Elaboración propia

Es necesario aclarar que sólo se han contabilizado las disminuciones de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes derivados de la generación eléctrica renovable. A esta suma habría que añadirle las emisiones evitadas con el proceso de optimización energética.

Para realizar este proceso, se va a suponer, al igual que se hizo anteriormente, que las emisiones se corresponden con las de las centrales termoeléctricas de carbón. Conociendo el dato de consumo eléctrico previo a la optimización energética llevada a cabo, se puede estimar el ahorro total de emisiones consecuencia de la aplicación de esta metodología:

	Producción Eléctrica (MWh/año)	NO como NO ₂ (t/año)	SO _x como SO ₂ (t/año)	CO (t/año)	HC como CH ₄ (t/año)	Partículas (t/año)	CO ₂ (t/año)
Ahorro por optimización	525,8	0,68	1,27	0,02	0,01	8,14	223,34
Ahorro por centrales	1.570,8	2,03	3,78	0,05	0,02	24,31	666,70
Total Emisiones Evitadas		2,70	5,05	0,07	0,03	32,46	890,03

Tabla 99.- Reducción total de emisiones en la aplicación práctica.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, al ser la disminución de emisiones proporcional al consumo energético, al final del proceso se obtiene que esta disminución de emisiones es igual al consumo original (previo optimización).