ALEGACIÓN

PROYECTO DEL PARQUE EÓLICO MONCUBO

EOL-41-2022

Segunda propuesta - Análisis actualizado

Enviado por:
Juan Corrin (NIE Y5528443-Q)

En nombre del Proyecto Cuevas de Matienzo

Fecha: 13 de febrero de 2025

ÍNDICE

1. **Resumen ejecutivo**
2. **Introducción**
3. **Análisis detallado**
   - 3.1 Incompatibilidad con el Plan de Ordenación del Territorio Regional (PROT)
   - 3.2 Deficiencias fundamentales en el estudio de impacto ambiental
   - 3.3 Consideración inadecuada del karst
   - 3.4 Destrucción del paisaje y de los ecosistemas subterráneos
   - 3.5 Sistemas de agua subterránea evaluados inadecuadamente
   - 3.6 Estudios de campo insuficientes
   - 3.7 Alteración de los patrones naturales de drenaje
   - 3.8 Biodiversidad subterránea desatendida
   - 3.9 Impactos de la construcción no mitigables
   - 3.10 Falsedades sobre la restauración ambiental
4. **Conclusiones y recomendaciones**
5. **Referencias**
6. **Anexos**
   - 1 Características kársticas afectadas (cuevas, pozos, resurgimientos)
   - 2. Uso de explosivos en el karst (a gran escala)
   - 3. Uso de explosivos en el karst (trincheras)
   - 4 Cantabronisco
   - 5 Proyecto Cuevas de Matienzo – Matienzo Caves Project (MCP)

1. RESUMEN EJECUTIVO

Este documento presenta un análisis crítico actualizado del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la documentación asociada del proyecto del parque eólico Moncubo (segunda propuesta). El proyecto consta de **tres aerogeneradores** marca SIEMENS-GAMESA, modelo SG145-5,2 MW, con una potencia unitaria de 5200 kW, una altura de buje de 90 m y un diámetro de rotor de 145 m, lo que resulta en una **altura total de 162 metros** por aerogenerador y una potencia total instalada de 15,6 MW.

El sitio se ubica en 9,5 kilómetros cuadrados de karst calizo de tierras altas en Monte Llusa, un ecosistema complejo y vulnerable. Nuestro análisis revela que:

1. Incumplimiento del pendiente Plan de Ordenación del Territorio (PROT) de Cantabria: El proyecto contraviene directamente las directrices técnicas del Plan de Ordenación del Territorio (PROT) de Cantabria, que identifica específicamente los elementos kársticos como zonas de exclusión urbanística, en particular para parques eólicos. El PROT reconoce las dolinas, los pozos y la caliza expuesta como elementos indicativos de un paisaje kárstico bien desarrollado y un ecosistema subterráneo delicado.

2. Deficiencias críticas en el EsIA y la descripción del proyecto: A pesar de sus 1093 páginas, el nuevo EsIA aún no aborda adecuadamente las características únicas del ecosistema kárstico. El término «karst» o «kárstico» **no se menciona en las 775 páginas del documento principal del proyecto,** lo que demuestra una preocupante falta de consideración de este aspecto crítico de la geología local.

3. Impactos irreversibles: La construcción de **tres plataformas** y **9,598 km de nuevas carreteras** (4,718 km para zanjas de evacuación), que requieren **66.984 m³ de excavación** y **126.133 m³ de relleno** (un déficit de 59.149 m³ que deberá importarse), causará daños irreparables al sistema kárstico tridimensional. Se requerirán aproximadamente **3.940 viajes de camión** solo para el material de relleno, un dato omitido en los documentos.

4. Sensibilidad Ambiental Subestimada: La clasificación del MITECO como “ZONA DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL BAJA” es incorrecta y contradice publicaciones científicas que demuestran que el karst calizo es altamente sensible a las perturbaciones tanto subterráneas como superficiales.

5. Amenazas a los recursos hídricos: Múltiples manantiales catalogados en los alrededores de Monte Llusa se encuentran en riesgo. No se han realizado estudios de trazabilidad hídrica ni existe un plan de drenaje para caminos y plataformas. El EsIA descarta los manantiales catalogados simplemente porque se encuentran a "más de 200 metros de cualquier elemento del proyecto", lo que demuestra un profundo desconocimiento del terreno kárstico y del flujo de agua subterránea.

6. Destrucción de Formaciones Kársticas: El aerogenerador 2 se ubica directamente sobre un estanque cercado y un pozo ancho y profundo (#4870). Seis formaciones kársticas (cuevas y pozos) serán destruidas por las nuevas carreteras de la Alternativa 1.

Dada la incompatibilidad fundamental del proyecto con la protección kárstica que se espera establecer en el PROT de Cantabria, y considerando las múltiples deficiencias críticas identificadas, **recomendamos enfáticamente la adopción de la Alternativa Cero** : rechazar el proyecto y preservar este ecosistema kárstico cantábrico único para las generaciones futuras.

2. INTRODUCCIÓN

Esta objeción responde a la segunda propuesta del promotor para construir el parque eólico Moncubo en Monte Llusa. La primera propuesta presentaba deficiencias sustanciales en la evaluación ambiental. Lamentablemente, esta segunda propuesta repite muchos de los mismos errores y plantea nuevas preocupaciones.

Documentos consultados

Esta objeción se basa en una revisión de:

- EOL-41_2022-Proyecto(117.3.1.1_0).pdf (**Resumen del proyecto** - 775 páginas)
- EOL-41_2022-Proyecto_infraestructuras(117.3.3.2_0).pdf (**Subestación** - 437 páginas)
- EOL-41_2022-EsIA(117.3.5).pdf (**Estudio de Impacto Ambiental** - 1093 páginas)
- EOL-41_2022-Cartografia(117.3.6) (Una carpeta de **shapefiles para mapeo**)

Contexto del proyecto

El proyecto del parque eólico Moncubo consta de:

- **Número de aerogeneradores:** 3 turbinas
- **Modelo:** SIEMENS-GAMESA SG145-5.2 MW
- **Especificaciones técnicas:**
  - Potencia de la unidad: 5.200 kW Clase: II B
  - Altura del buje: 90 m
  - Diámetro del rotor: 145 m
  - **Altura total:** 162 metros
- **Potencia total instalada:** 15,6 MW
- **Nueva infraestructura:** 9,598 km de carreteras (4,718 km para zanjas de líneas de evacuación)

El ecosistema kárstico del Monte Llusa

El área de Monte Llusa contiene cuevas, dolinas, pozos y caliza erosionada expuesta, características que indican un paisaje kárstico y un ecosistema subterráneo bien desarrollados. Este tipo de terreno es reconocido internacionalmente como altamente sensible y vulnerable a las perturbaciones industriales debido a su naturaleza tridimensional interconectada.

---

3. ANÁLISIS DETALLADO

3.1 Incompatibilidad con el Plan de Ordenación del Territorio Regional (PROT)

El proyecto del parque eólico de Moncubo es exactamente el tipo de desarrollo que NO está permitido en el Plan de Ordenación del Territorio Regional (PROT) pendiente de Cantabria.

Según las directrices técnicas del PROT, las características kársticas se identifican específicamente como parte de las zonas de exclusión para el desarrollo, en particular para la instalación de parques eólicos. La zona de Monte Llusa presenta precisamente estas características:

- Dolinas (depresiones superficiales cerradas)

- Pozos (pozos verticales)
- Piedra caliza erosionada expuesta (lapiaz o karren)
- Drenaje predominantemente subterráneo

Aunque el PROT aún no ha sido implementado formalmente por el Gobierno de Cantabria, sus principios técnicos representan el consenso científico sobre la protección de los ecosistemas kársticos. **El hecho de que el promotor ignore estas directrices constituye una grave omisión que debería descalificar el proyecto.**

3.2 Deficiencias fundamentales en el estudio de impacto ambiental

Ausencia de "Karst" en el Documento Principal

El documento de resumen del proyecto, de 775 páginas, no menciona ni una sola vez el término "karst" ni "kárstico". Esta omisión resulta sorprendente, dado que el proyecto se sitúa íntegramente en terreno kárstico, ya sea a gran o baja altitud. El documento está repleto de generalidades y apenas menciona la superficie kárstica local, el drenaje subterráneo ni la biota.

No se menciona el PROT pendiente de Cantabria, que está diseñado en parte para proteger los delicados ecosistemas kársticos.

Evaluación de sensibilidad ambiental defectuosa

La clasificación de la "Zonificación Ambiental Eólica" del MITECO como **"ZONA DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL BAJA"** es completamente inapropiada. Esta designación parece ignorar numerosas publicaciones científicas que demuestran que el karst calizo es altamente sensible a las perturbaciones tanto subterráneas como superficiales.

El supuesto bajo impacto ambiental, como se indica en el Estudio de Impacto Ambiental, toma poco en cuenta:

- Destrucción extensa del paisaje local
- Cambios en los ecosistemas subterráneos
- La naturaleza tridimensional interconectada del karst
- El riesgo de colapso del techo de la cueva debido a cualquier actividad sísmica

3.3 Consideración inadecuada del karst

La lista de factores ambientales del EsIA omite notablemente cualquier consideración específica del karst de piedra caliza y su entorno subterráneo de fisuras, conductos y arroyos. Todos los factores considerados se centran exclusivamente en las condiciones de la superficie, ignorando la naturaleza tridimensional de los ecosistemas kársticos.

Esta omisión sugiere que la herramienta de sensibilidad ambiental desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) es fundamentalmente defectuosa e incompleta.

Dependencia de datos regionales en lugar de locales

A lo largo de la evaluación, los factores ambientales parecen haberse extraído de fuentes regionales en lugar de estudios locales exhaustivos. El parque eólico representa una intrusión local y debe evaluarse con base en:

- Geología específica del sitio
- Geomorfología local
- Hidrología del Monte Llusa
- Inestabilidad de taludes
- Datos espeleológicos locales

Los estudios espeleológicos locales indican numerosas cuevas y formaciones kársticas en los alrededores que se verían directamente afectadas por el proyecto y se han incluido como sitios en riesgo.

Excepción notable: El estudio de los murciélagos es un aspecto que se ha investigado exhaustivamente a nivel local. Este nivel de rigor debería haberse aplicado a todos los aspectos del estudio kárstico.

3.4 Destrucción del paisaje y de los ecosistemas subterráneos

Anchos de carretera reales mucho mayores que los nominales

El plano de la página 76/94 del resumen del proyecto muestra una capa adicional de contorno cian que indica que el ancho de la carretera es mucho mayor que los 6 metros nominales. El ancho aparente nunca es inferior a 10 metros debido a los trabajos de corte y relleno y la excavación de zanjas. Algunos cruces parecen tener unos 30 metros de ancho para facilitar la maniobra de las palas. Esto requerirá un extenso trabajo de desmonte y terraplén en terrenos inclinados.

El shapefile con los anchos reales no se incluyó en la carpeta de cartografía. Esta omisión impide un análisis preciso del impacto real en el terreno.

Volúmenes de excavación y relleno

Según la EsIA:

Los caminos requerirán:
Excavación: 52.600 m³
Relleno: 65.162 m³

Las plataformas requerirán:
Excavación: 14.384 m³
Relleno: 60.971 m³

Totales:

- **Excavación total: 66.984 m³**
- **Relleno total necesario: 126.133 m³**
- **Faltante: 59.149 m³** que hay que traer (¿de cantera de préstamo?)

Si un camión transporta 15 m³, se requerirán aproximadamente **3940 viajes de camión solo para el material de relleno adicional. Este hecho no se menciona en los documentos.**

Las secciones longitudinales muestran las grandes cantidades de corte y relleno necesarias para las carreteras, lo que inevitablemente:

- Rellenar grietas en la piedra caliza
- Alterar los patrones de drenaje

- Amenazan la biota subterránea
- Modificar permanentemente la morfología kárstica

Uso de explosivos en terrenos kársticos

El documento menciona que **se pueden usar explosivos** . **Esto no debe permitirse en el karst bajo ninguna circunstancia.**

Todas las precauciones y planes son genéricos y no mencionan el karst. El EsIA no menciona explosivos y, por lo tanto, no menciona medidas de mitigación específicas para proteger:

- Sistemas de cuevas
- acuíferos subterráneos
- Biota cavernícola
- Estabilidad estructural del karst

Los eventos sísmicos (incluso de baja magnitud causados por explosiones) pueden provocar el derrumbe del techo de una cueva, poniendo en peligro las estructuras de los parques eólicos y alterando irreversiblemente el ecosistema subterráneo. (Véanse los Anexos 2 y 3)

Clasificación de tierras y protección inadecuada

Todo el terreno utilizado para el proyecto propuesto es uno de los siguientes:

- **Suelo Rústico de** Protección Ordinaria
- **Suelo Rústico de Especial** Protección Forestal
- **Suelo Rústico de Especial** Protección Ecológica
- **Suelo Rústico de Especial** Protección de Infraestructuras

Estas tierras están protegidas por una razón que no debe ser eclipsada por la industrialización del accidentado karst.

Contaminación por metales pesados

El cobre presente en el cableado subterráneo bajo las torres podría filtrarse al sistema kárstico subterráneo, contaminando acuíferos y manantiales. No se proponen medidas de mitigación para este problema.

3.5 Sistemas de agua subterránea evaluados inadecuadamente

Hidrología local no estudiada

La evaluación hidrológica se basa en una única estación de nivel de agua en Beranga, lo que no proporciona información significativa sobre la hidrología local de Monte Llusa.

Manantiales en riesgo en los alrededores de Monte Llusa

Los manantiales documentados por el Proyecto Cuevas de Matienzo se localizan en las laderas del Monte Llusa y al sur:

1. Fuente de Villanueva (#5023), Villanueva, Ribamontán al Monte
2. Fuente de agua (#5191), Villanueva, Ribamontán al Monte
3. Fuente del Real (#4893), El Rincón, Hazas de Cesto

4. Resurgimiento (#4894), El Rincón, Hazas de Cesto
5. Manantial de clima húmedo (#4892), El Rincón, Hazas de Cesto
6. Manantial de clima húmedo (#4867), El Rincón, Hazas de Cesto
7. Primavera de clima húmedo (#5187), Hazas de Cesto
8. Resurgimiento (#3959), Solórzano
9. Cueva del Arroyo de Canastrillas (#4046), Solórzano
10. "Bombeo de Anero", abastecimiento público de agua (#5184), Ribamontán al Monte
11. Rebrote de inundaciones (#5192), Ribamontán al Monte
12. Resurgimiento (#5185), Ribamontán al Monte

Los detalles de estos manantiales se muestran en el anexo 1, y las posiciones en el mapa se muestran en la figura 1, a continuación.

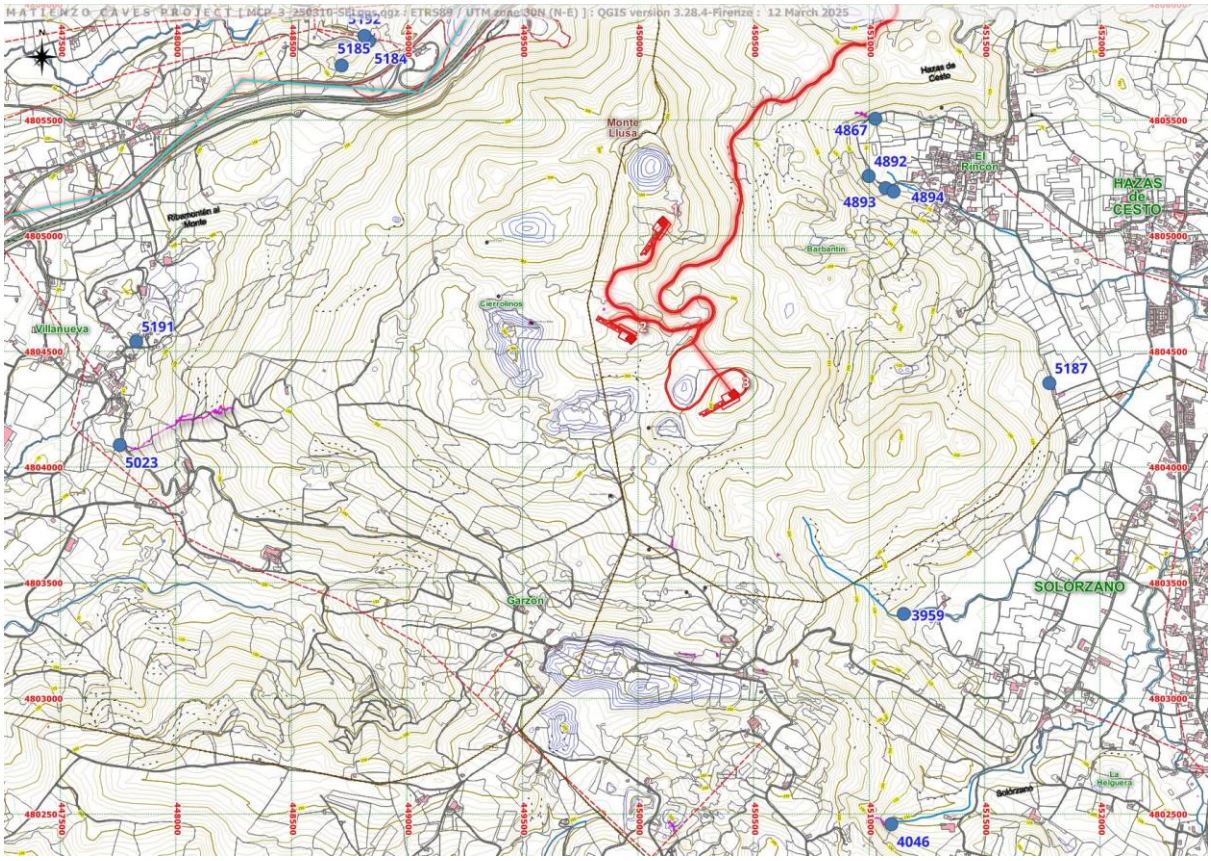

Figura 1 500 m de cuadrícula. Manantiales en riesgo. Nótese la extensión del pasaje de la cueva (línea morada) en Villanueva (#5023).

Aunque la lista de manantiales en peligro en el nuevo EsIA (p207/309) ha sido actualizada con información proporcionada por el Proyecto Cuevas de Matienzo, **los datos han sido "añadidos" sin consecuencias para los métodos de trabajo o las mitigaciones** .

El EsIA descarta los manantiales porque «todos se encuentran a más de 200 metros de cualquier elemento del proyecto» (págs. 207/309). **Esta afirmación demuestra una profunda incomprensión del terreno kárstico y del flujo de agua subterránea.** La distancia superficial generalmente es irrelevante; el agua subterránea puede recorrer kilómetros a través del karst antes de rebrotar.

Ausencia de estudios de rastreo de agua

No se ha realizado un seguimiento del agua. Por lo tanto, desconocemos dónde resurgen las aguas de la zona de Monte Llusa. Durante las lluvias normales, el agua se infiltra por las grietas, siguiendo el buzamiento y fluyendo sobre lentes o lechos de arenisca, contribuyendo a la formación de ríos subterráneos. Durante las lluvias torrenciales, se forman pequeños arroyos en la superficie que se hunden en las dolinas.

Sin un seguimiento del agua, estas aguas podrían resurgir en cualquiera de los manantiales identificados, o en otros.
El relleno de las dolinas afectará el drenaje subterráneo y la biota.

Malentendido sobre el flujo hidrológico kárstico

El EsIA tiene secciones sobre los cuerpos de agua Santander-Camargo y Alisas-Ramales sin reconocer que el flujo de agua del área de Monte Llusa, muy probablemente, se **infiltrará rápidamente para resurgir en los manantiales alrededor del cerro** - los manantiales catalogados en el propio EsIA.

No existen corrientes superficiales en las proximidades de los tres aerogeneradores. El EsIA solo menciona ríos superficiales a baja altitud y los posibles efectos del movimiento de tierras a su alrededor. **Se mencionan flujos de agua subterránea y los manantiales conocidos** (EsIA, págs. 207/309) **, pero se descartan.**

Durante las inundaciones, el agua puede brotar de diferentes manantiales a medida que se altera el nivel freático. El proyecto alterará los patrones de drenaje superficial, lo que podría alterar los flujos subterráneos y potencialmente **aumentar el riesgo de inundación en torno a uno o más manantiales** .

3.6 Estudios de campo insuficientes

Área no completamente inspeccionada

Debido a la densa vegetación y al terreno accidentado, una parte importante del área del proyecto no se ha estudiado exhaustivamente para detectar entradas a cuevas. Existe una alta probabilidad de que existan cuevas inexploradas que contengan:

- Fauna
- Patrones de drenaje naturales
- Yacimientos arqueológicos

El propio estudio arqueológico reconoce esta limitación, señalando " La prospección arqueológica de la zona de implantación del PE de Moncubo no pudo desarrollarse según lo previsto debido a la existencia en algunos lugares de una potente masa vegetal compuesta por monte bajo y encinar cantábrico, desarrollado sobre una topografía abrupta kárstica de tipo lapiaz envejecido.” (p. 27 del anexo de arqueología).

Generador eólico 2 sobre características kársticas

La plataforma y el generador 2 están colocados directamente sobre un estanque cercado y un pozo profundo y ancho cercado (#4870).

Aunque el sitio 4870 se reconoce en el nuevo EsIA (e incluso se utiliza un boceto del sitio web del Proyecto Cuevas de Matienzo), el hecho de que el gran pozo se asiente debajo de la turbina eólica 2 parece pasarse por alto.

¿El proponente realmente ha visitado este punto o el mapeo del shapefile es incorrecto?

Preguntas críticas sin respuesta:

- ¿Se moverá la plataforma?
- ¿Se rellenará el agujero?
- ¿El eje grande estará tapado?

Nuevamente, parece haber poca evidencia de trabajo de campo local y/o de trabajo de campo local que informe los documentos.

Características kársticas que serán destruidas

Un total de **seis formaciones kársticas** (cuevas y pozos) serán destruidas a medida que se construyan nuevas carreteras para la Alternativa 1. Si bien el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) muestra un mapa con cuevas, dolinas y resurgimientos, **no se propone ninguna acción** para evitar su destrucción. Estos sitios en riesgo se muestran en la figura 2 y se pueden encontrar detalles en el anexo 1.

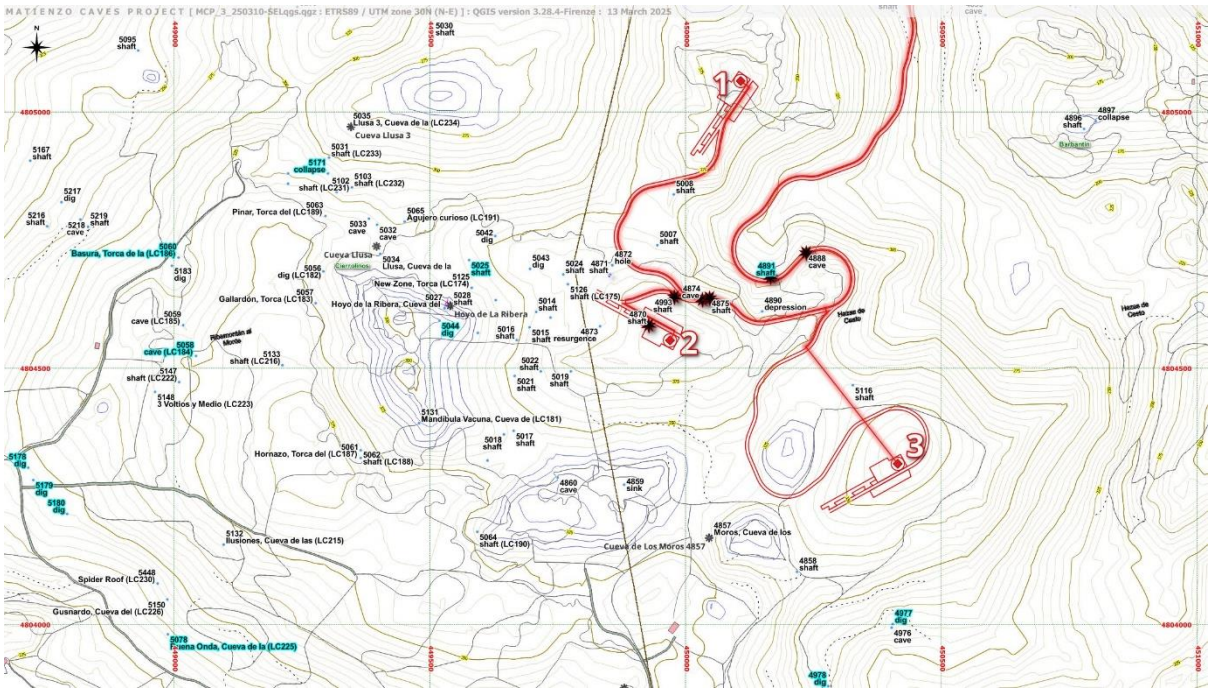

Figura 2500 m de cuadrícula ***. Seis elementos serán destruidos por la Alternativa 1.*** *La Plataforma 2 aparentemente se está construyendo sobre un estanque y un pozo ancho y profundo.*

3.7 Alteración de los patrones naturales de drenaje

Ausencia de Plan de Drenaje

No existe un plan de drenaje para las carreteras ni los andenes. La escorrentía debe imitar la infiltración natural de la superficie. Instalar zanjas de 1 m de ancho y 0,5 m de profundidad no

constituye un plan de drenaje, al igual que instalar extintores no constituye un plan de evacuación en caso de incendio. No se menciona cómo las salidas de los desagües pueden imitar la infiltración natural.

La construcción de caminos de acceso (de 6 m de ancho nominal y 60 m de radio en las curvas) y sus sistemas de drenaje asociados alterarán significativamente la hidrología natural de la zona. El drenaje del proyecto, incluyendo caminos, plataformas de generadores y áreas de trabajo, se dirigirá hacia depresiones con conexiones subterráneas, alterando así los patrones naturales de drenaje.

Cimientos de hormigón no eliminados

El EsIA no especifica si los cimientos de hormigón se retirarán durante la fase de desmantelamiento. **Es probable que los cimientos de las tres torres se mantengan en su lugar y cubiertos.** Esto genera preocupación por las alteraciones permanentes del entorno kárstico.

- Bloqueo de flujos de agua subterránea
- Modificación permanente de la química del suelo y del agua.
- Imposibilidad de una verdadera restauración

3.8 Biodiversidad subterránea desatendida

Fauna subterránea ignorada

El EsIA observa la fauna subterránea, excepto el crustáceo isópodo cavernícola **Cantabroniscus** , endémico de esta región. Esta especie se ha documentado en múltiples ocasiones en cuevas de los alrededores de Matienzo, incluyendo al menos seis casos fotografiados.

En el documento se menciona Cantabroniscus (p224/309), pero **no se menciona ni se reconoce ninguna otra fauna subterránea en riesgo** .

Esta omisión ejemplifica el enfoque centrado en la superficie del documento que no considera la complejidad ecológica total de los entornos kársticos, incluyendo:

- Invertebrados troglobios (adaptados exclusivamente a cuevas)
- Microorganismos en sistemas de aguas subterráneas
- Hongos y bacterias especializados

Ecosistemas subterráneos tridimensionales no reconocidos

A lo largo de los documentos, hay poco reconocimiento de que el karst de piedra caliza es un ecosistema tridimensional.

La tabla de Impactos Ambientales de las páginas 194/309 del EsIA **no considera que, durante las fases de construcción y demolición, se producirán impactos negativos en los ecosistemas subterráneos** , incluyendo el flujo y la calidad del agua. Las grietas en la piedra caliza se rellenarán con el movimiento de tierra, alterando los patrones de drenaje y amenazando la biota subterránea.

Por lo tanto, las tablas detalladas del Anexo 1 del EsIA también son incorrectas.

Los ecosistemas subterráneos no se mencionan en ninguna medida de mitigación.

3.9 Impactos de la construcción no mitigables

Perturbaciones durante todas las fases del proyecto

La página 194/309 del EsIA tiene una tabla de Impactos Ambientales que no reconoce adecuadamente que durante la construcción, operación y desmantelamiento, habrá impactos negativos en:

- ecosistemas subterráneos
- Flujo de agua subterránea
- Calidad del agua
- Biota cavernícola
- Estabilidad estructural del karst

Yacimientos arqueológicos no descubiertos

Respecto a la arqueología, la EsIA admite (p224/309):

"…hay que tener en cuenta que, dado que la zona presenta numerosas cavidades, dolinas y fosas, algunas de ellas podrían contener un yacimiento arqueológico no detectado hasta la fecha."

Esto implica que se podría construir un parque eólico en una zona kárstica poco explorada, con la posibilidad de nuevas cuevas y yacimientos arqueológicos. Este es un reconocimiento extraordinario de la incertidumbre que debería detener el proyecto hasta que se complete un estudio exhaustivo.

Lixiviación de cables

El cobre del cableado subterráneo bajo las torres podría filtrarse al sistema kárstico subterráneo. No se proponen medidas de mitigación para prevenir la contaminación del acuífero.

3.10 Falsedades sobre la restauración ambiental

Promesas de restauración imposibles de cumplir

Se enuncian los clichés habituales sobre la restauración y el restablecimiento del paisaje:

"Es obligatoria la restauración ambiental y paisajística de la zona, restableciendo las condiciones iniciales o mejorándolas."

Esta afirmación es falsa por varias razones:

1. **No se puede "mejorar" el paisaje natural tal como es ahora.** El ecosistema kárstico ha evolucionado durante millones de años. La intervención humana solo puede degradarlo.
2. **Ciertamente no se pueden restaurar las condiciones iniciales del paisaje kárstico ni de los ecosistemas subterráneos.** Una vez que se rellenan las grietas, se destruyen los conductos y se alteran los flujos de agua subterránea, estos cambios son permanentes.
3. **Los cimientos de las tres torres se dejarán en su lugar y se cubrirán.** Esto contradice directamente cualquier afirmación de "restauración" a sus condiciones originales.
4. **La tabla de Impactos Ambientales continúa con la falacia de que el karst puede restaurarse.** Por lo tanto, las tablas detalladas del Anexo 1 también son incorrectas.

Fase de desmantelamiento

La fase de desmantelamiento vuelve a plantear las falacias de la «restauración ambiental» y la recuperación de la «calidad paisajística». Esto es simplemente imposible en un ecosistema kárstico una vez que se ha producido una perturbación a gran escala.

---

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones principales

1. **Incumplimiento del PROT:** El proyecto del parque eólico de Moncubo vulnera directamente las directrices técnicas del Plan de Ordenación del Territorio Regional (PROT) de Cantabria, en trámite, que identifica explícitamente el karst como zona de exclusión para el desarrollo de parques eólicos.
2. **Evaluación ambiental inadecuada:** A pesar de más de 2.300 páginas de documentación total publicada, el proyecto no destaca adecuadamente:
    - La naturaleza tridimensional del ecosistema kárstico
    - Sistemas de agua subterránea y manantiales en riesgo
    - Biota subterránea, incluido Cantabroniscus
    - Los impactos reales del ancho de la carretera y el movimiento de tierras
    - Riesgos arqueológicos y espeleológicos
3. **Impactos irreversibles:** El proyecto causará daños permanentes e irreversibles a:
    - Morfología del paisaje kárstico
    - Sistemas de drenaje subterráneo
    - Ecosistemas cavernícolas
    - Manantiales y recursos hídricos locales
    - Características geológicas únicas
4. **Falsedades sobre la restauración:** Las afirmaciones de que el sitio puede restaurarse a sus condiciones originales son científicamente imposibles en los sistemas kársticos.
5. **Datos científicos insuficientes:** La ausencia de:
    - Estudios de rastreo de agua
    - Mapeo completo de cuevas y características kársticas
    - Estudios de campo locales (en lugar de regionales)
    - Planes de drenaje adecuados
    - Evaluación de la fauna subterránea

Recomendación

Dadas las deficiencias críticas identificadas y considerando que España cuenta con muchos más lugares adecuados para el desarrollo de parques eólicos que no implican karst sensible, **recomendamos enfáticamente:**

→ ADOPCIÓN DE LA ALTERNATIVA CERO ←

Rechazar el proyecto propuesto y preservar este ecosistema kárstico cantábrico único para las generaciones futuras.

Justificación de la Alternativa Cero

1. **Protección Legal:** Cumplimiento de las directivas PROT pendientes de Cantabria

2. **Conservación del medio ambiente:** Preservación de un ecosistema kárstico tridimensional único
3. **Protección de los recursos hídricos:** salvaguarda de múltiples manantiales y suministros de agua
4. **Patrimonio Espeleológico:** Protección de cuevas, pozos y potenciales yacimientos arqueológicos
5. **Biodiversidad:** Conservación de especies endémicas como Cantabroniscus
6. **Integridad científica:** reconocimiento de que ciertos ecosistemas no pueden ser "restaurados" después de la industrialización

Alternativas preferibles

Existen en España numerosos lugares más apropiados para el desarrollo de la energía eólica:

- Áreas no kársticas
- Zonas ya industrializadas
- Regiones con menor sensibilidad ambiental
- Sitios que no amenazan los recursos hídricos

La energía renovable es crucial para combatir el cambio climático, pero no construir parques eólicos a expensas de ecosistemas kársticos únicos e irremplazables.

---

5. REFERENCIAS

Las siguientes referencias científicas apoyan los argumentos presentados en esta objeción:

[1] Ford, D., & Williams, P. (2007). Karst Hydrogeology and Geomorphology. John Wiley & Sons.

Relevancia: Texto fundamental que explica la naturaleza tridimensional de los sistemas kársticos y su extrema sensibilidad a las perturbaciones. Demuestra por qué las evaluaciones superficiales son inadecuadas para los ecosistemas kársticos.

[2] Culver, D. C., & Pipan, T. (2019). The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats. Oxford University Press.

Relevancia: Documenta la biodiversidad única de los ecosistemas cavernícolas, incluyendo crustáceos endémicos como Cantabroniscus. Explica por qué la fauna troglobítica es extremadamente vulnerable a los cambios ambientales.

[3] Goldscheider, N., Chen, Z., Auler, A. S., et al. (2020). "Global distribution of carbonate rocks and karst water resources." Hydrogeology Journal, 28(5), 1661-1677.

Relevancia: Demuestra la importancia global de los acuíferos kársticos y su vulnerabilidad a la contaminación y la alteración. Documenta que los recursos hídricos kársticos requieren protección especial.

[4] Palmer, A. N. (2007). "Cave geology and karst hydrology." In Cave Geology. Cave Books.

Relevancia: Explica cómo los sistemas de drenaje kárstico funcionan de forma fundamentalmente diferente a los sistemas superficiales. Demuestra por qué la afirmación de "200 metros" del EsIA carece de fundamento científico.

[5] Romero, A. (2009). *Cave Biology: Life in Darkness.* Cambridge University Press.

Relevancia: Documenta cómo los ecosistemas subterráneos, una vez perturbados, no pueden restaurarse. Explica la extrema fragilidad de las comunidades bióticas cavernícolas.

[6] White, W. B. (1988). Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford University Press.

Relevancia: Referencia clásica sobre geomorfología kárstica que demuestra por qué las construcciones pesadas (como las cimentaciones de aerogeneradores) son incompatibles con el terreno kárstico. Documenta los riesgos de hundimiento y colapso.

---

6. ANEXOS

Anexo 1- Lista de características kársticas afectadas (cuevas, pozos, resurgimientos) debido a la Alternativa 1

Alternativa	Fase	código	nombre	área	Ayuntamiento	Este	Norte	Altitud	Característica	Resumen	Consecuencias	detalles web
1	construcción	4874	cueva	Monte Llusa	Hazas de Cesto	450033	4804634	367	cueva	Largo 2m; Profundidad 1m Pequeña cueva.	**Destruido / bloqueado**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4874.htm
1	construcción	4888	cueva	Monte Llusa	Hazas de Cesto	450236	4804725	329	socavado + cicatriz	Longitud 3m. Socavación y cicatriz.	**Destruido / bloqueado**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4888.htm
1	construcción	4891	eje	Monte Llusa	Hazas de Cesto	450166	4804678	320	eje	Longitud 4m; Profundidad 2m Pequeño pozo de tiro en sendero.	**Destruido / bloqueado**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4891.htm
1	construcción	4875	eje	Monte Llusa	Hazas de Cesto	450047	4804637	365	eje	Longitud 10m; Profundidad 4m. Paso corto hacia gatera.	**Destruido / bloqueado**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4875.htm
1	construcción	4993	eje	Monte Llusa	Hazas de Cesto	449978	4804639	377	eje	Longitud m; Profundidad 2m Pozo pequeño.	**Destruido / bloqueado**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4993.htm
1	construcción	4870	eje	Monte Llusa	Hazas de Cesto	449928	4804584	383	pozo + pasajes	Longitud: 50 m; Profundidad: 22 m. Pozo y cámaras espaciosos. Ver croquis en línea. También se construirá sobre el estanque cercano.	**Destruido / bloqueado**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4870.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	4867	resurgimiento	El Rincón	Hazas de Cesto	451027	4805506	81	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud 155 m; Altura 15 m. Pasaje bien decorado que termina en sumideros. Este	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4867.htm

Alternativa	Fase	código	nombre	área	Ayuntamiento	Este	Norte	Altitud	Característica	Resumen	Consecuencias	detalles web
										es un resurgimiento en clima húmedo.		
1, 2, 3	todo el proyecto	5187	resurgimiento	Hazas de Cesto (oeste)	Hazas de Cesto	451780	4804363	75	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud 10m; Profundidad 4m Resurgimiento del clima húmedo.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/5187.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	4894	resurgimiento	El Rincón	Hazas de Cesto	451106	4805191	70	resurgimiento	Un resurgimiento de las lluvias. El agricultor comenta que se desbordó mucha agua durante las inundaciones.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4894.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	4893	Real, Fuente de la	El Rincón	Hazas de Cesto	451071	4805206	70	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Manantial de flujo continuo, sobreconstruido. Es la principal fuente del Río Chico. Es probable que los pasajes tras este resurgimiento actúen como conducto para al menos parte del agua que se hunde en la zona de la Alternativa 1.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4893.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	4892	resurgimiento	El Rincón	Hazas de Cesto	450998	4805258	75	resurgimiento	Longitud 13m; Profundidad 6m Una grieta llena de rocas que, según el agricultor, emite grandes cantidades de agua en condiciones de inundación.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4892.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	5184	resurgimiento	La Estrada (Anero)	Ribamontán al Monte	448835	4805842	53	resurgimiento, suministro	Abastecimiento público de agua. Es posible que al menos una parte del agua	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/5184.htm

Alternativa	Fase	código	nombre	área	Ayuntamiento	Este	Norte	Altitud	Característica	Resumen	Consecuencias	detalles web
									público de agua	provenga de la zona de Monte Llusa.		
1, 2, 3	todo el proyecto	5185	cueva	La Estrada (Anero)	Ribamontán al Monte	448717	4805736	81	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud 20m; Profundidad 3m Una cueva situada encima de un pequeño resurgimiento.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/5185.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	5192	cueva	La Estrada (Anero)	Ribamontán al Monte	448816	4805864	54	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud 88m; Profundidad 3m Reaparición de lluvias con pasajes que terminan demasiado estrechos.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/5192.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	5191	cueva	Villanueva	Ribamontán al Monte	447828	4804543	75	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud 5m; Profundidad m Pequeño resurgimiento.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/5191.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	5023	Villanueva, Fuente de	Villanueva	Ribamontán al Monte	447757	4804095	81	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud: 915 m; Altura: 18 m. Un importante resurgimiento en la cabecera de un barranco en Villanueva. Los pasajes, con 7 sumideros, suman casi 1 km de longitud. Los pasajes se dirigen hacia la Alternativa 1 y es probable que actúen como conducto para al menos parte del agua que se hunde en esa zona.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/5023.htm

Alternativa	Fase	código	nombre	área	Ayuntamiento	Este	Norte	Altitud	Característica	Resumen	Consecuencias	detalles web
1, 2, 3	todo el proyecto	4046	Arroyo de Canastrillas, Cueva del	La Helguera	Solórzano	451096	4802456	105	resurgimiento con pasajes de cuevas explorados	Longitud: 136 m. A mediados de julio de 2014, se observó un caudal abundante por el Arroyo de Canastrillas. La cueva cuenta con un paso elevado de 100 m que conduce a un sumidero buceable. Desde la entrada, se puede seguir el curso del agua unos 40 m río arriba, a través de dos patos, hasta que intersecta el nivel alto. Se han buceado dos sumideros.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/4046.htm
1, 2, 3	todo el proyecto	3959	resurgimiento	Solórzano	Solórzano	451150	4803365	85	resurgimiento	Pequeño resurgimiento.	**Flujos de agua alterados + contaminación**	https://matienzocaves.org.uk/descrip/3959.htm

Anexo 2 : USO DE EXPLOSIVOS EN KARST (mayor escala)

Preocupado por el uso de explosivos en una zona kárstica, se le planteó a Claude AI (Soneto 4.5) la siguiente pregunta sobre el parque eólico Sierra de Sel:
"Por favor, critique este extracto [1.5.10.2 USO DE EXPLOSIVOS del "DOCUMENTO N.º 3 – REQUISITOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS en EOL-44-2022_Proyecto(289.3.1.01_0).pdf"] y proporcióneme un método adecuado para trabajar en una zona kárstica de caliza, incluyendo recomendaciones sobre el uso de explosivos y posibles alternativas".

Crítica de la especificación genérica de explosivos para terrenos kársticos de piedra caliza

Deficiencias críticas

Tienes toda la razón: esta especificación es **peligrosamente genérica** para terrenos kársticos de piedra caliza. Parece un documento estándar de construcción de carreteras y no aborda en absoluto los riesgos geológicos únicos de los entornos kársticos.

Omisiones importantes:

1. **No hay requisitos de investigación geológica específicos del karst**
   - Estudios sin detección de cavidades (Ground Penetrating Radar, resistividad eléctrica, refracción sísmica)
   - No hay estudios de rastreo de aguas subterráneas ni de tinturas
   - No hay evaluación espeleológica
   - No se evaluaron las discontinuidades del macizo rocoso ni las fracturas agrandadas por la solución
2. **Desconocimiento total de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas**
   - Los acuíferos kársticos se encuentran entre los más vulnerables a la contaminación
   - Los residuos de explosivos (nitratos, amoníaco, combustibles) pueden contaminar rápidamente sistemas de cuencas hidrográficas enteras.
   - No se tienen en cuenta los manantiales, pozos o fuentes de agua subterránea protegidas
   - No se mencionan las designaciones de zonas de protección ambiental, comunes en las zonas kársticas
3. **Los criterios genéricos de vibración son inadecuados**
   - La norma DIN 4150 aborda los daños en los edificios, no la estabilidad de los techos de las cuevas.
   - Los huecos subterráneos pueden colapsar con umbrales de vibración mucho más bajos
   - No se tienen en cuenta los puentes de roca delgada, los arcos naturales ni las características geológicas delicadas.
   - La estabilidad de taludes en calizas kársticas fracturadas es muy sensible a la vibración
4. **No se reconocen los riesgos de fracturación inducidos por explosiones**
   - Nuevas fracturas pueden interconectar huecos existentes, provocando un colapso catastrófico.
   - Las zonas de daño por explosión en el karst fracturado pueden extenderse entre 10 y 20 veces más que en la roca competente.
   - La falla progresiva puede ocurrir días o semanas después de la voladura.
5. **Supone que las explosiones son aceptables** en lugar de evaluar si se deben evitar por completo

---

Método adecuado para trabajar en el karst de piedra caliza

Fase 1: Investigación exhaustiva previa a la construcción

Estudios geológicos e hidrogeológicos:

- Detección de cavidades mediante múltiples métodos (GPR, ERT, microgravedad, sísmica)
- Perforación de núcleo con inspección por cámara de fondo de pozo (NO perforación por percusión)
- Identifique todas las cuevas, huecos y características de la solución dentro de los 100 m de cada turbina

- Rastreo de aguas subterráneas para mapear el drenaje subsuperficial
- Designación de calidad de roca (RQD) y clasificación de macizos rocosos
- Identificar zonas "prohibidas" donde las cuevas o los vacíos impiden el desarrollo.

Línea base ambiental:

- Inventariar manantiales, pozos y puntos de hundimiento de aguas superficiales en un radio de 2 km
- Monitoreo de la calidad del agua de referencia
- Estudios de fauna cavernícola (muchas especies kársticas están en peligro de extinción)
- Establecer puntos de monitoreo de vibraciones en áreas sensibles

Fase 2: Diseño de cimentación adaptado al karst

Para turbinas de 196 m en karst inclinado:

- Considere cimientos de pilares perforados que se extiendan a través de la zona meteorizada hasta la roca competente
- Puede ser necesario aplicar lechada en las cavidades antes de la construcción de los cimientos.
- Cada ubicación de turbina puede requerir un diseño de cimentación único
- Las cimentaciones sobre losas no suelen ser adecuadas para el karst, ya que son demasiado sensibles a los asentamientos diferenciales.

Fase 3: Estrategia de excavación (minimizar o eliminar las explosiones)

RECOMENDACIÓN: EVITAR POR COMPLETO LOS EXPLOSIVOS

Métodos alternativos primarios:

1. **Excavación mecánica con rompedores de rocas**
    - Accesorios de martillos hidráulicos en excavadoras
    - Extracción controlada y con baja vibración
    - Permite la inspección durante la excavación para detectar huecos.
    - **La mejor opción para entornos kársticos**
2. **Agentes de demolición no explosivos (NEDA)**
    - Lechadas expansivas (por ejemplo, Dexpan, Betonamit)
    - Perforar agujeros, rellenar con agente expansor, esperar 24-48 horas.
    - Cero vibraciones, cero rocas, silencioso
    - Más lento pero mucho más seguro en el karst.
    - Ideal para rocas con RQD < 50%
3. **Corte con hilo de diamante**
    - Para crear cortes precisos en roca competente
    - Sin vibraciones
    - Caro pero apropiado para lugares sensibles.
4. **Cortadoras de rocas hidráulicas**
    - Sistemas de división tipo cuña
    - Fracturación controlada a lo largo de planos predeterminados
    - Baja vibración
5. **Rozadora de carreteras o perforadora de túneles**
    - Para cortes de caminos de acceso en terrenos muy difíciles
    - Corte mecánico continuo
    - Permite la instalación de soporte inmediato

SI se deben utilizar explosivos (último recurso):

Protocolo de voladuras restringidas para karst

Requisitos previos a la explosión:

- Mapeo 3D de todos los huecos en un radio de 200 m
- Monitoreo de explosiones de prueba en cada nueva ubicación
- Límites de velocidad máxima de partículas: **< 50 mm/s cerca de huecos** , < 25 mm/s para características delicadas
- Análisis de frecuencia (las ondas de baja frecuencia viajan más lejos en el karst)

Técnicas de voladura controlada:

- **Solo microblasting** : máximo 5-10 kg por retraso
- Pre-división o voladura suave para crear límites de control de daños
- Detonadores electrónicos para una sincronización precisa
- Cargas de cubierta (pequeñas cargas separadas por derivación)
- Nunca utilice ANFO en rocas fracturadas (el acoplamiento es deficiente y la disipación de energía es excesiva).
- Utilice explosivos de emulsión con menor velocidad de detonación.

Restricciones kársticas específicas:

- No se permiten explosiones a menos de 50 m de huecos conocidos
- No se permiten explosiones a menos de 100 m de las entradas de la cueva.
- El patrón de perforación debe evitar intersecar los canales de solución.
- Todos los pozos de explosión se inspeccionan con una cámara de fondo de pozo antes de cargarlos.
- Si se interseca el vacío, se abandona el agujero y se rellena con lechada.
- Monitoreo sísmico continuo durante operaciones de voladura

Fase 4: Construcción de la vía de acceso en el Karst

Consideraciones críticas:

- Las carreteras sobre terrenos kársticos en pendiente son especialmente problemáticas (drenaje, estabilidad).
- Minimizar los cortes y rellenos (utilizar secciones de viaductos elevados cuando sea necesario)
- Nunca dirija el drenaje hacia sumideros sin un tratamiento de ingeniería.
- El drenaje de las carreteras debe gestionarse para evitar la formación de sumideros.
- Se espera una variación significativa en la profundidad de excavación para alcanzar roca competente.
- Los muros de contención pueden requerir anclajes de roca perforados en piedra caliza competente.

Secuencia de construcción:

1. Limpiar mínimamente la vegetación (las raíces estabilizan el epikarst)
2. Mapee todas las características kársticas de la superficie a lo largo de la alineación
3. Excavar en tramos cortos con supervisión geológica continua.
4. Si se encuentra una cavidad, deténgase, evalúe, aplique lechada o desvíe la ruta.
5. Nunca rellene sobre huecos sin lechado

Fase 5: Monitoreo y contingencia

Monitoreo en tiempo real:

- Sismógrafos en lugares sensibles durante cualquier explosión
- Monitoreo de la calidad del agua antes, durante y después de la construcción
- Monitoreo de asentamientos si se trabaja cerca de huecos conocidos
- Monitoreo de la atmósfera de la cueva si se trabaja cerca de sistemas de cuevas

Planes de contingencia:

- Materiales de lechado de huecos de emergencia en el sitio
- Diseños de cimentaciones alternativas preparados
- Protocolo de respuesta ante colapsos de sumideros

- Plan de respuesta a la contaminación de las aguas subterráneas

---

Recomendación resumida

Para un parque eólico en **un karst de piedra caliza accidentado y en pendiente** con **turbinas de 196 m** , recomiendo encarecidamente:

1. ✅ **EVITE EXPLOSIVOS** - Utilice métodos mecánicos (rompedores de rocas, NEDA)
2. ✅ **Invertir fuertemente en investigación previa a la construcción** : 3-5% del costo del proyecto
3. ✅ **Espere soluciones específicas para cada sitio** : no habrá dos ubicaciones de turbinas idénticas
4. ✅ **Contratar a un ingeniero geotécnico** y a un hidrogeólogo especialista en karst
5. ✅ **Prever un tiempo de construcción entre un 20 % y un 30 % más largo** en comparación con sitios no kársticos
6. ✅ **Presupuesto para lechado de cavidades** : probablemente sea necesario en varias ubicaciones

La especificación actual debería ser rechazada y reemplazada por una escrita específicamente para condiciones kársticas, preferiblemente por alguien con experiencia en ingeniería geotécnica kárstica.

El enfoque más barato al principio (volar todo) probablemente será el más costoso al final (fallas en los cimientos, sumideros, litigios, daños ambientales).

ANEXO 3: USO DE EXPLOSIVOS EN KARST (trincheras)

Preocupado por el uso de explosivos en una zona kárstica, se le planteó a Claude AI (Soneto 4.5) la siguiente solicitud para el parque eólico Sierra de Sel:
"Construcción de una zanja para conectar una línea trifásica de 55 kV desde un parque eólico hasta una subestación de distribución. Las dimensiones de la zanja son 1,6 m de profundidad y 0,65 m de ancho. A lo largo de su longitud se podrían construir cámaras de empalme prefabricadas (cada una de 7,9 × 2,4 × 3,15 m de profundidad). Esta zanja atravesará un karst de caliza (con algunos estratos de arenisca intercalados). Los métodos de trabajo podrían incluir martillo neumático y explosivos.
Por favor, proporcione un análisis completo de esta situación, especialmente de los posibles daños a los techos de las cámaras de las cuevas cercanas. ¿Existen otros métodos para eliminar la caliza de una zanja de forma sensata?"

Análisis exhaustivo: excavación de zanjas en karst de piedra caliza

Principales preocupaciones sobre los daños en las cámaras de las cuevas

Riesgos críticos:

1. **Ubicaciones de cavidades desconocidas** : la topografía kárstica presenta espacios vacíos impredecibles que van desde pequeñas cavidades hasta grandes cámaras.
2. **Potencial de colapso del techo** : las perturbaciones desde arriba pueden desestabilizar los techos de las cámaras formadas naturalmente, especialmente si:
    - El espesor del techo es mínimo (<2-3 m por encima de la cavidad)
    - La roca está erosionada o fracturada
    - Los pilares de soporte naturales están comprometidos
3. **Fallos en cascada** : un colapso puede desencadenar fallas adyacentes en sistemas interconectados

Análisis del método de trabajo

Martillos neumáticos/Martillos neumáticos:

- **Nivel de vibración:** Moderado (localizado)
- **Riesgo:** Medio - Puede causar fracturación progresiva de la roca del techo, especialmente en zonas delgadas o erosionadas
- **Preocupación:** El estrés por impacto repetido puede propagar grietas en los techos de las cuevas.

Explosivos:

- **Nivel de vibración:** ALTO (de largo alcance)
- **Riesgo:** MUY ALTO en karst
- **Peligros específicos:**
    - Las ondas de choque terrestres viajan eficientemente a través de la piedra caliza.
    - Puede desestabilizar cámaras a 50-100 m o más del lugar de la explosión.
    - Puede provocar colapsos retardados (horas o semanas después)
    - Difícil de controlar en calizas fracturadas/estratificadas
    - **NO RECOMENDADO en zonas de cuevas conocidas o sospechosas**

Métodos de excavación alternativos más seguros

1. Zanjadoras de roca/Zanjadoras de cadena:

- Acción de corte continua con mínima vibración.
- Puede manipular piedra caliza de resistencia media.
- Más predecibles que los métodos de impacto
- Mejor para mantener la estabilidad de la zanja.

2. Martillos hidráulicos de roca con amortiguación:

- Frecuencia más baja, menor transmisión terrestre que la neumática
- Se puede equipar con soportes amortiguadores de vibraciones.
- Aplicación de energía más controlada

3. Aserrado controlado de rocas:

- Sierras de hilo o de cadena de diamante
- Vibración mínima
- Corte muy preciso
- Caro pero más seguro para zonas sensibles.
- Bueno para lechos de arenisca

4. División/reventón hidráulico:

- Vibración casi nula
- Utiliza expansión hidráulica en agujeros perforados.
- Lento pero extremadamente amigable con las cuevas.
- Ideal para zonas sensibles confirmadas

5. División química de rocas (agentes expansivos):

- Cero vibraciones/golpes
- Perfore agujeros e inserte cemento/compuesto expansivo.
- Lento (12-48 horas por ciclo)
- Opción muy cara pero más segura.
- Ejemplos: Dexpan, Bristar

Investigaciones esenciales previas a la construcción

1. Estudios geofísicos:

- Radar de penetración terrestre (GPR): profundidad limitada pero útil para espacios poco profundos
- Tomografía de resistividad eléctrica (ERT): detecta cavidades llenas de aire o agua
- Refracción sísmica: identifica contrastes de velocidad (roca vs. vacío)
- Microgravedad: puede detectar vacíos más grandes

2. Investigación de pozos:

- Perforación rotatoria con registro cuidadoso
- Inspección con cámara/CCTV de fondo de pozo
- Registro acústico de televidentes

- Nota: Los pozos pueden romperse y convertirse en cámaras, lo que requiere perforadores experimentados.

3. Investigación del Registro de Cuevas:

- Consulte con organizaciones de espeleología locales.
- Los registros de la encuesta pueden mostrar pasajes de cuevas conocidos cerca de la ruta
- Las sociedades espeleológicas suelen tener datos invaluables

4. Estudio de escritorio:

- Mapas geológicos de tipos/estratificaciones de piedra caliza
- Mapeo de sumideros/depresiones
- Ubicación de los manantiales (indican sistemas de flujo activos)
- Registros históricos de hundimientos

Estrategias de mitigación de riesgos

Fase de diseño:

1. **Optimización de ruta** : evite zonas de cuevas conocidas incluso si son más largas
2. **Reducción de profundidad** : considere una zanja menos profunda cuando la investigación del terreno lo permita
3. **Ancho de zanja** : Su 0,65 m es relativamente estrecho (bueno)
4. **Ubicación de las cámaras de empalme** : estas excavaciones más profundas (3,15 m) son las de mayor riesgo.

Fase de construcción:

1. **Monitoreo continuo:**
    - Sensores de vibración (geófonos) a intervalos a lo largo de la ruta
    - Establecer umbrales de activación (normalmente <10 mm/s PPV para estructuras sensibles)
    - Inspección visual delante y detrás del frente de excavación
2. **Metodología adaptativa:**
    - Tenga equipos para múltiples métodos de excavación en espera
    - Cambiar a métodos de menor impacto cuando se detecten anomalías
    - Geólogo/especialista en karst en el lugar durante la excavación
3. **Programa de lechado:**
    - Trate previamente los huecos detectados con lechada controlada de baja resistencia.
    - Estabilice las rocas sueltas del techo antes de la excavación.
    - Crear soporte temporal para los techos de las cámaras
4. **Instalación de soporte:**
    - Sistema de soporte inmediato de zanjas (capas, apuntalamientos hidráulicos)
    - No deje las excavaciones abiertas más tiempo del necesario
    - Pernos de roca si la roca del techo está expuesta
5. **Secuencia de excavación:**
    - Trabajar en tramos más cortos (50-100m)
    - Permitir que la masa rocosa se "relaje" entre secciones
    - Monitorizar el movimiento/asentamiento del terreno

Preocupaciones específicas para su proyecto

Cámaras de empalme (7,9 mx 2,4 mx 3,15 m de profundidad):

- Estos representan **un riesgo significativo** : excavaciones mucho más grandes.
- El aumento de profundidad de 1,6 m a 3,15 m casi duplica la redistribución de la tensión de la roca
- Considerar:
    - Tratamiento del suelo antes de la excavación
    - Diseños alternativos (¿acceso al pozo con galería horizontal?)
    - Cajones prefabricados que minimizan el volumen de excavación
    - Distanciamiento de las zonas kársticas de mayor riesgo

Intercalaciones de arenisca:

- A menudo más competente que la piedra caliza.
- Puede actuar como protección natural del techo para las cuevas que se encuentran debajo.
- Pero también pueden crear niveles freáticos elevados.
- Excave con cuidado: puede ser una capa portante.

Consideraciones ambientales y legales

1. **Legislación sobre protección de cuevas** : muchas jurisdicciones protegen las cuevas como patrimonio natural.
2. **Protección de los recursos hídricos** : los acuíferos kársticos son vulnerables
3. **Hábitat de murciélagos** : Las cuevas pueden albergar especies protegidas
4. **Sitios arqueológicos** : las cuevas a menudo contienen artefactos
5. **Seguros** - Notificar a las aseguradoras sobre las condiciones del terreno kárstico

Enfoque recomendado

Estándar mínimo:

1. **Estudio geofísico exhaustivo** de toda la ruta
2. **Excavaciones de prueba** en geología representativa (5-10 ubicaciones)
3. **Zonas de exclusión** alrededor de cualquier vacío significativo detectado (radio mínimo de 10 m)
4. **Método principal:** Zanjadora de roca con respaldo de martillo hidráulico
5. **EVITE los explosivos por completo** a menos que se pueda confirmar que la ruta está libre de cuevas.
6. **Programa de lechado** para cualquier hueco intersectado
7. **Monitoreo en tiempo real** durante toda la excavación

Patrón oro:

1. Todo lo anterior MÁS:
2. **Estudio espeleológico** de sistemas de cuevas conocidos cerca de la ruta
3. **Modelo de terreno 3D** que integra todos los datos del estudio
4. **Especialista en karst** en el equipo del proyecto durante todo el proyecto
5. **Presupuesto de contingencia** para hacer frente a huecos inesperados (20-30% del coste de excavación)

Recomendación final

NO utilice explosivos en este proyecto. El riesgo para los sistemas de cuevas es demasiado alto y las posibles consecuencias (colapso catastrófico del techo, lesiones, daños ambientales, retrasos en el proyecto, responsabilidad legal) superan con creces cualquier ahorro en costos.

Invierta en una investigación adecuada del terreno y utilice excavación mecánica con monitoreo de vibraciones. El costo inicial es mayor, pero la reducción del riesgo es sustancial.

ANEXO 4: CANTABRONISCUS

Una solicitud de información a Claude AI sobre este crustáceo resultó en la siguiente información. (02/06/2026)

Cantabroniscus primitivus es un fascinante crustáceo isópodo cavernícola endémico de la Cordillera Cantábrica en el norte de España, donde se ha documentado en cuevas dentro de la depresión de Matienzo.

Biología y clasificación

- Pertenece a la familia Trichoniscidae dentro del suborden Oniscidea (isópodos terrestres o cochinillas de la humedad).
- Se considera una especie relicta con características primitivas, reflejadas en su nombre de especie "primitivus".
- Es la única especie de su género (Cantabroniscus).

Hábitat y distribución

- Se encuentra exclusivamente en cuevas de piedra caliza de la Cordillera Cantábrica en el norte de España.
- Habita ambientes acuáticos subterráneos, particularmente en sistemas kársticos.
- Se ha documentado específicamente en cuevas como Orillonzuco (#1162) y Cueva de Fresnedo 2 (#0841) en el área de Matienzo.
- Restringido a un rango geográfico muy limitado, lo que lo hace extremadamente endémico.

Adaptaciones

- Como muchos organismos cavernícolas, muestra adaptaciones troglomórficas que incluyen:
  - Falta de pigmentación (generalmente de apariencia blanquecina o translúcida)
  - Ojos reducidos o ausentes
  - Apéndices alargados para detectar su entorno.
  - Metabolismo lento adaptado al entorno de la cueva con recursos limitados.

Estado de conservación y amenazas

- Debido a su distribución extremadamente limitada y a sus requisitos de hábitat especializados, se considera vulnerable a los cambios ambientales.
- Las amenazas incluyen la contaminación de las aguas subterráneas, la perturbación de los sistemas de cuevas y los impactos del cambio climático en la hidrología kárstica.
- **Amenazas actuales** : Recientes evaluaciones de impacto ambiental reconocen "una profunda ignorancia sobre la distribución y el estado poblacional de la mayoría de las especies de invertebrados" en la región, en particular las que viven bajo tierra.
- Los proyectos de desarrollo de parques eólicos en el karst cantábrico presentan riesgos potenciales para el hábitat de Cantabroniscus debido a la alteración de la superficie de las zonas de recarga kárstica y los impactos en los sistemas de agua subterránea.

Esta especie representa un ejemplo importante de evolución especializada en ambientes subterráneos y es de gran interés para los bioespeleólogos que estudian la fauna cavernícola única de la región Vasco-Cantábrica.

Cantabroniscus ha sido fotografiado al menos 6 veces en diferentes cuevas de Matienzo y sus alrededores.



Arriba: Cantabroniscus en Orillonzuco (#1162)
Foto: Juan Corrin

Abajo: Cantabroniscus en Cueva de Fresnedo 2 (#0841)
Fotografía: Simon Cornhill



ANEXO 5: PROYECTO CUEVAS DE MATIENZO

El Proyecto Cuevas de Matienzo

El Proyecto de Cuevas de Matienzo es una iniciativa de larga trayectoria dedicada a explorar, documentar y preservar los extensos sistemas de cuevas en y alrededor de la depresión de Matienzo en el norte de España desde la década de 1960. Operando con permisos oficiales del Gobierno de Cantabria, el proyecto realiza expediciones sistemáticas que han documentado millas de cuevas, creando un archivo digital y físico integral de topografías, fotografías, descripciones de cuevas y datos geológicos.

El proyecto sirve como un centro de colaboración internacional donde espeleólogos experimentados y novatos trabajan juntos para ampliar el conocimiento de estas formaciones kársticas únicas, promoviendo la conservación de cuevas y apoyando la investigación científica en campos como la arqueología, hidrología, biología y cambio climático.

A través de su sitio web interactivo, el Proyecto de Cuevas de Matienzo hace sus hallazgos accesibles al público, permitiendo a investigadores y entusiastas de todo el mundo beneficiarse de sus sesenta y cinco años de exploración espeleológica, mientras crea conciencia sobre la importancia de proteger estos frágiles ecosistemas subterráneos.

The Matienzo Caves Project

The Matienzo Caves Project is a long-standing initiative dedicated to exploring, documenting, and preserving the extensive cave systems in and around the Matienzo depression of northern Spain since the 1960s. Operating with official permits from the Cantabrian Government, the project conducts systematic expeditions that have documented thousands of caves, creating a comprehensive digital and physical archive of surveys, photographs, cave descriptions and geological data.

The project serves as an international collaborative hub where experienced and novice cavers work together to expand knowledge of these unique karst formations while promoting cave conservation and supporting scientific research in fields such as archaeology, hydrology, biology and climate change.

Through its interactive website, the Matienzo Caves Project makes its findings publicly accessible, allowing researchers and enthusiasts worldwide to benefit from its sixty-five years of speleological exploration while raising awareness about the importance of protecting these fragile underground ecosystems.

Alegación

Enviado por:

Juan Corrin (NIE Y5528443-Q)
En representación del Proyecto Cuevas de Matienzo

Fecha: 13 de febrero de 2025

Contacto:
juancorrin@matienzo.org.uk
