

# PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL PARQUE EÓLICO OPEL FASE IV-B

**SEPARATA PARA AYUNTAMIENTO DE FIGUERUELAS**

**ZARAGOZA**



## INDICE DE CONTENIDO

1	OBJETO.....	4
2	DATOS DEL PROMOTOR.....	5
3	INTRODUCCIÓN AL PROYECTO .....	6
4	AFECCIÓN AL AYUNTAMIENTO DE FIGUERUELAS.....	7
5	EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO.....	13
5.1	ACCESOS .....	14
6	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	15
6.1	PARQUE EÓLICO.....	15
6.1.1	AEROGENERADORES.....	15
6.1.2	OBRA CIVIL.....	16
6.1.3	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA.....	21
6.1.4	TORRE DE MEDICIÓN .....	31
6.1.5	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONEXIÓN .....	33
6.2	INSTALACIONES TEMPORALES (CAMPA DE OBRA) .....	33
7	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	34
8	PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN.....	35
9	CONCLUSIÓN.....	36
10	PLANOS .....	37

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parcelas afectadas en el municipio de Figueruelas .....	8
Tabla 2.	Coordenadas UTM de los vértices de la poligonal.....	14
Tabla 3.	Características básicas del modelo de aerogenerador.....	15
Tabla 4.	Coordenadas aerogeneradores.....	15
Tabla 5.	Predimensionamiento de zapata.....	17
Tabla 6.	Principales cantidades por zapata.....	18
Tabla 7.	Características básicas del transformador.....	21
Tabla 8.	Características básicas de las celdas de MT.....	22
Tabla 9.	Tipo de Celdas de MT según aerogeneradores.....	23
Tabla 10.	Descripción circuitos de MT del PE Opel Fase IV-B.....	26
Tabla 11.	Coordenadas de la torre de medición (UTM ETRS89 30T).....	31
Tabla 12.	Equipos de la torre de medición.....	32

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de la poligonal del parque .....	13
Ilustración 2. Concepto 3D de zapata de aerogenerador.....	17
Ilustración 3. Esquema dimensional de zapata (sin escala).....	17
Ilustración 4. Esquema plataforma para TS118-03.....	19
Ilustración 5. Esquema unifilar centro de transformación Tipo I.....	24
Ilustración 6. Esquema unifilar centro de transformación Tipo II .....	25
Ilustración 7. Propuesta de configuración de puesta a tierra de los aerogeneradores.....	29

## 1 OBJETO

El objeto de la presente separata es informar sobre las obras que se pretenden realizar para la implantación del Parque Eólico Opel Fase IV-B (el Proyecto). Dicho proyecto tiene por objetivo principal la generación de electricidad a partir de la fuente renovable del viento para dotar a las instalaciones de OPEL ESPAÑA S.L.U. de un autoconsumo energético con venta de excedentes sin compensación, conforme al RD 1183/2020, y que formará parte de una hibridación con una BESS de nueva instalación.

El Parque Eólico se compone de cuatro aerogeneradores de 7 MW de potencia, que suma una potencia total instalada de 28 MW. La función de la red colectora de media tensión, en 20 kV, es la de recoger toda la energía producida por los aerogeneradores y transportarla hasta el punto de evacuación, que en este caso será la SET propiedad de OPEL 220/20 kV ya existente, que a su vez está conectada con la SET ENTRERRÍOS 220 kV.

## 2 DATOS DEL PROMOTOR

El promotor de OPEL FASE IV-B será STELLANTIS ESPAÑA S.L. con los siguientes datos:

- Razón social: STELLANTIS ESPAÑA S.L.
- CIF: B50629187
- Dirección: Calle Citroën 3, 5 - Zona Franca, 36210 Vigo, España.

Datos de contacto:

- Nombre: Ana Nieto
- Puesto: *Team Leader Permitting Spain*
- Teléfono: +34 678 512 664
- Correo electrónico: [ana.nieto@prosolia.com](mailto:ana.nieto@prosolia.com)

### 3 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

A modo introductorio, a continuación, se presentan los principales datos del parque eólico objeto del presente proyecto denominado “PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL PARQUE EÓLICO OPEL FASE IV-B” (en adelante, “**PE Opel Fase IV-B**”).

- Tipo: Planta de generación de energía eléctrica renovable de origen eólico para autoconsumo y vertido de excedentes a red.
- Nombre: .....Parque Eólico (PE) Opel Fase IV-B
- Ubicación:.....TM Figueruelas y TM Pedrola (Zaragoza, Aragón, España)
- Punto de Conexión a Red (PCR).....Subestación Entrerrios 220 kV
- Propietario del PCR: .....Red Eléctrica de España (REE)
- Potencia total instalada:..... 28 MW

El PE OPEL FASE IV-B verterá la energía generada a la subestación propiedad de OPEL 220/20 kV (SET-1) ya existente, que a su vez está conectada con la SET ENTRERRÍOS 220 kV.

Para una vista general del proyecto se puede consultar el *Plano 02*.

El parque eólico OPEL FASE IV-B constará de 4 aerogeneradores de rotor 163m y 7.0 MW de potencia unitaria, sumando una potencia de conjunto de 28 MW. Cada aerogenerador dispone de su propio transformador que elevará la tensión generada a 20kV y verterá la energía a la subestación de la planta OPEL

## 4 AFECCIÓN AL AYUNTAMIENTO DE FIGUERUELAS

El objeto del presente apartado es describir las posibles afecciones al Ayuntamiento de Figueruelas derivadas de la implantación de los aerogeneradores y demás infraestructuras asociadas al Parque Eólico OPEL FASE IV-B.

En este caso particular, dichas afecciones consisten en:

- Afección debida al montaje de los aerogeneradores 1, 2 y 4.
- Afección debida al soterramiento de la línea eléctrica de media tensión, en 30 kV.
- Afección relacionada con el cruzamiento de camino público por líneas de media tensión soterradas, en 30 kV.

Todos los elementos del proyecto quedan representados en el Plano 2.

### **Cumplimiento de la normativa urbanística**

De acuerdo con las **Normas Subsidiarias de Planeamiento Municipal de Figueruelas** (BOP Zaragoza, núm. 92, 25 de abril de 2006), la infraestructura proyectada cumple con las franjas de protección exigidas para suelo no urbanizable, conforme a los siguientes artículos:

#### **Autopista del Ebro**

Se respeta una franja de protección de 100 metros desde la arista exterior de la explanación, conforme a la Ley de Autopista en Régimen de Concesión (art. 1.5.3.1.B).

#### **Vías pecuarias:**

Se respeta una anchura protegida de 20 metros, correspondiente a la Cañada Real de Magallón a Cabañas de Ebro (art. 1.5.3.1.C).

Asimismo, **no se vulnera ninguna disposición urbanística relativa a distancias mínimas o afecciones a edificaciones y vías públicas**, en cumplimiento de lo dispuesto en el régimen jurídico del suelo no urbanizable (art. 1.5.3) y las condiciones generales de la normativa municipal.

En la siguiente tabla se muestran las parcelas y la superficie afectada en cada una de ellas del municipio de Figueruelas.

Tabla 1. Parcelas afectadas en el municipio de Figueruelas

MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUPERFICIE PARCELA (m <sup>2</sup> )	TERRENO	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
50108	50108A00800001	8	00001	2 780	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800002	8	00002	6 206	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800004	8	00004	3 458	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800005	8	00005	1 389	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800006	8	00006	1 442	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800007	8	00007	971	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800013	8	00013	1 325	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800014	8	00014	9 124	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800016	8	00016	4 815	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800017	8	00017	4 105	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800023	8	00023	3 059	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800025	8	00025	5 108	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800026	8	00026	5 791	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800029	8	00029	3 444	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800031	8	00031	1 701	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800033	8	00033	430	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL

MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUPERFICIE PARCELA (m <sup>2</sup> )	TERRENO	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
50108	50108A00800035	8	00035	1 296	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800040	8	00040	319	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800041	8	00041	1 630	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800053	8	00053	2 900	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800054	8	00054	2 210	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800058	8	00058	676	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800059	8	00059	2 893	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800060	8	00060	1 971	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800061	8	00061	1 809	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800088	8	00088	4 834	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800089	8	00089	3 282	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800117	8	00117	593	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800118	8	00118	457	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800211	8	00211	4 335	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800213	8	00213	6 547	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800214	8	00214	4 371	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800215	8	00215	3 957	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL

MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUPERFICIE PARCELA (m <sup>2</sup> )	TERRENO	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
50108	50108A00800216	8	00216	8 000	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800242	8	00242	6 985	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800246	8	00246	1 719	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800248	8	00248	1 562	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800250	8	00250	907	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800252	8	00252	1 529	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800255	8	00255	1 695	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800256	8	00256	1 972	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800261	8	00261	2 871	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800262	8	00262	2 016	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800263	8	00263	2 020	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800266	8	00266	2 482	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800267	8	00267	3 107	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800268	8	00268	2 766	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800273	8	00273	851	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800373	8	00373	3 817	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800379	8	00379	1 608	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL

MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUPERFICIE PARCELA (m <sup>2</sup> )	TERRENO	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
50108	50108A00800514	8	00514	1 553	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800528	8	00528	1 086	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800529	8	00529	1 139	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800530	8	00530	907	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800614	8	00614	1 991	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00800631	8	00631	432	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00809003	8	09003	13 894	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00809005	8	09005	28 401	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00809006	8	09006	10 059	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A00809007	8	09007	18 096	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000174	10	00174	16 852	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000175	10	00175	4 944	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000176	10	00176	3 441	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000177	10	00177	4 809	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000178	10	00178	4 086	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000192	10	00192	2 833	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000193	10	00193	6 105	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL

MUNICIPAL	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUPERFICIE PARCELA (m <sup>2</sup> )	TERRENO	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
50108	50108A01000194	10	00194	15 139	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000203	10	00203	5 084	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000205	10	00205	1 338	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000206	10	00206	1 140	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000207	10	00207	6 543	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000212	10	00212	2 651	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000222	10	00222	1 103	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000319	10	00319	1 288	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01000324	10	00324	3 726	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01009008	10	09008	10 910	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL
50108	50108A01009015	10	09015	83	C- LABOR O LABRADÍO SECANO	SUELO RÚSTICO CON PROTECCIÓN NATURAL

Fuente: Barlovento, elaboración propia

## 5 EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El Proyecto se localiza a aproximadamente 2 km del municipio de Figueruelas y a unos 3 km del municipio de Pedrola, localidades pertenecientes a la provincia de Zaragoza, comunidad autónoma de Aragón, España.

En la siguiente imagen se muestra la poligonal que circunscribe al Proyecto y su infraestructura de interconexión hasta la Subestación de evacuación (SET-1) que es la de la propia planta.

Fuente: Google Earth y elaboración propia.



Ilustración 1. Localización de la poligonal del parque

La poligonal que circunscribe el parque abarca una superficie de 361 hectáreas, las coordenadas de los vértices que componen su perímetro se muestran en la siguiente tabla, en coordenadas UTM (ETRS89) de acuerdo con el Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España:

Tabla 2. Coordenadas UTM de los vértices de la poligonal.

VÉRTICES	X (m)	Y (m)	Altitud (m.s.n.m)
V1	649000.23	4624165.69	263
V2	648700.97	4623973.86	267
V3	648317.83	4624722.69	266
V4	649786.35	4625421.68	247
V5	651096.54	4623583.73	260
V6	650142.73	4622753.99	276
V7	649498.53	4623202.12	266
V8	649465.82	4623561.49	270

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

## 5.1 ACCESOS

El acceso al parque se efectuará desde la infraestructura viaria de primer orden más próxima al emplazamiento, concretamente la Autovía del Ebro (A-68), en el tramo comprendido entre Figueruelas y Gallur. Esta conexión garantiza la llegada de transportes especiales hasta dicho punto, cumpliendo la normativa vigente en materia de distancias de seguridad y visibilidad mínima.

Desde el enlace de Figueruelas en la A-68 se procederá a abandonar la autovía para acceder al Polígono Industrial Entrerríos. El primer acceso permitirá la aproximación al aerogenerador 4. A continuación, se continuará por la vía principal del polígono y se recorrerán las calles Pirineos (paralela a la A-122) y Teruel Oitura, hasta alcanzar el camino del Pílon. Este último constituye el acceso a la red interna de caminos que conecta los aerogeneradores 3, 2 y 1.

## 6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### 6.1 PARQUE EÓLICO

#### 6.1.1 AEROGENERADORES

##### 6.1.1.1 Modelo de aerogenerador

El aerogenerador seleccionado con una potencia nominal 7.0 MW, cumplirá con los requerimientos técnicos a nivel de UGE (Unidad de Generación de Electricidad) establecidos en la última versión de la Norma Técnica de Supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631.

Se tratará de aerogeneradores con rotor de tres palas que operan a velocidad variable. El ángulo de ataque (pitch) es controlado de manera computarizada.

Las características principales del modelo escogido son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características básicas del modelo de aerogenerador

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL MODELO DE AEROGENERADOR	
Modelo de aerogenerador	N163
Vin-Vout [m/s]	3-26
Potencia Nominal [MW]	7.0
Altura de buje [m]	118
Diámetro del rotor [m]	163
Clase IEC	S
Origen de la curva de potencia y Ct	Fabricante

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

##### 6.1.1.2 Ubicación de aerogeneradores

Teniendo en cuenta la poligonal adjunta para la futura ubicación de las posiciones de los aerogeneradores, el recurso eólico de la zona, la orografía y las restricciones descritas anteriormente, se ha optimizado la ubicación de los **4 aerogeneradores** que componen el parque.

Tabla 4. Coordenadas aerogeneradores

AEROGENERADOR	X <sub>UTM</sub> (m)	Y <sub>UTM</sub> (m)	Altitud [m.s.n.m]
WTG-01	649 825 E	4 625 012 N	249
WTG-02	649 325 E	4 624 977 N	252

AEROGENERADOR	X <sub>UTM</sub> (m)	Y <sub>UTM</sub> (m)	Altitud [m.s.n.m]
WTG-03	648 887 E	4 624 680 N	263
WTG-04	649 714 E	4 624 065 N	255

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

Las ubicaciones resultantes pueden verse en el *Plano 02*.

### 6.1.1.3 Señalamiento e iluminación

Para el diseño preliminar de los aerogeneradores se han tenido en consideración las directrices establecidas por la “Guía de señalamiento e iluminación de turbinas y parques eólicos” según el Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), transpuesto a la legislación española mediante el Real Decreto 862/2009.

Los aerogeneradores irán pintados íntegramente en color blanco, con una cromaticidad comprendida dentro de los límites establecidos en la *figura A1-1 del Apéndice 1*, del actual RD 862/2009 “Normas Técnicas de Diseño y Operación de Aeródromos de Uso Público”.

## 6.1.2 OBRA CIVIL

### 6.1.2.1 Cimentación de los aerogeneradores

Con base en los materiales esperables en el sustrato, con capacidades portantes superiores a 2 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de fricción superior a 30°, se ha prediseñado una cimentación superficial consistente en una zapata circular de canto variable de 23 metros de diámetro, donde se embebe el carrete de conexión a la torre.

En aquellas zonas donde la capacidad portante sea inferior a los kg/cm<sup>2</sup> mencionados, se realizarán las mejoras de terreno para adecuarlas a los requerimientos mínimos de los fabricantes

En una etapa posterior de cálculo de detalle, se habrán de solicitar, del fabricante seleccionado, las especificaciones técnicas para el diseño de las cimentaciones. La documentación proporcionada por el fabricante contendrá, al menos:

- Cargas extremas
- Cargas de fatiga
- Matrices de Markov

El esquema de zapata de este predimensionamiento se muestra en la siguiente imagen:

Fuente: Barlovento, elaboración propia

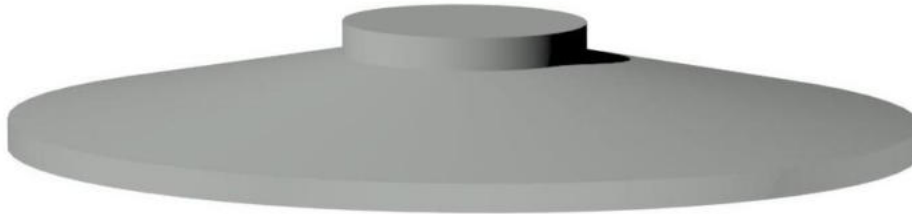


Ilustración 2. Concepto 3D de zapata de aerogenerador

Fuente: Barlovento, elaboración propia

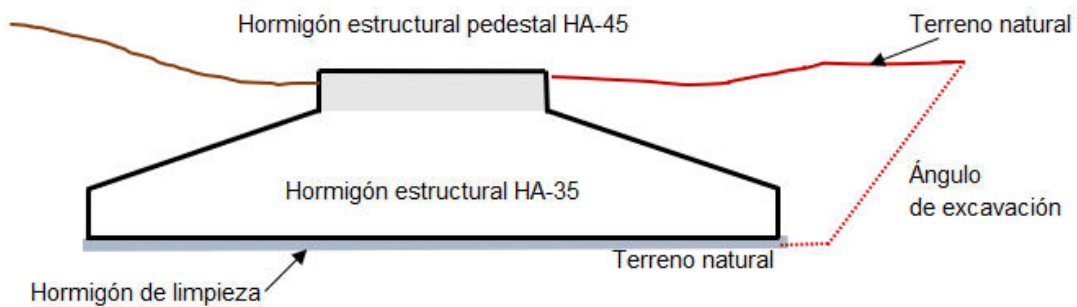


Ilustración 3. Esquema dimensional de zapata (sin escala)

Las dimensiones seleccionadas en este prediseño son:

Tabla 5. Predimensionamiento de zapata

DIMENSIONES DE ZAPATA	
Diámetro de la zapata ( $\Phi_z$ )	23.00 m
Diámetro del pedestal ( $\Phi_p$ )	6.00 m
Canto de borde ( $H_b$ )	0.50 m
Canto de pedestal ( $H_p$ )	0.60 m
Altura de zapata (sin pedestal) ( $H_z$ )	3.50 m
OTROS PARÁMETROS RELEVANTES	

Espesor de hormigón de limpieza HL-150	0.10	m
Pendiente talud de excavación	45	º

Fuente: Barlovento, elaboración propia

Los resultados de cantidades constructivas resultantes dada la geometría, son los siguientes:

Tabla 6. Principales cantidades por zapata

PRINCIPALES CANTIDADES POR ZAPATA		
Hormigón estructural HA-35	759.9	m <sup>3</sup>
Hormigón estructural pedestal HA-45	17.0	m <sup>3</sup>
Estimación acero en barras B500S	97 104.7	kg
Concreto de limpieza HL-150	42.3	m <sup>3</sup>
Superficie impermeabilización (si se requiriera)	470.9	m <sup>2</sup>
Encofrado	47.4	m <sup>2</sup>
Excavación	2 811.8	m <sup>3</sup>
Material de relleno	2 009.7	m <sup>3</sup>

Fuente: Barlovento, elaboración propia

Para más información consultar el *Plano 08* del presente Proyecto.

### 6.1.2.2 Plataformas de instalación de los aerogeneradores

Las plataformas o áreas de maniobra son explanaciones, adyacentes a los aerogeneradores, que permiten llevar a cabo la excavación de la zapata y, especialmente, llevar a cabo los procesos de descarga y ensamblaje, así como el estacionamiento de las grúas para posteriores izados de los diferentes elementos que componen el aerogenerador.

Se han diseñado según las especificaciones técnicas del fabricante de los aerogeneradores.

Para el posicionamiento de las plataformas de la grúa principal se ha realizado teniendo en cuenta que la plataforma de la grúa principal debe estar a la misma altura que la carrera de acceso.

Además de esto, teniendo en cuenta las limitaciones de la zona, como son las pendientes pronunciadas.

Las plataformas estarán compuestas por las siguientes zonas:

- Zona de grúa principal
- Zona de acopio de componentes de aerogenerador

- Zona de acopio de palas
- Zona de ensamblaje de pluma

A continuación, se muestra la superficie afectada por plataforma.

Fuente: Nordex Acciona, documento DG200853.

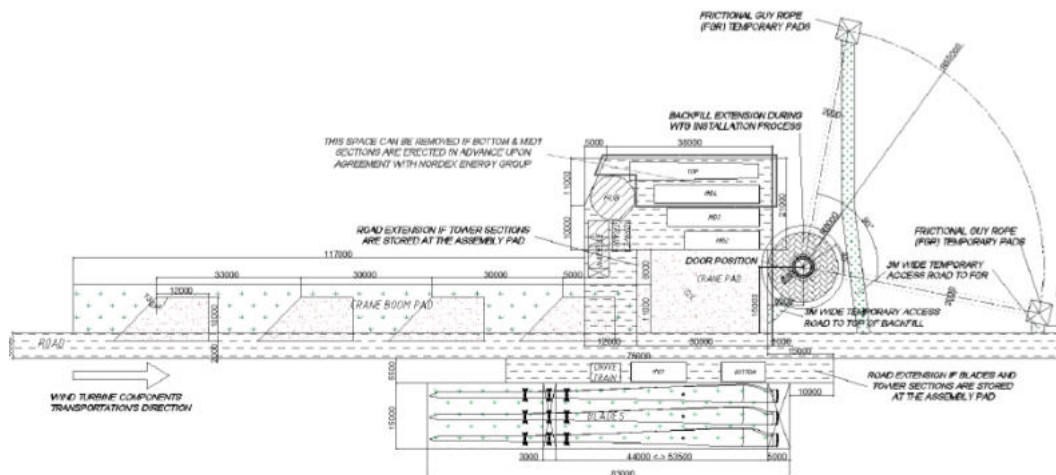


Ilustración 4. Esquema plataforma para TS118-03.

Es preciso alcanzar en la zona de estacionamiento de grúa una capacidad portante superior a la que transmita la grúa y un factor de seguridad. Para el presente caso se usarán 3 kg/cm<sup>2</sup>. Para las zonas de acopio (tramos de torre y palas) se usarán 2 kg/cm<sup>2</sup>.

Tras el montaje de los aerogeneradores se restaurarán las zonas de plataformas de palas, así como las ocupaciones temporales. La zona de grúa principal se mantendrá en servicio.

Para más información se puede consultar *Plano 4* del presente proyecto.

### 6.1.2.3 Caminos del parque eólico

La red interna estará conformada por la adecuación y mejora de tramos existentes, complementada con la ejecución de tres nuevos tramos, diseñados conforme a los criterios técnicos de capacidad portante, radios de giro y pendientes máximas exigidas para el transporte y montaje de componentes.

#### Criterios de diseño

Para el cálculo de los radios de curvatura se ha considerado como elemento limitante el transporte de pala. Cuanto menor sea el radio de curvatura de la curva de acuerdo, mayor tendrá que ser el ancho del camino (diferencia entre radio exterior e interior) en la curva.

Para este punto se han tomado referencias del fabricante (documento DG200853). Cada curva es analizada específicamente ya que existen más factores que intervienen en la necesidad o no de sobreechamientos como el Angulo girado entre las alineaciones rectas que confluyen en dicha curva.

Según las especificaciones del fabricante se presentan a continuación varias simulaciones del trazado de curvas horizontales que proporcionan una orientación para determinar el camino barrido libre de obstáculos en las curvas para el transporte de las palas NR81.5 del aerogenerador seleccionado para ángulos de curva de 70º, 90º y 120º. En las siguientes ilustraciones no está representada la ampliación necesaria de la carretera.

Se ha diseñado respetando las pendientes longitudinales existentes, donde ha sido posible, tratando de minimizar el impacto al medioambiente. Los caminos estarán compuestos por dos capas: base y subbase.

- La capa de base, que constituirá el firme en los tramos en los cuales las pendientes son inferiores al 10%, estará compuesta por una capa granular (zahorra) que contenga, como mínimo, 20 cm de espesor.
- En los casos puntuales, donde la pendiente sea superior al 10%, el firme del camino será hormigonado para aumentar la tracción del vehículo de transporte.
- La subbase, extendida inmediatamente encima de la explanada, será una capa de 20 cm de espesor de zahorra.

### **Sección transversal**

El ancho del camino será de 6 m para los ejes de caminos internos y los accesos. Se establecerán los sobrecanchos de calzada que sean necesarios en función del radio de curvatura considerado en planta de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Los taludes de desmote y terraplén se han determinado a partir de la información analizada, considerando los siguientes valores:

- Talud en desmote: 1H/1V
- Talud en terraplén: 3H/2V

La pendiente transversal en los caminos para evacuación de agua de lluvia se ha considerado del 2% desde el centro del camino.

La sección tipo del vial considerada está representada gráficamente en el *Plano 3*.

#### **6.1.2.4 Vial de acceso a la torre**

El acceso a la torre se realiza mediante un vial de servicio de nueva ejecución (o adaptación de un camino existente), que conecta con la red de caminos del parque eólico:

- Longitud: 366 m.
- Ancho de calzada: 4.0 m.
- Sección tipo: camino sin pavimento, con 2 capas de zahorra artificial o material granular seleccionado, espesor de 20 cm, sobre explanada convenientemente compactada.
- Drenaje: cunetas laterales donde la topografía lo requiera y evacuación controlada hacia los puntos bajos naturales, evitando concentraciones de escorrentía sobre tierras de labor.

Movimiento de tierras: limitado a pequeñas operaciones de desmonte y terraplén para ajustar la rasante a la topografía existente, manteniendo pendientes moderadas y minimizando la altura de los taludes

### 6.1.3 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA

Para interconectar los aerogeneradores que componen el parque, con la subestación existente propiedad de OPEL, se ha diseñado un sistema de colección de media tensión a 20 kV, compuesto por los siguientes elementos:

- Transformador elevador trifásico y elementos de protección, medición, control y maniobra (celdas de media tensión), ubicados en el interior de cada uno de los aerogeneradores.
- Cableado de media tensión. Se corresponderá con circuitos trifásicos a 20 kV, directamente enterrados en el suelo o enterrados bajo tubo, en el interior de zanjas. Se aprovecharán dichas zanjas para instalar también el cableado de fibra óptica y el sistema de puesta a tierra.

#### 6.1.3.1 Transformador elevador trifásico

La energía producida por el generador en forma de corriente alterna trifásica a 50 Hz en BT, es elevada a MT (20 kV) mediante un transformador de potencia instalado en el interior de la nacelle del aerogenerador.

En la siguiente tabla se muestran las principales características eléctricas de los transformadores alojados en los aerogeneradores del proyecto.

Tabla 7. Características básicas del transformador

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL TRANSFORMADOR MT/BT	
Tipo	Trifásico en baño de éster vegetal
Ubicación	Interior de la nacelle
Potencia aparente nominal	7 800 kVA
Frecuencia	50 Hz
Número de fases	3
Tensión nominal primaria	20 kV
Tensión nominal secundaria	0.95 kV
Grupo de conexión	Dy5

Fuente: Barlovento, a partir de ficha técnica del aerogenerador

#### 6.1.3.2 Celdas de MT

Los tipos de celda de media tensión empleadas en los centros de transformación, control y maniobra de los aerogeneradores cumplirán con lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2024/573 del parlamento europeo y del consejo de 7 de febrero de 2024 sobre los gases fluorados de efecto invernadero, por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937, y se deroga el Reglamento (UE) nº 517/2014, que dicta lo siguiente:

*“Se prohibirá la puesta en funcionamiento de la siguiente apartament eléctrica que use gases fluorados de efecto invernadero, o cuyo funcionamiento dependa de ellos, en un medio aislante o de ruptura:*

- *A partir del 1 de enero de 2026, apartament eléctrica de media tensión para distribución primaria y secundaria de hasta 24 kV.”*

De modo que, el conjunto de celdas de MT de hasta 24 kV deberá estar libre de gases fluorados.

Las principales características eléctricas de las celdas de medida tensión, ubicadas en el interior de los aerogeneradores, son las mostradas a continuación:

Tabla 8. Características básicas de las celdas de MT

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS CELDAS DE MT	
Ubicación	Interior aerogenerador
Aislamiento	Aire
Frecuencia	50 Hz
Corriente nominal barras principales	630 A
Corriente nominal de corta duración	20 kA
Tensión nominal, $U_r$	24 kV

Fuente: Barlovento, a partir de ficha técnica del aerogenerador [ Ver 18. – Ref. 1]

Las celdas deberán disponer en sus frontales de sinópticos o mímicos representativos que permitan su perfecta identificación.

Así mismo, contará con enclavamientos mecánico y eléctrico que asegure que la maniobrabilidad se lleva a cabo con la mayor seguridad posible para el personal y para los equipos.

#### CLASIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE MANIOBRA

Desde el punto de vista práctico, los tipos de centros de media tensión se han clasificado en dos: Tipo I y Tipo II, según la posición que ocupa cada aerogenerador en la red interna de conexión del parque:

Tabla 9. Tipo de Celdas de MT según aerogeneradores.

Tipo	Posiciones de Aerogeneradores
Tipo I	WTG-01 y WTG-04
Tipo II	WTG-02 y WTG-03

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

Las principales características de los centros Tipo I y Tipo II son las detalladas a continuación.

### 1 CENTRO TIPO I (1P+0L)

Es un centro terminal donde solo está asociado un aerogenerador y está compuesto por las siguientes celdas.

- **Celda de protección (1P).** Que incluye principalmente la siguiente apartada en MT.
  - Un (1) interruptor automático tripolar cuya misión es proteger al transformador elevador frente a sobrecargas y cortocircuitos.
  - Un (1) seccionador en carga con seccionador de puesta a tierra tripolar.
  - Tres (3) transformadores de corriente para medición y protección.
  - Un (1) relé de protección con, al menos, las siguientes funciones 50/51 y 50N/51N, que será el encargado de accionar la apertura del interruptor.
  - Tres (3) descargadores de sobretensión.
  - Un (1) juego de barras principales.
  - Una (1) pletina de puesta a tierra.
  - Un (1) testigo de presencia de tensión.
  - Un (1) juego trifásico de bornas de salida para los cables de MT con conexión enchufable.
  
- **Celda de remonte (0L).** Sirve para evacuar la energía a la red de diseño del parque en MT. Posee los siguientes elementos principales.
  - Un (1) juego de barras principales.
  - Una (1) pletina de puesta a tierra.
  - Un (1) testigo de presencia de tensión.
  - Un (1) juego trifásico de bornas de salida para los cables de MT con conexión enchufable.

En la siguiente imagen puede verse el esquema de unifilar para un centro de transformación tipo I.

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

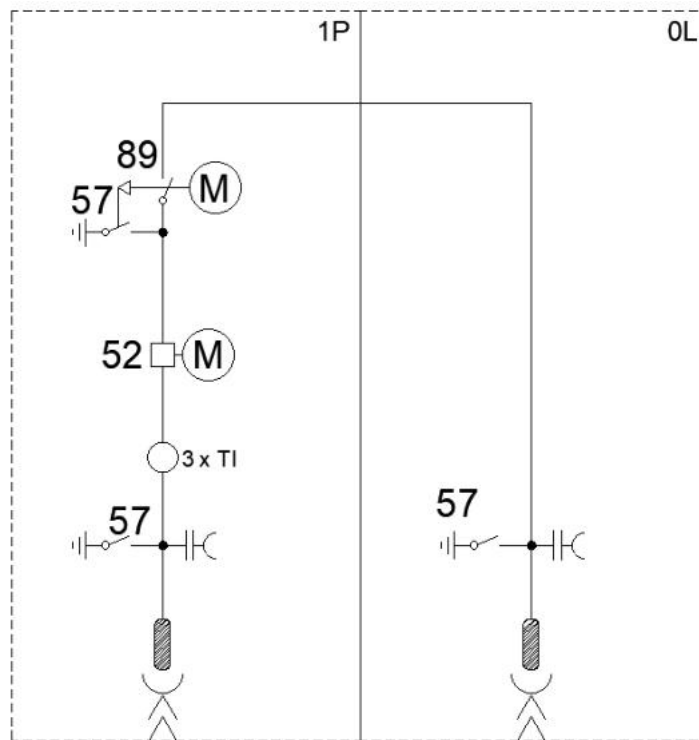


Ilustración 5. Esquema unifilar centro de transformación Tipo I

## 2 CENTRO TIPO II (1L+1P+0L)

Es un centro de transformación, control y maniobra compuesto por tres celdas, que permite interconectar un aerogenerador con el siguiente y éste a su vez con otro aerogenerador o con el centro de control (subestación), como ocurre en el caso que nos compete.

- **Celda de línea (1L).** Que incluye principalmente la siguiente aparatación en MT.
  - Un (1) seccionador en carga con seccionador de puesta a tierra tripolar.
  - Un (1) juego de barras principales.
  - Una (1) pletina de puesta a tierra.
  - Un (1) testigo de presencia de tensión.
  - Un (1) juego trifásico de bornas de salida para los cables de MT con conexión enchufable.
  
- **Celda de protección (1P).** Que incluye principalmente la siguiente aparatación en MT.
  - Un (1) interruptor automático tripolar cuya misión es proteger al transformador elevador frente a sobrecargas y cortocircuitos.
  - Un (1) seccionador en carga con seccionador de puesta a tierra tripolar.
  - Tres (3) transformadores de corriente para medición y protección.
  - Un (1) relé de protección con, al menos, las siguientes funciones 50/51 y 50N/51N, que será el encargado de accionar la apertura del interruptor.

- Tres (3) descargadores de sobretensión.
  - Un (1) juego de barras principales.
  - Una (1) pletina de puesta a tierra.
  - Un (1) testigo de presencia de tensión.
  - Un (1) juego trifásico de bornas de salida para los cables de MT con conexión enchufable.
- **Celda de remonte (OL).** Sirve para evacuar la energía a la red de diseño del parque en MT. Posee los siguientes elementos principales.
    - Un (1) juego de barras principales.
    - Una (1) pletina de puesta a tierra.
    - Un (1) testigo de presencia de tensión.
    - Un (1) juego trifásico de bornas de salida para los cables de MT con conexión enchufable.

En la siguiente imagen puede verse el esquema unifilar para el centro de transformación Tipo II.

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

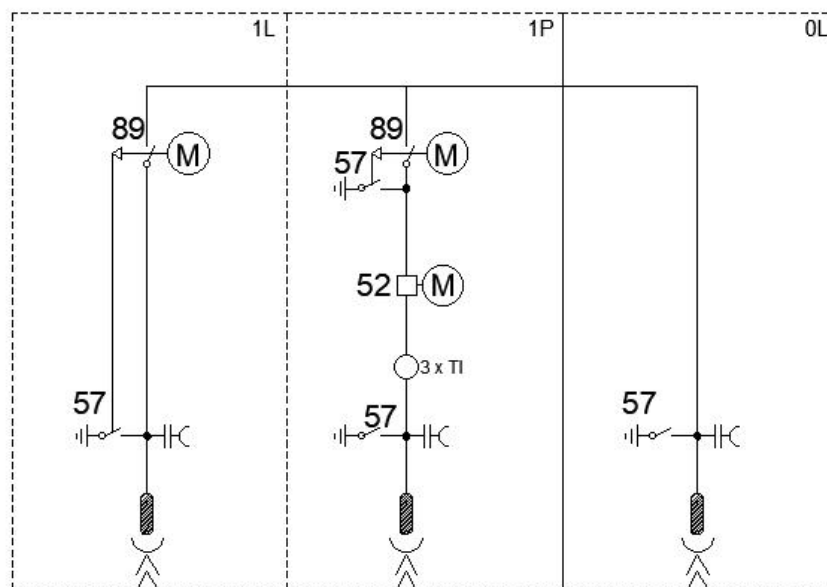


Ilustración 6. Esquema unifilar centro de transformación Tipo II

La interconexión de los centros de transformación de los aerogeneradores a partir de las celdas de protección, maniobra y medición aparece representada en el *Plano 13*.

### 6.1.3.3 Circuitos MT

Teniendo en cuenta las posiciones de los aerogeneradores y de la subestación de la planta OPEL, así como las potencias máximas admisibles por los conductores, se han dimensionado dos (2) circuitos de MT de 20 kV para conducir la energía producida por los cuatro (4) aerogeneradores que conforman el parque, con una capacidad instalada de 28 MW.

Estos circuitos de MT serán los encargados de unir los centros de transformación (CT) de cada uno de los aerogeneradores con las celdas de línea situadas en la subestación de la planta OPEL.

La selección de la ruta de los circuitos tiene como premisa minimizar secciones y longitudes, los criterios de diseño buscan minimizar afectación, pérdidas técnicas y costos, planteándose como un diseño multiobjetivo.

En la siguiente tabla se indican los circuitos de MT diseñados para la interconexión del parque:

Tabla 10. Descripción circuitos de MT del PE Opel Fase IV-B.

CIRCUITO	AEROGENERADORES	N.º AEROS	POTENCIA (MW)
1	WTG-01, WTG-02 y WTG-03	3	21
2	WTG-04	1	7

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

El cable utilizado en los cálculos es unipolar, con conductor de aluminio (Al) y de 240, 400 Y 630 mm<sup>2</sup> de sección, aislado con polietileno reticulado (XLPE), apantallado con hilos de cobre en hélice y sin armadura, para una tensión nominal de 12/20 kV, con cubierta de poliolefina termoplástica. Sus características principales se exponen en el *Anejo 4*.

El criterio de elección de las secciones de los cables se basa en las siguientes premisas:

- Intensidad admisible: el conductor debe soportar 125% de la máxima corriente prevista en el circuito, además se tomarán en cuenta los factores de corrección establecidos en la ITC-LAT-06 y UNE-21144, de tal modo que la ampacidad admisible corregida del conductor sea superior a la corriente máxima prevista en el conductor.
- Pérdidas eléctricas: pérdidas totales en la subestación inferiores al 3%.
- Caída de tensión: caída de tensión acumulada en el circuito inferior al 3%.
- Cortocircuito: el conductor y la pantalla deben estar dimensionadas para soportar las condiciones de cortocircuito (corriente térmica) según la metodología seguida en la IEC 60909-0 y los límites establecidos en la ITC-LAT-06 y UNE 21-192-92.

Además, las secciones finales de cable elegidas están optimizadas sobre la base del análisis económico de pérdidas de potencia y coste de la sección de cable seleccionado.

El cumplimiento de los criterios de selección y los resultados obtenidos del diseño de estos queda reflejado en el *Anejo 4* del presente proyecto.

#### 6.1.3.4 Zanjas para circuitos eléctricos

Las canalizaciones subterráneas consisten en zanjas y arquetas para alojar las instalaciones eléctricas de media tensión (MT) del PE, las cuales están trazadas entre los aerogeneradores y la subestación de la planta OPEL. Todas las canalizaciones eléctricas y de control del parque serán subterráneas con el fin de evitar cualquier posibilidad de interferencia tanto en fases de construcción y montaje como en la explotación y mantenimiento de este. Además, de la minimización del impacto ambiental que representan.

El cableado de media tensión se va a instalar en arreglo tresbolillo o trébol, y compartirá ruta con los conductores que forman parte integral del sistema de puesta a tierra y con cables de fibra óptica para el sistema de comunicaciones. El ancho de la zanja dependerá del número de ternas que en cada caso existan.

En el caso particular de este proyecto, el principal criterio fue compartir ruta con los caminos de acceso para minimizar afectación y desde el punto de vista técnico, los circuitos fueron agrupados para minimizar la sección y por tanto costo. En ese sentido, se obtuvo una **agrupación de un máximo de tres ternas por una misma canalización**.

Teniendo en cuenta la distribución geográfica de las posiciones de los aerogeneradores y las características topográficas de la localidad, así como las restricciones encontradas, se han diseñado **2 circuitos que discurren sobre 6.63 kilómetros de zanja y 34.74 kilómetros de conductor equivalente**. Es importante remarcar que la longitud de cable es la longitud del circuito multiplicada por tres considerando el número de fases en los circuitos (circuitos trifásicos).

Según el tramo de zanja, en las zonas de cruces de viales, acceso a celdas a nivel de aerogenerador o acceso a cuarto de celdas de la subestación, se proveerá una protección adicional, colocando los cables en tuberías en zanjas con hormigón y rellenos adecuados para tal fin. Las dimensiones laterales de las zanjas han sido minimizadas para reducir la afectación de áreas.

Los detalles de las zanjas contempladas, sus dimensiones y características de los materiales de relleno, se pueden observar en el *Plano 12*.

Para más información se puede consultar el *Anejo 4*.

### **Empalmes y terminales**

Los circuitos de media tensión estarán compuestos por las celdas de media tensión en los extremos (elemento generador y subestación) de los cables. Los cables por su parte están compuestos por el propio cable y sus accesorios (empalmes y terminales).

Los empalmes y terminales no deben limitar la capacidad o ampacidad de los cables, tanto en condiciones normales como de sobrecarga. Para ello, se seleccionarán de acuerdo con el tipo y sección de los cables, realizándose con elementos de unión que no aumenten la resistencia eléctrica de éstos.

Del mismo modo, los empalmes y terminales deben admitir las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el cable sobre el cual se van a instalar.

Tampoco deberán de disminuir las características eléctricas y mecánicas del cable empalmado debiendo cumplir las siguientes condiciones básicas:

- La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un sólo conductor sin empalmes de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio del cable. El empalme debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad

- Se efectuarán siguiendo métodos que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. utilizando los materiales adecuados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- El empalme debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito. así como el efecto térmico de la corriente tanto en régimen permanente como en el caso de sobrecargas y cortocircuitos.

### **Arquetas**

En los cambios de dirección con el objeto de facilitar la manipulación de los cables se podrán instalar arquetas.

Así mismo, en los tramos rectos se podrán instalar arquetas intermedias registrables con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro para el tipo de cable que se va a utilizar.

A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos

### **6.1.3.5 Sistema de puesta a tierra**

El sistema de puesta a tierra será único para la totalidad del PE y comprenderá las tierras de Los objetivos del Sistema de Puesta a Tierra (SPT) son la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y compatibilidad electromagnética.

Las funciones del SPT son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- Transmitir señales de RF en onda media y largo.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Dentro del PE, podemos distinguir entre:

#### Sistema de puesta a tierra de los aerogeneradores

Para el diseño del SPT de los aerogeneradores se seguirá la disposición de PAT tipo B de la IEC 62305-3. La disposición tipo B comprende o bien un anillo conductor exterior a la estructura a proteger, en contacto con el terreno en el 80% de su longitud, o un electrodo de cimentación formando un anillo cerrado. Estos electrodos de tierra pueden ser mallados.

En el caso que nos ocupa, el diseño de puesta a tierra del aerogenerador propuesto está compuesto por dos electrodos, uno de acero galvanizado compuesto por tres anillos unidos por conductores radiales que se encuentran embebidos en la cimentación y unidos al mallazo del armado de esta y un electrodo de cobre desnudo de sección mínima 50 mm<sup>2</sup> formando un anillo perimetral alrededor de la cimentación y con 4 picas de acero cobrizado de 14 mm de diámetro y

de 2 m de longitud cada una. Ambos electrodos irán interconectados entre sí mediante terminales o grapas bimetálicas o bien mediante tramos de unión con cinta anti-corrosión.

En caso de que la resistividad del terreno fuera elevada, podrían existir varios electrodos adicionales externos a la cimentación con el objetivo de cumplir con los valores de resistencia de puesta a tierra exigidos y con los valores admisibles de tensiones de paso y contacto en el acceso al aerogenerador. De acuerdo con la norma, los electrodos adicionales deben conectarse los más equitativamente posible.

Se recomienda un valor máximo de resistencia de puesta a tierra inferior a 10 ohmios (véase la norma IEC 61400-24 y UNE-EN 62305-3), medida preferentemente con el apantallamiento de los cables de red desconectados. En el caso de las tomas de tierra en suelos rocosos, el requisito de 10 ohmios no es aplicable, tal y como puede consultarse en las normas UNE EN 62305-3 y IEC 61400-24 y de las especificaciones del propio tecnólogo.

Dentro del sistema de puesta a tierra, es importante recalcar que la propia torre del aerogenerador se considerará conductor de tierra de protección primaria y hará de conexión equipotencial debido a la elevada altura que presentan y a la necesidad de esperar que en caso de que aparezcan eventos atmosféricos transitorios, estos se adhieran a su estructura por lo que para el diseño de las torres metálicas que soportarán los aerogeneradores, se deberá tener en cuenta esto para el diseño de la misma acorde al apartado 9 de la IEC 61400-24. Luego la torre será un componente que deberá garantizar la equipotencialidad y la continuidad de las posibles corrientes que puedan aparecer como consecuencia de un evento de estas características por lo que todos los elementos metálicos susceptibles de transportar corriente deberán ser conectados a la torre.

Además, dado que las cimentaciones de cada aerogenerador formarán parte de la trayectoria de impacto de los rayos o de cualquier falla a tierra, se deberá garantizar la continuidad eléctrica en las estructuras de hormigón armado. Para conseguir lo anterior, es necesario que la estructura del acero embebido en el hormigón, tanto las barras horizontales como verticales deben estar conectadas entre sí y con el sistema de puesta a tierra propio del aerogenerador, consiguiendo de esta forma, una resistencia del sistema menor.

Fuente: elaboración propia

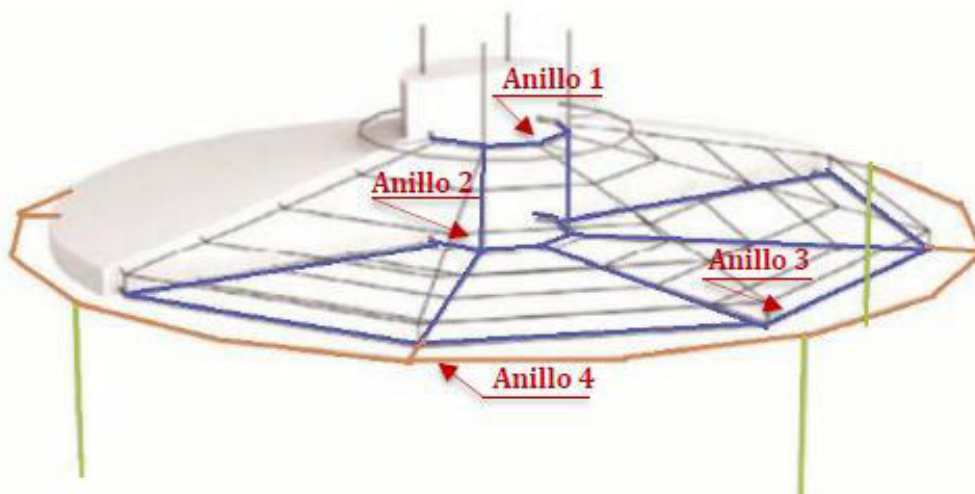


Ilustración 7. Propuesta de configuración de puesta a tierra de los aerogeneradores

### Sistema de puesta a tierra de la red colectora de media tensión

De acuerdo con la IEC 61400-24, cada aerogenerador debe tener su propio sistema de puesta a tierra y, a su vez, la puesta a tierra de cada aerogenerador y la de la subestación del parque, deben conectarse, a ser posible, mediante cables horizontales, con el fin de formar un único sistema de puesta a tierra.

En la misma zanja en la que discurren los cables de potencia de MT y los de FO, en el fondo de la excavación, en contacto directo con el terreno, se prevé la instalación del cable de puesta a tierra que unirá la PAT de los aerogeneradores con la malla de puesta a tierra de la SET Sera de Outes. Este cable de PAT se realizará mediante conductor de cobre desnudo con una sección mínima de 50 mm<sup>2</sup>.

Con esta interconexión se logrará una mejor disipación de la energía en caso de defecto a tierra ya que se amplía la cantidad de conductor enterrado y dicha unión permite una mejora de la respuesta del sistema de puesta a tierra reduciendo los potenciales y las tensiones de paso y contacto que pudieran aparecer.

### Sistema de puesta a tierra de la torre de medición

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V, de acuerdo con la instrucción ITC-BT-18 del reglamento de baja tensión.

Se instalará un único sistema que cumpla con las condiciones de protección contra el rayo y para protección de los equipos eléctricos de baja tensión, de comunicaciones y como cumplimiento de los criterios de seguridad del sistema de puesta a tierra.

Para ello la torre de medición contará con un pararrayos en la parte más alta de la torre de medición, teniendo un cable conductor de 50 mm<sup>2</sup> de cobre que descenderá por la estructura de la torre hasta el sistema de puesta a tierra de esta, realizado alrededor de la torre mediante cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección mínima. En las cuatro esquinas de dicha red se colocarán 4 picas alineadas enterradas, de dimensiones 1.50 metros y diámetros de 16 milímetros.

### **6.1.3.6 Red de comunicaciones**

Las comunicaciones entre los aerogeneradores, la torre meteorológica y el centro de control de la subestación del parque se realizará con FO monomodo de 24 fibras.

Los cables de FO a emplear tendrán las características que se listan a continuación.

- Cable de 24 fibras
- 9/125 µm fibra óptica monomodo.
- Atenuación máxima a 1.310 nm de 0,4 dB/km.
- Atenuación máxima a 1.550 nm de 0,3 dB/km.
- Resistencia al fuego.
- Protección contra penetración del agua.
- Protección contra roedores.

- Adecuado para tendido subterráneo

El cable de FO se instalará en la misma zanja que los cables de potencia de media tensión, directamente enterrado o bajo tubo, bajo las mismas consideraciones expuestas para los cables de media tensión.

Los circuitos de fibra óptica tendrán recorrido en bucle (ida y vuelta). Para la correcta conexión de los cables con los equipos de comunicación se utilizarán conectores del tipo SC o LC.

Una vez tendido el cable de FO se deberán realizar las correspondientes pruebas de atenuación reflectométrica en ambos sentidos con el objetivo de evaluar la continuidad de la fibra y detectar posibles defectos y medir empalmes. Las medidas se realizarán a 1.310 nm y 1.550 nm.

### 6.1.3.7 Sistema de control

El sistema de monitorización y control se basa en la acción conjunta de diversos equipos y tecnologías, para lograr una visión global y detallada del funcionamiento del parque y para lograr la detección de fallos o alteraciones en los componentes de los aerogeneradores.

Los elementos principales que forman parte del sistema son:

- Los módulos individuales situados en los armarios de control de los aerogeneradores. El aerogenerador NORDEX N163/7.0 incorpora un sistema de control que realiza todas las tareas necesarias para permitir al aerogenerador funcionar en modo automático. Este sistema de control se encarga de regular todas las secuencias de operación y control de la máquina a la vez que es capaz de reconocer cualquier posible defecto o alarma durante la operación disparando los dispositivos de frenado y manteniendo la máquina dentro de los márgenes de seguridad establecidos.
- Las líneas de comunicaciones (cables de mando y control), que irán canalizadas en zanjas junto con los cables de potencia y el cable de tierra, interconectan los switches de los aerogeneradores entre sí con el centro de control, ubicado en el edificio de la subestación de la planta OPEL (SET-1).
- Desde el centro de control de la subestación, se controla la operación de todo el parque, al tiempo que se registran los parámetros de funcionamiento más relevantes, para su tratamiento informático. El sistema de monitorización y control estará ubicado en el edificio de la SET y consistirá principalmente en un sistema SCADA (Supervisor and Control and Data Acquisition) y un sistema de control de la planta ("Power Plant Controller" o PPC), así como el resto de los equipos auxiliares necesarios.

### 6.1.4 TORRE DE MEDICIÓN

Con el objetivo de realizar un seguimiento del funcionamiento del PE se instalará una torre de medición. A continuación, se describen sus principales características.

- Ubicación:

Tabla 11. Coordenadas de la torre de medición (UTM ETRS89 30T).

ELEMENTO	X <sub>UTM</sub> [m]	Y <sub>UTM</sub> [m]	Z <sub>UTM</sub> [m]
Torre de medición	649 576	4 624 631	255

Fuente: Barlovento, elaboración propia.

- Tipología de torre: autoportada.
- Equipos:

Tabla 12. Equipos de la torre de medición

EQUIPO	COTA [m]	Orientación [°]
Anemómetro 1 (principal)	118	-
Anemómetro 2 (control)	112.8	59
Veleta 1 (principal)	112.8	239
Anemómetro de hélice	110.8	59
Temperatura/Humedad	109.8	-
Presión	109.88	-
Anemómetro 3 (*)	77.25	59
Veleta 2(*)	77.25	239
Anemómetro 4 (*)	36.5	59
Veleta 3(*)	36.5	239

(\*) Equipo no imprescindibles según norma, pero recomendables.

- Orientación respecto norte magnético =  $329^{\circ}$  (declinación magnética =  $1.18^{\circ}E$ )
- Sensores cumpliendo requisitos normativa IEC 61400-12-1 ed.2 a alturas HH, HH-R y HH-(R/2), esta última altura añadida por ser requerida en últimos ensayos con máquina Nordex (a confirmar cuando se disponga de documentación contractual del ensayo).
- Separaciones horizontales orientativas en base a diseño de torres autoportadas semejantes, deberán confirmarse una vez se tenga dimensiones finales de la torre.

Fuente: Barlovento, elaboración propia

La posición de la torre de medición cumple con todos los requerimientos de la norma vigente. En una etapa posterior de detalle, se deberá solicitar al fabricante de los aerogeneradores el contrato de garantía de los mismo con los requerimientos para el posicionamiento de la torre de medición.

## 6.1.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CONEXIÓN

Como se ha indicado en apartados anteriores, la evacuación de la energía generada por el Parque Eólico Opel Fase IV-B, tendrá lugar en la subestación que tiene la empresa OPEL (SET-1) para su abastecimiento energético, ya que esta planta de generación eólica está destinada a autoconsumo si bien los excedentes de energía serán vertidos a la red de transporte, concretamente a la SE Entrerrios 220 kV que linda con la SET de la planta OPEL.

La subestación de la planta OPEL, está formada por un edificio donde irán albergadas las dos nuevas celdas de 20 kV asociadas a los dos circuitos de MT del PE Opel Fase IV-B. Estas celdas se conectarán con dos juegos de barras de la parte existente y desde ahí se verterá la energía generada bien para autoconsumo de la planta o bien irá a la red en caso de que existieran excedentes, siempre y cuando la red este receptiva. También está prevista la instalación de un sistema de almacenamiento de energía cercano a la subestación basado en baterías, lo que mejorará el aprovechamiento energético en caso de que la red se encuentre indisponible y sea el parque eólico el encargado de limitar la generación por falta de demanda.

## 6.2 INSTALACIONES TEMPORALES (CAMPA DE OBRA)

En línea de los requerimientos de las obras y de las empresas proveedoras de aerogeneradores, se propone la creación de una zona de campamento de obra.

Estas zonas tendrán una superficie total y aproximada de 1 825 metros cuadrados y contendrán las siguientes áreas:

- Área de oficinas y recepción de trabajadores y mercancías.
- Área de manipulación y almacenaje de componentes pequeños y materiales.
- Contenedores para vestuarios, comedor, botiquín, personal técnico de obra, etcétera.
- Depósito temporal de residuos valorizables y peligrosos.
- Aparcamiento.
- Fosa séptica o biodigestor.
- Acopio temporal de tierras.
- Acopio temporal de tierra vegetal previo a su extendido.

Esta área debe contener unos depósitos para el abastecimiento de agua potable a sus trabajadores, además de otro tanque para el uso de agua industrial.

La ubicación de la campamento de obra se muestra en el *Plano 02*.

El tratamiento del agua residual producida por los trabajadores será almacenado en una fosa séptica o biodigestor para su posterior tratamiento y gestión por una empresa especializada.

Es preciso hacer notar que estas zonas no funcionarán como zonas de acopio para los componentes de gran tamaño de los aerogeneradores, pues esta labor la harán las plataformas. También existirá una zona de reserva para posibles almacenajes de emergencia de componentes de mediano y pequeño tamaño.

Estas zonas serán desmanteladas en la fase final de obras y el terreno que ocupa naturalizado.

## **7 PLAZO DE EJECUCIÓN.**

El plazo de ejecución de las obras es de OCHO (8) MESES, desde la obtención de todos los permisos y autorizaciones necesarias para el comienzo de estas.

## 8 PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN.

Asciende el Presupuesto Preliminar de Ejecución Material de la construcción del PE Opel Fase IV-B a la expresada cantidad de **19 106 976.29 €** (DIECINUEVE MILLONES CIENTO SEIS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.)

## 9 CONCLUSIÓN

El presente documento se considera suficientemente descrito para cumplir con el objetivo propuesto, por lo que se espera que se encuentre todo en conformidad para que surta los efectos precisos.




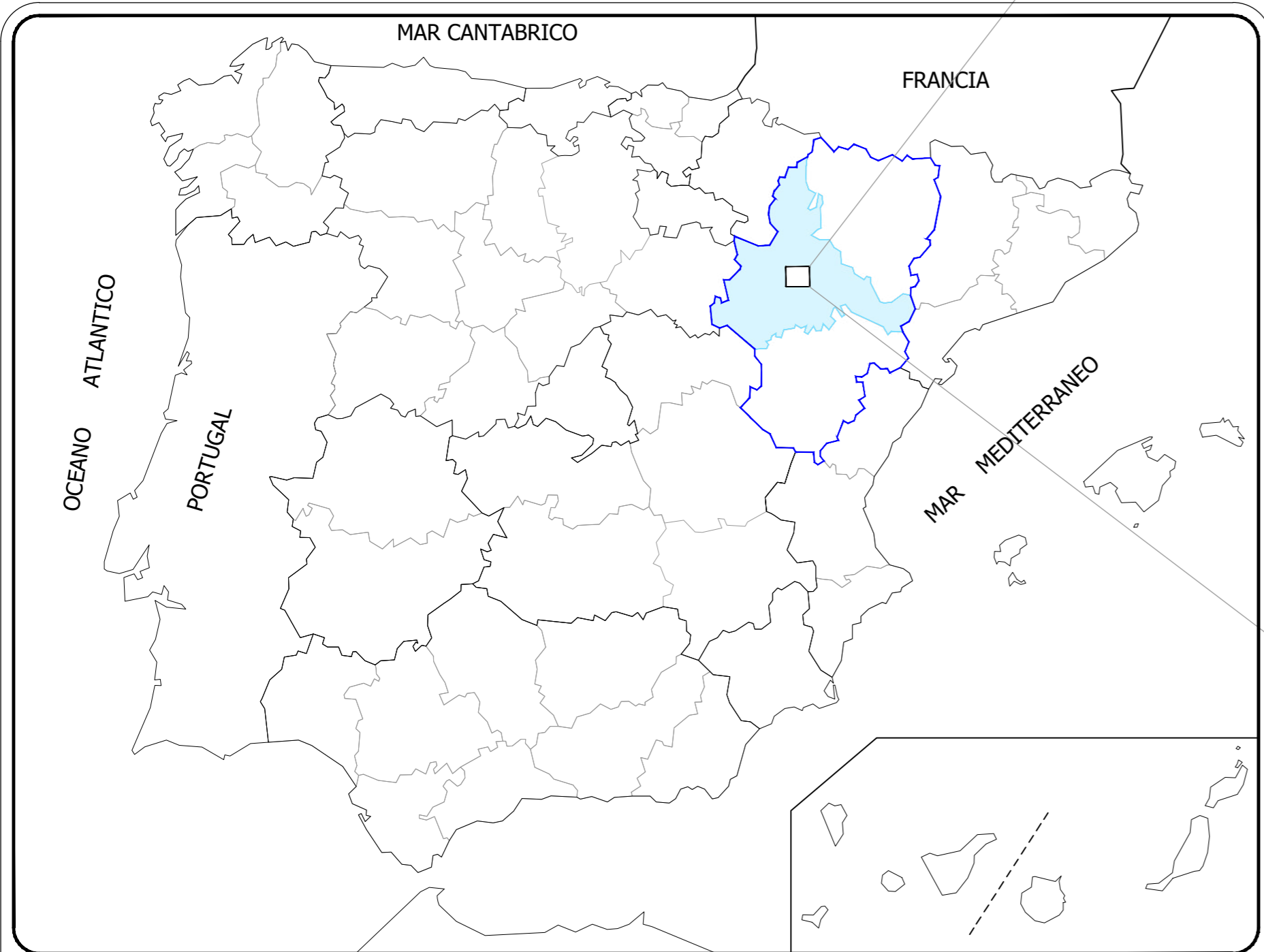
Alfonso García Molina, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, colegiado nº 36847 del Ilustrísimo Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la demarcación La Rioja.

Al servicio de la empresa Barlovento Recursos Naturales S.L.U.

## 10 PLANOS

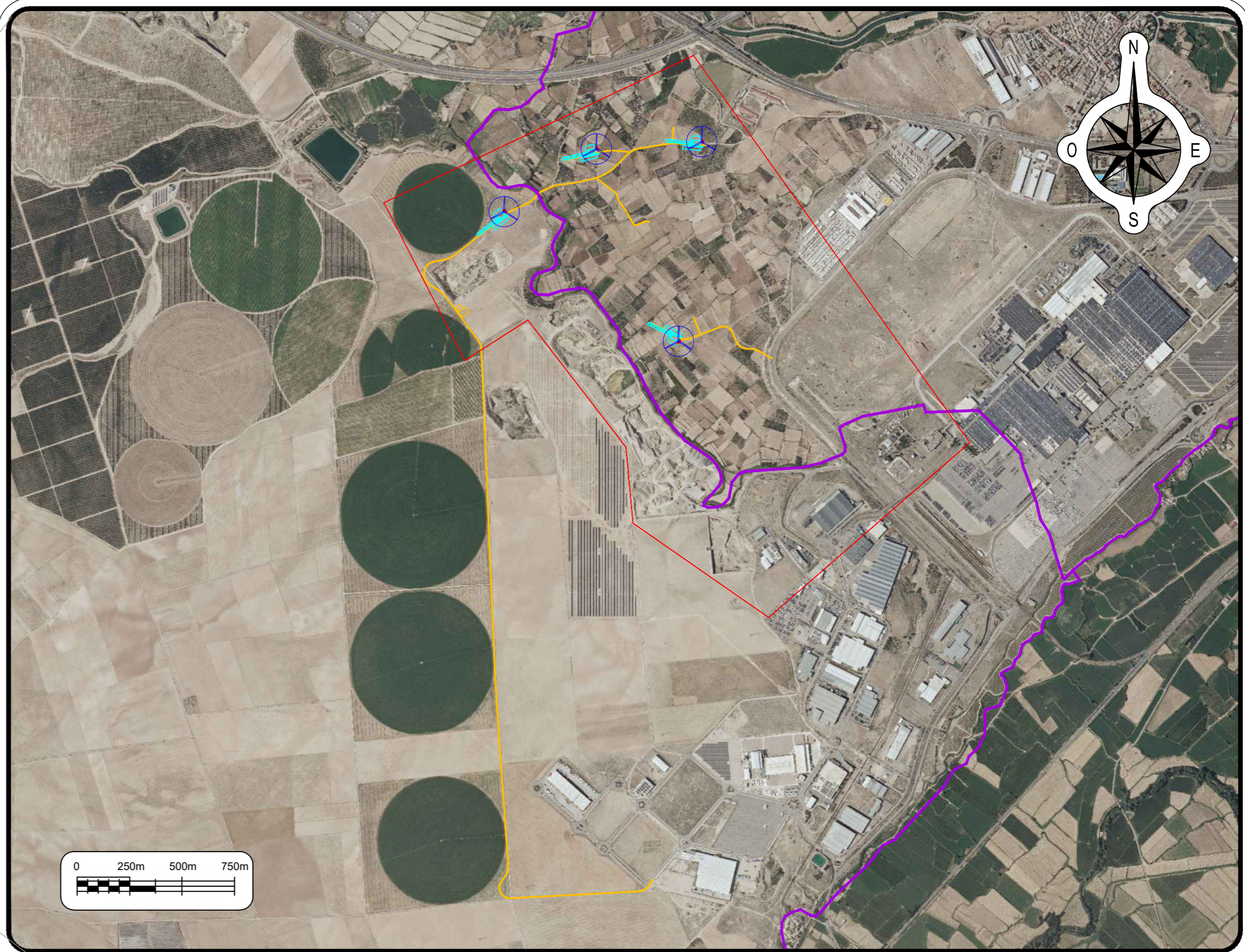
**LEYENDA**

 POLIGONAL SITUACIÓN PE OPEL FASE IV-B



COMUNIDAD AUTONOMA: ARAGÓN

PROVINCIA: ZARAGOZA

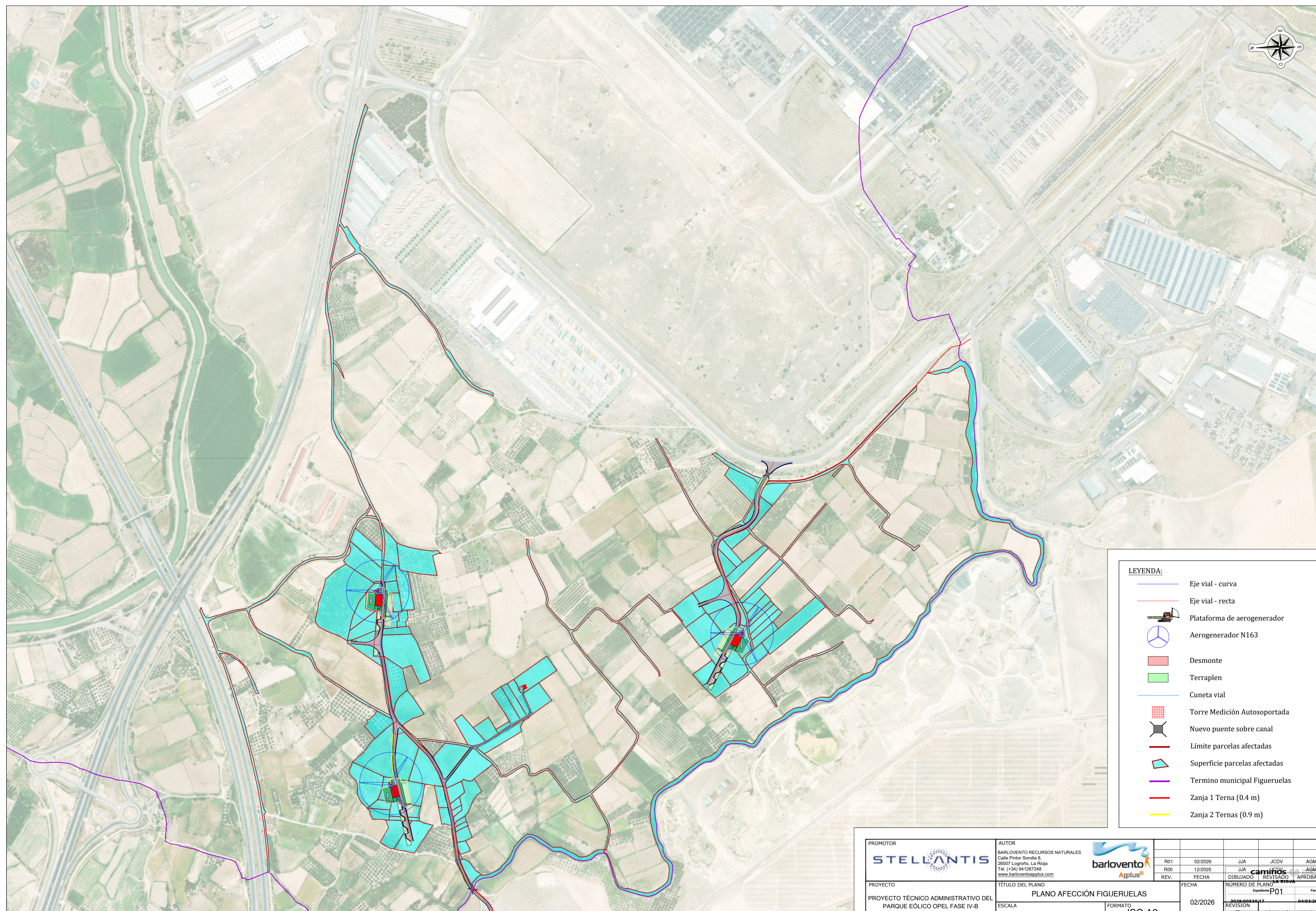


TERMINOS MUNICIPALES: PEDROLA / FIGUERUELAS




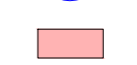
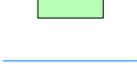




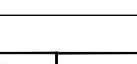


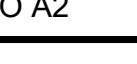

<b>PROMOTOR</b> 	<b>AUTOR</b> BARLOVENTO RECURSOS NATURALES Calle Pintor Sorolla 8 26007 Logroño, La Rioja Tel. (+34) 941287348 www.barloventoapplus.com		R02	03/2026	JJA	JCDV	AGM
			R01	02/2026	JJA	JCDV	AGM
<b>PROYECTO</b> PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL PARQUE EÓLICO OPEL FASE IV-B	<b>TÍTULO DEL PLANO</b> LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	<b>ESCALA</b> 1: 20 000	<b>FORMATO</b> ISO A2	<b>FECHA</b> 03/2026	<b>REVISOR</b> R02		
					<b>NUMERO DE PLANO</b> Expediente P01		

PÁGINA 01 DE 01

**VISADO**



**LEYENDA:**

-  Eje vial - curva
-  Eje vial - recta
-  Plataforma de aerogenerador
-  Aerogenerador N163
-  Desmonte
-  Terraplen
-  Cuneta vial
-  Torre Medición Autoportada
-  Nuevo puente sobre canal
-  Límite parcelas afectadas
-  Superficie parcelas afectadas
-  Termino municipal Figueruelas
-  Zanja 1 Terna (0.4 m)
-  Zanja 2 Ternas (0.9 m)

<b>PROMOTOR</b> 		<b>AUTOR</b> BARLOVENTO RECURSOS NATURALES Calle Pintor Sorolla 8 26007 Logroño, La Rioja Tel. (+34) 941287348 www.barloventoapplus.com																		
<b>PROYECTO</b> PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL PARQUE EÓLICO OPEL FASE IV-B		<b>TÍTULO DEL PLANO</b> PLANO AFECCIÓN FIGUERUELAS		<table border="1"> <tr> <td>REV.</td> <td>FECHA</td> <td>NUMERO DE PLANO</td> <td>REVISADO</td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td>R01</td> <td>02/2026</td> <td>JJA</td> <td>JCDV</td> <td>AGM</td> </tr> <tr> <td>R00</td> <td>12/2025</td> <td>JJA</td> <td>AGM</td> <td>AGM</td> </tr> </table>		REV.	FECHA	NUMERO DE PLANO	REVISADO	APROBADO	R01	02/2026	JJA	JCDV	AGM	R00	12/2025	JJA	AGM	AGM
REV.	FECHA	NUMERO DE PLANO	REVISADO	APROBADO																
R01	02/2026	JJA	JCDV	AGM																
R00	12/2025	JJA	AGM	AGM																
<b>ESCALA</b> 1: 6 000		<b>FORMATO</b> ISO A2		<b>FECHA</b> 02/2026																
				<b>REVISIÓN</b> R01 PÁGINA 01 DE 01																

**VISADO**