

### III. OTRAS DISPOSICIONES

## MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

- 14989** *Resolución de 16 de junio de 2023, de la Dirección General del Agua, por la que se publica el Convenio con la Fundación Agustín de Betancourt, para la investigación sobre la aplicación de metodologías de análisis de la auscultación de presas mediante técnicas de inteligencia artificial, en el marco del «Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia -financiado por la Unión Europea- NextGenerationEU».*

Suscrito el 14 de junio de 2023 el Convenio entre el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la Fundación Agustín de Betancourt para la investigación sobre la aplicación de metodologías de análisis de la auscultación de presas mediante técnicas de inteligencia artificial, firmado en el marco del «Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia –financiado por la Unión Europea, NextGenerationEU–», y en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, procede la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» de dicho convenio, que figura como anexo de esta resolución.

Madrid, 16 de junio de 2023.–El Director General del Agua, Teodoro Estrela Monreal.

#### ANEXO

**Convenio entre el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y la Fundación Agustín de Betancourt para la investigación sobre la aplicación de metodologías de análisis de la auscultación de presas mediante técnicas de inteligencia artificial, firmado en el marco del «Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia –financiado por la Unión Europea– NextGenerationEU»**

Madrid, 14 de junio de 2023.

#### REUNIDOS

De una parte, don Teodoro Estrela Monreal, en calidad de Director General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, nombrado por Real Decreto 126/2020, de 21 de enero (BOE n.º 19, de 22 de enero de 2020), actuando por delegación de competencias de la Ministra, según lo dispuesto en el artículo segundo.1.a) de la Orden TED/423/2022, de 10 de mayo, sobre delegación de competencias en la ejecución de los fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia transferidos al Fondo de Restauración Ecológica y Resiliencia, y de acuerdo con las facultades que le atribuye el artículo 66.1 b) de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, y el artículo 5 del Real Decreto 500/2020, de 28 de abril, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y se modifica el Real Decreto 139/2020, de 28 de enero, por el que se establece la estructura orgánica básica de los departamentos ministeriales.

Y, de otra parte, don José Miguel Atienza Riera, en su condición de Patrono Gerente de la Fundación Agustín de Betancourt, según escritura de cese y nombramiento de patronos, revocación de poderes y delegación de facultades, otorgada ante el notario del Ilustre Colegio de Madrid don Fernando de la Cámara García el 11 de mayo de 2022,

con número 834 de su protocolo, y en virtud de las atribuciones que le vienen conferidas por el artículo 26 de los Estatutos de la Fundación, según consta en la escritura de elevación a público de dichos estatutos, otorgada ante el notario del Ilustre Colegio de Madrid don Fernando de la Cámara García el 3 de mayo de 2018, con el número 991 de su protocolo.

Ambas partes se reconocen mutuamente con la capacidad legal necesaria para la firma del presente convenio y

#### EXPONEN

I. Que la Fundación Agustín de Betancourt (en adelante, la FAB) es una fundación cultural privada, de carácter permanente, sin ánimo de lucro, entre cuyos fines fundacionales, de acuerdo con el artículo 5 de sus estatutos, figura el de promover la investigación científica y técnica en el campo de la ingeniería civil.

II. Que, en virtud del artículo 5 del Real Decreto 500/2020, de 28 de abril, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y se modifica el Real Decreto 139/2020, de 28 de enero, por el que se establece la estructura orgánica básica de los departamentos ministeriales, a la Dirección General del Agua (en adelante, la DGA) le corresponden, entre otras, las siguientes funciones:

«[...]

h) La realización, supervisión y control de estudios, proyectos y obras, incluidas las de regulación, y la explotación, el control y conservación de las infraestructuras hidráulicas competencia de la Dirección General y la coordinación de las tareas de control y conservación del dominio público hidráulico por los organismos de cuenca; la inspección y el control de la seguridad; el mantenimiento actualizado del Inventario de presas, así como la elaboración de las recomendaciones técnicas, manuales o normas en relación con la seguridad del proyecto, construcción, explotación y mantenimiento de las obras hidráulicas.

i) El fomento de proyectos que faciliten el ahorro, la gestión de la demanda, la recuperación ambiental de las masas de agua, la eficiencia energética, así como la producción y utilización de energías renovables compatibles con los objetivos ambientales de las masas de agua; la promoción y colaboración en programas de innovación del conocimiento, incluyendo el desarrollo de convenios de colaboración con otros organismos públicos.

[...]».

III. Que la DGA, en el ejercicio de dichas competencias, se encuentra interesada en conocer las posibilidades que ofrecen las técnicas de análisis de datos, basadas en inteligencia artificial a los registros de auscultación de presas, para la mejora en el conocimiento del comportamiento de estas infraestructuras hidráulicas.

IV. Que la FAB, en el ámbito de sus funciones, se encuentra desarrollando una línea de investigación orientada al empleo de modelos basados en *Machine Learning* para la evaluación del comportamiento de presas a través de sus datos de auscultación, y enfocado a la detección temprana de anomalías que puedan evidenciar potenciales problemas; para el mejor desarrollo de este fin, necesita disponer y retroalimentarse de datos reales provenientes de presas en explotación. En este sentido, la DGA, en su necesidad de garantizar la seguridad de presas y embalses, abre nuevos retos y problemáticas a abordar desde la I+D+i, disponiendo para ello de una gran cantidad de datos reales de auscultación y de información contrastada, necesaria para alimentar los modelos de inteligencia artificial.

V. Que la DGA y la FAB manifiestan coincidencia de intereses, al encontrarse la materia de estudio dentro de las funciones de ambos organismos.

VI. Que teniendo en cuenta las cuestiones anteriormente mencionadas, es necesario abordar una serie de trabajos, con una estrecha colaboración entre la DGA y la FAB, que permitan avanzar en la mejora del conocimiento, utilizando para ello las últimas metodologías y herramientas en materia de inteligencia artificial. Durante el desarrollo de estos trabajos, la DGA aportará datos reales de auscultación de un conjunto de presas y participará en el análisis de los resultados y en la definición de criterios de aviso para la evaluación de su aplicabilidad a la explotación y la FAB realizará análisis concretos de la problemática existente mediante técnicas de inteligencia artificial.

En atención a las anteriores consideraciones, ambas partes acuerdan formalizar el presente convenio, que se suscribe en el marco del «Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia –financiado por la Unión Europea, NextGenerationEU–», con arreglo a las siguientes

### CLÁUSULAS

#### Primera. *Objeto del convenio.*

El objeto del presente convenio es establecer las condiciones de colaboración entre las partes, bajo las que se llevará a cabo la investigación sobre la Aplicación de Metodologías de Análisis de la Auscultación de Presas mediante técnicas de Inteligencia Artificial que permitan avanzar en la mejora del conocimiento del comportamiento de las presas.

#### Segunda. *Actuaciones a realizar.*

A) Los trabajos a desarrollar por la FAB en el ámbito del presente convenio son los siguientes:

1. Desarrollo y calibración de modelos predictivos de variables de auscultación.

1.1 Análisis de las presas objeto del convenio de investigación, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.

1.2 Resultados complementarios de modelos expertos, participación en la discusión y elaboración de Informe de interpretación.

1.3 Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.

1.4 Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.

2. Implantación de las presas objeto del convenio de investigación en una aplicación informática que sirva para facilitar la evaluación de las posibilidades que podría proporcionar la metodología objeto de la investigación.

2.1 Participación en la definición y la implementación de criterios de aviso.

2.2 Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación de soporte.

2.3 Por cada presa objeto de este convenio de investigación, adecuación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, su implementación en la granja de modelos y uso de aplicación web.

3. Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.

B) Los trabajos a desarrollar por la DGA en el ámbito del presente convenio serán los siguientes:

1. Analizar, con las confederaciones hidrográficas, la casuística de gestión del parque presístico del Estado que finalizará con la selección de las presas que serán

incluidas en la investigación objeto del convenio de manera que la muestra resulte representativa.

2. Definir las bases a considerar por la FAB en el planteamiento de necesidades y condiciones de partida.

3. Aportar el conocimiento experto en la gestión de la seguridad de las presas, validación de la componente práctica de los planteamientos, análisis crítico de los avances y propuesta de enfoques alternativos cuando la consecución de los objetivos lo requiera.

4. Facilitar los datos necesarios y colaborar en la conexión de las presas objeto de estudio al sistema de evaluación.

5. Participar en la definición de criterios de aviso, aportando la perspectiva del explotador de presas, en la evaluación de los resultados y en la determinación de las posibilidades prácticas de estas metodologías a la gestión de la seguridad de las presas.

La investigación se desarrollará sobre siete (7) presas con el objeto de poder evaluar los resultados sobre diferentes tipologías de presa. La descripción detallada del alcance de los trabajos se recoge en la memoria técnica que constituye el anexo II a este convenio.

#### Tercera. *Seguridad y titularidad de los resultados obtenidos.*

La FAB se compromete a la confidencialidad de la información a la que tenga acceso en el desarrollo del presente convenio y al cumplimiento de todas las obligaciones derivadas de la legislación vigente sobre tratamiento informático de datos de carácter personal y secreto estadístico.

En tal sentido, los datos obtenidos y la utilización de estos quedan restringidos al uso interno de las entidades que suscriben el convenio, para los fines que se deriven de la competencia de cada una de ellas, debiendo adoptar todas las medidas técnicas y organizativas necesarias para garantizar la seguridad de la información y los datos, evitando la alteración, pérdida o acceso no autorizado a los mismos.

La FAB queda obligada igualmente a conservar, debidamente custodiados, los documentos de trabajo y el resto de la información, de manera que se garantice su confidencialidad y se impida su utilización en provecho de terceras personas o la revelación a terceros.

Cualquier uso diferente de estos datos que las partes pretendan realizar, así como la entrega de los mismos a terceros, deberá ser autorizado por la Comisión de Seguimiento señalada en la cláusula séptima del presente convenio, quedando tal acuerdo debidamente documentado.

Los resultados de los trabajos objeto del convenio serán propiedad de los dos organismos que suscriben el mismo. Lo anterior se sobreentiende sin merma del derecho de uso de los resultados por el equipo investigador para fines científicos o docentes, ni del de la DGA para su incorporación a los expedientes o a las pertinentes estadísticas y memorias de actividades.

Lo dispuesto en esta cláusula seguirá siendo de aplicación posteriormente a la finalización del convenio.

#### Cuarta. *Presupuesto.*

El presupuesto de ejecución de las actuaciones definidas en la cláusula segunda, a llevar a cabo de acuerdo con los criterios técnicos establecidos en la memoria técnica que figura en el anexo II del presente convenio, asciende a 604.031,96 euros, cantidad que incluye el IVA del 21 %, y se desglosa en los siguientes conceptos:

1. Desarrollo y calibración de modelos predictivos de variables de auscultación: 366.075,18 euros.

2. Implantación de las presas objeto de estudio en la herramienta informática de soporte: 112.659,05 euros.

3. Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta: 125.297,73 euros.

De esta cifra, la FAB asume la cantidad de 84.069,93 euros mediante la aportación de los siguientes medios propios:

Personal investigador: Dos doctores en materia de seguridad de presas con dedicación parcial al convenio.

Oficinas: Pondrá a disposición del convenio dos puestos equipados con los medios necesarios para el desarrollo de los trabajos previstos.

Dicha cuantía de 84.069,93 euros, correspondiente a la parte de los trabajos sufragados por la FAB, se repartirá en las siguientes anualidades (impuestos incluidos):

Ejercicio 2023: 18.770,84 euros.

Ejercicio 2024: 56.103,09 euros.

Ejercicio 2025: 5.808,00 euros.

Ejercicio 2026: 3.388,00 euros.

La DGA, por su parte, dedicará los medios necesarios para poder atender las actividades indicadas en la Cláusula Segunda, apartado B), del presente convenio.

Dado que los medios humanos y materiales necesarios para el desarrollo de la investigación exceden los recursos propios que pueden ser destinados por ambos organismos, será necesaria la contratación de recursos complementarios que serán implementados a través de la FAB. El Fondo de Restauración Ecológica y Resiliencia, FCPJ (en adelante, el FRER), regulado por el Real Decreto 690/2021, de 3 de agosto, financiará esta parte de los gastos del convenio con cargo a su presupuesto, abonando a la FAB la cantidad de 519.962,03 euros, impuestos en su caso incluidos, que se destinará únicamente a sufragar los gastos de horas de trabajo, materiales y cuantos gastos se incurran en el proceso de investigación hasta la finalización del mismo, sin que pueda existir un excedente para la FAB que pueda considerarse un incentivo o beneficio económico, más allá de los beneficios científicos compartidos entre ambas entidades.

Esta cantidad sufragará los gastos que se ocasionan en los siguientes apartados:

1. Desarrollo y calibración de modelos predictivos de variables de auscultación: 284.861,85 euros.

2. Implantación de las presas objeto de estudio en la aplicación: 109.802,45 euros.

3. Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta: 125.297,73 euros.

Si por otro lado el importe de los gastos en que incurra la FAB fuera superior a la cantidad que financia el FRER, en virtud del presente convenio, en ningún caso tendrá aquélla derecho a exigir cuantía alguna que supere el límite máximo de la cantidad comprometida (519.962,03 euros), de conformidad con lo dispuesto en el artículo 52.2 b) de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

Quinta. *Obligaciones de las partes.*

La FAB se obliga a:

Realizar las actuaciones señaladas en la cláusula segunda, apartado A), de acuerdo con los criterios técnicos establecidos en la Memoria Técnica de Investigación que figura en el anexo II del presente convenio.

Para el correcto desarrollo de los trabajos, la FAB designará un Director de la Investigación, perteneciente al Departamento relacionado con ella y con la adecuada especialización en las materias objeto del presente convenio.

En el plazo de veinte días a partir de la entrada en vigor de este convenio, la FAB elaborará un programa de trabajos para su aprobación por la DGA. En dicho programa se describirán las tareas precisas para la consecución de los objetivos propuestos y se establecerá un calendario orientativo para su realización.

La DGA se obliga a:

Poner a disposición de la FAB la información relativa a las presas objeto del convenio que sea necesaria para la consecución de los objetivos planteados, sin perjuicio de aquellos que pudieran recabarse de otros organismos, respetando lo establecido en la legislación vigente en materia de protección de datos.

Realizar las actuaciones señaladas en la cláusula segunda, apartado B), del presente convenio. Colaborar con la FAB para aportar las sugerencias y explicaciones que sean solicitadas por la misma.

La cuantía de 519.962,03 euros, a abonar por todos los gastos que ocasionen los trabajos definidos en la Cláusula Segunda que no sean sufragados con los medios propios de la FAB o los medios propios de la DGA, se repartirá en las siguientes anualidades (impuestos incluidos):

Ejercicio 2023: 98.566,81 euros.

Ejercicio 2024: 337.863,41 euros.

Ejercicio 2025: 61.157,22 euros.

Ejercicio 2026: 22.374,59 euros

A estos efectos, a la entrada en vigor del convenio, se habilitará el correspondiente importe del presupuesto, iniciándose los trabajos definidos en la cláusula segunda, de acuerdo con el detalle, hitos de pago y cronograma de los mismos que se acompaña como anexo I a este convenio. Una vez efectuados de manera efectiva avances en los trabajos constitutivos de los diferentes hitos de pago, la FAB elaborará facturas por los importes que se acrediten en cada una de las entregas totales o parciales que se realicen hasta cubrir los importes acordados en el citado anexo I.

La realización efectiva de los trabajos correspondientes a los diferentes hitos de pago se justificará mediante la presentación de los respectivos informes de resultados, ya sean parciales o totales, a la Comisión Mixta de seguimiento establecida en la Cláusula Séptima del presente convenio, quien valorará su correcto desarrollo de acuerdo con los criterios técnicos establecidos en la memoria técnica de investigación incluida en el anexo II.

En el caso del hito de pago 3 «Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta», cuya realización es continua a lo largo del tiempo, su abono tendrá carácter bimestral. En este caso la FAB elaborará facturas por los correspondientes importes bimestrales; los trámites precisos para su abono requerirán la valoración favorable del correcto desarrollo de estos trabajos por parte de la Comisión Mixta de seguimiento del Convenio, de acuerdo con los criterios técnicos establecidos en la memoria técnica de investigación incluida en el anexo II.

Recibidas las facturas y la valoración favorable de los trabajos, se realizarán los trámites necesarios para su abono. Las facturas deberán presentarse a través del Registro Electrónico Único (<https://face.gob.es/es>) e irán dirigidas a:

Código DIR Oficina Contable: Oficina Técnica del Fondo de Restauración Ecológica y Resiliencia EA0046967.

Código DIR Órgano Gestor: Oficina Técnica del Fondo de Restauración Ecológica y Resiliencia EA0046967.

Código DIR Unidad Tramitadora: Oficina Técnica del Fondo de Restauración Ecológica y Resiliencia EA0046967.

Sexta. *Consecuencias aplicables en caso de incumplimiento.*

En caso de incumplimiento de las obligaciones y compromisos asumidos por cada una de las partes, cualquiera de ellas podrá notificar a la parte incumplidora un requerimiento para que cumpla en un determinado plazo con las obligaciones o

compromisos que se consideran incumplidos. Este requerimiento será comunicado a la Comisión de Seguimiento.

Las dudas o controversias que surjan entre las partes sobre los efectos, interpretación, modificación o resolución del mismo se intentarán resolver de manera amistosa en el seno de la Comisión de Seguimiento señalada en la cláusula séptima del presente convenio. Si no se llegara a un acuerdo y resulta procedente litigio judicial, ambas partes se someterán a la jurisdicción contencioso-administrativa, de conformidad con el título IV de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-administrativa.

En el caso de que el incumplimiento, o cumplimiento defectuoso, correspondiese a la realización de las actuaciones señaladas en la cláusula segunda del presente convenio, la FAB vendrá obligada a devolver las cantidades que hubiese percibido como pago anticipado o, en caso de no haberlas percibido, las cantidades a abonar quedarán retenidas hasta que, a costa de la FAB, se realicen las actividades precisas para la correcta ejecución de los trabajos objeto del presente convenio.

*Séptima. Seguimiento del convenio.*

Para la instrumentación efectiva de las actividades que conforman el presente convenio y la resolución de cuantas controversias puedan plantearse en el desarrollo y cumplimiento del mismo, se constituirá una Comisión Mixta paritaria formada por dos representantes de cada parte firmante.

La Comisión estará presidida por el titular de la Dirección General del Agua, o persona en quien delegue. La Secretaría de la Comisión, con voz y voto, corresponderá al funcionario de la Dirección General del Agua designado por la persona que ejerza la presidencia.

Las decisiones se tomarán por mayoría. En caso de discrepancia, el voto del presidente de la Comisión tendrá carácter de voto de calidad.

El funcionamiento de dicha Comisión se acogerá a lo dispuesto sobre órganos colegiados en la sección 3.<sup>a</sup> del capítulo II del Título Preliminar de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

La Comisión realizará, además de las recogidas en el artículo 49 f) de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, las siguientes funciones:

- a) Asegurar el seguimiento del convenio y la ejecución de los trabajos.
- b) Garantizar el intercambio de información y la toma de acuerdos entre la DGA y la FAB en todos los aspectos relativos a la ejecución del convenio.
- c) Interpretar las dudas que pudieran surgir en la ejecución del convenio y resolver cuantas cuestiones, incidencias o controversias pudieran plantearse.
- d) Elaborar los criterios para determinar las indemnizaciones en caso de incumplimiento del convenio.
- e) Proponer a los órganos respectivos de decisión, las cuestiones que puedan plantearse en caso de producirse la extinción anticipada.

La Comisión Mixta se reunirá necesariamente en sesión constitutiva en un plazo no superior a un mes desde la entrada en vigor de este convenio. Asimismo, la Comisión se reunirá al menos con una periodicidad semestral para verificar el avance de los trabajos y tantas veces como lo soliciten las partes para analizar el grado de cumplimiento de los objetivos fijados, proponer la resolución de los conflictos específicos de intermediación que pudieran plantearse y realizar cualesquiera otras actuaciones de coordinación que se estimen necesarias.

Los miembros de la Comisión podrán invitar a las sesiones de la misma a los técnicos o expertos que se juzguen convenientes, de acuerdo con la naturaleza de los asuntos a tratar, que tendrán voz, pero no voto en la reunión.

*Octava. Entrada en vigor y plazo de vigencia del convenio.*

El presente convenio tendrá una vigencia de treinta y nueve (39) meses y será eficaz una vez inscrito, en el plazo de cinco días hábiles desde su formalización, en el Registro Electrónico estatal de Órganos e Instrumentos de Cooperación del sector público estatal (REOICO), debiendo asimismo ser publicado, en el plazo de diez días hábiles desde su formalización, en el «Boletín Oficial del Estado» (BOE). Todo ello de conformidad con lo dispuesto en el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

En cualquier momento antes de la finalización del plazo de vigencia previsto, las partes podrán acordar unánimemente su modificación o prórroga.

Cualquier modificación o prórroga deberá seguir la misma tramitación que el convenio original, incluida su inscripción en el REOICO y publicación en el BOE, en cumplimiento del artículo 50.2 y de la disposición adicional séptima de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

*Novena. Extinción del convenio.*

El presente convenio se extinguirá por el cumplimiento de las actuaciones que constituyen su objeto o por incurrir en las siguientes causas de resolución (artículo 51.2 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público):

El transcurso del plazo de vigencia del convenio sin haberse acordado la prórroga del mismo.

Mutuo acuerdo unánime de las partes, sin perjuicio de la subsistencia de las obligaciones ya contraídas a su amparo.

El incumplimiento de las obligaciones y compromisos asumidos por parte de alguno de los firmantes. El ejercicio de esta causa de extinción requerirá el cumplimiento de lo previsto en los artículos 51 y 52 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

Por decisión judicial declaratoria de la nulidad del convenio.

Circunstancias sobrevenidas a la firma del convenio que hicieran imposible o innecesaria la realización de las actuaciones contenidas en él.

Por cualquier otra causa distinta de las anteriores prevista en otras leyes.

De producirse la resolución anticipada del convenio, la Comisión Mixta será la encargada, en función de la causa concreta que la haya motivado, de resolver las cuestiones que pudieran surgir en relación con las actuaciones en curso.

*Décima. Naturaleza del convenio y jurisdicción competente.*

El régimen jurídico aplicable a este convenio es el establecido en el capítulo VI del título preliminar de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, siendo de aplicación asimismo las restantes normas de Derecho Administrativo en materia de interpretación, modificación y resolución de las cuestiones no contempladas en el convenio que se suscribe.

Este convenio tiene naturaleza administrativa y, por consiguiente, los litigios que se puedan presentar en su interpretación y ejecución se resolverán por la vía de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa, de conformidad con la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de dicha Jurisdicción, siendo competente la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de Madrid.

Asimismo, este convenio está excluido del ámbito de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE, de 26 de febrero de 2014, de conformidad con el artículo 6.2 de dicha ley.

Y siendo conformes con su contenido, las partes intervinientes firman el presente convenio en el lugar y fecha citados en el encabezamiento.–Por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la Vicepresidenta Tercera del Gobierno y Ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, P. D. (Orden TED/423/2022, de 10 de mayo), el Director General del Agua, Teodoro Estrela Monreal.–Por la Fundación Agustín de Betancourt, el Patrono Gerente, José Miguel Atienza Riera.

## ANEXO I

Hitos de pago		Anualidad (sin IVA)				Subtotales (sin IVA) – Euros
		2023 – Euros	2024 – Euros	2025 – Euros	2026 – Euros	
HITO 1	Desarrollo y calibración de modelos predictivos de variables de auscultación en las siete presas.					235.423,02
	SUBHITO 1.1-(1) Análisis de la presa 1, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.	15.726,88				
	SUBHITO 1.2-(1) Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación en presa 1.	2.669,94				
	SUBHITO 1.3-(1) Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados en presa 1.	4.812,92				
	SUBHITO 1.4-(1) Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados en presa 1.	10.422,12				
	SUBHITO 1.1-(2) Análisis de la presa 2, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.	15.726,88				
	SUBHITO 1.2-(2) Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación en presa 2.	2.669,94				
	SUBHITO 1.3-(2) Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados en presa 2.	4.812,92				
	SUBHITO 1.4-(2) Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados en presa 2.	10.422,12				
	SUBHITO 1.1-(3) Análisis de la presa 3, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.		15.726,88			

Hitos de pago			Anualidad (sin IVA)				Subtotales (sin IVA) - Euros
			2023 - Euros	2024 - Euros	2025 - Euros	2026 - Euros	
SUBHITO 1.2-(3)	Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación en presa 3.		2.669,94				
SUBHITO 1.3-(3)	Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados en presa 3.		4.812,92				
SUBHITO 1.4-(3)	Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados en presa 3.		10.422,12				
SUBHITO 1.1-(4)	Análisis de la presa 4, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.		15.726,88				
SUBHITO 1.2-(4)	Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación en presa 4.		2.669,94				
SUBHITO 1.3-(4)	Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados en presa 4.		4.812,92				
SUBHITO 1.4-(4)	Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados en presa 4.		10.422,12				
SUBHITO 1.1-(5)	Análisis de la presa 5, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.		15.726,88				
SUBHITO 1.2-(5)	Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación en presa 5.		2.669,94				
SUBHITO 1.3-(5)	Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados en presa 5.		4.812,92				
SUBHITO 1.4-(5)	Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados en presa 5.		10.422,12				
SUBHITO 1.1-(6)	Análisis de la presa 6, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.		15.726,88				
SUBHITO 1.2-(6)	Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación en presa 6.		2.669,94				
SUBHITO 1.3-(6)	Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados en presa 6.		4.812,92				
SUBHITO 1.4-(6)	Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados en presa 6.		10.422,12				

Hitos de pago		Anualidad (sin IVA)				Subtotales (sin IVA) - Euros
		2023 - Euros	2024 - Euros	2025 - Euros	2026 - Euros	
	SUBHITO 1.1-(7)		15.726,88			
	SUBHITO 1.2-(7)		2.669,94			
	SUBHITO 1.3-(7)		4.812,92			
	SUBHITO 1.4-(7)		10.422,12			
HITO 2	Implantación de las presas objeto de estudio en la aplicación en las siete presas.					90.745,83
	SUBHITO 2.1-(1)	1.779,96				
	SUBHITO 2.2-(1)	3.278,86				
	SUBHITO 2.3-(1)	7.904,87				
	SUBHITO 2.1-(2)		1.779,96			
	SUBHITO 2.2-(2)		3.278,86			
	SUBHITO 2.3-(2)		7.904,87			
	SUBHITO 2.1-(3)		1.779,96			
	SUBHITO 2.2-(3)		3.278,86			
	SUBHITO 2.3-(3)		7.904,87			
	SUBHITO 2.1-(4)		1.779,96			

Hitos de pago		Anualidad (sin IVA)				Subtotales (sin IVA) - Euros
		2023 - Euros	2024 - Euros	2025 - Euros	2026 - Euros	
SUBHITO 2.2-(4)	Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo en presa 4.		3.278,86			
SUBHITO 2.3-(4)	Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web en presa 4.		7.904,87			
SUBHITO 2.1-(5)	Definición e implementación de criterios de aviso en presa 5.		1.779,96			
SUBHITO 2.2-(5)	Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo en presa 5.		3.278,86			
SUBHITO 2.3-(5)	Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web en presa 5.		7.904,87			
SUBHITO 2.1-(6)	Definición e implementación de criterios de aviso en presa 6.		1.779,96			
SUBHITO 2.2-(6)	Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo en presa 6.		3.278,86			
SUBHITO 2.3-(6)	Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web en presa 6.		7.904,87			
SUBHITO 2.1-(7)	Definición e implementación de criterios de aviso en presa 7.		1.779,96			
SUBHITO 2.2-(7)	Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo en presa 7.		3.278,86			
SUBHITO 2.3-(7)	Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web en presa 7.		7.904,87			
HITO 3	Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.	1.232,76	33.284,52	50.543,16	18.491,40	103.551,84
	Total (sin IVA).	81.460,17	279.225,96	50.543,16	18.491,40	429.720,69
	IVA (21 %).	17.106,64	58.637,45	10.614,06	3.883,19	90.241,34
	Total (con IVA).	98.566,81	337.863,41	61.157,22	22.374,59	519.962,03

## Cronograma de actividades

Presa 1	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Meses 6 al 27	Meses 28 al 39
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.	█	█	█				
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.	█	█	█				
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.	█	█	█				
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.	█	█	█				
Definición e implementación de criterios de aviso.				█	█		
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.				█	█		
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.				█	█		
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.						█	█

Presa 2	Meses 1 y 2	Meses 3 y 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Meses 8 al 29	Meses 30 al 39
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.		█	█				
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.		█	█				
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.		█	█				
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.		█	█				
Definición e implementación de criterios de aviso.				█	█		
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.				█	█		
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.				█	█		
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.						█	█

Presa 3	Meses 1 al 4	Meses 5 y 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Meses 10 al 31	Meses 32 al 39
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.							
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.							
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.							
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.							
Definición e implementación de criterios de aviso.							
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.							
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.							
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.							

Presa 4	Meses 1 al 6	Meses 7 y 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Meses 12 al 33	Meses 34 al 39
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.							
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.							
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.							
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.							
Definición e implementación de criterios de aviso.							
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.							
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.							
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.							

Presa 5	Meses 1 al 8	Meses 9 y 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Meses 14 al 35	Meses 36 al 39
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.							
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.							
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.							
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.							
Definición e implementación de criterios de aviso.							
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.							
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.							
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.							

Presa 6	Meses 1 al 10	Meses 11 y 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Meses 16 al 37	Meses 38 y 39
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.							
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.							
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.							
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.							
Definición e implementación de criterios de aviso.							
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.							
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.							
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.							

Presa 7	Meses 1 al 12			Meses 13 y 14			Mes 15			Mes 16			Mes 17			Meses 18 al 39		
Análisis de las presas objeto de estudio, establecimiento de variables objetivo, pretratamiento de datos y creación de variables sintéticas, análisis de la estructura del conjunto de registros y desarrollo de modelos individuales de predicción y elaboración de Informe de resultados.																		
Resultados complementarios de modelos expertos y elaboración de Informe de interpretación.																		
Análisis de tendencias y elaboración de Informe de resultados.																		
Desarrollo de comités de expertos y elaboración de informe de resultados.																		
Definición e implementación de criterios de aviso.																		
Desarrollo del sistema de conexión e importación de datos desde las presas a la aplicación operativo.																		
Implementación de algoritmos específicos para el tratamiento de nuevos datos y generación automática de variables sintéticas, implementación de granja de modelos y uso de aplicación Web.																		
Operación, mantenimiento y soporte de la herramienta.																		

Meses	Mes 1 - Euros	Mes 2 - Euros	Mes 3 - Euros	Mes 4 - Euros	Mes 5 - Euros	Mes 6 - Euros	Mes 7 - Euros
Total mensual (con IVA).	0,00	0,00	40.694,55	0,00	57.872,26	0,00	59.363,90
Total acumulado (con IVA).	0,00	0,00	40.694,55	40.694,55	98.566,81	98.566,81	157.930,71

Meses	Mes 8 - Euros	Mes 9 - Euros	Mes 10 - Euros	Mes 11 - Euros	Mes 12 - Euros	Mes 13 - Euros	Mes 14 - Euros
Total mensual (con IVA).	0,00	60.855,53	0,00	62.347,18	0,00	63.838,81	0,00
Total acumulado (con IVA).	157.930,71	218.786,24	218.786,24	281.133,42	281.133,42	344.972,23	344.972,23

Meses	Mes 15 - Euros	Mes 16 - Euros	Mes 17 - Euros	Mes 18 - Euros	Mes 19 - Euros	Mes 20 - Euros	Mes 21 - Euros
Total mensual (con IVA).	65.330,45	0,00	26.127,54	0,00	10.441,48	0,00	10.441,48
Total acumulado (con IVA).	410.302,68	410.302,68	436.430,22	436.430,22	446.871,70	446.871,70	457.313,18

Meses	Mes 22 - Euros	Mes 23 - Euros	Mes 24 - Euros	Mes 25 - Euros	Mes 26 - Euros	Mes 27 - Euros	Mes 28 - Euros
Total mensual (con IVA).	0,00	10.441,48	0,00	10.441,48	0,00	10.441,48	0,00
Total acumulado (con IVA).	457.313,18	467.754,66	467.754,66	478.196,14	478.196,14	488.637,62	488.637,62

Meses	Mes 29 - Euros	Mes 30 - Euros	Mes 31 - Euros	Mes 32 - Euros	Mes 33 - Euros	Mes 34 - Euros	Mes 35 - Euros
Total mensual (con IVA).	8.949,82	0,00	7.458,19	0,00	5.966,56	0,00	4.474,92
Total acumulado (con IVA).	497.587,44	497.587,44	505.045,63	505.045,63	511.012,19	511.012,19	515.487,11

Meses	Mes 36 - Euros	Mes 37 - Euros	Mes 38 - Euros	Mes 39 - Euros
Total mensual (con IVA).	0,00	2.983,28	0,00	1.491,64
Total acumulado (con IVA).	515.487,11	518.470,39	518.470,39	519.962,03

## ANEXO II

### Memoria Técnica

#### 1. Desarrollo y alcance de los trabajos de investigación.

Los trabajos para el desarrollo de la investigación se estructurarán en los siguientes grupos:

##### 1.1 Recepción, clasificación y análisis de la información de partida.

El primer trabajo consistirá en la recepción, clasificación y análisis de la información proporcionada por la Dirección General del Agua con el fin de desarrollar un conocimiento suficiente de las presas objeto de estudio, así como de las variables auscultadas, las calidades de los datos, y el modo de registro, de transmisión y de almacenamiento de la información. Se analizarán con especial énfasis los siguientes aspectos:

Documento XYZT de las presas objeto de estudio: para conocer sus características y eventos más relevantes de su historia.

Sistemas de auscultación: aparatos que lo componen, precisiones de los mismos, estado de conservación/calibración, actuaciones realizadas sobre ellos, modo de registro, y modo de transmisión de la información y de su almacenamiento.

Datos de auscultación: variables registradas, frecuencia y cantidad de registros, valores atípicos, huecos en las series.

La información recibida se archivará de un modo organizado para su uso eficiente durante el desarrollo de los trabajos.

##### 1.2 Pretratamiento de los datos.

Se realizará el tratamiento previo de los datos para la obtención de series hábiles para ser tratadas por métodos de aprendizaje automático.

Se realizarán los siguientes trabajos sobre las series de datos proporcionadas:

Análisis de formatos: se revisará en las series de datos la homogeneidad de formatos, de los sistemas de unidades, y la categoría de los datos.

Análisis de la periodicidad de los datos: se analizará la cadencia temporal de los registros realizados. Los modelos de datos se basan en los registros de una serie de variables representativas de una determinada situación puntual. En ocasiones, las variables de auscultación se toman en fechas diferentes y, en función de la «distancia» entre registros y la variabilidad de los mismos, se pueden considerar como

representativos de una misma situación o no. Esta evaluación llevará a obtener estas series de registros representativos.

Identificación de atípicos: al igual que en el caso anterior, debido a fallos de lectura, de calibración del aparato, errores humanos u otros motivos, registros concretos de algunas variables pueden ser erróneos proporcionando un dato muy alejado de la realidad. La identificación de estos valores se puede realizar mediante técnicas estadísticas. Una vez identificados estos valores, en primer lugar se analizan y se comprueba si se trata de un error claramente identificable (omisión del símbolo decimal, cambio de unidades...); en este caso, se puede corregir el dato y ser usado en los análisis. En caso contrario, se elimina el dato de la serie.

Análisis de huecos en las series: debido a fallos de aparatos, de comunicación, humanos o de cualquier otra índole, es común que las series de datos presenten huecos en alguna o varias de sus variables. El tratamiento a proporcionar dependerá de su número, tamaño o coincidencia entre huecos de diversas variables. Este trabajo se centrará en la caracterización de las series en lo que a los tipos de hueco se refiere.

Análisis de la variabilidad de los datos: tiene como objetivo evaluar el modo de variación de los datos y cruzarlo con la duración de los huecos con el fin de evaluar si es posible plantear un rellenado de huecos en las diferentes series y, en ese caso, qué metodología será más adecuado aplicar para realizar dicho relleno.

Relleno de huecos: una vez analizadas las opciones de relleno se procederá a la aplicación de las metodologías seleccionadas en cada caso.

Creación de series sintéticas: la respuesta de la presa a las variaciones de las solicitudes se observa, por lo general, diferida en el tiempo. Se observan inercias y se ha podido observar cómo series causales formadas a partir de medias móviles de diferentes periodos presentan una mayor relación con la respuesta de la presa en diferentes aparatos de medida. Se generarán, a partir de las series de variables causales (nivel, temperatura, precipitación), series sintéticas de medias móviles, velocidades de variación o valores agregados en diferentes periodos de las mismas. Para variables de comportamiento, se generarán series autorregresivas de diferentes tipos y periodos.

El resultado de esta tarea será la generación de la base de datos necesaria para la alimentación de los modelos.

Las transformaciones y operaciones realizadas sobre los datos brutos de cada presa serán programadas para poder automatizar la carga de los registros a partir de los nuevos datos que se vayan obteniendo e introduciendo en la aplicación, de manera que la base de datos se mantenga permanentemente actualizada y lista para ser empleada en los diferentes algoritmos desarrollados.

### 1.3 Análisis de la estructura del conjunto de registros.

La precisión de los modelos basados en datos depende, fundamentalmente, de la cantidad y calidad de los mismos. Cuanto más representada se encuentre una situación en el conjunto de datos, tanto mejor será la predicción en condiciones similares.

Se investigará la posibilidad de establecer un índice de confianza de la predicción en función de la densidad de representación de los diferentes registros de la serie. De esta manera, esta densidad permitiría evaluar la confianza, o el grado de incertidumbre, en el resultado de la predicción de cada registro particular más allá del error general medido del método.

### 1.4 Desarrollo y calibración de modelos predictivos.

Una vez se disponga de la información de partida, el siguiente paso será la aplicación de metodologías de predicción de variables del sistema de auscultación basadas en los datos de comportamiento proporcionados por la presa a lo largo de su historia.

Se emplearán modelos predictivos, tanto estadísticos, como los basados en regresiones lineales múltiples (HST), como basados en Inteligencia Artificial como son

las redes neuronales (NN), redes bayesianas (BN), máquinas de soporte vector (SVM), bosques aleatorios (RF) o boosted regression trees (BRT) y se evaluarán los modelos que proporcionen mayor precisión y robustez para su empleo en fases posteriores de la investigación.

Teniendo en cuenta que el comportamiento de las presas evoluciona con el tiempo, cabe esperar que los modelos calibrados con una determinada cantidad de datos sean válidos durante un determinado periodo de tiempo, perdiendo gradualmente precisión hasta ser necesario un recalibrado de los mismos. Este recalibrado, en función de la evolución del comportamiento, podría resultar más preciso añadiendo años más recientes y eliminando comportamientos anteriores que pueden empeorar el resultado. Será, por lo tanto, objeto de la investigación, evaluar, en base a las presas seleccionadas como casos piloto, criterios para la selección de los periodos más adecuados para el calibrado de los modelos y la estimación del periodo de validez de cada calibración, que podrá variar de unos modelos a otros.

Igualmente, cada modelo puede proporcionar su mejor aproximación a partir de un conjunto de variables diferente del adecuado para otros, por lo que también será objeto de investigación la determinación de las variables más adecuadas de alimentación de los diferentes modelos.

Para la evaluación de la precisión obtenida por cada modelo (validación), se reservarán una serie de datos que no verán los modelos en ningún momento durante su periodo de calibración, evitando así sobre-entrenamientos que proporcionen falsos buenos resultados.

El resultado de esta actividad será una serie de modelos predictivos para cada una de las variables seleccionadas, las precisiones asociadas a cada modelo predictivo para cada variable y la estimación del periodo de validez de cada modelo antes de su recalibrado.

#### 1.5 Interpretación de los resultados obtenidos de los modelos predictivos.

Más allá de la determinación de la precisión en la predicción que se pueda obtener con estos tipos de modelos del comportamiento de las presas, se busca conocer qué tipo de información adicional con sentido práctico y útil para el control cotidiano de la seguridad de las presas se puede obtener de este tipo de algoritmos. Se analizará la utilidad práctica del empleo de estas metodologías en la obtención de información acerca de:

Qué variables son las que más influyen en los valores registrados en los aparatos de auscultación. Más allá de los resultados que se obtienen de los análisis de componentes principales, los modelos de aprendizaje automático permiten conocer las relaciones internas entre variables y evaluar la intensidad de estas relaciones. Esto permitirá realizar una mejor interpretación del conjunto de la auscultación o tener indicios acerca de los posibles motivos que pueden estar detrás de desviaciones del comportamiento.

Los conjuntos de variables relacionadas entre sí y la intensidad de dichas relaciones.

Las inercias de la presa en cuanto a las variables causales.

Las variables que no influyen en el comportamiento.

#### 1.6 Definición y análisis de tendencias.

No es raro encontrar comportamientos irreversibles en las series de variables auscultadas en presas. Estos comportamientos pueden estar relacionados con fenómenos evolutivos, con actuaciones realizadas sobre la presa o sobre los propios aparatos de auscultación. Los datos brutos registrados en los sensores engloban la información completa, es decir, tanto la respuesta de la presa a las acciones externas recurrentes, como las variaciones relacionadas con este tipo de procesos o eventos.

Otro de los objetivos del proyecto de investigación será estudiar la posibilidad que ofrecen los modelos de IA de disociar la parte de comportamiento que se debe a la respuesta reversible de la presa a las acciones, de la componente irreversible y su

aplicabilidad. Esta capacidad presentaría en principio grandes ventajas y campos de utilidad desde múltiples puntos de vista como el análisis de la componente irreversible (ritmos de evolución e identificación de posibles relaciones con otras variables externas), la identificación de eventos singulares y su efecto sobre la presa (limpieza de drenes, ejecución de una campaña de inyecciones) o la posibilidad de definir umbrales variables con el tiempo que incorporen la evolución irreversible esperable, entre otros.

## 1.7 Comités de expertos.

Como se ha indicado, los modelos predictivos que se pueden realizar sobre una determinada variable son de muy diversa naturaleza y pueden ser alimentados con diferentes tipos de variables y periodos de entrenamiento. Las estructuras relacionales que cada método encuentra en los datos que se le enseñan para que aprenda serán, por lo tanto, diferentes. En función de dichas estructuras, cada modelo podrá presentar una mayor precisión en unas determinadas circunstancias, distintas para cada uno de ellos.

Por lo tanto, la selección del mejor modelo singular, el que proporcione un menor error general sobre el conjunto de validación asegura un resultado global adecuado. Sin embargo, la posibilidad de considerar el conjunto de resultados proporcionado por varios modelos, permite minimizar, en general, el error global y aumentar la robustez de la predicción. Para realizar esta combinación de modelos se puede recurrir a la mezcla o comités de expertos. Estas metodologías buscan, mediante modelos adicionales de IA, las relaciones entre los expertos que permiten mejorar, en general, la precisión de predicción de los modelos individuales. La aplicabilidad y las ventajas que puede proporcionar este planteamiento al control de la seguridad de las presas será objeto de la investigación a realizar bajo el presente convenio.

1.8 Ejecución de modelos en continuo (cada vez que se introduzcan nuevos datos) e introducción de datos de forma manual.

Se evaluará la funcionalidad que proporcionaría para el control sistemático de la seguridad de las presas la posibilidad de que los nuevos registros de auscultación ingresen a un sistema soporte y sean evaluados de manera automática mediante modelos predictivos basados en IA.

Cada uno de estos modelos predictivos tendrá asociado un error general de método y un factor de incertidumbre para cada registro en función de su grado de representación en el dataset. A partir de estos valores se estudiará la posibilidad, y aplicabilidad práctica para el control de la seguridad, de generar diferentes bandas de predicción según el nivel de confianza de manera que, según se sitúen los registros dentro o fuera de las bandas, se les pueda asignar una etiqueta que indique si se trata de un valor anómalo y con qué grado de confianza.

Según el criterio que se establezca, de acuerdo con el conocimiento de las presas y experiencia en explotación que proporcionará la Dirección General del Agua, cuando se detecte una anomalía de comportamiento, se emitirá un aviso automático indicando la detección, el aparato involucrado, los valores correspondientes que han desencadenado el aviso y un gráfico representativo.

Se ensayará también la posibilidad de que estos avisos se envíen automáticamente, mediante correo electrónico y/o SMS, a una lista de distribución de contactos con diferentes roles que se asignará a cada presa piloto. Este ensayo permitirá evaluar las ventajas que esta funcionalidad puede proporcionar al día a día de la gestión de la seguridad de las presas.

## 1.9 Aplicación web y app.

Para la evaluación del potencial que puedan proporcionar estas herramientas de análisis en la explotación cotidiana de las presas, se plantea realizar un seguimiento continuo de las presas involucradas en la investigación. Para ello será necesario utilizar una aplicación que facilite la integración y uso de los modelos de Machine Learning que

se desarrollen en una plataforma web accesible de manera sencilla por el personal involucrado tanto de la FAB como de la DGA.

La aplicación que se seleccione deberá permitir a los técnicos involucrados en el convenio de investigación acceder a una serie de herramientas para el estudio y análisis de las diferentes presas piloto seleccionadas.

Deberá permitir una visualización inicial rápida del estado de las presas objeto del convenio en función de unos semáforos configurados a partir de unos valores definidos en el análisis inicial y, a partir de los cuales, se evaluará la capacidad de detección temprana de posibles anomalías o comportamientos fuera de lo esperable. Deberá disponer asimismo de funcionalidades que faciliten a los técnicos la exploración gráfica de los datos de auscultación, permitiendo y facilitando un análisis detallado de las desviaciones de comportamiento detectadas, la exploración de las variables explicativas que más repercuten en la respuesta de cada aparato o el modo en que esta repercusión se materializa sobre dichas variables, permitiendo la identificación de tendencias y, en general, el análisis de la información de valor que pueden proporcionar las metodologías y que se pretende evaluar con los trabajos de investigación del presente convenio.

El empleo de una herramienta de este tipo, por lo tanto, facilitará al equipo de investigación y técnicos involucrados la evaluación del potencial que ofrecen estos tipos de análisis para la vigilancia de la seguridad de las presas.

Durante el periodo de evaluación, se valorará también la funcionalidad que pueda tener el acceso por parte del equipo de explotación (en este caso el equipo de investigación) a una aplicación móvil que les permita conocer en cualquier momento el estado de la presa mediante un sistema de notificaciones y alertas sin necesidad de conectarse a la aplicación web.

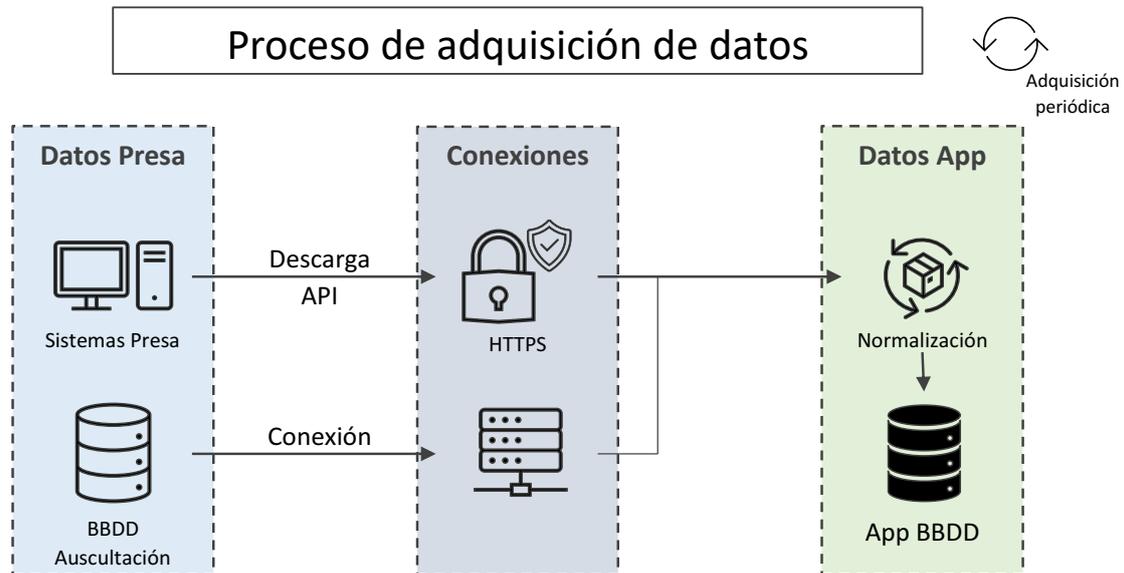
1.10 Desarrollo de la pasarela de conexión entre las bases de datos de las presas y el sistema de análisis.

La herramienta soporte tendrá que importar los datos de auscultación mediante ficheros csv, conexión directa a las bases de datos, o a través de su obtención directa mediante protocolos tcp/ip (http, mqtt). Los datos recogidos serán validados y transformados automáticamente para almacenarse en las bases de datos diseñadas para el análisis y su posterior uso en los modelos de Machine Learning desarrollados dentro de los trabajos de investigación del presente convenio para el estudio del comportamiento de las presas mediante el software propuesto.

Dada la casuística existente en las distintas presas, se realizará un análisis de los sistemas existentes para buscar la manera óptima de recogida automática de los datos.

Para esta tarea se estudiarán los componentes necesarios que permitan, en función de los sistemas específicos en cada presa, la lectura de los nuevos datos de auscultación, su incorporación a la aplicación y su posible automatización.

Se deberán, por lo tanto, realizar los desarrollos de las rutinas software necesarias para la carga de los datos iniciales en la base de datos de la plataforma. Se transformarán los datos en series temporales asociando cada registro a su fecha de obtención y se crearán las variables sintéticas de integración incorporadas a los modelos creados.



### 1.11 Operación y soporte de la herramienta.

Dentro del convenio se contempla el uso de la herramienta web y el soporte informático y algorítmico por el plazo de veinticuatro (24) meses para la evaluación de las posibilidades que ofrecerían este tipo de tecnologías innovadoras en la gestión de la seguridad de las presas dentro de un entorno lo más parecido a la realidad posible. Este plazo se contabilizará por presa de manera que todas las presas incluidas en el convenio dispongan de un plazo de soporte de veinticuatro (24) meses independientemente de la fecha de inicio de su evaluación.

El uso de la herramienta requerirá el soporte técnico que dé respuesta a los posibles fallos de funcionamiento del sistema o en la implementación de algoritmos.

Se contempla, asimismo, la necesidad de proporcionar a los técnicos involucrados en la investigación una jornada de formación *on-line* para el uso de la herramienta.