

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE ELABORACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MACHINE LEARNING, SOBRE REDES NEURONALES, FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA – "NEXTGENERATIONEU", PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA A ADJUDICAR POR PROCEDIMIENTO ABIERTO SIMPLIFICADO.

REF.: TEC0006072



**Financiado por
la Unión Europea**
NextGenerationEU

OBJETO DEL CONTRATO

El objeto del expediente es la contratación del desarrollo, implantación y puesta en funcionamiento en la Confederación Hidrográfica del Tajo, de algoritmos de Inteligencia Artificial para ayudar en la toma de decisiones en apoyo a otros modelos existentes para la predicción de caudales.

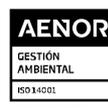
Los propósitos del proyecto son los siguientes:

- Garantizar un caudal mínimo de 6m³/s en la estación "AR56 – Embocador". Para ello se quiere disponer de un de un modelo desarrollado con técnicas de *'machine learning'* capaz de realizar predicciones de niveles de consigna en la estación "AR08-Almoguera" con un tiempo de antelación de 40h.
- Predecir el caudal del río Tiétar en la entrada del embalse de Rosarito (E33) y a su paso por el puente de Bazagona (MC06). Para ambos casos se quiere disponer de un modelo desarrollado con técnicas de *'machine learning'* capaz de realizar predicciones con un horizonte temporal de 34 y 33 horas respectivamente

Justificación de necesidad e idoneidad del contrato

La constante evolución de las soluciones y tecnologías innovadoras de predicción hace necesaria una implantación de herramientas de ayuda a la gestión de los ríos, canales y presas que permitan reducir los costes de gestión mejorando la seguridad.

Con este objetivo, la Confederación Hidrográfica del Tajo, en el marco de sus competencias, plantea a Tragsatec la contratación del desarrollo e implantación y puesta en funcionamiento en sus instalaciones de algoritmos de Inteligencia Artificial de predicción de caudales.



Descripción del alcance

El presente contrato se adjudicará para el desarrollo e implantación de una solución tecnológica que ayude a la predicción de caudales utilizando técnicas de inteligencia artificial, objeto de este expediente, basándose en los datos que a continuación se detallan:

- Aforos en río de todos los puntos disponibles en los tramos en estudio.
- Aforos en río de aquellos canales extractores del río Tajo que afecten a su caudal de forma directa.
- Datos de embalses a lo largo del tramo.
- Medidas de volúmenes extraídos en zonas de impulsión en los tramos en estudio.
- Pluviómetros instalados en la zona que afecta a los tramos en estudio.
- Datos meteorológicos disponibles de las zonas en estudio.

En este expediente se contempla el desarrollo de dos modelos:

- **Modelo de predicción de caudal en la estación Embocador.**
- **Modelo de predicción de caudales en el río Tiétar.**

El sistema desarrollado deberá ser compatible con los datos disponibles en la Confederación Hidrográfica del Tajo. Se deberá aprovisionar las licencias para el funcionamiento del modelo de predicción.

La propiedad de los algoritmos diseñados y validados serán propiedad de la Confederación Hidrográfica del Tajo. El desarrollo deberá incluir un sistema que permita realizar periódicamente nuevos ciclos de aprendizaje de los algoritmos en el futuro con los datos que se vayan recogiendo en el tiempo. Para ello se dará formación a los técnicos de la Confederación del Tajo y de Tragsatec.

Dicha formación deberá incluir todas las tareas y metodologías necesarias para el uso del modelo, así como para poder volver a entrenarlo con los datos que se vayan recogiendo los siguientes años.

Los entornos a utilizar en el proyecto y cuyas licencias deberán ser suministradas, serán los siguientes:

- Entorno de Pre-producción
- Entorno de Producción

Descripción de los casos

Modelo de predicción de caudal en la estación Embocador.

El objetivo de este caso de uso surge de la necesidad de controlar el caudal del río Tajo en distintos puntos. En este en concreto, se ha de garantizar en todo momento un caudal superior a los 6 m³/s en la estación “Embocador”.

Además de factores que dependan de la estación del año y de los factores meteorológicos, hay algunos que afectan directamente al caudal del agua, como son, por un lado, la existencia de pequeñas estaciones hidráulicas que distorsionan el comportamiento del río, y por otro, presas y zonas de regadío que generalmente reducen el caudal.

Habrà que tener en cuenta que el control resulta complejo ya que la mayoría de las presas y zonas de regadío pertenecen a particulares y por lo tanto se desconoce cuánta agua retiran del río. Sin embargo, su comportamiento es en cierto modo predecible, ya que se estima que está relacionado con la época del año y la meteorología, en concreto, la precipitación.

Para el control de dicho caudal en la estación “Embocador”, se dispone de la presa localizada en AR08 – Almoguera, desde la que se puede controlar el caudal que pasa.

En la actualidad se cuenta con un modelo físico, MINERVA, modelo que no hace uso de las precipitaciones, niveles de escorrentía u otros datos meteorológicos. Cuenta con información de caudales, detracciones y funciona unos meses al año, los correspondientes a los periodos de sequía, donde las detracciones por regadío son mayores.

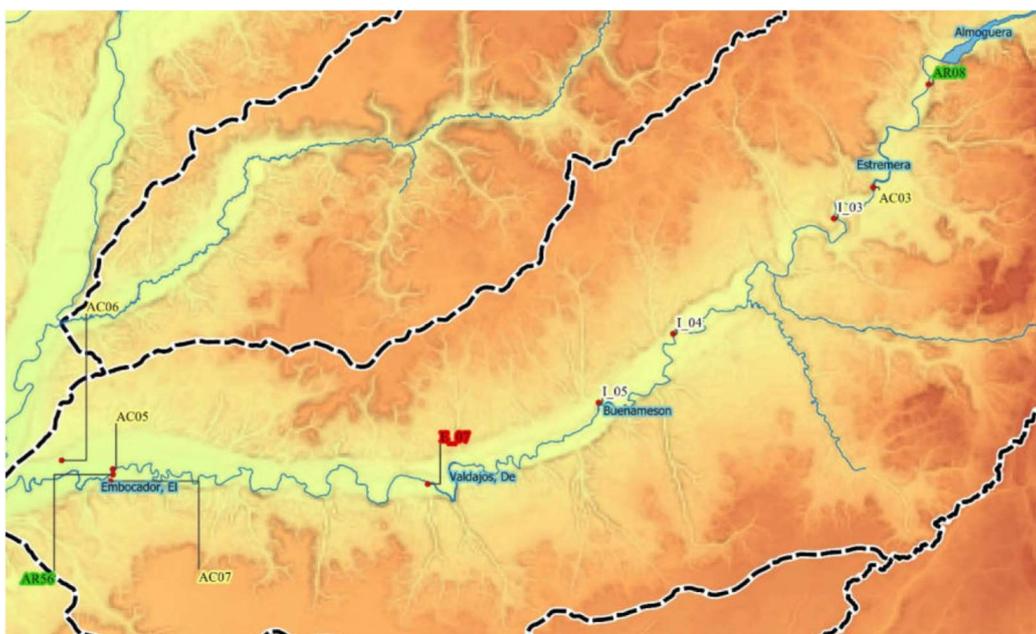


Ilustración 1. Topología del tramo Almoguera.Aranjuez

En esta Ilustración (Ver Ilustración 1), se muestra la topología del problema que se quiere abordar, donde el marcador verde muestra el río Tajo a su paso por Almoguera (AR08), el marcador azul muestra la estación que debe ser pronosticada, las moradas son correspondientes a estaciones en embalses (Exx), las rojas son estaciones situadas en canales extractores de agua del río Tajo (ACxx), las blancas son zonas de medición de detracción por regadío de particulares y, finalmente, las marcas rojas con un signo de exclamación representan puntos con fuerte impacto en el caudal de agua no medidos como pueden ser zonas de regadío o presas.



Ilustración 2. Esquema topológico

En este esquema topológico del tramo (Ver Ilustración 2), se ve más clara la disposición de las estaciones de control y las extracciones. Indicar que en este esquema no se han introducido las estaciones AC03 – Estremera ni la estación I04 que se observan en Ilustración 1. Por otro lado, las estaciones AC07 y AC05 se encuentran, en la realidad, delante de la estación AR56.

Existen estaciones de diferentes tipos:

- Dos estaciones a nivel de río ARxx: AR08 - Almoguera y AR56 - Embocador, siendo esta última la estación cuyo caudal se quiere pronosticar.
 - Caudal circulante [m³/s] – (AR08, AR56)
 - Nivel río [m] – (AR08, AR56)
 - Pluviómetro [mm] – (AR08)
 - Cota [m] – (AR56)
- Una estación de embalse Exx: E07 – Valdajos. Este embalse ha pasado por un periodo de modificaciones del lecho por lo que hay datos estimados a través de validaciones y calibraciones estadísticas. Se debe estudiar la fiabilidad. Funciona como un azud muy grande.
 - Cota Embalse [m] - (E07)

- Pluviómetro [mm] - (E07)
- Precipitación última hora [mm/h] - (E07)
- Precipitación en las últimas 24h [mm/día] - (E07)

Además, el agua de esta estación se utiliza para alimentar una central hidroeléctrica que devuelve el caudal aguas-abajo.

- Tres estaciones a nivel de canal detractor ACxx: AC03 – Estremera situada tras la estación AR08, AC07 - Canal Aves y AC05 - Caz Chico, situadas a pocos metros de la estación de AR56 – Embocador. Se han eliminado las estaciones AC02 – Trasvase Tajo-Segura y AC06 – Caz Azuda, dado que se encuentran fuera de los límites del problema.
 - Caudal canal [m³/s] - (AC05, AC07)
 - Nivel canal [m] - (AC05, AC07)
 - Pluviómetro [mm] - (AC05, AC07)
 - Precipitación última hora [mm/h] - (AC05, AC07)
 - Precipitación en las últimas 24h [mm/día] - (AC05, AC07)
 - Dado que AC03 – Estremera no está en la página del SAIH, por lo que no se conocen sus variables, pero la tipología de estación indica que será la misma
- Cinco estaciones de impulsión de agua I0x: I03(A y B), I04, I05(A y B). Estas estaciones miden una elevación de caudal.
 - Caudal total [m³/s].
 - Pluviómetro [mm].
 - Precipitación última hora [mm/h].
 - Precipitación últimas 24 horas [mm/día].
 - Se supone que estas variables existen para todas las estaciones. No se encuentran en el SAIH, pero las estaciones I0x existentes disponen de estos datos.

Mediante análisis visual, subdividiendo el tramo (T) estudiado en tres subtramos (St_i) entre estaciones alejadas, se puede inferir:

- St_1 : Entre la estación de Almoguera (AR08) y la estación de Estremera (AC03). Contará con una pequeña variación debido a las posibles zonas de regadío y presas intermedias de particulares que, en este tramo, no son de gran impacto. Su correlación no será estrictamente lineal, sino que dependerá de diversos factores como la época del año en que se estudie.

- St_2 : Existirá una variación importante y no linealmente correlacionada en el tiempo entre la estación de Estremera (AC03) y la estación de Valdajos (E07) debido a la cantidad de puntos de impacto variable y desconocido:
 - Zonas de regadío: causan disminución del caudal. Se espera que estén correlacionadas con la estación del año.
 - Presas particulares: causan retención del caudal. Al ser de particulares se desconoce correlación con variables hidrológicas y/o meteorológicas. Existe posible relación de la retención de dichas presas con factores socioeconómicos, difícil obtención de dichos datos y posterior cohesión con los existentes.
 - Se inferirá el impacto de estos puntos de impacto a través de la medición del caudal en las estaciones de impulso (I03, I04 e I05).
- St_3 : Existirá una correlación entre la estación de Valdajos (E07) y la estación de Embocador (AR56) dado que únicamente existe una presa entre ambas, cuyo impacto, aunque visible, será mínimo y las dos principales causas de pérdida de caudal están medidas (AC05, AC07).

A la vista de lo expuesto, se considera: introducción de variables exógenas representativas del momento del año (y/u otros periodos considerados), estudio de factores relevantes en la retención de agua de las presas particulares y posterior estudio de obtención de datos de dichos factores.

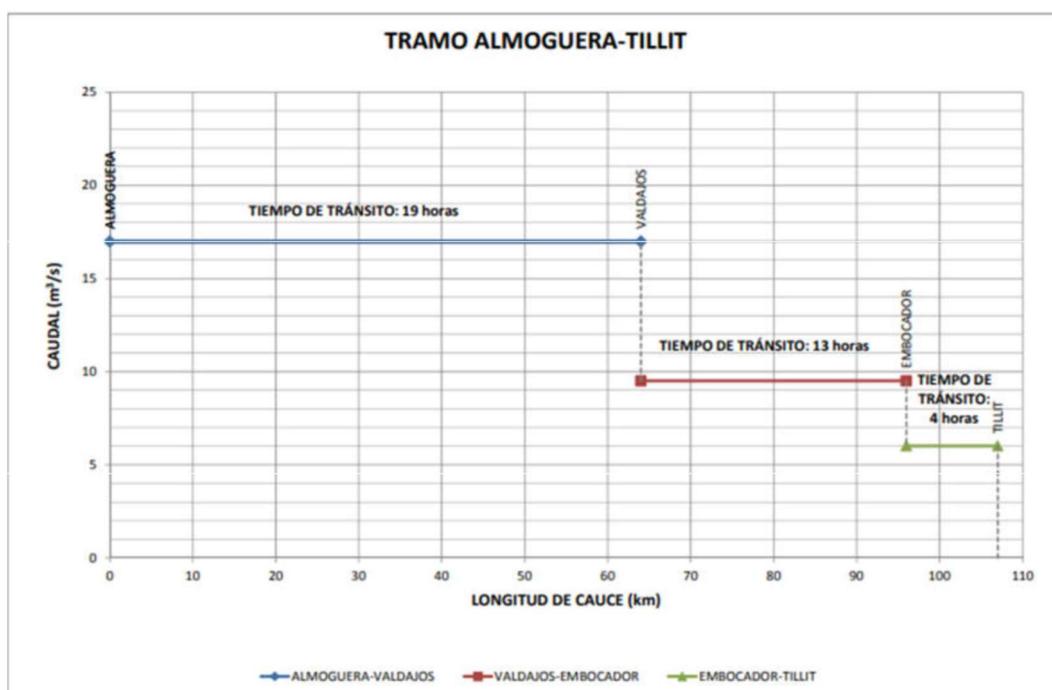


Ilustración 3. Tiempos de propagación desde Almoquera hasta Embocador

Objetivo:

El objetivo con este modelo es predecir el caudal en la estación “Embocador” con un horizonte de alrededor de 40 horas con la mayor resolución posible sin pérdida de precisión. La Ilustración 3: Tiempos de propagación desde Almoguera hasta Embocador explica cuánto tarda en llegar el agua desde el lugar de consigna hasta el lugar de control.

El modelo deberá ser capaz de realizar inferencias a distintos niveles de consigna en la estación “AR08 – Almoguera” con el fin de estimar una horquilla y garantizar el caudal mínimo de 6m³/s en la estación “AR56 – Embocador”.

Se evaluará con más énfasis los meses de abril hasta septiembre, que es un periodo más propenso a sequías y donde la predicción resulta más compleja.

Modelo de predicción de caudales en el río Tiétar.

El objetivo de este caso surge de la necesidad de predecir el caudal del río Tiétar en distintos puntos. En concreto, en la entrada del embalse de Rosarito (E33) y en su paso por el puente de la Bazagona (MC06).

Además de factores que dependan de la estación del año y de los factores meteorológicos, hay algunos que afectan directamente al caudal del agua como el embalse E32 que desagua sobre E33, la apertura de compuertas del embalse de Rosarito y zonas de regadío aguas bajo del mismo.

La predicción de caudales tiene diferentes complicaciones que se deberán tener en cuenta, como los arriba indicados o las borrascas que precipitan en zonas intermedias de la cuenca. Sin embargo, el comportamiento del Tiétar se puede modelar de forma efectiva haciendo uso de la información del estado del río en sus diferentes puntos y de la información de los pluviómetros.

Por último, hay que tener en cuenta los tiempos de propagación, ya que un cambio aguas-arriba del río tarda varias horas en tomar efecto aguas-abajo. Se estima un tiempo de concentración hasta el embalse de Rosarito de 34 horas aproximadamente, y de alrededor de 33 horas desde este embalse hasta el puente de Bazagona.

En la actualidad se cuenta con un modelo físico que se actualiza en tiempo real y es difícilmente parametrizable. Los parámetros se han calculado para reducir el error en la mayoría de los casos, pero puede producir un mal funcionamiento en momentos puntuales y anómalos, como son las avenidas.

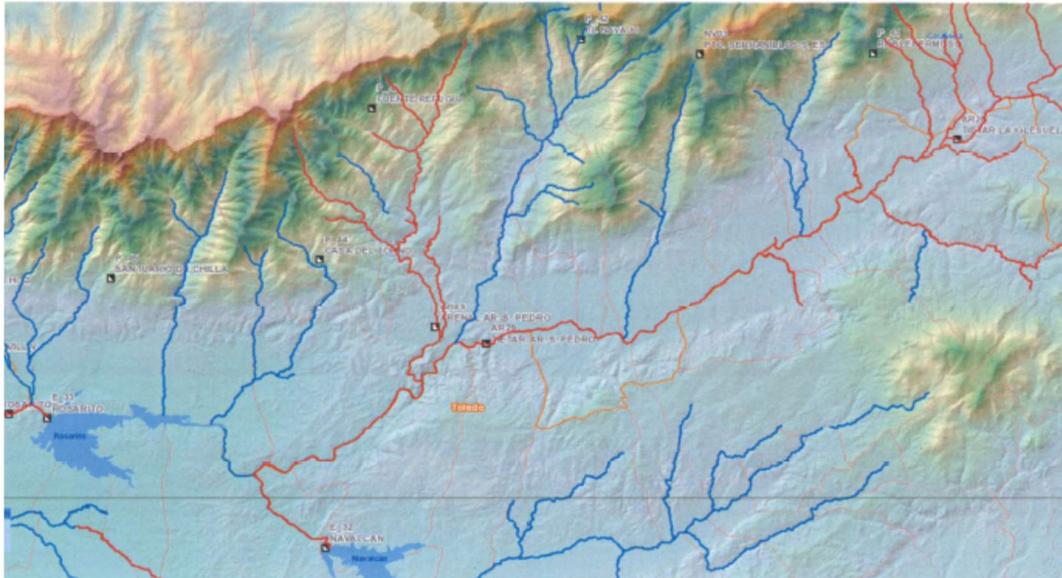


Ilustración 4. Topología de la cuenca alta del Tiétar

En la Ilustración 4 se muestra la topología de la cuenca del Tiétar desde su inicio hasta el Embalse de Rosarito. Se pueden ver las aportaciones monitorizadas entre las que se encuentran varios aforos del río (AR), el embalse de Navalcán (E32), diversos pluviómetros (P) y un nivómetro (NV).

Las estaciones de monitorización son:

- *Aforos de río (AR):*
 - AR28 Tiétar de la Iglesuela: Situada al inicio del río Tiétar. Estación más alejada.
 - AR29 Tiétar Arenas de San Pedro: En el río Tiétar a medio cambio entre cabecera y el embalse de Rosarito.
 - AR34 Arenal Arenas de San Pedro: Situada en el río Arenal previamente a su unión con el Tiétar tras el aforo AR34.
- *Embalses (E):*
 - E32 Navalcán: Situado muy próximo al embalse de Rosarito. Su desagüe es directamente absorbido por E33.
 - E33 Rosarito: Punto donde se quiere predecir el caudal de entrada. Este caudal de entrada se puede predecir entre la relación entre el caudal de salida y la variación de nivel en cada momento de tiempo.
- *Pluviómetros (P):*
 - P40 Casillas: Situado en la cabecera de la cuenca.
 - P41 Roblehermoso: Situado en la cabecera de la cuenca.
 - P42 El Navajo: Situado sobre una aportación no monitorizada del Tiétar entre AR28 y AR29.

- P43 Fuente Refugio: Situado aguas arriba de AR34 en el río Arenal.
- P44 Casa del Torno: Situado cerca de una aportación no monitorizada del embalse E33.
- P45 Santuario de Chilla: Situado cerca de una aportación no monitorizada del embalse E33.
- **Nivómetros (NV):**
 - NV03 Puerto de Serranillos: Situado entre los pluviómetros P41 y P42.

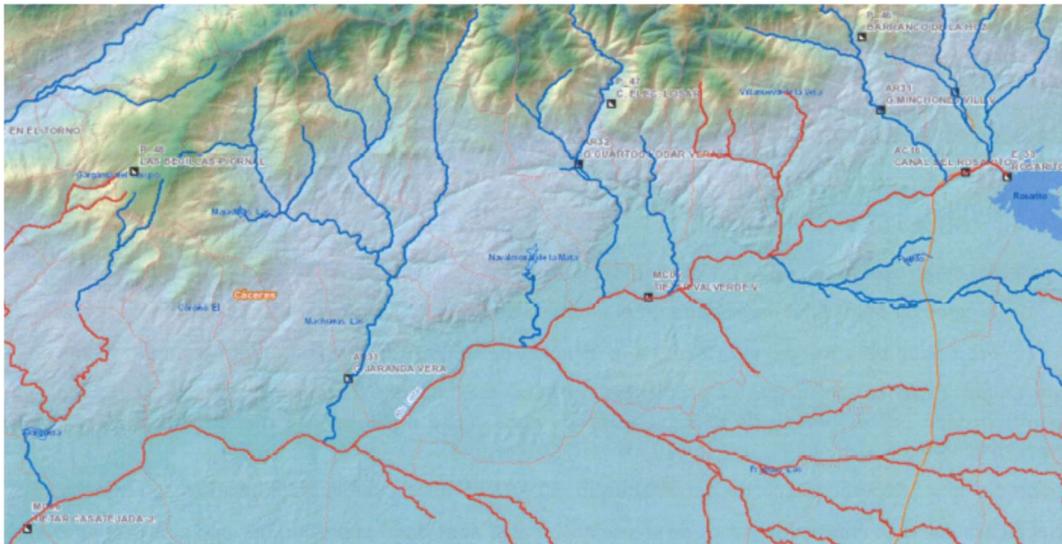


Ilustración 5. Topología de la cuenca baja del Tiétar.

En la Ilustración 5 se muestra la topología de la cuenca del Tiétar desde el embalse de Rosarito hasta el puente de Bazagona (MC06 Tiétar Castejada-J) que se trata de un marco de control. En esta zona hay varias aportaciones monitorizadas entre las que se encuentran un marco de control (MC), un aforo de canal (AC), varios aforos de río (AR), el embalse de Rosarito (E33) y diversos pluviómetros (P).

Las estaciones de monitorización son:

- **Marcos de control (MC):**
 - MC05 Tiétar Valverde: Situado a medio cambio entre E33 y MC06.
 - MC06 Tiétar Castejada-J: Se trata de un punto de monitorización donde se desea predecir el caudal.
- **Aforos de Río (AR):**
 - AR31 G. Minchones: Situado en una aportación que se une a la salida de E33.
 - AR32 G. Cuartos Losar Vera: Situado en una aportación a medio camino entre E33 y MC06.
 - AR33 G. Jaranda Vera: Situado en una aportación cercana a MC06.
- **Aforos de Canal (AC):**

- AC16 Canal de Rosarito: Situado inmediatamente después del embalse de Rosarito, E33.
- *Embalses (E):*
 - E33 Rosarito: Situado al inicio de la zona de influencia del problema.
- *Pluviómetros (P):*
 - P45 Santuario de Chilla: Situado cerca de una aportación no monitorizada del embalse E33.
 - P46 Barranco de la Hoz: Situado aguas arriba del aforo del río A31.
 - P47 Elec. Losar: Situado aguas arriba del aforo del río A32.
 - P48 Las Becillas-Piornal: Situado al inicio de una aportación no monitorizada que se une al Tiétar inmediatamente antes de MC06.

Objetivo:

El objetivo con este modelo es doble:

1. Predicción del caudal de entrada en el embalse de Rosarito para favorecer la gestión de las avenidas, con un horizonte temporal de 34 horas.
2. Predicción del nivel del río Tiétar en la estación MC06 situada en el puente de Bazagona, con un horizonte temporal de 33 horas.

Las predicciones deberán añadir los percentiles 25, 50 y 75 y con la posibilidad de poder añadir otros.

Se evaluará con más énfasis los meses de abril hasta septiembre, que es un periodo más propenso a sequías y donde la prognosis resulta más compleja.

Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos con los modelos de predicción objeto de este pliego se compararán con los resultados obtenidos actualmente con los modelos físicos en situaciones de avenidas.

Tareas principales

Se describen a continuación las tareas principales a realizar durante la ejecución del contrato:

Un proyecto de machine learning implica varias tareas importantes que se deben realizar para desarrollar un modelo predictivo preciso y confiable. A continuación, se describen algunas de las principales tareas:

1. **Definir el problema y los objetivos:** En primer lugar, se debe definir el problema que se está tratando de resolver y los objetivos del proyecto. En este caso viene definido por las necesidades de la Confederación Hidrográfica del Tajo arriba detalladas.
2. **Recopilación de datos:** El siguiente paso es recopilar y preparar los datos que se utilizarán para entrenar y validar el modelo, en este caso los datos disponibles en la Confederación hidrográfica del Tajo. Esto incluye la extracción y limpieza de datos.
3. **Análisis exploratorio de datos:** Una vez que se han recopilado los datos, es importante explorarlos para comprender mejor sus características y relaciones. El análisis exploratorio de datos puede ayudar a identificar patrones, tendencias y relaciones importantes que pueden ser útiles para desarrollar un modelo predictivo.
4. **Pre-procesamiento de datos:** Antes de entrenar un modelo es necesario pre-procesar los datos para asegurarse de que estén en el formato adecuado y que se hayan eliminado los valores atípicos y las variables irrelevantes. Esto puede incluir la normalización de datos, la selección de características y la imputación de valores faltantes, así como la creación de conjuntos de datos de entrenamiento, validación y testeo.
5. **Selección de modelo:** Después de pre-procesar los datos, se debe seleccionar un modelo adecuado para entrenar y validar en los datos. La selección del modelo puede depender de la naturaleza de los datos, el tipo de problema que se está abordando y la precisión que se requiere del modelo.
6. **Entrenamiento del modelo:** Una vez seleccionado un modelo, se debe entrenar con el conjunto de datos de entrenamiento. El proceso de entrenamiento puede involucrar el ajuste de los parámetros del modelo y la validación cruzada para evitar el sobreajuste.
7. **Evaluación del modelo:** Después de entrenar el modelo, se debe evaluar su rendimiento en el conjunto de datos de validación. La evaluación puede involucrar la comparación de las predicciones del modelo con los valores reales y el cálculo de métricas de rendimiento, como la precisión, el recall, la F1-score, etc.
8. **Ajuste del modelo:** Si el modelo no tiene un rendimiento satisfactorio en el conjunto de datos de prueba, es posible que deba ajustarse o reentrenarse. Esto puede implicar la modificación de los parámetros del modelo o la selección de un modelo diferente.
9. **Implantación del modelo:** Una vez que se ha desarrollado un modelo preciso y confiable, se debe implantar en una aplicación o sistema para su uso práctico.

10. **Monitoreo y mantenimiento del modelo:** Después de implementar el modelo, es importante monitorearlo regularmente para asegurarse de que esté funcionando correctamente y para realizar ajustes y mejoras según sea necesario.

Esto significa que se deberán realizar las siguientes tareas durante la ejecución del contrato:

Base de datos

Se requiere que el banco de datos utilizado para el entrenamiento/aprendizaje y validación de la solución desarrollada esté compuesto principalmente por datos de la Confederación Hidrográfica del Tajo, de forma que se garantice que los resultados en cuanto a capacidad de predicción obtenidos se mantendrán una vez se ponga en producción la solución.

Todos los datos utilizados en el proceso de construcción, así como los resultantes que formen el banco de datos residirán en todo momento la infraestructura tecnológica de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Validación del sistema

Se deberá realizar una validación de la solución propuesta, que permita su aplicación. Esta validación se puede hacer con el error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de correlación (R^2), con un valor cercano a cero el primero y superior a 0,8 el segundo, pero como se trata de un proyecto novedoso y no hay un número específico que delimite la calidad del modelo, se deberá incluir una metodología de validación con los indicadores a emplear y su implementación, que será presentada y consensuada con Tragsatec.

Plataforma de producción

El fin último del pliego es el desarrollo de una solución tecnológica que contenga todos los algoritmos desarrollados que permitan obtener los caudales indicados, con lo siguientes requisitos:

- Integración de la solución tecnológica final en la plataforma SAIH.
- La solución responderá a los requerimientos técnicos y de seguridad del SAIH.
- El desarrollo y/o adaptación de los servicios o mecanismos de integración con el SIAH derivados de este proyecto, se incluyen dentro del alcance del mismo. Es por ello que deberá existir una coordinación permanente con el adjudicatario del mantenimiento de esos sistemas de información, que proveerá la documentación necesaria para los desarrollos a realizar.

El licitador deberá considerar en su propuesta el ciclo de vida completo del producto incluyendo:

- Fase de desarrollo y demostración.
- Fase de validación, despliegue, integración e implantación, entendiéndose que la solución cubra la totalidad de las necesidades planteadas en el Pliego.
- Mantenimiento y operación de la solución durante el periodo de duración del contrato.
- El desarrollo deberá incluir un sistema que permita realizar periódicamente nuevos ciclos de aprendizaje de los algoritmos en el futuro con los datos que se vayan recogiendo en el tiempo.
- Posibles evoluciones tecnológicas de la solución. Se valorará que la solución permita evoluciones tecnológicas acordes a las tendencias tecnológicas.

Transferencia de conocimiento y formación

La empresa adjudicataria deberá incluir en su propuesta un plan de transferencia y formación de conocimiento que abarque, al menos, los siguientes contenidos:

- Descripción del conjunto de elementos instalados que forman parte de la plataforma de producción.
- Descripción técnica y de detalle sobre la solución implantada.
- Descripción de las tareas a realizar para su uso, y en su caso, su reentrenamiento con datos nuevos.

Dicha transferencia de conocimiento será impartida por personal cualificado e irá dirigida principalmente a personal de la Confederación Hidrográfica del Tajo, pero también al personal de Tragsatec.

La transferencia de conocimiento tendrá lugar en las instalaciones que especifique Tragsatec. La empresa adjudicataria deberá entregar manuales y documentación relativa a los temas tratados en la misma a cada uno de los asistentes.

Asistencia Técnica

Durante la fase de ejecución del proyecto adjudicado (desde el comienzo oficial del proyecto, hasta la certificación de esta), la empresa adjudicataria deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La empresa adjudicataria se hará responsable del mantenimiento e integración de los algoritmos productivos, configuraciones solicitadas por Tragsatec, de las incidencias, entrega de la documentación final y realización de la transferencia de conocimiento.
- La empresa adjudicataria se hará responsable de cualquier petición e incidencia acaecida en la solución incluidas en el proyecto adjudicado.

- Durante el periodo de implantación, la empresa adjudicataria pondrá a disposición de Tragsatec un servicio de asistencia telefónica para notificar incidencias y peticiones en caso necesario.

Equipo de trabajo

Equipo organizativo

La empresa adjudicataria pondrá a disposición el personal técnico adecuado con la preparación y experiencia necesarias, con el dimensionamiento y dedicaciones requeridas, para llevar a cabo las tareas demandadas para la ejecución del contrato y poder cumplir con los hitos establecidos.

A continuación, se especifican los roles mínimos identificados a los que deberá dar respuesta la empresa adjudicataria para la ejecución del presente contrato, y que se acompañarán del equipo de trabajo necesario para la ejecución de los trabajos solicitados en los plazos requeridos.

- **Jefe/a o Director/a de Proyecto**, que será el responsable último del contrato y de la disposición de los medios y su coordinación para cumplimiento de los objetivos del proyecto (plazos, calidad, alcance...). Deberá de haber participado en 2 proyectos, en los últimos 3 años naturales (2020, 2021 y 2022), como jefe de proyecto de desarrollo de modelos matemáticos basados en inteligencia artificial y machine learning.
- **Analista de datos e Inteligencia Artificial**: Será el responsable del diseño de la solución. Deberá haber participado en 2 proyectos, en los últimos 3 años naturales (2020, 2021 y 2022), con tecnología para el desarrollo de modelos matemáticos basados en inteligencia artificial y machine learning.
- **Técnico de datos e Inteligencia Artificial**: Desarrollador de la solución. Deberá haber participado en 2 proyectos, en los últimos 3 años naturales (2020, 2021 y 2022), con tecnología para el desarrollo de modelos matemáticos basados en inteligencia artificial y machine learning

Se deberá especificar el detalle de los proyectos, rol o participación, fechas inicio y fin de cada uno de los perfiles solicitados.

Dichos perfiles y su descripción deberán reflejarse en la oferta de la empresa licitadora en el capítulo equipo de trabajo.

El adjudicatario velará por la estabilidad del equipo de trabajo, minimizando y consensuando los posibles cambios en el equipo con Tragsatec.

El ofertante deberá mantener en todo momento un equipo de trabajo que cumpla con los perfiles especificados en el Pliego de Condiciones Particulares. En caso de algún cambio en los miembros del equipo:

- El licitador deberá demostrar que el equipo de trabajo propuesto reúna los requisitos mínimos de solvencia técnica exigidos.
- Tragsatec, validará el cambio del equipo propuesto.

Asimismo, el ofertante deberá disponer del personal necesario para cubrir posibles bajas o sustituciones de los profesionales que inicialmente asigne a la ejecución del contrato.

Tragsatec, se reserva el derecho a solicitar la sustitución de alguno o de todos los miembros del equipo cuando exista razón justificada para ello. Dicha petición deberá ser indefectiblemente atendida por la empresa prestataria del servicio.

El citado personal dependerá exclusivamente de la empresa adjudicataria, y por tanto ésta tendrá todos los derechos y deberes inherentes a su calidad de empresa, debiendo cumplir las disposiciones vigentes en materia Laboral, de Seguridad Social y de Seguridad y Salud, sin que en ningún caso pueda alegarse, por dicho personal, derecho alguno en relación con Tragsatec, ni exigirse a éste responsabilidades como consecuencia de las obligaciones existentes entre la empresa adjudicataria y sus empleados.

El adjudicatario designará un responsable del servicio como principal interlocutor de Tragsatec para el seguimiento, control y evaluación continua de los servicios prestados, y con competencias para la resolución de cualquier tipo de disputa o discrepancia en la prestación del servicio.

Veracidad de los datos

Tragsatec se reserva la facultad de solicitar, en cualquier momento, antes o después de la adjudicación y durante el curso de los trabajos, de cualquier otro tipo de documento complementario, en orden a la comprobación de cuantos datos haya ofrecido la empresa adjudicataria, tanto respecto a la misma, como a los recursos de que disponga.

La falsedad en los mismos podrá implicar asumir penalizaciones, y en último término, podrá provocar la resolución del contrato.

Condicionantes del equipo de trabajo ofertado

La falsedad en el nivel de conocimientos técnicos del personal ofertado demostrados en la ejecución de los trabajos, podría en último término, provocar la revisión de la adjudicación y en su caso la rescisión del contrato.

EJECUCIÓN / FACULTAD DE INSPECCIÓN / PLAN DE TRABAJO / PROGRAMA DE TRABAJO

Condiciones de ejecución

En ningún caso la empresa adjudicataria podrá realizar acciones de comunicación y/o difusión del proyecto sin la debida autorización previa por parte de Tragsatec.

Condiciones vinculadas a la ejecución de los trabajos

Los trabajos a desarrollar por la empresa adjudicataria se consideran “llave en mano”, por lo que éste deberá aportar todas las prestaciones y servicios que sean necesarios, excepto aquellos que de forma explícita se hayan establecido como fuera del alcance del contrato.

Asimismo, la empresa adjudicataria aportará todas las herramientas que pueda ser necesario para llevar a cabo las tareas requeridas para la ejecución del contrato.

En el desarrollo de los trabajos objeto del servicio es responsabilidad de la empresa adjudicataria atenerse a toda la normativa que sea de obligado cumplimiento y a la buena práctica que en cada momento sea aplicable a la actividad que realiza, tanto en sus aspectos técnicos como administrativos.

Condiciones especiales de tipo medioambiental

La empresa adjudicataria declarará que durante la ejecución del contrato se aplicarán medidas que respeten el medioambiente a través del uso de tecnologías y equipamientos que favorezcan el ahorro energético, el consumo responsable y la promoción del reciclado de materiales.

Modelo de control y seguimiento

Coordinación global del proyecto

Tragsatec será el responsable último del contrato.

Entre las tareas a realizar, se incluyen:

- Gestión y seguimiento del proyecto, velando por el cumplimiento de hitos y objetivos establecidos en contrato.
- Establecimiento, en colaboración con la empresa adjudicataria, del conjunto de metodologías y procedimientos necesarios, que garanticen las actuaciones coordinadas y faciliten el cumplimiento de

planificación, siempre con el visto bueno de Tragsatec sobre las metodologías propuestas en aquellos ámbitos que les involucren.

- Coordinación principal de todos los agentes y proveedores (soportes y desarrolladores) que puedan estar involucrados e, incluyendo proveedores directos de Tragsatec y personal de Tragsatec en centros, si Tragsatec así lo considera.
- Validación de la solución y de las instalaciones, a través de las siguientes acciones:
 - Definición preliminar de los criterios de diseño y condiciones de ejecución de los diferentes trabajos, en colaboración con Tragsatec.
 - Validación conjunta con Tragsatec, del diseño final de la solución.
 - Validación conjunta con Tragsatec de la documentación final.
 - Validación del resto de documentación, como son las actas de reuniones, informes de resultados para poder establecer el cierre de proyecto.

Control por parte de la empresa adjudicataria

Asimismo, la empresa adjudicataria designará un Jefe de Proyecto como interlocutor principal con Tragsatec para el control de ejecución del proyecto.

El Jefe de Proyecto se responsabilizará de las siguientes tareas principales:

- Realizará la coordinación y seguimiento continuo de la evolución de los trabajos y velará por mantener el plan de ejecución de trabajos periódicamente actualizado, considerando en todo momento la integración de sus tareas con aquellas a desarrollar por parte de la Confederación Hidrográfica del Tajo.
- Será el responsable por parte de la empresa adjudicataria de disponer de los medios y organizar los recursos y equipo de trabajo que garanticen los resultados esperados en proyecto en plazos y calidad técnica.
- Realizará reportes de avance de proyecto en el cumplimiento de hitos clave, cuando Tragsatec lo demande, y con la periodicidad requerida.
- Identificará y alertará de los riesgos, definiendo alternativas para abordarlos y mitigarlos.
- Asistirá junto con los técnicos que se estime conveniente a las reuniones de seguimiento y revisiones técnicas que convoque Tragsatec en la localización (presencial o remota) y con la periodicidad que ésta designe.
- Garantizará que toda la información y documentación del proyecto se encuentra en todo momento actualizada en la plataforma de gestión que a tal efecto disponga Tragsatec (planificaciones, documentos técnicos, proyecto final, etc.).

Además, debido a la complejidad del proyecto y para garantizar la calidad de los resultados, la empresa adjudicataria tendrá que realizar un control exhaustivo del proyecto pudiéndose establecer:

- Reuniones semanales por necesidad durante la ejecución del proyecto para analizar en detalle el avance del proyecto y la planificación a corto plazo.
- y/ o reuniones quincenales/mensuales para revisión global del proyecto.

Programa de trabajo

Planificación global del proyecto

Con el inicio del proyecto, la empresa adjudicataria deberá presentar una planificación inicial de proyecto (de alto nivel) que respete los plazos e hitos principales establecidos en contrato.

La planificación deberá tener en cuenta de forma obligatoria conceptos como:

- Trabajos previos del diseño de la solución.
- Trabajos previos de definición de procedimientos y metodologías
- Ejecución de trabajos a realizar para el diseño, fase de desarrollo de cada algoritmo:
 - Construcción del banco de datos.
 - Identificación del método de análisis estadístico óptimo.
 - Validación del modelo seleccionado con el banco de datos construido.
 - Desarrollo Algoritmo y validación
 - Fase de despliegue e implantación: entrada en producción e integración
 - Cierre del diseño del algoritmo, validación final y facturación (hito)
 - Asistencia Técnica y operación de la solución durante el periodo de duración del contrato.
- Elaboración de la documentación final (informe final y memoria técnica). Se deberá considerar un periodo de validación por parte de Tragsatec.
- Elaboración y entrega del resto de documentación, como son actas de entrega, documentación técnica, etc., también sujetas a validación por parte de Tragsatec. También se podrá incluir en este punto, o bien de forma previa, la entrega de la documentación final del diseño de la solución (alto nivel, bajo nivel).
- **Transferencia de conocimientos y formación.**
- Cierre del proyecto y validación final (hito).

La empresa adjudicataria deberá velar por el cumplimiento de los plazos e hitos establecidos en el presente contrato, considerando en el plan todos los conceptos mencionados, e integrando dentro de su plan de ejecución y de manera obligatoria el impacto en tiempos derivado de la generación de documentación, así como de los

trabajos de coordinación y validaciones necesarias por parte de Tragsatec. Para ello dispondrá de los recursos y medios adecuados en cada momento.

En el caso de aprobación por parte de Tragsatec del plan global del proyecto se procederá de inmediato a la puesta en marcha de dicha planificación. En el caso de discrepancias, Tragsatec se reserva el derecho de imponer una planificación ajustada a sus necesidades que se pondrá en funcionamiento en las siguientes 72 horas a la comunicación por escrito a la empresa adjudicataria.

Esta planificación global preliminar inicialmente propuesta y aprobada por Tragsatec, será revisada de forma periódica, principalmente con el inicio de proyecto, y ajustada según evolucionen el diseño de algoritmos.

Es importante destacar que, independientemente de las revisiones de las planificaciones, la empresa adjudicataria siempre es el responsable último de disponer los medios y recursos adecuados para garantizar el cumplimiento de los hitos establecidos y “absorber” los retrasos, y siempre deberá respetar el plazo máximo de ejecución del proyecto. La planificación debe ser una herramienta para control del proyecto, de forma que sea posible determinar los puntos donde se necesita incorporar más recursos para cumplimiento de los diferentes hitos.

No se admite la presentación de variantes

Madrid, 30 de mayo de 2023