



## ANEXO 5 - MODELIZACIÓN DE SOMBRAS INTERMITENTES

### VALORACIÓN Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL MODIFICADO AL PROYECTO DEL PARQUE EÓLICO BUNIEL

TT.MM. Albillos, Arcos, Buniel, Cavia, Cayuela, Villagonzalo-Pedernales y Villalbilla de Burgos (Provincia de Burgos)

Mayo 2021



**RENOVABLES BUNIEL S.L.**

**TAXUS**

**Promotor:** Calle Vázquez de Menchaca, 142 – 146  
47008, Valladolid

**Autor:** C/ Santa Susana, 5 – Bajo A  
33007 Oviedo – Asturias  
Telf.: 985 246 547 - Fax: 984 155 060



El presente informe de Modelización de Sombras Intermitentes del Proyecto de Instalación del Parque Eólico Buniel, ha sido realizada por la empresa **TAXUS MEDIO AMBIENTE S.L.**, para la sociedad **Renovables de Buniel S.L.**

En su elaboración han participado:

Apellidos, Nombre	Función	Titulación
Granero Castro, Javier	Dirección y Aprobación del Documento	Dr. Cc. Ambientales
Puentes Poveda, Luna	Coordinación y Revisión del Documento	Lic. Biología
Pérez Nogueira, Noelia	Redacción del Documento	Gdo. Cc Ambientales
Pérez García, José Ramón	Elaboración de Cartografía	Lic. Geología y Cc. Ambientales



**TAXUS MEDIO AMBIENTE S.L.**

C/ Santa Susana 5, Bajo A. 33007 Oviedo - Asturias  
 Tel.: 985 24 65 47 - Fax: 984 15 50 60  
 info@taxusmedioambiente.com  
 www.taxusmedioambiente.com

Redactado: 11/05/2021	Revisado: 12/05/2021	Aprobado: 13/05/2021
<b>Noelia Pérez Nogueira</b> Consultora – Área Medio Ambiente y Sostenibilidad	<b>Luna Puentes Poveda</b> Jefa de Proyectos – Área Medio Ambiente y Sostenibilidad	<b>Javier Granero Castro</b> Colegiado nº 00995 – COAMB Director Área Medio Ambiente y Sostenibilidad



ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. SOMBRAS INTERMITENTES.....	7
1.2. ANTECEDENTES.....	8
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	9
2.2. DATOS DE PARTIDA.....	10
2.3. MODELIZACIÓN .....	10
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
3.1. ESCENARIO ASTRONÓMICO TEÓRICO .....	13
3.2. ESCENARIO METEOROLÓGICO REAL.....	14
3.3. RECEPTORES AFECTADOS .....	15
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>5. EQUIPO REDACTOR .....</b>	<b>21</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>23</b>
6.1. ANEXO I – PLANOS .....	25
6.2. ANEXO II –DOSSIER FOTOGRÁFICO .....	27



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. SOMBRAS INTERMITENTES

Se denominan "sombras intermitentes" ("*shadow flicker*" en inglés y "*ombres stroboscopiques*" en francés) a la perturbación producido por la repetitiva variación repentina de la intensidad de la luz causada por el paso de las sombras de las palas de los aerogeneradores en rotación, especialmente a través de ventanas y otras aperturas similares.

Es posible que exposiciones prolongadas y frecuentes de "sombras intermitentes" definidas tengan efectos en la salud de las personas que desarrollan su vida cerca de los aerogeneradores como estrés, ansiedad y depresión, así como perturbación a animales silvestres y domésticos, aunque faltan estudios científicos no sesgados que respalden su existencia, y los seguimientos de salud de los trabajadores de parques eólicos en Europa (que son las personas más expuestas a las "sombras intermitentes") parecen no apoyar estos posibles impactos.

Una rápida sucesión de "sombras intermitentes" puede inducir ataques epilépticos, pero parece ser necesaria una frecuencia mayor que la alcanzable por los aerogeneradores grandes de rotación lenta que forman los parques eólicos comerciales.

También se ha hipotetizado que las "sombras intermitentes" de los aerogeneradores puedan provocar distracciones o fallos de percepción a los conductores de vehículos que circulan por carreteras próximas, pero no hay registro de que esto sea habitual, incluso en situaciones extremas como es la autopista A-8 en el entorno de Mondoñedo en la provincia de Lugo con 15 aerogeneradores a menos de 300 metros (8 aerogeneradores a menos de 150 m) de la concurrida autopista.

## 1.2. ANTECEDENTES

No existe, ya sea a escala comunitaria, nacional, regional o municipal, ninguna legislación de aplicación en este ámbito.

Alemania fue en 2002 el primer país en establecer umbrales y condiciones para su estimación o cálculo, y la normativa posterior de otros países (como Australia, Irlanda y Francia) y los estándares de organismos (como el Banco Mundial) la han seguido como referencia. Así, la mayor parte de las regulaciones establecen como umbrales 30 horas/año y 30 minutos/día estimados mediante un modelo de peor escenario astronómico teórico (Sol siempre brillando, ausencia de refracción de la luz, nubes o aerosol atmosférico, con los aerogeneradores girando continuamente, y los rotores de los aerogeneradores siempre perpendiculares a la dirección de incidencia de la luz solar) en un área en torno a los aerogeneradores de radio igual a 10 veces el diámetro del rotor.

Por otra parte, algunos países, entre ellos Francia, cambian el detalle de no referirse al peor escenario astronómico teórico sino al escenario basado en la información meteorológica real (dado que el fenómeno de "sombras intermitentes" requiere circunstancias meteorológicas y atmosféricas que permita proyectar sombras definidas, por tanto días despejados y no nublados, se usa el porcentaje medio mensual de la insolación diaria frente a la insolación teórica).

También debe tenerse en cuenta que los anteriores valores numéricos fueron establecidos hace dos décadas, cuando los aerogeneradores eran notablemente más pequeños (las regulaciones más recientes reducen el radio a 500 o 350 m), y ante la escasez de información en ese momento se optó por un estricto principio de precaución.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La ocurrencia del fenómeno de “sombras intermitentes” depende de diferentes factores que deben tenerse en cuenta en la modelización:

- ⊙ Acimut y altitud solar. Determinados por la latitud, la fecha y la hora del día.
- ⊙ Altura y diámetro del rotor de los aerogeneradores.
- ⊙ Topografía del terreno.
- ⊙ Distancia entre los aerogeneradores y las edificaciones.
- ⊙ Circunstancias meteorológicas y atmosféricas. Días soleados y despejados que permitan proyectar sombras definidas.

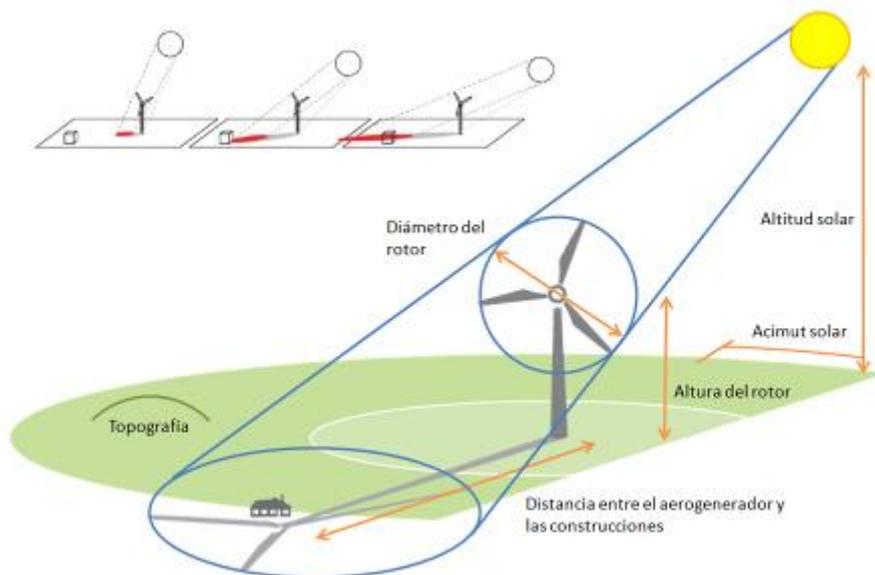


Figura 2.1.1. Sombras intermitentes: Factores.

## 2.2. DATOS DE PARTIDA

Los datos necesarios para la modelización son la información topográfica (modelo digital del terreno) de la región, la localización y especificaciones (altura y diámetro del rotor) de los aerogeneradores, el porcentaje medio mensual de la insolación diaria y los potenciales puntos receptores (edificaciones en el entorno del parque eólico).

Para la modelización de las sombras intermitentes producidas por la futura instalación se partió de la información cartográfica de las cuadrículas del Mapa Topográfico Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN), correspondientes a la provincia de Burgos, la información relativa a al modelo de aerogenerador proyectado facilitada por los promotores, el porcentaje medio mensual de la insolación diaria frente a la insolación teórica, obtenida de la Agencia Española de Meteorología (AEMET) y las edificaciones teóricamente afectados, obtenidas del archivo "Edificaciones" (BCN0507S) de la versión más reciente de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25) del Centro Nacional de Información Geográfica de España (CNIG).

## 2.3. MODELIZACIÓN

A partir de los datos descritos en los anteriores apartados, se creó un modelo informático para evaluar el posible impacto de las sombras intermitentes del parque eólico objeto de estudio. Se empleó el software específico de parques eólicos EMD® WindPRO® que dispone de un módulo específico "Shadow Flicker" permitiendo un análisis detallado de este tema.

Los datos de entrada necesarios para el modelo son:

- ⦿ Datos topográficos georreferenciados detallados de la región.
- ⦿ Coordenadas georreferenciadas precisas de los aerogeneradores. La posición de los aerogeneradores del P.E. "Buniel", en coordenadas UTM (respecto al huso 30 y sobre los elipsoides ETRS89) es la siguiente:

Aerogenerador	X-UTM	Y-UTM
A2	431.892	4.681.677
A3	432.262	4.683.426
A4	432.737	4.682.664
A5	433.067	4.681.783
A7	433.169	4.684.073
A8	433.617	4.683.030
A9	433.878	4.682.731
A10	434.078	4.682.371
A11	434.128	4.681.983
A12	434.154	4.681.599
A13	434.407	4.683.681
A14	434.877	4.683.478
A15	435.029	4.683.138
A16	435.208	4.682.803
A17	435.377	4.682.447
A18	435.518	4.682.045
A19	436.266	4.681.828
A20	436.656	4.683.472
A21	436.671	4.683.108
A22	437.165	4.683.085
A23	436.891	4.682.264
A24	437.234	4.682.026
A25	437.408	4.681.698

Tabla 2.3.1. Coordenadas de los aerogeneradores

- ⦿ Especificaciones de los modelos de aerogeneradores (principalmente altura del buje y diámetro del rotor). El modelo de aerogenerador proyectado en el Parque Eólico Buniel es el Gamesa SG-145, que cuenta con 145 m de diámetro de rotor y 107,5 m de altura de buje.
- ⦿ Receptores potenciales.

Por otra parte, para la creación del modelo se han aplicado una serie de criterios, detallados a continuación:

- ⦿ El radio considerado es 10 veces el diámetro del rotor, por tanto 1.450 m en torno a los aerogeneradores.
- ⦿ Se ha usado el peor escenario astronómico teórico (Sol siempre brillando, ausencia de refracción de la luz, nubes o aerosol atmosférico, los aerogeneradores girando continuamente, y los rotores de los

aerogeneradores siempre perpendiculares a la dirección de incidencia de la luz solar) y el escenario basado en la información meteorológica real (usando el porcentaje medio mensual de la insolación diaria frente a la insolación teórica) para cubrir los dos escenarios recogidos en las diferentes normativas existentes.

- ⦿ La altura estándar de los ojos humanos utilizada es 1,5 m.
- ⦿ La resolución espacial usada es de 1 m.
- ⦿ El año de referencia es 2021.
- ⦿ El porcentaje medio mensual de la insolación diaria frente a la insolación teórica que ha sido usado se recoge en la siguiente tabla, y es el correspondiente a la única estación oficial de la Agencia Española de Meteorología (AEMET) de la provincia que ofrece estos datos.

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
35%	46%	46%	50%	55%	62%	73%	77%	70%	59%	37%	40%

Tabla 2.3.2. Porcentaje medio de la insolación diaria frente a la insolación teórica.

Con los parámetros anteriores se obtendría en número de “cajas de cristal” o “invernaderos” potencialmente afectados por el fenómeno de sombras intermitentes, esto es, el número de edificaciones afectadas sin considerar su uso, o la existencia de ventanas que realmente conllevarse la apreciación del fenómeno. Para poder completar el modelo, serían necesarios además los siguientes datos:

- ⦿ Existencia de ventanas en las edificaciones potencialmente afectadas, ubicación y tamaño de las mismas.

### 3. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en las diferentes modelizaciones realizadas, cuya representación sobre el terreno puede consultarse en la planimetría anexa a este documento.

Los siguientes gráficos muestran en número de receptores afectados, modelados como “cajas de cristal” o “invernaderos”, es decir, sin incluir datos de ventanas. Nótese que el término “edificaciones” engloba a la totalidad de construcciones humanas, sin diferenciar si son construcciones habitadas por personas de forma regular o frecuente o edificios destinados a otra función.

#### 3.1. ESCENARIO ASTRONÓMICO TEÓRICO

A continuación se resume el número de posibles edificaciones teóricamente afectados en el escenario que considera las peores condiciones astronómicas posibles.

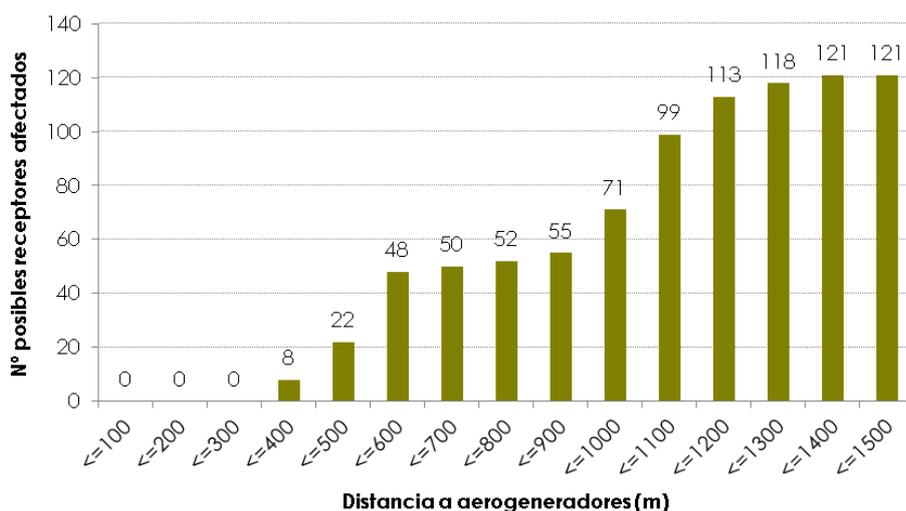


Figura 3.1.1. Nº de posibles receptores afectados en el peor escenario astronómico teórico.

Como puede observarse en el gráfico anterior, de acuerdo con el peor escenario astronómico teórico, habría 22 posibles receptores afectados, situados a una distancia inferior a 500 metros de los aerogeneradores proyectados.

### 3.2. ESCENARIO METEOROLÓGICO REAL

Por otra parte, aplicando la información meteorológica real disponible, los resultados obtenidos son los siguientes:

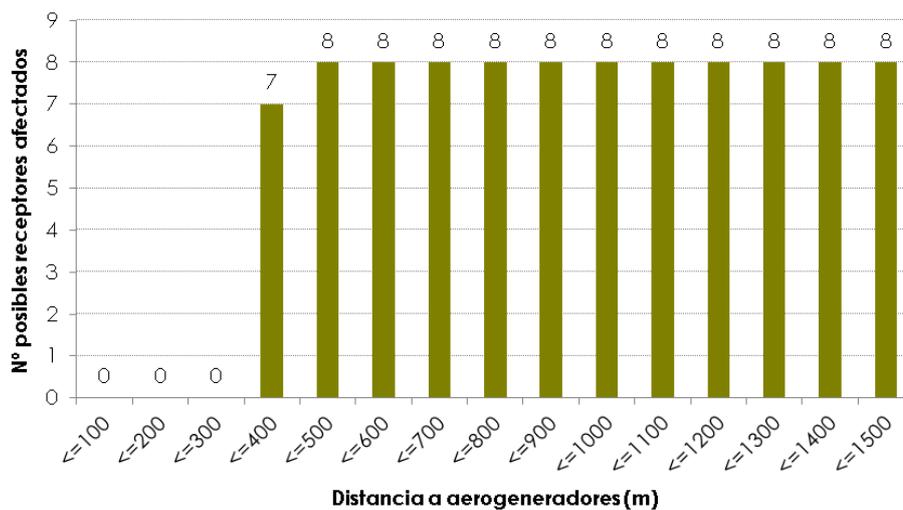


Figura 3.2.1. Nº de posibles receptores afectados en el escenario basado en la información meteorológica real.

Como se observa en el gráfico anterior, el escenario basado en la información meteorológica real indica un número inferior de receptores potencialmente afectados, encontrándose 8 receptores a menos de 500 metros de los aerogeneradores.

### **3.3. RECEPTORES AFECTADOS**

Durante los trabajos de campo se han visitado las construcciones potencialmente afectadas por el fenómeno de sombras intermitentes durante más de 30 horas/año o de 30 minutos/día según el modelo, lo cual ha permitido implementar en la modelización la ubicación y medidas de las ventanas y demás aberturas que permiten la entrada de la luz solar a las construcciones.

Así, se han identificado un total 36 receptores potencialmente afectados (entendiendo por receptor en este caso a cada una de las aberturas al exterior de las construcciones). Las imágenes de todos ellos pueden consultarse en el dossier fotográfico anexo.

La siguiente tabla muestra la relación de receptores, sus características y el número de horas al año en que se verían afectados por el fenómeno de sombras intermitentes según la información meteorológica real:

	Coord.	Receptor	Orientación	Ancho (cm)	Alto (cm)	cm al suelo	hora/año
Casa 1	X: 433.312 Y: 4.684.551	Ventana	E75°	180	100	105	40:07
		Puerta	E82°	42	36	142	38:45
		Claraboya	O244°	60	105	40	39:08
		Claraboya	O244°	60	105	40	38:10
Casa 2	X: 432.296 Y: 4.683.826	Ventana	E75°	180	100	105	37:41
		Puerta	E70°	42	36	142	37:57
		Claraboya	O273°	60	105	40	37:08
		Claraboya	O273°	60	105	40	36:12
Casa 3	X: 432.169 Y: 4.683.871	Ventana	E70°	180	100	105	36:33
		Puerta	E70°	42	36	142	35:21
		Claraboya	O273°	60	105	40	35:12
		Claraboya	O273°	60	105	40	34:18
Casa 4	X: 432.118 Y: 4.683.823	Ventana	E69°	180	100	105	33:46
		Puerta	E70°	42	36	142	34:21
		Claraboya	O275°	60	105	40	33:19
		Claraboya	O275°	60	105	40	32:27
Casa 5	X: 432.169 Y: 4.683.871	Ventana	E75°	180	100	105	32:34
		Puerta	E75°	42	36	142	31:13
		Claraboya	O267°	60	105	40	31:27
		Claraboya	O269°	60	105	40	30:29
Casa 6	X: 433.191 Y: 4.684.592	Ventana	E80°	180	100	105	0
		Puerta	E70°	42	36	142	0
		Claraboya	O273°	60	105	40	29:30
		Claraboya	O273°	60	105	40	28:35
Casa 7	X: 433.253 Y: 4.684.581	Ventana	E80°	180	100	105	0
		Puerta	E70°	42	36	142	0
		Claraboya	O273°	60	105	40	27:30
		Claraboya	O282°	60	105	40	26:33
Nave	X: 432.118 Y: 4.683.823	Puerta	N22°	300	410	-	33:47
		Ventana	O297°	340	200	55	28:20
		Ventana	O296°	340	200	55	27:07
		Ventana	O297°	340	200	55	26:04
Caseta	X: 436.715 Y: 4.682.623	Puerta	O292°	66	200	-	46:21
		Puerta	O292°	66	200	-	45:49
		Lateral	S	200	200	-	1:39
		Lateral	N	200	200	-	48:50

Tabla 3.3.1. Ubicación, características y afección sobre los receptores potenciales.

Como puede observarse, 24 de los receptores superarían en umbral de las 30 horas/año, encontrando los valores más elevados en receptores situados en la Casa 1 y la caseta de aperos, con un valor máximo de 48:50 horas al año. Por el contrario, ninguno de los receptores situados en las Casas 6 y 7 alcanzarían las 30 horas anuales, de manera que dos de las viviendas situadas a menos de 500 metros no se verían afectadas.



## 4. CONCLUSIONES

Según las simulaciones realizadas, en el escenario basado en la información meteorológica real y considerando la ubicación y las características de las construcciones (ventanas, puertas...) existen 7 receptores situados a menos de 500 metros de los aerogeneradores que se verían afectados por el fenómeno de sombras intermitentes durante más de 30 horas al año.

No obstante, de acuerdo con la información disponible actualmente, los hipotéticos impactos del fenómeno de "sombras intermitentes" parecen no tener lugar incluso en casos de extrema exposición como los propios trabajadores de los parques eólicos o los conductores de vehículos de una concurrida autopista con numerosos aerogeneradores a menos de 300 y 150 m, por lo que no es esperable impacto significativo.

En cualquier caso, cabe señalar que en caso de detectarse un impacto negativo por "sombras intermitentes" en condiciones reales a algún receptor, existen medidas correctoras que son efectivas y viables económicamente:

- ⦿ Acondicionamiento de las ventanas de la construcción, mediante instalación de persianas y toldos.
- ⦿ Acondicionamiento ambiental, mediante la creación de pantallas vegetales en posiciones estratégicas.



## 5. EQUIPO REDACTOR

A continuación se incluye la relación de todo el equipo técnico que ha participado en la elaboración del presente documento, además de los ya firmantes en la página 3:

**José Ramón Pérez García**

DNI: 72745058-Z

Lic. Geología y

Cc. Ambientales



## 6. ANEXOS

### 6.1. ANEXO I – PLANOS

- ⊙ *Plano nº 1.1 Sombras intermitentes Peor Escenario Astronómico Teórico (minutos/día).*
- ⊙ *Plano 1.2 Sombras intermitentes Peor Escenario Astronómico Teórico (horas/año).*
- ⊙ *Plano nº 1.3 Sombras intermitentes Escenario Información Meteorológica Real (minutos/día)*
- ⊙ *Plano nº 1.4 Sombras intermitentes Escenario Información Meteorológica Real (horas/año)*

### 6.2. ANEXO II –DOSSIER FOTOGRÁFICO

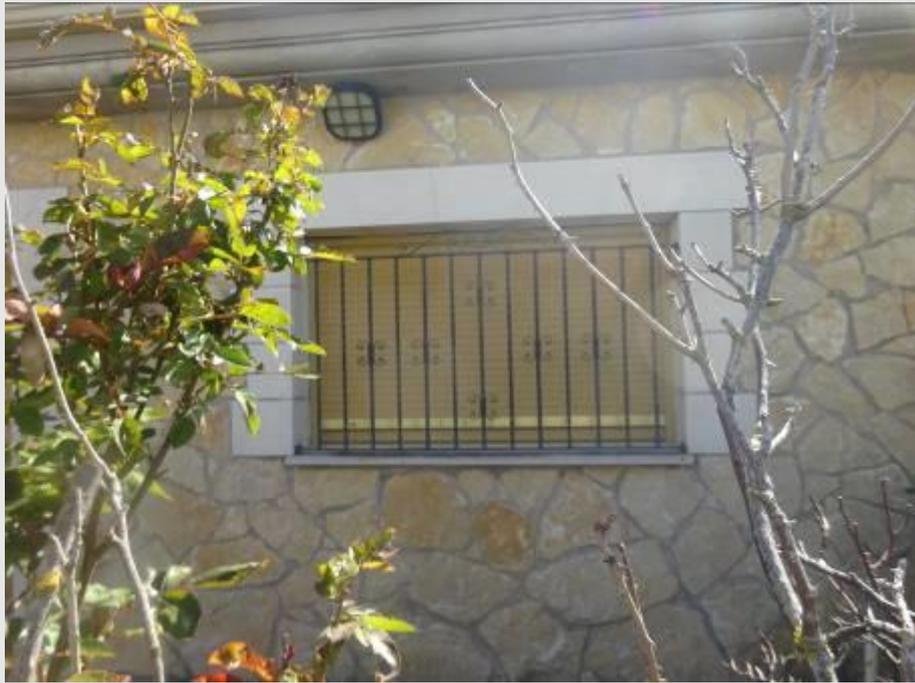






**ANEXO II – DOSSIER FOTOGRÁFICO**

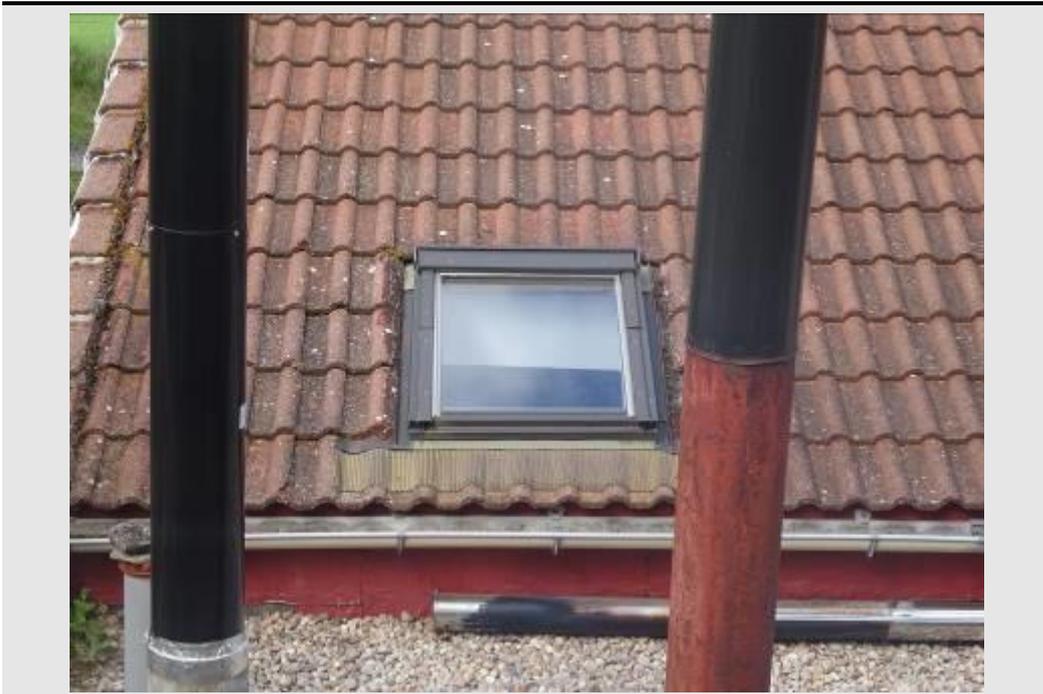




**Fotografía 1.** Ventana de la construcción "Casa 1".



**Fotografía 2.** Puerta de la construcción "Casa 1"



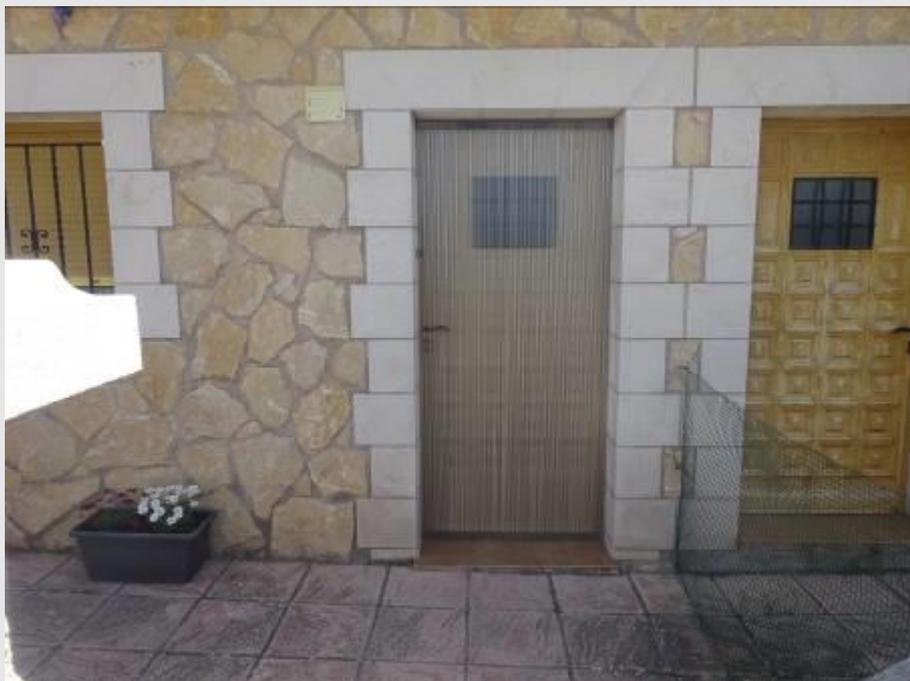
**Fotografía 3.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 1".



**Fotografía 4.** Claraboya 2 de la construcción "Casa 1".



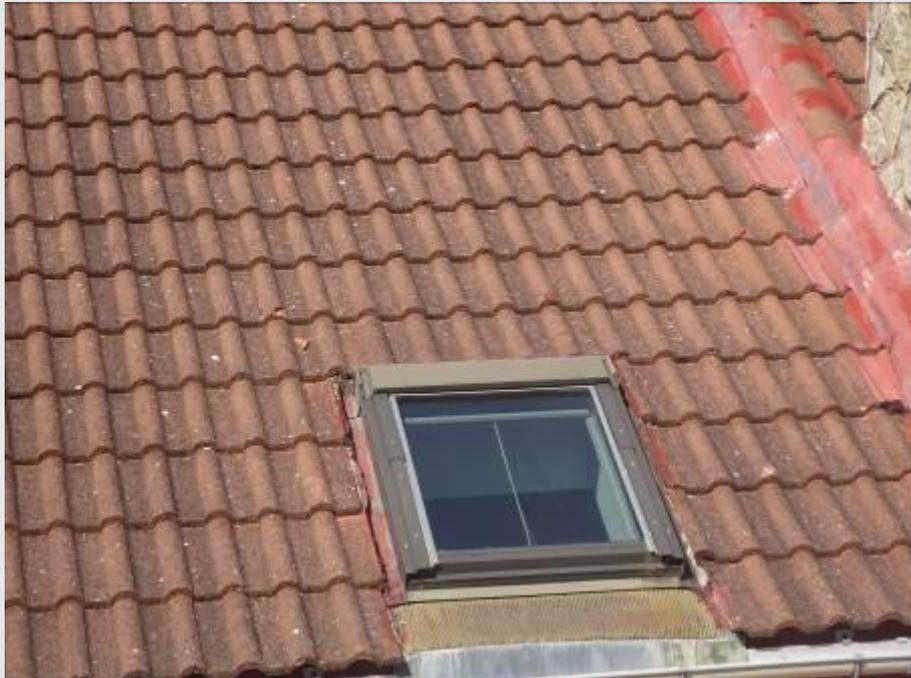
**Fotografía 5.** Ventana 2 de la construcción "Casa 2".



**Fotografía 6.** Puerta 2 de la construcción "Casa 2".



**Fotografía 7.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 2".



**Fotografía 8.** Claraboya 2 de la construcción "Casa 2".



**Fotografía 9.** Ventana 1 de la construcción "Casa 3".



**Fotografía 10.** Puerta 1 de la construcción "Casa 3".



**Fotografía 11.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 3".



**Fotografía 12.** Claraboya 2 de la construcción "Casa 3".



**Fotografía 13.** Ventana 1 de la construcción "Casa 4".



**Fotografía 14.** Puerta 1 de la construcción "Casa 4".



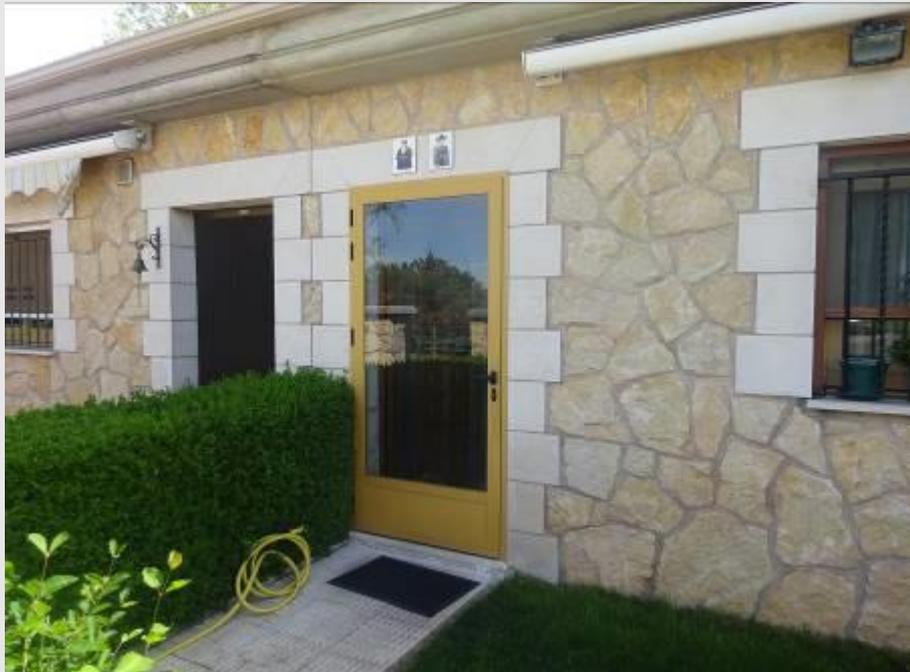
**Fotografía 15.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 4".



**Fotografía 16.** Claraboya 2 de la construcción "Casa 4".



**Fotografía 17.** Ventana 1 de la construcción "Casa 5".



**Fotografía 18.** Puerta 1 de la construcción "Casa 5".



**Fotografía 19.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 5".



**Fotografía 20.** Ventana 1 de la construcción "Casa 6".



**Fotografía 21.** Puerta 1 de la construcción "Casa 6".



**Fotografía 22.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 6".



**Fotografía 23.** Claraboya 2 de la construcción "Casa 6".



**Fotografía 24.** Ventana 1 de la construcción "Casa 7".



**Fotografía 25.** Puerta 1 de la construcción "Casa 7".



**Fotografía 26.** Claraboya 1 de la construcción "Casa 7".



**Fotografía 27.** Claraboya 2 de la construcción "Casa 7".



**Fotografía 28.** Puerta 1 de la construcción "Nave 1".



**Fotografía 29.** Ventana 1 de la construcción "Nave 1".



**Fotografía 30.** Ventana 2 de la construcción "Nave 1".



**Fotografía 31.** Ventana 3 de la construcción "Nave 1".



**Fotografía 32.** Puerta 1 de la construcción "Caseta aperos 1".



**Fotografía 33.** Puerta 2 de la construcción "Caseta aperos 1".



**Fotografía 34.** Lateral 1 de la construcción "Caseta aperos 1".



**Fotografía 35.** Lateral 2 de la construcción "Caseta aperos 1".