

III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

6269 *Resolución de 3 de marzo de 2023, de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A., por la que se publica el Convenio con la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, para el Proyecto Guadalquivir 4.0: Herramientas para un Gemelo Digital de la cuenca con especial atención a Doñana.*

De acuerdo con 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», del convenio entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A., y la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, para el Proyecto Guadalquivir 4.0: Herramientas para un Gemelo Digital de la cuenca con especial atención a Doñana», otorgado el 24 de febrero de 2023, que se anexa a esta resolución.

Sevilla, 3 de marzo de 2023.–El Presidente de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A., Joaquín Páez Landa.

ANEXO

Convenio entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A., y la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, para el Proyecto Guadalquivir 4.0: Herramientas para un Gemelo Digital de la cuenca con especial atención a Doñana

En la ciudad de Sevilla, el día 24 de febrero de 2023.

INTERVIENEN

De una parte, don Joaquín Páez Landa, en su condición de Presidente de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Organismo Autónomo adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en virtud de nombramiento del Secretario de Estado del citado Ministerio, de fecha 31 de julio de 2018; en ejercicio de las competencias asignadas al organismo de cuenca por los artículos 23 y 24 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, en desarrollo de las funciones que el artículo 30 del mismo texto normativo atribuye al Presidente del organismo de cuenca; y con competencia para la suscripción del presente convenio a tenor de lo dispuesto en el artículo 48.2 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

De otra parte, la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, en lo sucesivo FIUS, constituida en Sevilla, el 8 de enero de 2002, con CIF número G-91.402.941, domicilio social en Sevilla, avenida de Reina Mercedes, 4C, planta 1, CP 41012, e inscrita en el Registro de Fundaciones de Andalucía, sección primera, número SE-1059 y, en su nombre y representación, don Manuel Felipe Rosa Iglesias, en calidad de Director General de la misma, en virtud de poder otorgado ante el notario de Sevilla don José Luis Lledó González, en fecha 30 de marzo de 2021, con número 501 de su protocolo.

Ambas partes se reconocen mutuamente, en la calidad en que cada uno interviene, con la capacidad legal necesaria para suscribir el presente convenio y, a tal efecto,

EXPONEN

I. Que la Constitución Española, en su artículo 45.2 hace una llamada a las distintas Administraciones Publicas para que, mediante una cooperación solidaria, incardinan sus actuaciones a proteger y mejorar la calidad de vida y a defender y restaurar el medio ambiente.

II. La Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla (FIUS), es una organización sin ánimo de lucro, dedicada a la colaboración en materia de proyectos de investigación que suscribe con empresas o entidades, públicas o privadas, las cuales demandan la labor investigadora de miembros del cuerpo docente e investigador de la Universidad de Sevilla. La Fundación tiene por objeto cooperar al cumplimiento de los fines propios de la Universidad de Sevilla, contribuyendo para ello a la mejora de sus prestaciones de transmisión de saberes, de investigación y formación humana integral, colaborando con las entidades sociales y económicas de su ámbito, y como tal viene recogido en el artículo 5 de sus Estatutos.

III. La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir tiene, entre sus cometidos:

– El otorgamiento de autorizaciones y concesiones referentes al dominio público hidráulico, salvo las relativas a las obras y actuaciones de interés general del Estado, que corresponderán al Ministerio de Medio Ambiente (actualmente, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

– La inspección y vigilancia del cumplimiento de las condiciones de concesiones y autorizaciones relativas al dominio público hidráulico.

– La realización de aforos, estudios de hidrología, información sobre crecidas y control de la calidad de las aguas.

– La realización, en el ámbito de sus competencias, de planes, programas y acciones que tengan como objetivo una adecuada gestión de las demandas, a fin de promover el ahorro y la eficiencia económica y ambiental de los diferentes usos del agua mediante el aprovechamiento global e integrado de las aguas superficiales y subterráneas, de acuerdo, en su caso, con las previsiones de la correspondiente planificación sectorial.

IV. Que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir está interesada en colaborar con FIUS para el desarrollo del proyecto «Guadalquivir 4.0: Herramientas para un Gemelo Digital de la cuenca con especial atención a Doñana». Dicho proyecto persigue desarrollar tecnología y conocimiento que permitan a la Confederación monitorizar la evolución temporal de las masas de agua y predecir y/o detectar situaciones anómalas. El objetivo del presente proyecto es iniciar el camino para el desarrollo de un gemelo digital para la cuenca del Guadalquivir basado en un modelo físico SWAT (Soil & Water Assessment Tool), junto con el desarrollo de herramientas de visualización y ayuda a la toma de datos.

Un modelo SWAT para la cuenca del Guadalquivir es un objetivo muy ambicioso en el que deben tomar parte numerosos actores, tanto en las fases de análisis como en el modelado y su validación, incluyendo científicos, tecnólogos, gestores, usuarios y ciudadanos. La construcción de un gemelo digital basado en SWAT requiere, además, el concurso de expertos en sistemas de procesamiento de la información, ingeniería hidráulica y agrícola e inteligencia artificial. Finalmente el desarrollo de un sistema de visualización y ayuda a la toma de decisiones requiere de la participación de científicos tecnólogos y expertos en la gestión de cuencas. Por todo ello la Confederación considera este gemelo digital como un proyecto a medio-largo plazo, definiendo en este los primeros pasos relativos al estudio y análisis de datos, a la propuesta de nuevas estaciones de captación y a los sistemas de recogida y almacenamiento de datos en los sistemas de información de la CHG, dejando los siguientes pasos a futuras ampliaciones

del proyecto. En el marco del proyecto se desarrollarán y desplegarán herramientas hardware (sensores), herramientas software (herramientas de visualización, análisis y alerta) y herramientas de inteligencia artificial para el soporte a los procesos de toma de decisiones.

V. Que para la consecución de objetivos de interés general con base en lo expuesto, y al amparo de lo establecido al efecto en el artículo 25.2 del texto refundido de la Ley de Aguas, acuerdan rubricar el presente convenio, que se registrará por las siguientes

CLÁUSULAS

Primera. *Objeto.*

El presente convenio tiene por objeto la colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, a través del Grupo de Investigación «Ingeniería Electrónica TIC-192» de la Universidad de Sevilla, para la realización del proyecto descrito en el Anexo 1. Los trabajos a desarrollar por el Grupo de Investigación de Ingeniería Electrónica, se enmarcan en el proyecto «Guadalquivir 4.0: Herramientas para un Gemelo Digital de la cuenca con especial atención a Doñana», cuyo objetivo principal es el desarrollo de conocimiento y tecnología HW y SW relacionadas con la monitorización de la evolución temporal de las masas de agua para avanzar hacia la construcción de un gemelo digital de la cuenca, con especial atención a las masas de agua del entorno del Parque Nacional de Doñana.

Segunda. *Equipo de trabajo y acciones.*

La actividad objeto del presente convenio se realizará por la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, a través del Grupo de Investigación «Ingeniería Electrónica TIC-192» perteneciente a la Universidad de Sevilla, que será coordinado por don Ramón González Carvajal, en calidad de Investigador Responsable del proyecto y Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Además, participarán distintos investigadores del Grupo de Investigación, entre los que destacamos a:

- Antonio Jesús Torralba Silgado, Catedrático de Universidad.
- Fernando Muñoz Chavero, Catedrático de Universidad.
- Rubén Martín Clemente, Profesor Titular de Universidad.
- Clara Isabel Lujan Martínez, Contratado Doctor.
- Enrique López Morillo, Contratado Doctor.

También podrá participar personal contratado en función de las necesidades del proyecto acordadas con la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. El Investigador Principal tendrá como interlocutor válido por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir al Comisario de Aguas.

Tercera. *Ámbito territorial.*

Las actividades del proyecto piloto se realizarán en el ámbito territorial de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir, con especial atención al Parque Natural de Doñana.

Cuarta. *Ámbito material.*

Ambas partes se comprometen a aportar los medios materiales, técnicos, humanos y económicos, que sean precisos para la materialización de las acciones de la cláusula segunda, que se desarrollan en el anexo técnico a este convenio, y en concreto:

La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir aportará:

a) Medios materiales:

– Coordinación de los trabajos por parte de un Jefe de Área de la Comisaría de Aguas

– Las horas de trabajo necesarias de funcionarios de la Comisaría de Aguas y en su caso de la Dirección Técnica y Área de Informática de la Secretaría General

– Contacto con los usuarios para la puesta en marcha de las pruebas

– Los medios de locomoción para los trabajos de campo que sean necesarios

b) Financiación:

– La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir aportará una cantidad económica para completar la aportación al proyecto. Dicha aportación cubrirá parte del desarrollo de los equipos (desarrollo HW, desarrollo SW y desarrollo de algoritmos) y los materiales necesarios para construir los equipos que quedarán en posesión de la Confederación para la demostración piloto del proyecto. Dicha financiación asciende a 200.000 euros.

– El importe total de las actividades de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se estima en 200.000 euros (impuestos no incluidos), distribuidos en partidas proporcionales a los años de vigencia del presente convenio, con cargo a la aplicación presupuestaria 23.105.452A.227.06 y en concreto con las siguientes anualidades:

- 2023: 100.000 euros (más 21.000 euros en concepto de IVA).
- 2024: 100.000 euros (más 21.000 euros en concepto de IVA).

Con el siguiente calendario de pagos:

– 50.000 euros más IVA al inicio del proyecto (al mes de la entrada en vigor del convenio).

– 50.000 euros más IVA a la consecución del Hito 1 (septiembre 2023).

– 50.000 euros más IVA al inicio de la anualidad 2024 (marzo 2024).

– 25.000 euros más IVA a la consecución del Hito 2 (septiembre 2024).

– 25.000 euros más IVA a finalización del proyecto.

Por tanto, el importe total incluyendo IVA asciende a la cantidad de 242.000 euros.

La Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla aportará:

– Las horas de trabajo de sus investigadores.

– Equipamiento científico necesario para realizar todas las pruebas de caracterización de los sistemas diseñados. Dada la extensión del equipamiento, este figura en el anexo II a este convenio.

– Las horas del personal de laboratorio para dicha caracterización.

El importe total de las actividades de la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, sin contar con la aportación económica de CHG se estima en:

– Las horas de personal investigador ascienden a 50.000 euros.

– Las horas de uso equipamiento científico especializado ascienden a 8.000 euros.

– Horas de personal técnico de laboratorio ascienden a 6.000 euros.

El abono de las cantidades aportadas por la Confederación irá precedido del acta de la Comisión de Seguimiento del convenio previsto en la cláusula sexta, en la que se concrete el estado y avance de los trabajos y se cuantifique el grado de cumplimiento del convenio, cuantificándose los gastos asumidos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y acompañándose de la correspondiente factura. El abono de dichas cantidades se hará efectivo en la Cuenta con IBAN n.º ES86-0049-5854-3721-1608-5237 abierta en el Banco Santander a nombre de «Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla», previa factura emitida por esta y dirigida a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

No obstante lo anterior, se podrán percibir anticipos en concepto de actividades preparatorias que resulten necesarias para realizar las actividades objeto del presente convenio, en los términos y límites que prevé el artículo 21 de la Ley 47/2003, de 26 de noviembre General Presupuestaria.

La aportación económica del Organismo de Cuenca no podrá superar el importe de los gastos derivados de la ejecución del convenio, de conformidad con lo previsto en el artículo 48.6 de la Ley 40/2015, de Régimen Jurídico del Sector Público.

Quinta. Derechos sobre los resultados del estudio.

Los resultados del Programa serán propiedad de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y de la Universidad de Sevilla, debiendo informar una parte a la otra, con carácter previo, del uso que vaya hacer de esos resultados.

Asimismo, en la medida en que estos resultados sean susceptibles de protección, la titularidad de los Derechos de Propiedad Industrial relativos a las invenciones que pudieran derivarse de los citados trabajos de investigación, así como, en su caso, las condiciones de explotación, deberá determinarse en un acuerdo específico entre la Confederación y la Universidad de Sevilla.

Sexta. Comisión de Seguimiento.

Con la finalidad de llevar a cabo un seguimiento puntual del cumplimiento del presente acuerdo, se establece una Comisión de Seguimiento que estará formada por dos representantes de cada una de las partes. Los Presidentes de las dos entidades designarán a sus representantes en la Comisión de Seguimiento.

Serán funciones de esta Comisión de Seguimiento resolver las controversias que pudieran plantearse en la interpretación y aplicación del presente convenio y el seguimiento del grado de cumplimiento del mismo, sirviendo, al tiempo, como vía de información entre las partes. Además, las partes, por acuerdo de la Comisión de Seguimiento, podrán modificar el calendario de pagos y también promover y aprobar posibles reajustes de las anualidades de pagos establecidas (en función de la evolución de la ejecución del objeto y de las actuaciones contempladas en el presente convenio), siempre que estos no supongan un incremento económico de las aportaciones globales, ni del plazo del mismo.

Séptima. Modificación.

En aplicación de lo dispuesto en el artículo 49.g) de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, cualquier modificación del convenio requerirá el acuerdo unánime de los firmantes y tendrá que ser objeto de la correspondiente adenda modificativa.

Octava. Eficacia y duración.

El convenio será eficaz una vez inscrito en el Registro Electrónico estatal de Órganos e Instrumentos de Cooperación del sector público estatal, y será publicado en el «Boletín Oficial del Estado», tal y como dispone el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre.

La duración inicial de este convenio será de dos años, pudiendo ser prorrogado expresamente por escrito y por acuerdo unánime de las partes, por idéntico periodo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 49.h).2.º de la Ley 40/2015.

Novena. *Extinción y resolución.*

A tenor de lo dispuesto en el artículo 51 de la Ley 40/2015, el presente convenio se extinguirá por el cumplimiento de las actuaciones que constituyen su objeto o por incurrir en causa de resolución.

Serán causas de resolución del convenio:

- a) El transcurso del plazo de vigencia del convenio sin haberse acordado la prórroga del mismo.
- b) El acuerdo unánime de todos los firmantes.
- c) El incumplimiento de las obligaciones y compromisos asumidos por parte de alguno de los firmantes.
- d) Por decisión judicial declaratoria de la nulidad del convenio.
- e) Por cualquier otra causa distinta de las anteriores prevista en el convenio o en otras leyes.

En todo caso, ambas partes colaborarán en todo momento de acuerdo con los principios de buena fe y eficacia para asegurar el cumplimiento íntegro de lo pactado.

Décima. *Resolución por incumplimiento e indemnizaciones.*

El incumplimiento de las obligaciones previstas en este convenio, será elevado a la comisión de seguimiento para alcanzar un acuerdo en el seno de la misma. En caso de que no se alcanzara dicho acuerdo se requerirá a la parte incumplidora que realice las obligaciones incumplidas en el plazo de dos meses. Transcurrido el plazo sin que se produzca el cumplimiento de lo requerido, se comunicará la resolución del convenio a la parte incumplidora.

Una vez resuelto el convenio, las partes procederán a la liquidación de las actuaciones no ejecutadas en los términos previstos en el artículo 52.2 de Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público.

No obstante lo anterior, si cuando concurra cualquiera de las causas de resolución del convenio existen actuaciones en curso de ejecución, las partes, a propuesta de la comisión de seguimiento podrán acordar la continuación y finalización de las actuaciones en curso que consideren oportunas, estableciendo un plazo improrrogable para su finalización, transcurrido el cual deberá realizarse la liquidación de las mismas en los términos establecidos en el apartado anterior.

Undécima. *Régimen jurídico y jurisdicción.*

Este convenio tiene naturaleza administrativa y se regirá por las estipulaciones del presente acuerdo, y por la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público. Las controversias que pudieran plantearse en la interpretación y ejecución del presente convenio, y que no hubieran podido ser resueltas por la comisión de seguimiento prevista en el mismo, deberán resolverse por la jurisdicción contencioso-administrativa, de acuerdo con la Ley 29/1998 de 13 de Julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-administrativa.

Y en prueba de conformidad, las partes intervinientes firman el presente convenio a un solo efecto, y por triplicado, en fecha arriba indicada.—Por la Fundación de Investigación de la Universidad de Sevilla, Manuel Felipe Rosa Iglesias.—Por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, O.A., Joaquín Páez Landa.

ANEXO I

Descripción de los trabajos

A continuación, se describe en detalle la metodología y plan de trabajo que se seguirá para la realización del sistema electrónico descrito anteriormente para la ejecución del Proyecto Guadalquivir 4.0: Herramientas para un Gemelo Digital de la cuenca con especial atención a Doñana.

Plan de Trabajo

1. Introducción. Un gemelo digital no es más que una representación digital del mundo físico que combina datos, modelos y visualizaciones que permiten profundizar en el conocimiento del mismo, con el objeto de ayudar en el proceso toma de decisiones. La calidad del modelo digital se puede evaluar en función de diferentes características: Completitud, resolución, precisión, oportunidad y fiabilidad.

Desde la aparición de las tecnologías digitales, éstas han sido empleadas para ganar un mejor conocimiento del mundo real y ayudar en la toma de acciones. Así, por ejemplo, los ingenieros hacen un modelo de un motor eléctrico para entender mejor su funcionamiento, caracterizar sus parámetros de operación y determinar la necesidad de mantenimiento o sustitución.

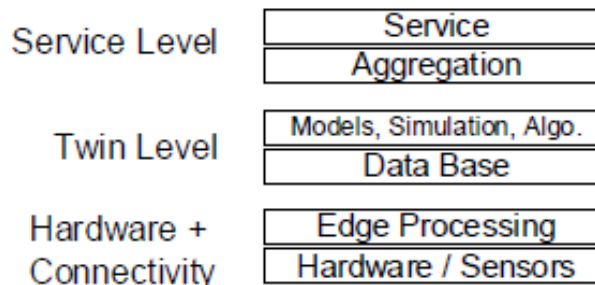
El concepto de modelo digital lo introdujeron los técnicos de la NASA Michael Grieves y John Vickers (director de tecnología) en una charla en la Universidad de Michigan relativa al ciclo de vida de un producto, donde se mencionó la posibilidad de crear representaciones digitales de sistemas físicos que tuvieran entidad por sí mismas; esa información digital sería un «gemelo» vinculado al sistema físico durante todo su ciclo de vida.

El concepto de modelo digital ha ganado gran popularidad en la Industria 4.0 impulsado por el desarrollo de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) y de la Internet de las Cosas (IoT) que, de manera conjunta, recién el nombre actual de Artificial IoT (AIoT). Como ejemplo, General Electric tiene en su planta de Minden (Nevada) más de 800.000 gemelos digitales para monitorizar la cadena de suministro. Los gemelos digitales no son representaciones estáticas de un mundo físico cambiante, sino que evolucionan con ellos, dado que tienen la posibilidad de monitorizar sus cambios (mediante un conjunto de sensores, y ahí tiene un papel importante la IoT) y adaptarse de forma dinámica a los mismos (empleando técnicas de Machine Learning, y ahí tiene un papel importante la Inteligencia Artificial).

Los modelos digitales han saltado de la industria a otros sectores administrativos y económicos. Como ejemplo la ciudad de Singapur ha construido una copia digital de la ciudad, combinando datos estáticos de edificios e infraestructuras con información en tiempo real del uso de las mismas, del movimiento de tráfico, y de personas, así como de nacimientos, fallecimientos y enfermedades. Con ello proporciona una visualización 3D de la ciudad, que facilita la comprensión de la situación y permite explorar situaciones futuras, ayudando en la toma de decisiones a diseñadores, planificadores y gestores de la ciudad-estado.

El objetivo final es el de proporcionar servicios de soporte a la toma de decisiones a partir de las posibilidades de simulación que ofrece un gemelo digital:

Figura 1. Arquitectura de un gemelo digital para la provisión de servicios



En cuanto a la gestión de cuencas, en marzo de 2019, el Centro Tecnológico Nacional para tecnologías Avanzadas de Fabricación de la Universidad de San Petersburgo Pedro el Grande anunció un gran proyecto federal para el desarrollo de un gemelo digital de la cuenca Obi-Ortisch, que con sus 5.410 km puede considerarse el séptimo río más largo del mundo, siendo la tercera mundial en cuanto a tamaño de cuenca. Este modelo ayudará a identificar los factores que afectan de manera más crítica al nivel de impacto antropogénico, encontrar soluciones a los daños acumulados en el medio ambiente y a llevar a la implementación de medidas sistemáticas para la rehabilitación de la calidad del agua.

En octubre de 2020 un estudio de Gartner reveló que, para 2023, un tercio de las compañías de tamaño medio y grande que han implementado la IoT tendrán implementado, al menos, un gemelo digital. El mismo porcentaje tendrán igualmente implementada la AIoT.

Son muchas las expectativas que se han creado con la utilización conjunta de las tecnologías de AIoT y de modelado digital, y en especial en el sector de la gestión integral del agua.

2. Antecedentes.

2.1 Gemelo Digital. Los gemelos digitales son, en realidad, plataformas multi-modelos. En el sector del agua un gemelo digital podría incluir tres sub-modelos:

– Modelos de Activos. Son típicamente modelos CAD 3D especialmente relacionados a un sistema de información geográfica (GIS), donde se registran los activos físicos y las infraestructuras, y que son utilizados para configurar y limitar los modelos de procesos de Agua.

– Modelos de Procesos de Agua. Estos son modelos basados en procesos físicos o dirigidos por datos que son impulsados por medidas externas (tales como medidas de las cargas del sistema, predicciones meteorológicas, etc.) y forzados a cumplir un conjunto de condiciones de contorno. Este tipo de modelos se construyen con herramientas como HEC-RAS, IBER o SWAT.

– Modelos de Prestaciones. Son modelos que, a partir de los resultados de los modelos de proceso generan puntos de referencia y métrica que sirven como entradas para los programas de ayuda a la toma de decisiones

A su vez los modelos se basan en tres componentes básicos:

– Visualización, que proporcionan la capacidad de representación digital, a través de tablas y gráficos, representaciones 3D, incluso en realidad virtual, de datos o resultados, en muchos casos, geolocalizados, a fin de ayudar a la comprensión del problema y de sus soluciones

– Análisis, que permiten la comparación entre el mundo físico, los resultados procedentes de los modelos físicos de los procesos (cuando es posible) y los procedentes de la simulación, para identificar la necesidad de cambios, establecer prioridad y evaluar el impacto de la toma de decisiones.

– Simulación, que permiten interpolar o extrapolar datos acerca del mundo real, cuando los procesos físicos son demasiado complejos para poder ser resueltos de manera analítica, cuando no hay suficientes datos medidos o cuando se pretende predecir comportamientos futuros.

Y en dos componentes para su validación y actualización:

– Validación, que permite determinar la calidad de los modelos actuales, comparando comportamientos y predicciones sobre datos presentes y pasadas con los datos obtenidos en el mundo real, y que permiten ajustar el valor de los parámetros desconocidos.

– Actualización, que permiten mejorar la precisión del modelo, introducir los nuevos datos medidos y realizar el ajuste continuo de los parámetros, a fin de que el modelo continúe siendo una representación útil del sistema físico a lo largo de la vida útil del mismo.

2.2 Datos de partida. La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir dispone de redes de monitorización y control distribuida por toda la cuenca que genera la siguiente información:

– En cuencas superficiales: Se realizan capturas de datos de calidad para el cumplimiento de los requerimientos legislativos a nivel nacional⁽¹⁾ (datos físico-químicos y biológicos) en unos 200 puntos en ríos y 50 en embalses; y se obtiene información de caudales en continuo en unos 61 embalses, 63 aforos, 29 marcos de control (altura de lámina), 59 pluviómetros, ... y otros 90 aforos –incluyendo los manantiales– con información mensual distribuidos por toda la cuenca ...

⁽¹⁾ Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

– En acuíferos: Se dispone de una red de control para el cumplimiento de los requerimientos legislativos a nivel nacional igual que en la redes hidrológicas, de manera que se dispone de información de calidad (parámetros físico-químicos) en unos 200 puntos e información de niveles piezométricos en unos 301 piezómetros en Doñana y 209 distribuidos por el resto de la cuenca.

Estas redes de datos generan mucha información que ayudan a la gestión del día a día del recurso y al desarrollo y ejecución de la Planificación Hidrológica con la utilización de modelos hidrológicos y de contaminación.

2.3 Modelo físico. Las modelos que emplean las Confederaciones Hidrológicas sirven para gestionar los flujos de agua en función de las demandas predefinidas y estimadas (por ejemplo, para suministros de agua, de riego e industria) y la infraestructura reguladora asociada. Además, suelen disponer de modelos de avenidas, para poder anticipar eventos catastróficos. Sin embargo, el balance hídrico es dinámico en el tiempo y el espacio. Por lo tanto, para modelar la gestión del agua en un gemelo digital, se deben incluir numerosas variables para lograr un balance hídrico más preciso, incluyendo la dinámica del uso de la tierra y las prácticas de las tierras de cultivo.

Como en cualquier ejercicio de modelización, los modelos hidrológicos suponen simplificaciones de un sistema de cuencas reales y, por tanto, es inevitable tener un cierto grado de incertidumbre. No obstante, las simplificaciones deben considerarse con cautela, ya que podrían afectar los resultados.

El SWAT es un modelo eco-hidrológico espacial, semi-distribuido y de base física, desarrollado por el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de

EE.UU. El uso de SWAT como herramienta para evaluar los caudales diarios mejora el balance hídrico general. SWAT, a diferencia de otros modelos de gestión hidrológica a, incluye la demanda de agua agrícola en el espacio y el tiempo, dado que está muy influenciado por las rotaciones de cultivos y las prácticas agrícolas (Seeboonruang, 2012). Este modelo se utiliza también para evaluar el impacto en la gestión de la tierra durante períodos de tiempo prolongados (Arnold *et al.*, 1998). SWAT opera con una discretización diaria en el tiempo, lo que permite evaluar de parámetros hidrológicos relacionados con prácticas de gestión del suelo (Kaur *et al.*, 2004) (Tripathi *et al.*, 2003).

De fundamental importancia para la obtención de un modelo de calidad es disponer de datos precisos, obtenidos mediante medida remota e inspecciones in situ (Ashraf Vaghefi *et al.*, 2015; Guzinski *et al.*, 2014; Laurent y Ruelland, 2011).

SWAT presenta un entorno basado en GIS (ArcSWAT) que es útil para definir los límites de las cuencas hidrográficas y sus sub-cuencas. Estas sub-cuencas se dividen a su vez en Unidades de Respuesta Hidrológica (URH), que son combinaciones únicas de tipos homogéneos de uso de la tierra, características del suelo y prácticas de gestión (Gassman *et al.*, 2007), a la escala a la que SWAT simula el balance de agua. La representación de la cuenca mediante URHs es una simplificación capaz de reproducir procesos biofísicos muy detallados. Estos procesos están asociados con la dinámica del agua, el ciclo de nutrientes, el crecimiento de los cultivos, el manejo agrícola, los patrones de sedimentación y las implicaciones de la infraestructura de regulación (Di Luzio *et al.*, 2005). SWAT proporciona una descripción distribuida de los procesos hidrológicos desde URH hasta el nivel de sub-cuenca.

El balance hídrico se puede definir para la cuenca o para cualquier punto de la corriente definido por el usuario (Neitsch *et al.*, 2005). SWAT resuelve la dinámica del agua entre la relación de infiltración/escorrentía (método de número de curva SCS), evapo-transpiración (cobertura del suelo, etapa de la vegetación y dependencia de la gestión), percolación (incluidas las propiedades del suelo), flujo lateral (dependencia topográfica), enrutamiento del canal (principal y tributario) y relaciones de recarga de acuíferos (Moriassi *et al.*, 2012). Finalmente se necesita información complementaria que describan la gestión global de la tierra y su influencia en el comportamiento hídrico de la cuenca (Neitsch *et al.*, 2002).

De una manera simplificada, el ciclo hidrológico en SWAT se controla mediante una ecuación de balance, definida como

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})_{i(1)}$$

Donde:

SW_t es el contenido final de agua del suelo.

SW_0 es el contenido inicial de agua del suelo.

R_{day} es la cantidad de precipitación.

Q_{surf} es la cantidad de escorrentía superficial.

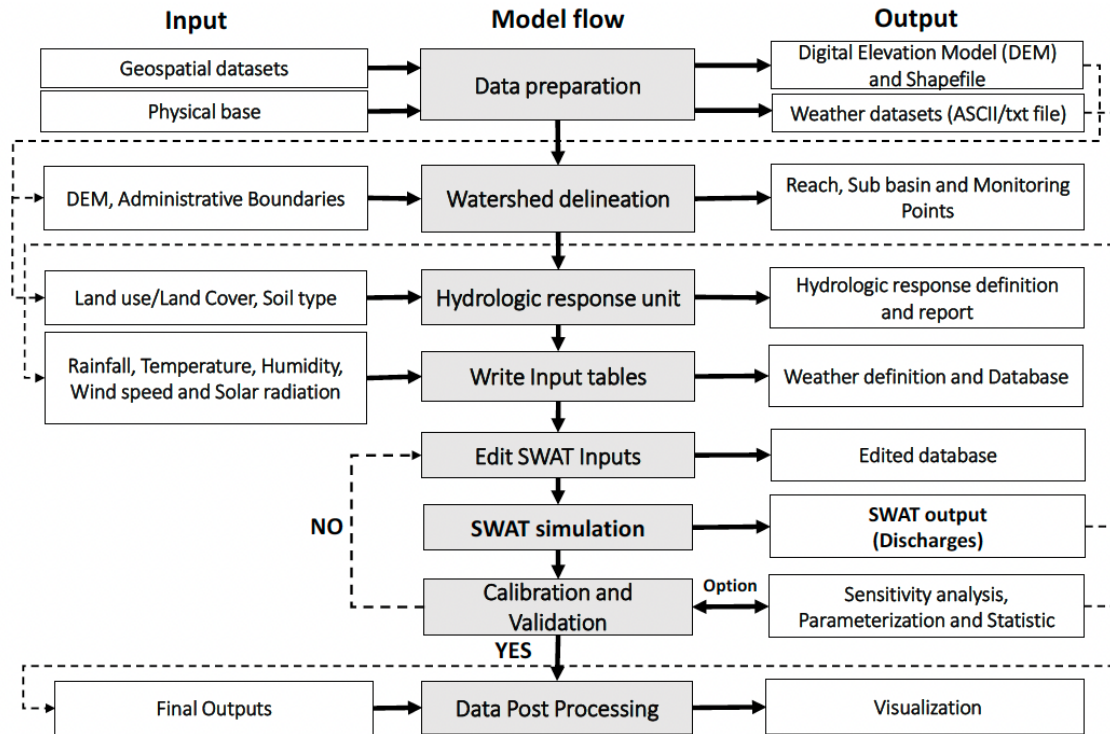
E_a es la cantidad de evapotranspiración en i .

W_{seep} es la cantidad de agua que ingresa a la zona vadosa desde el perfil del suelo el día i .

Q_{gw} es la cantidad de flujo de retorno el día i (mm H_2O). Todas las cantidades expresadas en mm H_2O . (excepto SW_t y SW_0) y referidas al día i .

La figura 2 muestra el proceso de análisis y modelado requerido para construir un SWAT, en el que se han destacado los datos de entrada, objetivo principal de esta propuesta.

Figura 2. Proceso de análisis y modelado de un SWAT



3. Objetivos. El objetivo del presente proyecto es iniciar el camino para el desarrollo de un gemelo digital para la cuenca del Guadalquivir basado en un modelo físico SWAT, junto con el desarrollo de herramientas de visualización y ayuda a la toma de datos.

Un modelo SWAT para la cuenca del Guadalquivir es un objetivo muy ambicioso en el que debe tomar parte numerosos actores, tanto en las fases de análisis como en el modelado y su validación, incluyendo científicos, tecnólogos, gestores, usuarios y ciudadanos.

La construcción de un gemelo digital basado en SWAT requiere además, el concurso de expertos en sistemas de procesamiento de la información, ingeniería hidráulica y agrícola e inteligencia artificial,

Finalmente el desarrollo de un sistema de visualización y ayuda a la toma de decisiones requiere de la participación de científicos tecnólogos y expertos en la gestión de cuencas

Por todo ello la CHG considera este gemelo digital como un proyecto a medio-largo plazo, definiendo en este Anexo los primeros pasos relativos al estudio y análisis de datos, a la propuesta de nuevas estaciones de captación y a los sistemas de recogida y almacenamiento de datos en los sistemas de información de la CHG, dejando los siguientes pasos a futuras ampliaciones del proyecto.

Así pues, los objetivos considerados en esta primera fase del proyecto son:

- Investigación de los datos necesarios para construir, validar y, en el futuro, actualizar y mejorar un modelo SWAT preciso de la cuenca del Guadalquivir. Entre otros: número y tipo de datos, periodicidad, precisión y resolución espacial y temporal.

- Estudio de los datos disponibles en el Sistema de información ya existentes en la CHG y de adecuación para la construcción validación, actualización del modelo SWAT.

Se prestará especial atención a los modelos ya desarrollados por CHG (como los modelos de avenidas) y a su integración en una herramienta que permita combinar la información de cada uno de ellos. Además, se realizarán estudios preliminares sobre la capacidad de elaborar modelos de alto nivel y bajo orden a partir de los datos existentes, utilizando técnicas de *Machine Learning*.

- Determinación de los datos necesarios para la construcción, validación y actualización y mejora del SWAT no actualmente disponibles, y decisión respecto a la forma de extraerlo a partir de otras bases de datos existentes (ya sea de la propia CHG o de otros organismos e instituciones) o de medirlos de una manera directa o indirecta.

- Investigación sobre despliegue de una red de captadores para aquellas nuevas variables de las cuencas que se deciden medir, actualización y mejora de los sistemas de adquisición ya existentes.

- Investigación sobre metodologías y protocolos (acordes con los estándares nacionales e internacionales) para la adquisición, tratamiento, almacenamiento y actualización del modelo

- Investigación de las necesidades para la recogida de datos, su almacenamiento y visualización.

- Estudio de las capacidades del centro de información de la CHG y determinación de las mejoras y actualizaciones necesarias para dar satisfacción a las necesidades anteriores.

- Se prestará especial atención al área del Parque Nacional de Doñana, en el que se intensificarán tanto las tareas de monitorización como del uso de la Inteligencia Artificial para el diseño de herramientas de soporte a la toma de decisiones.

4. Plan de Trabajo. El plan de trabajo se estructura en cuatro Paquetes de Trabajo:

Paquete de Trabajo 1 (PT1). Gestión del Proyecto.

Consta de dos tareas:

- T1.1 Gestión y Coordinación del Proyecto.
- T2.1 Difusión y Explotación de resultados

Paquete de Trabajo 2 (PT2). Datos para construir, validar, actualizar y mejorar un SWAT de la cuenca de la cuenca del Guadalquivir.

Consta de cuatro tareas:

- T2.1 Investigación de los datos necesarios.
- T2.2 Estudio de los datos y modelos disponibles.
- T2.3 Investigación de despliegue de nuevas estaciones de medida para la captación de datos no disponibles.

- T2.4 Investigación en técnicas de *Machine Learning* para modelado de alto nivel con los datos existentes.

Paquete de Trabajo 3 (PT3). Definición de metodologías y protocolos para la adquisición, recogida, almacenamiento y tratamiento de los datos. Cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales y siguiendo los criterios orientados a una gestión FAIR de los datos.

Consta de tres tareas:

- T3.1 Investigación de las metodologías y protocolos para la captación, transmisión y recogida de datos.
- T3.2 Investigación de las metodologías y protocolos para el almacenamiento, procesamiento y visualización de datos.
- T3.3 Investigación de integración con bases de datos nacionales e internacionales y terceros, Políticas de acceso e intercambio de datos.

Paquete de Trabajo 4 (PT4). Necesidades de recogida, almacenamiento y visualización de datos.

Consta de tres tareas:

- T4.1 Investigación de las necesidades HW y SW y de infraestructura TIC para la recogida, almacenamiento y visualización de datos.
- T4.2 Estudio de las capacidades existentes en el centro de información de la CHG.
- T4.3 Propuesta de mejora y actualización de las capacidades existentes en el CHG.

Paquete de Trabajo 5 (PT5). Arquitectura de un sistema de simulación.

Consta de cuatro tareas:

- T5.1 Investigación en una arquitectura que permita simular y combinar las simulaciones de los modelos existentes.
- T5.2 Investigación en técnicas de Machine Learning para modelar la evolución de sectores concretos.
- T5.3 Propuesta de arquitectura de simulación del SWAT
- T5.4 Servicios de apoyo al proceso de toma de decisiones basados en algoritmos de Inteligencia Artificial

Hitos:

Hito 1: Arquitectura del Sistema (M12).

Hito 2: Fin del proyecto.

5. Cronograma. Se propone el siguiente cronograma:

Tabla 1. Cronograma del proyecto

	M00	M02	M04	M06	M08	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
PT1. Gestión del Proyecto													
T1.1. Gestión y Coordinación													
T1.2. Difusión y Explotación													
PT2. Datos para SWAT													
T2.1. Datos necesarios SWAT													
T2.2. Datos disponibles													
T2.3. Nuevas esta. captadores													
T2.4 Investigación en ML													
PT3. Metodol., protocolos datos													
T3.1. De capt. transm. y recog.													
T3.2. De almac., proc. y visual.													
T3.3. Integración con BDs													
PT4. Nec. centro informaci. CHG													
T4.1. Necesidades infraest. TIC													
T4.2. Capacidades													
T4.3. Propuesta mejora y actu.													
PT5. Arquitectura Sist. Sim.													
T5.1. Inv. Arqu. Sim													
T5.2. ML													
T5.3. Arqu. Sim. SWAT.													
T5.4. AI													

ANEXO II

Relación de la instrumentación electrónica del Grupo de Investigación

1. Infraestructura básica.

Fabricante	Modelo	Descripción
Agilent.	E8257D PSG. http://www.home.agilent.com/en/pd-460865-pn-E8257D/psg-analog-signal-generator?&cc=ES&lc=eng . E8257DK. http://www.home.agilent.com/en/pd-1969795-pn-E8257DK/core-instrument-firmware-enhancements?&cc=ES&lc=eng .	Generador de señal analógica 250 KHz-20 GHz. Ampliación UNX de bajo ruido de fase.
Agilent.	E8257D PSG. http://www.home.agilent.com/en/pd-460865-pn-E8257D/psg-analog-signal-generator?&cc=ES&lc=eng .	Generador de señal analógica 250 KHz-20 GHz.
Rohde.	AM300. http://www2.rohde-schwarz.com/product/AM300.html .	Generador arbitrario dual. 100 Ms/s DC-50 MHz.
Rohde.	SFU. http://www.rohde-schwarz.com/en/product/sfu-productstartpage63493-8669.html . SFU-K35. http://www.rohde-schwarz.de/file16694/SFUdat-swen.pdf .	Generador de señal multi-estándar broadcast test system 0.1-3 GHz. Opción de generación de onda arbitraria 128 MS/s 16-bit.

Fabricante	Modelo	Descripción
Agilent.	N8241A. http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=742457&nid=-536902257.536908556.00&id=742457 .	Generador de ondas arbitrario. 625 MS/s 15 Bit LXI, BW analógico=250 MHz por canal (Opción 062).
Rohde.	ADS. http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/signalgeneration/ADS.html .	Generador de ondas arbitrario dual 1 MHz.
Rohde.	SMIQ 03B. http://www2.rohde-schwarz.com/product/smiq.html .	Generador de señal. 300KHz-3.3 GHz.
Agilent.	81134A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000004569%3Aepsg%3Apro-pn-81134A/pulse-pattern-generator-335-ghz-dual-channel?&cc=ES&lc=eng .	Pulse pattern generator 3.35 GHz 2-canales.
Audio Precision.	SYSTEM TWO 2222. http://ap.com/products/productlist.htm .	Generador de señal 10 Hz-204 KHz.
Agilent.	MS08104A. http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=718234&nid=-34677.536908413.00&id=718234 .	Osciloscopio digital 1 GHz 4 canales.
Lecroy.	LC584A. http://www.lecroy.com/tm/products/Scopes/LCSeries/LC684DXL/default.asp .	Osciloscopio. Digital: 1 GHz, 8GSa/s, 4canales.
Agilent.	MSO7034B. http://www.home.agilent.com/en/pd-1788181-pn-MSO7034B/mixed-signal-oscilloscope-350-mhz-4-analog-plus-16-digital-channels?&cc=ES&lc=eng .	Osciloscopio 350 MHz.
Agilent.	MSO6034A. http://www.home.agilent.com/en/pd-564674-pn-MSO6034A/mixed-signal-oscilloscope-300-mhz-4-scope-and-16-digital-channels?&cc=ES&lc=eng .	Osciloscopio 300 MHz.
Agilent.	16760A (mainframe 16902B). http://www.home.agilent.com/en/pd-1000003743%3Aepsg%3Apro-pn-16760A/timing-and-state-module?&cc=ES&lc=eng . 16720A (mainframe 16902B). http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000798%3Aepsg%3Apro-pn-16720A/300-m-vector-sec-pattern-generator-module?&cc=ES&lc=eng .	Cuatro módulos de analizador lógico de 800 MHz, 34 canales y 64M. Generador digital de patrones 300 MHz.
Tektronix.	TLA5202. http://www2.tek.com/twweb/measurement/AppNotes/5816733/eng/58W16733.pdf .	Analizador lógico.
Agilent.	N9030A PXA. http://www.home.agilent.com/en/pd-1721037-pn-N9030A/pxa-signal-analyzer?&cc=ES&lc=eng .	Analizador de espectros 26.5 GHz.
Rohde.	FSU (opciones incluidas: FSU-B9 y FSU-B25). http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/spectrumanalysis/FSU-Options-14-1064.html .	Analizador de espectro. 20Hz-3.8 GHz.
Agilent.	9340B. http://www.home.agilent.com/en/pd-1348735-pn-N9340B/handheld-spectrum-analyzer-hsa-3-ghz?&cc=ES&lc=eng .	Analizador de espectros de mano 3 GHz.
Rohde.	FSIQ. http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/spectrumanalysis/FSIQ-FrontView-30-3068.html .	Analizador de señal. 20 Hz-3.5 GHz.
Rohde.	ZVRL. http://www2.rohde-schwarz.com/en/products/testandmeasurement/productcategories/networkanalysis/ZVx-Features-8-1300.html .	Analizador de red vectorial. 9KHz-4GHz.
Keithley.	2636A. http://www.keithley.com/products/dcac/currentvoltage/gmp/?mn=2636A .	Unidad fuente-medidor de alta sensibilidad, 2 canales.
Hp.	34401A. http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=1000001295:epsg:pro&nid=-536902435.536880933.00&id=1000001295:epsg:pro .	Multímetro.

Fabricante	Modelo	Descripción
National.	PXI 1031. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/13906 . PXI 8106. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203442 . PXI 4071. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/14857 .	Mainframe de 4 ranuras. Módulo controlador vía GPIB, USB, Ethernet.... Módulo multímetro digital (DMM) de alta precisión.
Agilent.	U3630A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1647875-pn-U3606A/multimeterdc-power-supply?&cc=ES&lc=eng .	Multímetro de alta precision y fuente de alimentación.
Rohde.	URV55. http://www.rohde-schwarz.com/en/product/urv55-productstartpage63493-8503.html .	Mili-voltímetro.
Hp.	E3631A. http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?cc=ES&lc=spa&ckey=836433&nid=-35721.384004.00&id=836433 .	Fuente de alimentación de tres canales.
Agilent.	E3634A. http://www.home.agilent.com/en/pd-836433-pn-E3631A/80w-triple-output-power-supply-6v-5a-25v-1a?&cc=ES&lc=eng .	Fuente de alimentación de tres canales.
Agilent.	E3630A. http://www.home.agilent.com/en/pd-836823-pn-E3630A/35-w-triple-output-6v-25a-20v-05a?&cc=ES&lc=eng .	Fuente de alimentación de tres canales.
Heratec.	C180-40 SIMPAC. http://adria.amtest.eu/en/test-measurement-highlights/block-1/climatic-chambers-for-laboratories-and-production-processes/ .	Cámara de ensayos climáticos.
Melles Griot / Signatone.	S-1170. http://www.signatone.com/about.asp . S1170-6N2.	Estación de pruebas. Max 700Kg 100Psi. Soporte.
Sony.	SSC-DC38P. http://www.electronic-circuitry.com/e/action/ShowInfo.php?classid=86&id=159551 .	Cámara.
Agilent.	41800A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000550%3Aepsg%3Apro-pn-41800A/active-probe-5-hz-to-500-mhz?&cc=ES&lc=eng .	Sonda activa 5-500 MHz.
Agilent.	85024A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000001990%3Aepsg%3Apro-pn-85024A/high-frequency-probe-300-khz-to-3-ghz?&cc=ES&lc=eng .	Sonda RF 300KHz-3 GHz.
Rohde.	URV5-Z7. http://www.testequipmentconnection.com/12746/RohdeSchwarzURV5-Z7.php .	Sonda RF 20KHz-1GHz.
Noise/Com.	NC6105. http://www.used-line.com/Generators/Noise/model425E025C5C3B .	Generador de ruido 10Hz-100 MHz.
Zera.	ZER-MT310. http://www.zera.de/uploads/txbdproductcatalog/MT310-CATIVProsEXTGBV401.pdf . ZER-TK118-05.	Patrón trifásico portátil de potencia y energía. Cabeza lectora fotoeléctrica.
Agilent.	34901A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000083%3Aepsg%3Apro-pn-34901A/20-channel-multiplexer-2-4-wire-module-for-34970a-34972a?&cc=ES&lc=eng . 34904A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000086%3Aepsg%3Apro-pn-34904A/4-x-8-two-wire-matrix-module-for-34970a-34972a?&cc=ES&lc=eng . 34907A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000000089%3Aepsg%3Apro-pn-34907A/multifunction-module-for-34970a-34972a?&cc=ES&lc=eng . 34972A. http://www.home.agilent.com/en/pd-1756491-pn-34972A/lxi-data-acquisition-data-logger-switch-unit?&cc=ES&lc=eng .	Módulo multiplexor inducido de 20 canales. 4 x 8 módulo de conmutadores de dos cables. Módulo de funciones múltiples para el 34972A. LXI Data Acquisition Switch Unit LAN & USB (mainframe).
LPKF.	ProtoFlow. http://www.lpkfusa.com/smtassembly/prototflow.htm .	Horno de soldadura y su conector USB.
Rohde.	ESH2-75. http://www.rohde-schwarz.com/en/product/esh2-z5-productstartpage63493-9895.html .	4-line V-network 9 KHz-30 MHz 25A.
Zera.	MT-3000. http://www.zera.de/products/family/mt3000/product/mt3000-ts-12-a-005.html .	Fuente trifásica.

Fabricante	Modelo	Descripción
Agilent.	6812B. http://www.home.agilent.com/en/pd-1000001643%3Aeps%3Apro-pn-6812B/ac-power-source-power-analyzer-750-va-300-v-65-a?&cc=ES&lc=eng .	Fuente monofásica.
Agilent.	6692A. http://www.keysight.com/en/pd-836805-pn-6692A/6600-watt-system-power-supply-60v-110a?cc=ES&lc=eng .	Sistema de alimentación. 60V, 110A.
AFJ.	LS16. http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.richtec.com.tw%2Fdriver%2Fdrivers%2FAFJ%2520LISN%2520.pdf&ei=XxR3Vb2sEsTqyQOPy4HQDg&usg=AFQjCNEGfocXVVISJzkMF6vdjapY9CHL5g&bvm=bv.95039771,d.bGQ .	Red de estabilización de impedancias.
Keysight.	N2874A. http://www.keysight.com/en/pd-1661742-pn-N2874A/passive-probe-101-15-ghz-13-m?cc=ES&lc=eng .	Sonda pasiva, ancho de banda 1,5 GHz y relación 10:1.
Keysight.	N2795A. http://www.keysight.com/en/pd-1912806-pn-N2795A/active-probe-1-ghz?cc=ES&lc=eng .	Sonda activa, ancho de banda de 1GHz.
Keysight.	MSO9104A. http://www.keysight.com/en/pdx-x201760-pn-MSO9104A/mixed-signal-oscilloscope-1-ghz-4-analog-plus-16-digital-channels?cc=ES&lc=eng .	Osciloscopio de señal mixta, Ancho de banda 1 GHz y tasa de muestreo de 20GS/s.
Keysight.	N2818A. http://www.keysight.com/en/pd-2317268-pn-N2818A/200-mhz-101-differential-probe-with-autoprobe?cc=ES&lc=eng .	Sonda diferencial, Ancho de banda de 200 MHz y relación 10:1.
Keysight.	DSOX3034T. http://www.keysight.com/en/pdx-x202175-pn-DSOX3034T/oscilloscope-350-mhz-4-analog-channels?cc=ES&lc=eng .	Osciloscopio digital, Ancho de banda de 350 MHz.
Keysight.	M8190A. https://www.keysight.com/en/pd-1969138-pn-M8190A/12-gsa-s-arbitrary-waveform-generator?pm=OP&nid=-33319.972199&cc=ES&lc=spa . M9502A. https://www.keysight.com/en/pd-1886662-pn-M9502A/axie-2-slot-chassis?cc=US&lc=eng .	Generador arbitrario de 12 G/s. Chasis AXLe.

2. Infraestructura basada en la Cámara Anecoica. El Grupo de Ingeniería Electrónica ha liderado, dentro de la Universidad de Sevilla, la adquisición un de Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética que incluye una cámara semi-anechoica (infraestructura localizada en los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, calle Camino de los Descubrimientos, s/n, Universidad de Sevilla). Dicho laboratorio permite realizar multitud de ensayos vitales para caracterizar el buen funcionamiento de los dispositivos y/o sistemas desarrollados en el seno del Grupo de Investigación. Algunos de los ensayos que se realizan son la caracterización de antenas y/o transmisores y receptores, para determinar si su comportamiento se ajusta a las especificaciones. También se realizan ensayos de compatibilidad electromagnética, estudio fundamental para la protección de los sistemas de comunicación, dispositivos y/o equipos, cuyo funcionamiento puede verse afectado por interferencias externas.

El grupo ha adquirido recientemente el siguiente equipamiento para complementar el equipamiento básico presentado en el apartado anterior y que será muy útil para las pruebas de cobertura y compatibilidad electromagnética de los sistemas a diseñar:

2.1 Sistema de posicionamiento de ensayos EMC. Consistente en un sistema de posicionamiento automático para la caracterización de los patrones de radiación de antenas, así como para la realización de ensayos de compatibilidad electromagnética. Cabe destacar que la realización de este tipo de medidas implica la repetición de un conjunto de test donde se modifica el ángulo y la distancia de la fuente emisora. Con este equipo se consiguen reducir los tiempos de test y mejorar la repetitividad de los ensayos realizados, al poder posicionar la fuente emisora en un punto concreto con gran

precisión, eliminando cualquier fuente de error que pueda introducir el investigador que efectúa los ensayos,

Este sistema de posicionamiento está compuesto por los siguientes elementos:

- Mesa Rotatoria TT 1.2 SI: Plataforma giratoria dispuesta en el interior de la cámara semi-anecoica y que permite la automatización de procesos, tomando las medidas desde fuera de la cámara.

- Mástil AM 2.0: Mástil para antenas especialmente diseñado, tanto en dimensiones como en materiales, para el funcionamiento en el interior de una cámara semi-anecoica. Además, podrá controlarse desde fuera de la cámara agilizando el proceso.

- Controlador de posicionamiento MCU: Módulo que será capaz de controlar los dos equipos indicados previamente, automatizando, agilizando y mejorando notablemente los procesos de toma de medidas.

- Poste para sonda isotrópica FFP 2.3-M: Mástil elevable, especialmente diseñado para la realización de procesos de toma de medidas con una sonda isotrópica dentro de una cámara semi-anecoica.

2.2 Sistema para eliminar las reflexiones en el interior de la cámara semi-anecoica. Este lote mejora la inmunidad original frente a reflexiones y radiaciones electromagnéticas en el interior de la cámara semi-anecoica. Está conformado por el siguiente componente:

- Material absorbente de radio frecuencias: conos con forma piramidal de un material específico para incrementar la capacidad de inmunidad frente a reflexiones y radiaciones electromagnéticas, que sustituye a las ferritas con las que estaba originalmente dotada la cámara.

2.3 Sistema de caracterización de dispositivos y sistemas en el dominio de la frecuencia. Analizador de red vectorial (Keysight E5061B) que permite alcanzar el rango de bajas frecuencias (e decenas de Hz a decenas de kHz). Esta infraestructura es de gran interés en la caracterización de componentes pasivos y para estudiar la respuesta de sistemas de conversión de potencia como los convertidores DC-DC.

Las características técnicas y prestaciones de este equipo son:

- Rango de frecuencia comprendido entre 5 Hz y 3 GHz, lo que permite abarcar el rango de frecuencias de trabajo habitual (impedancias y sistemas de potencia a baja frecuencia, y sistemas de propagación en las bandas de interés (868MHz y 2.4 GHz).

- Resolución en frecuencia de 1 MHz, aspecto crítico cuando se pretende caracterizar sistemas a baja frecuencia. Esta característica es imprescindible para medir adecuadamente impedancias a baja frecuencia.

- Potencia máxima de salida de 10 dB.

- Rango dinámico superior a 110 dB.

- Bajo suelo de ruido en todo el rango de frecuencias (inferior a -90 dBm) para realizar medidas de dispositivos de muy bajo ruido.

- Capacidad de análisis de impedancias.

- Kit de calibración tanto eléctrico como mecánico para poder realizar la calibración de la medida de forma correcta.