



**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE HA DE REGIR
EN EL CONTRATO PARA EL ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE
LAS TÉCNICAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLES
(TDUS) EN EL CENTRO DE EXCELENCIA E INVESTIGACIÓN
DE CANAL DE ISABEL II DE TDUS**

CONTRATO N º: 71/2018

Área: Subdirección de I+D+i

Contenido

1. OBJETO	3
2. ANTECEDENTES	3
3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS	4
3.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE	6
3.2 FASES DE TRABAJO	6
4. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS	13
5. MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS	13
6. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS	14
ANEXO 1	16

1. OBJETO

El objeto del presente contrato es el estudio cualitativo y cuantitativo de la eficiencia de las diferentes técnicas de drenaje urbano sostenible (en adelante TDUS) construidas en las instalaciones de Canal de Isabel II, concretamente en la planta piloto de TDUS de la EDAR Meco, más conocido como CEIC de TDUS, así como la realización de una cubierta exterior junto a una estructura móvil.

En el presente Pliego de Prescripciones Técnicas se describen las condiciones técnicas que regirán el sistema de explotación de las actividades a llevar a cabo para el desarrollo del estudio comparativo de la eficacia de las distintas tipologías planteadas para las técnicas de drenaje urbano sostenible (en adelante TDUS) respecto de las técnicas convencionales en una instalación piloto ubicada en la estación de depuración de aguas residuales ubicada en Meco.

2. ANTECEDENTES

Tradicionalmente, la escorrentía superficial generada en el área urbana ha sido gestionada mediante infraestructuras de drenaje que interceptan los caudales de manera instantánea y lo conducen a los puntos más bajos y alejados de la zona urbana, lugar en que las aguas serán depuradas y tratadas o vertidas al medio receptor. Durante su recorrido, esta escorrentía superficial arrastra toda clase de cargas contaminantes que resultan dañinos para el ecosistema al que se vierten o reducen la eficiencia de la EDAR.

Además, las tendencias constructivas basadas principalmente en el hormigón que han predominado en los últimos años en España, y salvando excepciones como son los espacios verdes, ha derivado en que los suelos no tienen características permeables que amenoren el flujo superficial. Por lo tanto, el volumen de escorrentía que se genera en la cuenca es transportado casi íntegramente al punto de vertido o depuración.

Frente a esta situación, hay que tener en consideración que las ciudades continúan creciendo y que los efectos producidos por el cambio climático (efecto isla, largos periodos sin lluvia, lluvias intensas, ...) son cada vez más notorios, derivando por ejemplo en inundaciones en zona urbana. Así, la solución tradicional supondría una constante ampliación de la capacidad de la red de drenaje para mantener la calidad de servicio en estas nuevas condiciones. Asimismo, el incremento de población asociado al crecimiento urbanístico generará mayor volumen de residuos sólidos que circulan por la misma red de colectores que intercepta la escorrentía superficial ya que se trata de una red de drenaje mayoritariamente unitaria.

Además, los proyectos desarrollados en el Plan de General de Infraestructuras realizado por Canal de Isabel II en la red de drenaje urbano reafirman que la mayoría de las actuaciones a corto y medio plazo serán de aumento de capacidad de las infraestructuras, principalmente debido a riesgo de inundaciones o al crecimiento urbanístico.

Se debe tener en cuenta que las cargas contaminantes arrastradas cada vez son más elevadas y lo normal es que no existan tratamientos de mejora de su calidad en zonas intermedias de la cuenca. Asimismo, una lluvia intensa o fallo de la red de drenaje podría ocasionar graves problemas de inundación que a su vez provocaría daños materiales, humanos y del normal funcionamiento de la ciudad e infraestructuras de transporte.

Desde hace algún tiempo, diversas bibliografías proponen nuevas soluciones para una gestión más sostenible de la escorrentía superficial que reduzca su caudal y se desprenda de contaminantes progresivamente y a medida que avanza por la cuenca. Estas soluciones implican el desarrollo de elementos constructivos de bajo impacto, las conocidas TDUS, sobre nuevas edificaciones, carreteras y zonas verdes. Su fin es reducir cualitativa y

cuantitativamente la escorrentía superficial de la cuenca. Las TDUS son elementos constructivos que ya existen, siendo su diseño ingenieril el criterio fundamental que hará posible la intercepción y pretratamiento de la escorrentía, estas nuevas prestaciones permitirán considerarlas entonces como infraestructuras verdes dentro de la ciudad.

En función de la tipología TDUS empleada, es posible infiltrar, retener, almacenar e incluso pretratar las aguas de lluvia en las proximidades donde se genera. De esta manera se produce un tratamiento en origen, como oposición al tratamiento al final de la cuenca que se ha estado desarrollando tradicionalmente. Así, únicamente se drenarían los excedentes de escorrentía superficial que las TDUS no han sido capaces de interceptar y tratar. A su vez, estos excedentes contendrán una menor concentración de carga contaminantes.

Una implementación de estas TDUS en territorio español, incluyendo Canal de Isabel II, requiere de una garantía de funcionamiento y convencimiento de que este desarrollo es técnica y medioambientalmente ventajoso. Sin embargo, en España se adolece de falta de normativa y de estudios fiables que cuantifiquen qué tipo de técnicas se pueden aplicar a cada caso y, sobre todo, qué influencia tienen cada una de esas técnicas en la reducción y/o suavización de los hidrogramas transportados por las redes de drenaje urbano generales, como de la carga contaminante.

El correcto conocimiento de estas técnicas se puede traducir en un menor coste de las infraestructuras, dado que, si se lamina el pico de los hidrogramas de entrada, se podrán conseguir sistemas con menor tamaño, una minimización de los volúmenes de los tanques de tormenta para una garantía (periodos de retorno de diseño) similar y una disminución de las cargas contaminantes a lo largo de su recorrido.

El objeto de las TDUS es reproducir en la medida de lo posible el ciclo hidrológico natural previo a las actuaciones antrópicas. Logrando así el propósito de disminuir la cantidad de escorrentía, maximizar la integración paisajística y el valor socioambiental de la actuación.

Actualmente Canal tiene una planta piloto con diversas técnicas de drenaje urbano sostenible. Este contrato pretende contratar las labores necesarias para su explotación y mantenimiento, así como la adecuación de la planta ante los requerimientos que figuran en el PPT.

3. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El presente Pliego contiene las bases técnicas para la realización de ensayos en Centro de Excelencia e Investigación de Canal de Isabel II de TDUS, en adelante CEIC de TDUS, a fin de llevar a cabo un análisis cuantitativo y cualitativo de la eficacia de las técnicas de drenaje urbano sostenible respecto de las técnicas convencionales.

El CEIC de TDUS está construido en los terrenos de la EDAR Mecó con el fin de llevar a cabo el objeto del presente estudio. A continuación, se resumen brevemente los elementos TDUS que conforman la planta (consultar el Anexo para mayor detalle):

- Cuatro cubiertas, cada una con una superficie de 15x25 m². Las tipologías de cada una son:
 - Cubierta convencional con capa superior solada
 - Cubierta convencional con capa superior de grava
 - Cubierta vegetal intensivo
 - Cubierta vegetal extensivo

- Dos zanjas drenantes, cada una con una superficie de $3 \times 8 \text{ m}^2$
- 3 pavimentos, cada uno con una superficie de $15 \times 5 \text{ m}^2$. Las tipologías son:
 - Pavimento asfáltico impermeable
 - Pavimento poroso de adoquines
 - Pavimento poroso de hormigón poroso

Los licitadores deberán incluir en la oferta el proyecto que defina las condiciones de explotación y necesidades de la planta piloto para alcanzar los objetivos de este contrato. Este proyecto deberá incluir, al menos, los siguientes puntos (la explicación pormenorizada de cada uno de los apartados se incluye en el punto 3.2):

- Propuesta para la vegetación de las dos cubiertas vegetales, con una propuesta de vegetación intensiva y otra extensiva.
- Propuesta de movimiento de tierras para trabajos futuros de modificación de las parcelas actuales, en las que se podría incluir las dos parcelas: la cubierta solada y la de grava, además de uno o varios de los pavimentos.
- Ejecución del sistema de estresado de las TDUS, según el anteproyecto redactado y disponible por parte de Canal de Isabel II, es decir, ejecución de los simuladores de lluvia y escorrentía para las parcelas actuales y futuras.
- Cerramiento de estructura metálica resistente para dar cabida a una estructura móvil para mover el sistema de estresado previo (simulador de lluvia), en sentido ancho y largo para poder abarcar toda la superficie de las parcelas de la planta (aproximadamente 2.500 m^2).
- Equipos de medición y metodología para la toma de datos propuestos. Aquí se consideran los tomamuestras y otros posibles sistemas de medición necesarios para alcanzar los objetivos del contrato
- Metodología para el desarrollo de los ensayos.
- Elaboración de resultados.
- Verificación y calibración de resultados.
- Mantenimiento y conservación del CEIC de TDUS.
- Propuesta de modelado SWMM o similar de las técnicas de drenaje urbano sostenible.
- Propuesta de mejoras del CEIC de TDUS. Aquí se incluyen las propuestas de modificaciones en la planta para probar nuevas tecnologías que actualmente no incluye el CEIC de TDUS.
- Metodología de análisis comparativo de la eficiencia de las TDUS frente a las técnicas convencionales, tales como:

- Análisis de permeabilidad de las diferentes TDUS
 - Estudio comparativo del polutograma de entrada respecto del de salida para los diferentes eventos de lluvia simulados y las diferentes TDUS
 - Análisis de retención de contaminantes a partir del estudio de parámetros fisicoquímicos y biológicos (DQO, DBO, SS, N, P...)
 - Estudio de sedimentación en cunetas vegetales
 - Estudio de filtración en pavimentos permeables
 - Estudio de biofiltración de la escorrentía en las TDUS de carácter vegetal (cubiertas y cunetas vegetales, franjas filtrantes, jardines de lluvia...)
 - Estudio de biodegradación de aplicación en las TDUS con alta densidad de vegetación
 - Estudio de retención vegetal o bioacumulación de compuestos tales como metales pesados y otros contaminantes en las TDUS
 - Sistema de calibración de los modelos de escorrentía de cuencas urbanas
- Propuesta de redacción de una ordenanza municipal tipo para la Comunidad de Madrid para la aplicación de las técnicas de drenaje urbano sostenible.
 - Desarrollo de una herramienta software

3.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Canal de Isabel II, S.A. dispone de la siguiente información, que se considera de utilidad para la realización del trabajo, y se pondrá a disposición del adjudicatario, en las condiciones y reservas de confidencialidad expuestas en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares del Contrato:

Datos pluviométricos del área de influencia de la zona de estudio.

- Información detallada de las instalaciones del CEIC de TDUS.
- Información detallada sobre las instalaciones disponibles para la acometida eléctrica (para uso de la instrumentación) y para la toma de agua que se usará en el estresado de las TDUS.
- Información detallada del anteproyecto redactado del sistema de estresado de las diferentes TDUS

La entrega de estos datos no exime al adjudicatario de garantizar la calidad de los datos y de completar los mismos en caso de ser necesarios.

3.2 FASES DE TRABAJO

Los trabajos pueden diferenciarse en las siguientes fases principales:

3.2.1. Propuesta para la vegetación de las cubiertas vegetales, con una propuesta de vegetación intensiva y otra extensiva.

El adjudicatario ha de proponer un plan de vegetación de la capa superficial de los dos *green roof*, cada uno con un área de 15x25m², donde obligatoriamente una capa será intensiva y la otra extensiva. Asimismo, deberá proveer un cuidado adecuado a las características de las mismas durante el tiempo que dure el estudio, así como prever la posibilidad de renovación de alguno de los elementos durante el periodo de vida del contrato.

3.2.2. Propuesta para demolición y reposición de los pavimentos y de las cubiertas convencionales

La oferta debe proponer una metodología para la demolición y reposición de los pavimentos y de las 2 cubiertas convencionales, una vez finalizados los estudios de los firmes y de las cubiertas construidas inicialmente, atendiendo a la necesidad de ampliar el rango de estudio de las tipologías de estés u otras TDUS disponibles en el mercado. Se valorará la idoneidad de las tipologías de TDUS propuestas y su diseño estructural para cumplir con los objetivos del presente estudio.

3.2.3. Sistema de estresado de TDUS.

El adjudicatario diseñará y ejecutará un sistema de simulación de lluvias para estresar las TDUS con diferentes intensidades y duraciones. Las lluvias simuladas tendrán las características (de calidad, cantidad y forma) propias de los eventos pluviométricos que se producen de forma natural en la Comunidad de Madrid o en cualquiera otra área climática de la que se disponga datos. Además de la lluvia simulada, en ocasiones se deberá simular el flujo de la escorrentía superficial sobre las TDUS. Con las bases recogidas en el anteproyecto redactado por Canal de Isabel II que se proveerá al adjudicatario del contrato se especifican estos aspectos.

El sistema de simulación podrá ser móvil, según la mejor consideración posible para que sea de obligada aplicación en todos los elementos TDUS del CEIC.

El licitador ha de proponer un sistema suficientemente detallado en el que se especifiquen la tipología y cantidad de materiales a emplear (estructura, tuberías, malla de reparto de lluvia, electroválvulas, programador, sistema de goteo, otros) así como las dimensiones.

Se propondrá una programación de las pruebas piloto para analizar el comportamiento de toda la planta de acuerdo con los siguientes criterios: lluvias naturales o simuladas, escorrentía generada (natural o simulada), disponibilidad de análisis del laboratorio, simultaneidad de elementos TDUS que se pueden estudiar, otros.

3.2.4. Cerramiento de estructura metálica y estructura móvil.

El adjudicatario diseñará y ejecutará un cerramiento de estructura metálica, considerando la cimentación para la estructura, incorporación de zapatas, vigas, placas y perfiles de acero según normativa de edificación vigente. Además de la incorporación de una fachada resistente para dicha estructura.

Incluye la instalación de una estructura móvil para poder mover, en toda la superficie de las parcelas unos 2.500 m², el sistema de estresado de TDUS previamente comentado y así poder abastecer de agua de lluvia todas las parcelas disponibles en la planta TDUS.

3.2.5. Equipos de medición y metodología para la toma de datos propuestos.

Equipos de medición:

El licitador propondrá los equipos de medición que más convengan para la ejecución del contrato. Se prestará especial atención a los siguientes aspectos: instalación, especificaciones técnicas, mantenimiento y funcionalidad. Asimismo, se propondrá una metodología para la ubicación de los equipos estacionarios y móviles de acuerdo con la metodología de explotación de la planta.

La instrumentación de las TDUS requerirá como mínimo de los siguientes equipos: pluviómetros, equipos tomamuestras, ... La cantidad y versatilidad de los instrumentos será tal que permita realizar los ensayos simultáneos que se propongan en la programación (si es el caso).

No se admitirán propuestas de instrumentación y monitorización con equipos de medida que no sean eficientes en aguas residuales.

Metodología de toma de datos:

Para la correcta realización del estudio se requiere que, durante los ensayos se tome, como mínimo, el conjunto de datos que se detallan a continuación:

Cantidad de agua que fluye a través del elemento TDUS.

Se deberá cuantificar el balance de agua gestionada por cada tipología TDUS. Se evaluará como mínimo:

Humedad o agua presente en el elemento TDUS antes de la irrupción del agua de lluvia en el entorno.

El agua residual de entrada en el elemento TDUS debido a la lluvia natural o simulada y/o la escorrentía generada o simulada.

Caudal retenido por el elemento TDUS.

Caudal infiltrado por el elemento TDUS.

Caudal almacenado por el elemento TDUS.

Caudal excedente de salida del elemento TDUS al finalizar el análisis.

Caudal punta de simulación.

Calidad del agua pluvial y de escorrentía que fluye a través de un elemento TDUS.

El éxito del estudio va a depender en gran medida de este condicionante puesto que uno de los objetivos a estudiar es la capacidad que tienen las diversas tipologías TDUS para biorretener/pretratar parte de la carga contaminante presente en el agua contaminada que fluye por su superficie.

Durante los ensayos es obligatorio garantizar lo siguiente:

Una calidad de las aguas de simulación de lluvia semejante/equivalente a la calidad de agua pluvial del entorno urbano de Madrid. Es decir, ha de contener los contaminantes atmosféricos habituales en este entorno, y que se precipitan cuando son captados por el agua de lluvia. Además, la escorrentía generada por esta lluvia debe arrastrar los residuos y contaminantes urbanos propios de la ciudad. No obstante, esta metodología de estresado con agua contaminada solo se llevará a cabo en alguna de las simulaciones, siendo posible realizar el resto sólo con agua sin contaminar.

Por otra parte, cuando sea necesario simular únicamente la escorrentía superficial, ésta debe garantizar la concentración de los elementos mencionados en el punto anterior.

Si es necesario, inicialmente se realizarán análisis de calidad para garantizar que es la requerida en el presente pliego.

A lo largo de las pruebas piloto se realizarán suficientes controles de calidad de agua (muestreo y análisis) que permitan conocer la capacidad de bio-retención que ejercen las técnicas de drenaje urbano sostenible, así como la forma en que se produce dicha bio-retención de contaminantes y la tipología de contaminantes retenidos.

Al menos, se deben analizar los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- DBO₅, DQO
- Macronutrientes (Nitrógeno y fósforo)
- Sólidos en suspensión (totales y volátiles)
- Especies coliformes
- Hidrocarburos
- Conductividad
- Turbidez
- PH

En algunos de los ensayos también se analizarán al menos los siguientes parámetros:

- Metales pesados

El adjudicatario deberá especificar en este apartado todos los parámetros que analizará de manera justificada.

Sustitución y reemplazo de las capas superficiales de algunas TDUS para comprobar la eficacia de nuevas tecnologías.

Puede ocurrir que, por interés del estudio, se requiera evaluar la capacidad de infiltración y pretratamiento de diversas capas superficiales de las TDUS. En estos casos se sustituirá las capas superficiales existentes por otras nuevas.

Previo a evaluar el funcionamiento de las TDUS con estas nuevas capas, será necesario realizar los ensayos oportunos para la obtención, como mínimo, de los siguientes datos de los suelos en función de su uso principal:

Permeabilidad de las capas

Compactación de las capas

Capacidad portante de las capas

Se dispondrá un grado de libertad para probar suelos de nueva disponibilidad en el mercado o bien aquellos que el Canal de Isabel II determine, previa aprobación de este último.

3.2.6. Metodología para el desarrollo de los ensayos.

Se debe proponer una metodología detallada de caracterización, duración y frecuencia del estresado a que estará sometida cada una de las TDUS. Esta propuesta ha de abarcar la metodología de los ensayos y el detalle de la programación de muestreos que se vayan a llevar a cabo durante cada ensayo en una TDUS del proyecto, incluyendo la definición de todas aquellas características especificadas en el apartado 3.4.2 (Equipos de medición y metodología para la toma de datos propuestos).

Se incluirá la información detallada acerca de la metodología de monitorización del sistema de estresado de las TDUS. Se propondrá una programación de muestreo para analizar el comportamiento de toda la planta de acuerdo con los siguientes criterios: lluvias naturales o simuladas, escorrentía generada (natural o simulada), disponibilidad de análisis del laboratorio, simultaneidad de elementos TDUS que se pueden estudiar, otros.

No se admitirán propuestas de instrumentación y monitorización con equipos de medida que no sean eficientes en aguas residuales.

Se deberá evaluar la intensidad de los distintos episodios pluviométricos acaecidos durante el estudio del TDUS. Cuando sea necesario, el adjudicatario instrumentará la planta piloto a este fin.

3.2.7. Elaboración de los resultados.

Una vez realizadas todas las pruebas y ensayos necesarios para realizar el análisis de la eficacia cuantitativa y cualitativa de las TDUS frente a las técnicas convencionales, se llevará a cabo un tratamiento de los mismos para obtener los siguientes datos:

Hidrograma

Se representarán los hidrogramas tanto de la solución técnica sostenible como de la solución convencional para así poder realizar una comparación cuantitativa.

Polutograma

Se representarán los polutogramas tanto de la solución técnica sostenible como de la solución convencional para así poder realizar una comparación cualitativa.

Como resultado final se entregarán informes y ficheros editables con los resultados obtenidos, así como de la interpretación de los mismos por parte del adjudicatario.

3.2.8. Verificación y calibración de resultados.

El adjudicatario propondrá una metodología para la verificación y calibración de los resultados. Canal de Isabel II validará dicha metodología con el objeto de asegurar la calidad y veracidad de los resultados. La toma de datos reales que sean necesarios para la realización de esta calibración y verificación correrá a cargo del adjudicatario como responsable último de la calidad de los resultados obtenidos.

3.2.9. Mantenimiento del CEIC de TDUS.

La oferta contendrá un apartado específico de mantenimiento mínimo de los elementos de la planta de acuerdo con las necesidades propias de cada una de las TDUS, como es el caso de las cubiertas vegetales, así como del mantenimiento general del conjunto de la planta piloto.

Asimismo, se debe proponer un plan de cuidado y reposición de suelos TDUS en caso de que se deban sustituir los suelos contaminados, así como el grado de contaminación límite de aviso de sustitución de suelo. Igualmente, se deberá proponer un plan para tratar contaminantes de difícil gestión.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el adjudicatario deberá desarrollar un documento de estándares para el mantenimiento y conservación eficiente de las diferentes TDUS, enfocado en viabilidad técnica y económica.

3.2.10. Propuesta de modelado SWMM o similar de las técnicas de drenaje urbano sostenible.

Además, es necesario realizar un modelo matemático que simule la transmisión/retención del agua de los suelos de las TDUS, en especial para los pavimentos porosos y las cubiertas vegetales.

Como resultado se entregarán informes y ficheros editables con los resultados obtenidos en la modelización.

3.2.11. Propuesta de mejoras del CEIC de TDUS.

Una vez analizado el comportamiento de las TDUS de la planta, el adjudicatario propondrá, en aquellos en los que los resultados no fueron satisfactorios por errores de diseño u otros, medidas (estructurales u operativas) que ayuden a mejorar la eficacia de la TDUS.

Esta propuesta deberá suceder en las fases iniciales de explotación de la planta para que se puedan corregir los posibles errores de estudio con carácter preventivo.

Tras la finalización de los trabajos el adjudicatario elaborará un documento de síntesis para la difusión de las experiencias adquiridas, metodología, resultados y conclusiones, en el formato (publicación científica, Cuadernos de Investigación de I+D+i, otros) que Canal de Isabel II S.A. proponga. El documento tendrá un apartado específico acerca de las propuestas de modificación aplicadas.

3.2.12. Metodología de análisis comparativo de la eficiencia de las TDUS frente a las técnicas convencionales.

En base a los resultados obtenidos, el adjudicatario deberá realizar un estudio comparado entre las consecuencias del empleo de las TDUS y los resultados que se habrían obtenido sin dichas técnicas. Para ello, se tendrán en cuenta los siguientes estudios:

Análisis de permeabilidad de las diferentes TDUS

Estudio comparativo del polutograma de entrada respecto del de salida para los diferentes eventos de lluvia simulados y las diferentes TDUS

Análisis de retención de contaminantes a partir del estudio de parámetros fisicoquímicos y biológicos (DQO, DBO, SS, N, P...)

Estudio de sedimentación en cunetas vegetales

Estudio de filtración en pavimentos permeables

Estudio de biofiltración de la escorrentía en las TDUS de carácter vegetal (cubiertas y cunetas vegetales, franjas filtrantes, jardines de lluvia...)

Estudio de biodegradación de aplicación en las TDUS con alta densidad de vegetación

Estudio de retención vegetal o bioacumulación de compuestos tales como metales pesados y otros contaminantes en las TDUS

Sistema de calibración de los modelos de escorrentía de cuencas urbanas

Este informe es, no solo el resumen de todos los trabajos realizados, sino el punto de partida para poder redactar el documento que se solicita en el punto 3.2.12.

3.2.13. Propuesta de redacción de una ordenanza municipal tipo para la Comunidad de Madrid para la aplicación de las técnicas de drenaje urbano sostenible.

A partir de los resultados obtenidos se elaborará una propuesta de ordenanza municipal tipo para la aplicación de las TDUS en los municipios de la Comunidad de Madrid.

3.2.14. Desarrollo de una herramienta software

Desarrollo de una herramienta software que deberá incorporar todas las consideraciones necesarias de los apartados anteriores, sirva de soporte adicional para mostrar sus variaciones cuando los inputs son diferentes.

4. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

En el plazo de cuatro semanas a partir de la firma del contrato, el adjudicatario deberá presentar la siguiente documentación:

Necesidades de instalación e instrumentación de dispositivos de control adicionales a las disponibles actualmente en el CEIC de TDUS. Específicamente, se consideran las conexiones eléctricas y de agua necesarias para llevar a cabo las pruebas piloto y sobre todo el sistema de estresado de TDUS en mayor detalle.

Plan de trabajo donde se señalen plazos y fechas para la realización de las distintas tareas del proyecto.

Metodología detallada para las distintas fases del proyecto y herramientas de análisis de la información.

Por parte de Canal, el director del proyecto tendrá que aprobar este informe o indicar los cambios necesarios antes de iniciar el trabajo.

Durante el proyecto y con la periodicidad que se defina, se presentarán informes parciales de las tareas realizadas.

A la finalización de los trabajos se presentará el informe final de evaluación de resultados, que incluirá un resumen de las actuaciones realizadas, incidencias ocurridas en el desarrollo del trabajo, resultados obtenidos y conclusiones. Se incluirá un apartado específico para la evaluación de la aplicabilidad del producto desarrollado en Canal de Isabel II.

Se elaborará una propuesta de ordenanza municipal tipo para la Comunidad de Madrid para la implantación de las técnicas de drenaje urbano sostenible.

Los documentos de texto se presentarán en formato digital MS-Word. Los gráficos y tablas de datos o resultados que se incluyan en los informes se entregarán además en formato MS-Excel o MS-Access.

5. MEDICIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS

El abono de los trabajos se realizará mensualmente y siempre sobre tareas y subtareas completas. Se emitirá una certificación para cada una de estas tareas una vez hayan sido completadas, y una vez haya sido aprobado el informe correspondiente por la dirección del proyecto (Canal de Isabel II).

6. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS

El adjudicatario nombrará un representante responsable de los trabajos, que deberá contar con la experiencia requerida en el anexo 1 del PCAP. Este responsable será el interlocutor único con el director de los trabajos que designe el Canal de Isabel II, y deberá tener la titulación que se marca en el Pliego Administrativo que rige el presente concurso de asistencia técnica.

En sus ofertas, los licitadores presentarán una relación del personal que se asignaría al trabajo encomendado, con indicación de su titulación, experiencia (currículum vitae) y dedicación al proyecto. Las personas que vayan a desarrollar este proyecto deberán contar con una solvencia técnica acreditada para que la labor comprometida pueda ser realizada de modo satisfactorio y en el plazo establecido.

El adjudicatario se comprometerá a aportar los recursos humanos recogidos en su oferta. En el caso de que alguna de las personas propuestas no pudiera incorporarse al proyecto, el adjudicatario propondrá a Canal Isabel II recursos alternativos con categoría profesional y experiencia igual o superior a los propuestos inicialmente, propuesta que deberá ser aceptada por la dirección del proyecto por parte de Canal Isabel II.

El adjudicatario velará por que el equipo designado para la ejecución de los trabajos tenga la suficiente estabilidad para que no ponga en riesgo la consecución de los mismos en calidad y plazos. Cualquier cambio que aun así se produjera deberá ser puesto en conocimiento de Canal Isabel II con la suficiente antelación, y se reemplazará el recurso por otro de igual o superior cualificación.

Los licitadores deberán incluir en sus ofertas una propuesta metodológica detallada de las técnicas, métodos, fuentes de información y herramientas que vayan a ser utilizadas en la realización del proyecto.

Durante el tiempo que duren los trabajos objeto de este pliego, el adjudicatario se comprometerá a tener abierta una oficina en Madrid donde se encuentren todos los documentos y resultados de los trabajos en curso, a disposición para su consulta y examen en cualquier momento por la dirección del proyecto (Canal de Isabel II).

Firma:

LAстра DE LA
RUBIA,
ANTONIO
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por LAстра DE LA
RUBIA, ANTONIO
(FIRMA)
Fecha: 2022.09.01
14:16:43 +02'00'

Antonio Lastra de la Rubia
Coordinador de innovación de red

Firma:

FLORES
CABEZA JAIME
- 50078947N
FIRMA

Firmado digitalmente
por FLORES CABEZA
JAIME - 50078947N
FIRMA
Fecha: 2022.09.01
14:24:59 +02'00'

Jaime Flores Cabeza
Subdirector de I+D+i

Firma:

Firmado por:	Fecha:
JUAN SÁNCHEZ GARCÍA	2022.09.01
/(R:A86488087)	15:05:25 +02'00'

Juan Sánchez García
Director de Innovación e Ingeniería

ANEXO 1

DESCRIPCIÓN DEL CEIC DE TDUS EN LA EDAR MECO

Cubiertas

Se proyectan cuatro (4) planchas de 15 x 25 m² en cada una de las cuales se ensayarán distintas tipologías de cubiertas:

- Convencional solada: cubierta con capa de superficie acabado en gres (zona de control)
- Grava: cubierta con capa de superficie acabado en grava (zona de control)
- Cubierta vegetal tipo intensiva (TDUS)
- Cubierta vegetal tipo extensiva (TDUS)

Las cubiertas vegetales son sistemas multicapa con cubierta superior vegetal que recubren tejados y terrazas. Están concebidas para interceptar y retener las aguas pluviales, reduciendo el volumen de escorrentía y atenuando el caudal pico. Además de retener los contaminantes actúan como capa de aislante térmico en el edificio y ayudan a compensar el efecto “isla de calor” que se produce en las ciudades.

Zanjas drenantes

Zanjas poco profundas (1 a 3 metros de profundidad) rellenas de material drenante (granular o sintético), a las que se vierte escorrentía de superficies impermeables contiguas. Se plantean como estructuras de infiltración y almacenamiento capaces de absorber totalmente la escorrentía generada por la tormenta de diseño para la que han sido proyectadas.

Se proyectarán zanjas de 3 x 8 m² contiguas a una zona pavimentada y no permeable para que lleguen los flujos de escorrentía no filtrados.

Se compararán los resultados entre una zanja drenante con infiltración al terreno, otra zanja drenante con dren inferior y sin infiltración al terreno y con otras superficies de control impermeables.

Pavimentos

Los pavimentos porosos o permeables consisten en una capa de aglomerado de hormigón poroso que permite la infiltración de la escorrentía hacia una capa de grava subyacente. La capa de grava sirve para almacenar temporalmente la escorrentía y para infiltrarla al terreno natural o hacia los laterales del firme a través de un sistema de drenes.

Se deberán comparar distintas tipologías de pavimento poroso, y éstos a la vez con un pavimento asfáltico convencional. Se ensayarán tres (3) pavimentos de 15 x 5 m².

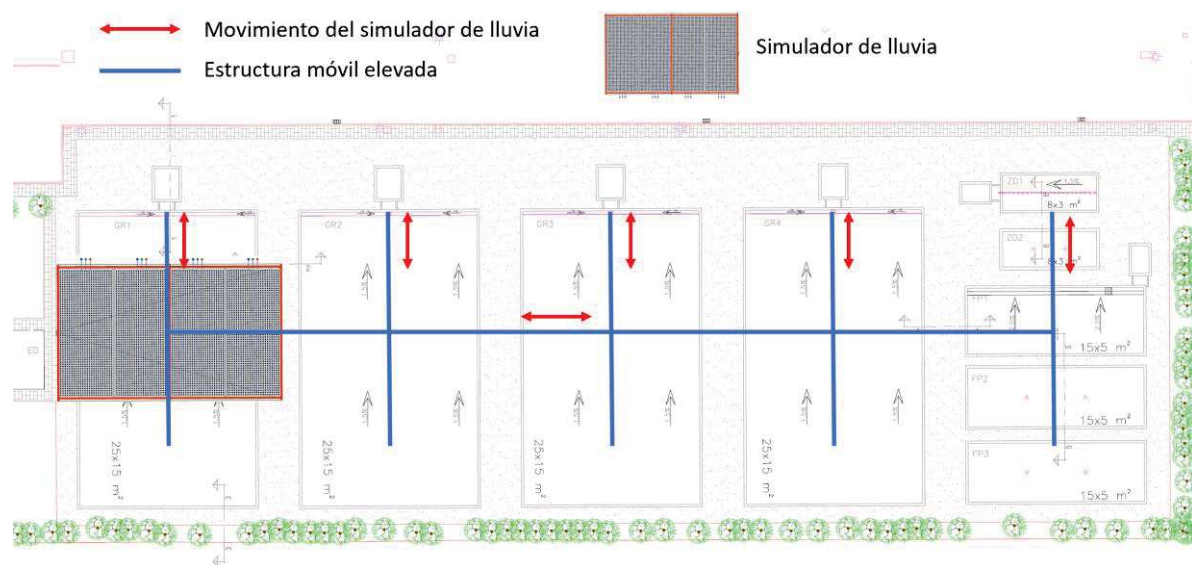
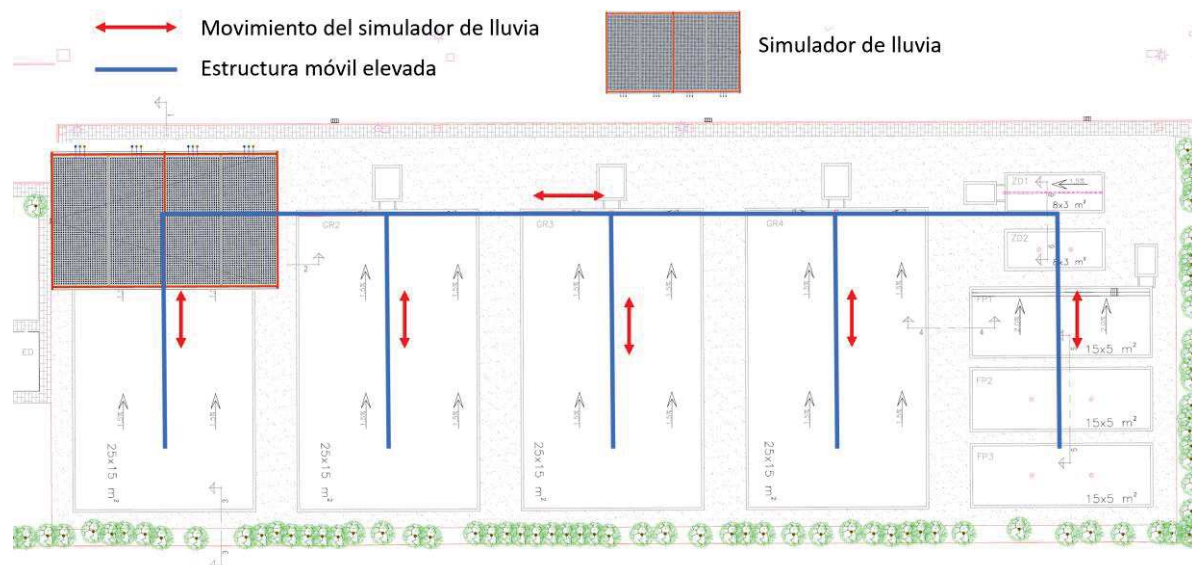
DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR DE LLUVIA

El objetivo del presente apartado consiste en la definición esquemática que se tomará como referencia para poder construir un simulador de lluvias en el CEIC de TDUS ubicado en los terrenos de la EDAR de Meco, con ello poder guiar los parámetros básicos y las características generales de los diferentes elementos a implantar en la actuación, además Canal de Isabel II pondría a disposición del adjudicatario documentación de detalle referente al simulador de lluvia que se pretende construir e instalar en el CEIC de TDUS. (Planos, Pliegos de prescripciones técnicas, cálculos hidráulicos...).

Para llevar a cabo el desarrollo del simulador de lluvia y el cerramiento de todas las parcelas de la planta TDUS se deberá tener en cuenta la normativa vigente que se aplique en cada caso, por ejemplo:

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- DB-SE (Documento Básico de Seguridad Estructural)
- DB-SE AE (Acciones en la Edificación)
- DB-SE A (Acero)
- Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08)
- Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado. UNE 36068 del 2011
- Construcciones metálicas. Caminos de rodadura de puentes grúa. Bases de cálculo. (UNE 76201:1988)
- Instrucción para la recepción de cementos. (RC)
- Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial", de 14 de mayo de 1990.
- Ley 31/1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Se pretende desarrollar un simulador de lluvia que recorra la planta TDUS de aproximadamente 2.500 m² para poder estresar todas las parcelas de la misma (4 cubiertas, 3 pavimentos y 2 zanjas), para ello es necesario que el simulador sea soportado por una estructura móvil y recorra la superficie de la planta en largo y en ancho. Seguido, se incorporan unos planos esquemáticos de ejemplo de lo que se pretende que sea el simulador de lluvia y la estructura móvil que permite que el simulador de lluvia recorra toda la planta para estresar todas las parcelas de la misma.



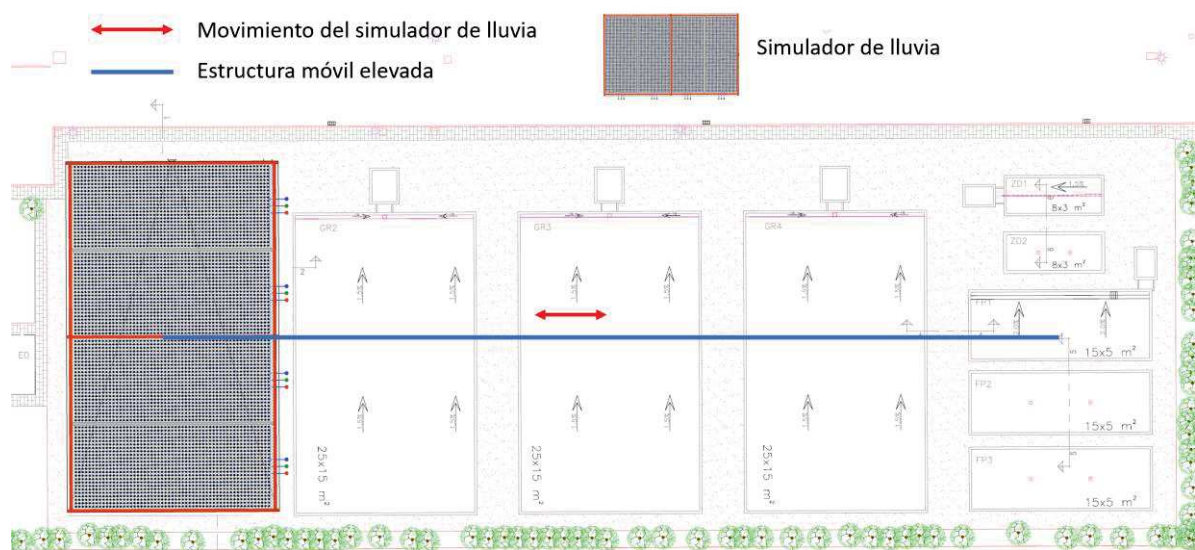


Figura 3 Esquema C de posible solución planta del simulador de lluvia y la estructura móvil

Los simuladores de lluvia son elementos de investigación que tienen el objetivo de representar un episodio lluvioso de manera artificial. Estos equipos son muy útiles para poder obtener datos de erosión, infiltración, escorrentía superficial y transporte de sedimentos.

El principal problema de estos equipos es la dificultad de su calibración a fin de que se consiga replicar las características del episodio lluvioso que se quiere simular, dado que el uso de estos equipos pretende fundamentalmente obtener una aproximación lo más cercana posible a las condiciones de lluvia natural. Las principales características de la lluvia que han de conseguir los simuladores son:

- Distribución y tamaño de gotas
- Intensidad de lluvia de diseño
- Lluvia uniforme y distribución aleatoria de gotas

En relación con la metodología de diseño del sistema de distribución de gotas, existen fundamentalmente dos grupos principales que son:

- Producción de lluvia mediante goteros
- Producción de lluvia mediante boquillas pulverizadoras

En este caso, vamos a optar por el diseño del sistema del primer grupo, adoptándose el sistema utilizado en el simulador de lluvia instalados en el laboratorio de hidráulica del Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC) de la Universidad de La Coruña.

Bases teóricas

Es necesario describir las características teóricas de diseño:

Tamaño de las gotas de lluvia

El diámetro de las gotas de lluvia varía según la intensidad de la lluvia, dando así gotas de pequeño diámetro como las gotas de la niebla, cuanto más pequeña es la gota, mayor es su tendencia a evaporarse, o gotas de gran tamaño como las de un aguacero de un diámetro máximo de 6-7 milímetros.

Este es el límite superior de la estructura física de la gota y al sobrepasar estas dimensiones la gota se dividirá en gotas más pequeñas debido a la turbulencia del aire. El diámetro de las gotas de lluvia de manera general oscila de 1 a 3 milímetros.

Intensidad de lluvia

Esta característica es una de las más importantes para poder definir el histórico de lluvias y poder disponer de suficientes datos de cálculo. La intensidad de lluvia está definida como el volumen de agua que cae en un tiempo determinado y se mide en milímetros por hora.

Este valor, en un entorno natural, no es constante, sin embargo, para el caso de los simuladores se elige un valor de intensidad a replicar.

En nuestro caso particular, se prevé dividir la plataforma en distintas zonas de manera que para una misma superficie puedan variar las intensidades de lluvia a replicar.

Velocidad terminal de las gotas

Las gotas de lluvia al momento de precipitarse alcanzan una velocidad límite o máxima que es cuando la resistencia del aire se iguala a la fuerza gravitacional y luego continuará cayendo con una velocidad constante. La velocidad límite aumenta con el tamaño de la gota alcanzando el valor de 9 metros por segundo para las gotas de mayor diámetro 5 – 6 milímetros. La velocidad terminal, será mayor cuanto mayor sea el elemento.

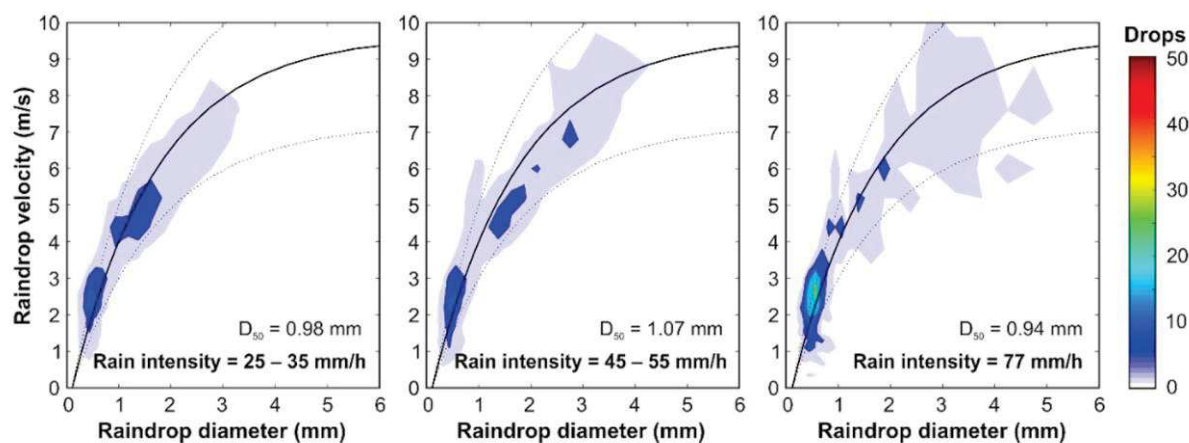


Figura 4 Relación diámetro vs velocidad

Uniformidad

Esta característica, tendrá en cuenta el reparto en toda la superficie del agua caída. Este parámetro es muy importante para que lluvia simulada se aproxime a una lluvia natural. Sin embargo, en este apartado se puede asumir cierta elasticidad “controlada” de manera que no suponga un excesivo coste de la instalación

Diseño del sistema

Diseño hidráulico

El sistema de distribución de agua se debe diseñar con 3 circuitos de tuberías ubicados a una altura aproximada de 2.6 metros, que deberá ser contrastada en la fase de calibración. La separación entre tuberías será de 0,125 metros.

Se ha previsto que el sistema disponga de una capacidad de 20, 40 y 70 mm.

DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

Caudal nominal (L/H.)	Rango de presión de trabajo (BAR)	Dimensiones de pasos de agua ancho - Profundidad - Longitud (mm x mm x mm)	Área de filtración (MM²)	Constante K	Exponente* X	Presión de cierre (bar)
0,5	0,7 - 4,0	0,54 x 0,60 x 40	1,8	0,5	0	0,12
1,2	0,7 - 4,0	0,67 x 0,77 x 35	2,0	1,2	0	0,12
2,0	0,7 - 4,0	1,03 x 0,75 x 35	2,0	2,0	0	0,12
3,0	0,7 - 4,0	1,03 x 1,08 x 35	2,0	3,0	0	0,12
4,0	0,7 - 4,0	1,32 x 0,95 x 35	2,0	4,0	0	0,12
8,0	0,7 - 4,0	1,60 x 1,05 x 35	2,0	8,0	0	0,12
12,0	0,7 - 4,0	1,60 x 1,05 x 17,5	2,0	12,0	0	0,12
15,0	0,7 - 4,0	1,60 x 1,08 x 17	2,0	15,0	0	0,12

Figura 5 Tabla de goteros

Para lo cual será necesario que se inserten goteros de la siguiente capacidad:

Lluvias de 20 mm: Densidad de 20 goteros / m2 de capacidad 1,2 l/h.

Lluvias 40 mm: Densidad de 20 goteros / m2 de capacidad 2 l/h.

Lluvias 70 mm: Densidad de 20 goteros / m2 de capacidad 4 l/h.

Con estos valores obtendríamos, a nivel de este estudio unos valores de lluvias de diseño de 24 mm, 40 mm y 80 mm respectivamente. Se deberá elegir una separación homogénea entre líneas en aras a facilitar la ejecución de las mallas. La separación entre goteros en todos los casos será de 0,5m.

Con esta configuración se obtendrían las lluvias para simular prácticamente la serie histórica de todas las lluvias producidas en el municipio de Madrid.

Así mismo, se deben considerar que las conexiones con la red general se realicen mediante conexiones rápidas y latiguillos flexibles de manera que se permitan ciertos movimientos que puedan existir en el sistema de agua durante su funcionamiento.

Así mismo, en relación con los sistemas o plataformas móviles, posibles errores y pequeñas diferencias en la colocación permitan cierta tolerancia de funcionamiento al sistema.

En la conexión general, se debe considerar un regulador de presión, un manómetro, electroválvulas de cierre rápido y válvulas de bola manuales.

El principal motivo para sectorizar el sistema trae consigo la posibilidad de poder simular movimientos de la lluvia, permitiendo generar escorrentías en puntos más alejados de la superficie e ir “acercando” la lluvia hacia los puntos finales.

Esta versatilidad, permitirá variar los tiempos de concentración de la cuenca.

Diseño hidráulico de los colectores principales

Como se ha comentado anteriormente los simuladores cuentan con un caudal por zona que queda, aproximadamente, definido en la siguiente tabla:

	GOTERO L/H
20 mm	1.2
40 mm	2
70mm	4

Figura 6 Capacidad de los goteros

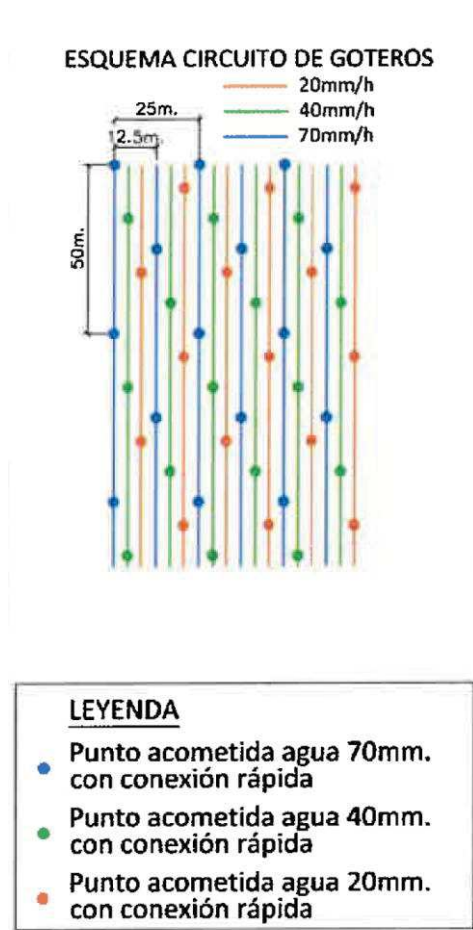


Figura 7 Esquema del circuito de goteros del simulador de lluvia

Diseño estructural

Se debe diseñar el sistema de tal forma que se pueda ser móvil y vaya en altura para poder estresar a todas las parcelas. Se debe considerar que dispongan de distintos elementos de elevación de manera que el sistema pueda ser subido y bajado, es decir, funcional a diferentes alturas. Dentro de las posibilidades también se podrá utilizar un motor de cremallera que suba las mallas. Todos los sistemas funcionarán con baterías o ser alimentados a la red eléctrica disponible en la planta.

Instrumentación y control

Los principales criterios bajo los cuales se diseña la arquitectura del SGC son: fiabilidad, flexibilidad y fácil manejo para el usuario. Este sistema va a permitir el control de los caudalímetros y la apertura y cierre de las electroválvulas.

Una alta fiabilidad debe estar asociada a todos los elementos del sistema de gestión. Un sistema fiable debe evitar que el fallo de una de sus partes produzca el colapso del resto del sistema. La flexibilidad exigida afecta a la capacidad de ampliación que puede tener el sistema ante cambios futuros de las instalaciones.

La arquitectura que se adapta a estas condiciones es la que básicamente se encuentra estructurada en cuatro niveles:

- Nivel 1: Material de campo.
- Nivel 2: Controladores distribuidos.
- Nivel 3: Puesto central.
- Nivel 4: Comunicaciones

Imágenes de simuladores tipo

Se incluyen algunos ejemplos de simuladores de lluvia tipo de apoyo para lo que se pretende instalar, aunque no se corresponden con los que se quiere instalar en el presente procedimiento de contratación porque lo que se pretende es un simulador de lluvia elevado unos metros respecto la rasante y que sea trasladado por un sistema móvil tanto en el eje x como en el eje y, para poder estresar todas las parcelas existentes en la planta como se ha especificado en los pliegos de dicho procedimiento de contratación

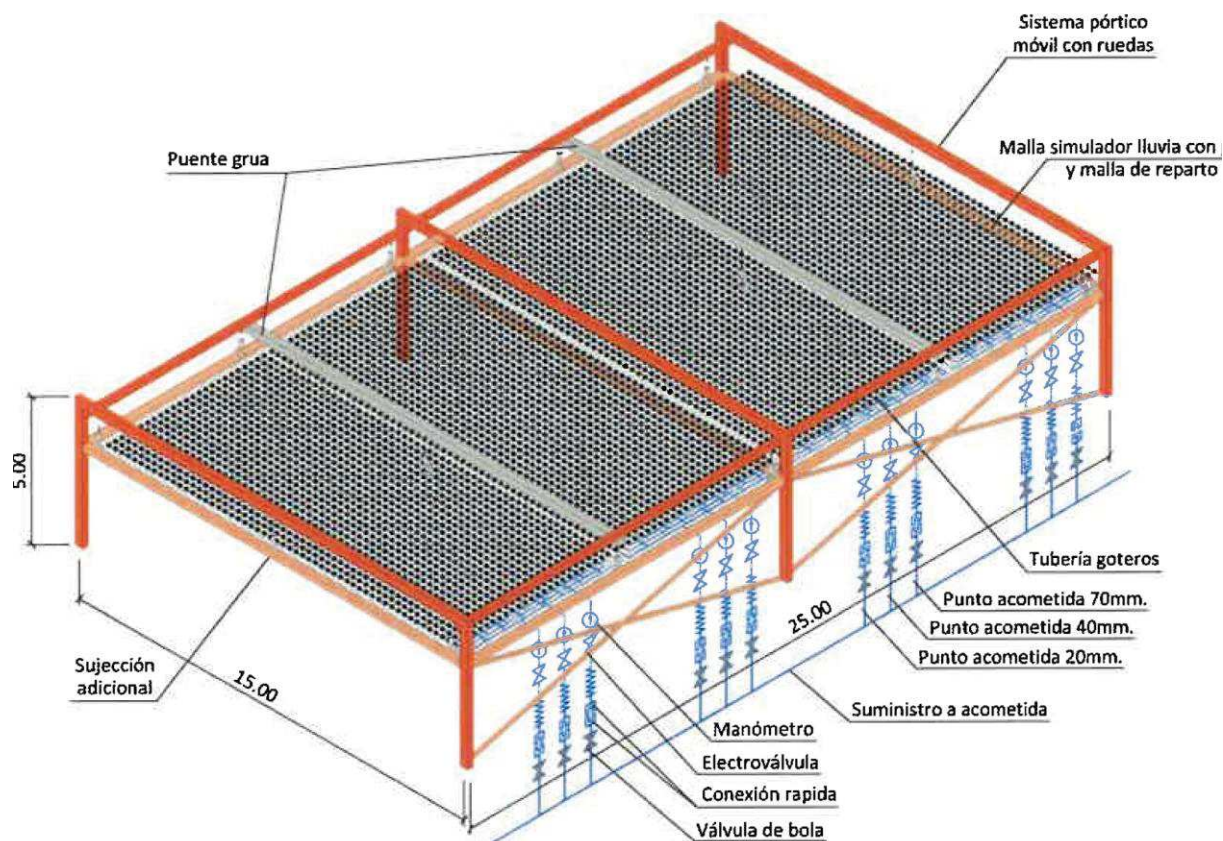


Figura 8 Simulador de lluvia de pórtico fijo

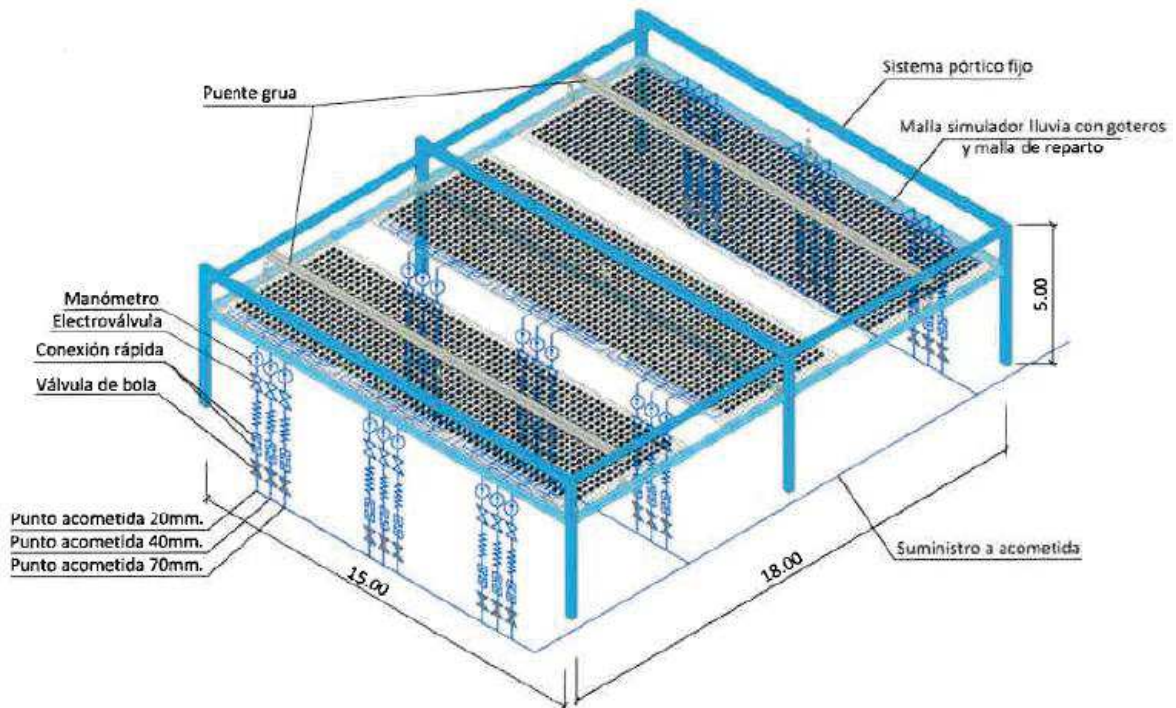


Figura 9 Simulador de lluvia de pórtico fijo

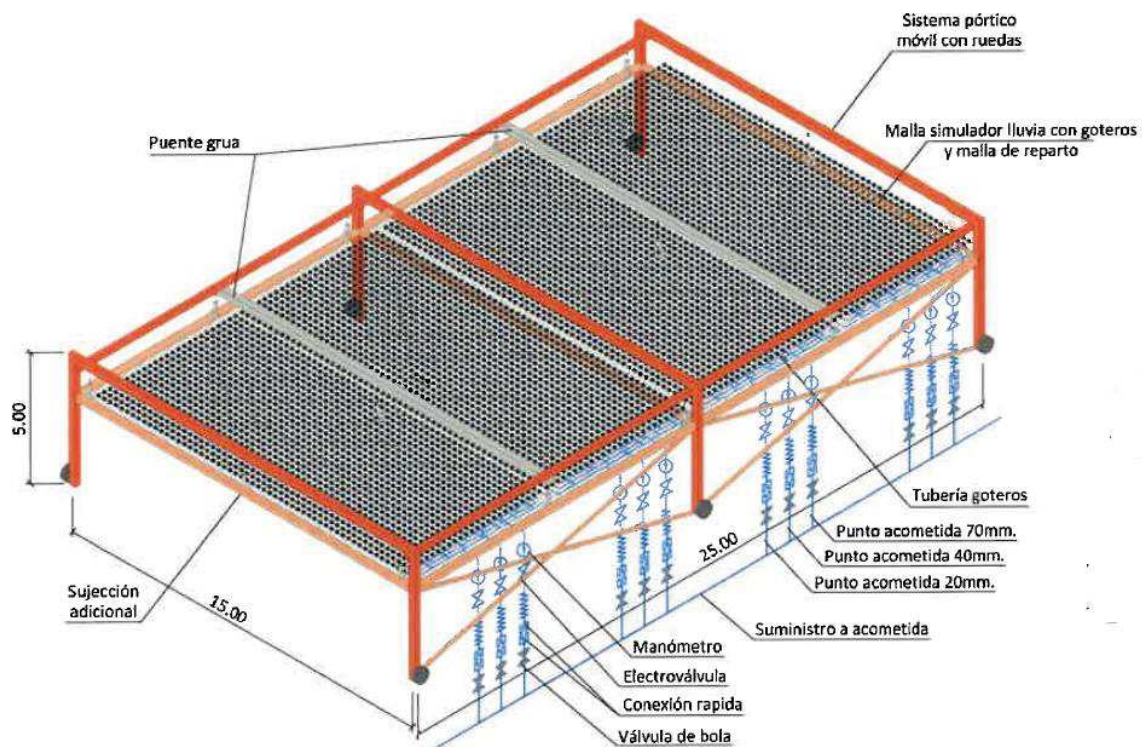


Figura 10 Simulador de lluvia de pórtico móvil

DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR DE ESCORRENTÍA

El objetivo del presente apartado consiste en la definición esquemática que se tomará como referencia para poder construir un simulador de escorrentía en el CEIC de TDUS ubicado en los terrenos de la EDAR de Meco, con ello poder guiar los parámetros básicos y las características generales de los diferentes elementos a implantar en la actuación.

Se necesita un diseño y construcción de un simulador de escorrentía portátil que permita la realización de simulaciones de escorrentía de forma ágil en todas las parcelas de la planta para la comparación de las distintas TDUS disponibles.

El principal problema de la utilización de lluvias naturales es que requieren un gran esfuerzo en el tiempo y en mano de obra. Además, los episodios de escorrentía tienen lugar en eventos con precipitaciones de alta intensidad, con lo que podría no darse la lluvia de este tipo durante un largo periodo de tiempo. El simulador de lluvia resuelve esta limitación, pero tiene otra limitación que no puede simular, la contaminación difusa procedente de la escorrentía urbana, es decir, simular el agua de escorrentía con la incorporación de nutrientes y diferentes residuos en la escorrentía urbana. Esto es así por cómo están diseñados las tuberías y conductos de salida para simular la gota de lluvia en el simulador de lluvia.

En este contexto, surge la necesidad de la utilización de dispositivos portátiles y manejables que permitan la comparación de diferentes TDUS de manera ágil y eficiente mediante la realización de simulaciones a diferentes Caudales y parámetros de calidad (DQO, DBO5, Sólidos en suspensión, nutrientes...).

El objetivo de este sistema es crear una lámina de agua lo más homogénea posible y que escurra a la velocidad necesaria por cada una de las parcelas desde la parte más alta, de manera que la escorrentía pueda ser medible. El simulador debe contar con un mecanismo de control de caudal aplicado y ser capaz de generar diferentes escenarios de caudal y de contaminación a partir de los parámetros de calidad que se pretenden monitorizar y son objetos del presente procedimiento de contratación.

Por ello, es necesario disponer de un sistema de almacenamiento portátil cuya capacidad de manejo sea de importantes volúmenes de agua, al menos 1 m³ para poder estresar todas las parcelas disponibles en el CIEC de TDUS.

Es necesario que el simulador de escorrentía disponga de un sistema que simule las condiciones naturales de escorrentía lo máximo posible, ya sea por ejemplo como un aliviadero en forma de vertedero hidráulico o un sistema horizontal con multitud de perforaciones de tal manera que permita el pase, controlado del agua para simular la escorrentía superficial y evitar una salida directa por tubería.

Diseño del sistema

Los parámetros mínimos necesarios para poder diseñar el simulador de escorrentía son los siguientes:

- Debe disponer de un depósito de almacenamiento de al menos 1 m³ de agua.

- El simulador de escorrentía debe ser portátil para poderse trasladar y estresar todas las parcelas TDUS de la planta.

- Debe disponer de un mecanismo de control de caudal para generar diferentes escenarios de escorrentía.

- Debe disponer de un sistema de vertido en forma de vertedero hidráulico o similar que permita el vertido controlado del agua de escorrentía y en una superficie determinada no de forma puntual.

- Debe disponer el simulador un sistema para poder generar diferentes escenarios en cuanto a parámetros de calidad de agua se refiere., según lo que se pretende estudiar en el presente procedimiento de contratación.

- Es necesario que el simulador de escorrentía pueda verter por la parte más alta de las parcelas, según pendiente disponible en cada parcela.

- El simulador de escorrentía debe ser ágil y de fácil manejo.

Debe ser un sistema preparado para ser trasladado en zona de grava que es como se encuentra el acabado de las zonas comunes de la planta TDUS entre parcela y parcela (se adjuntan dimensiones en plano)

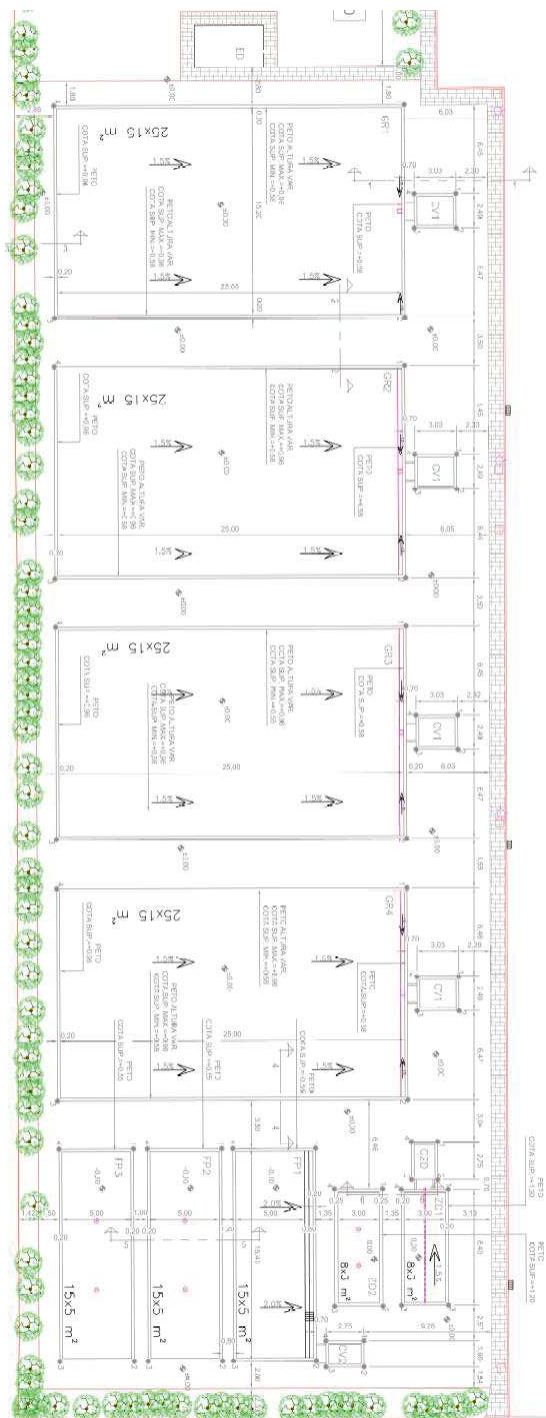
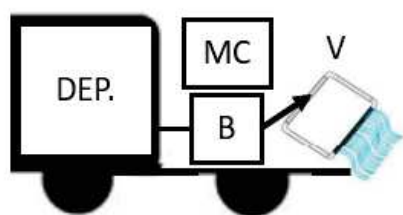


Figura 11 Plano general de la planta, cotas y pendientes

Imágenes de simuladores tipo

Se incluyen un ejemplo de simulador de escorrentía tipo de apoyo para lo que se pretende instalar, aunque no se corresponden con el que se quiere instalar en el presente procedimiento de contratación porque lo que se pretende es establecer una referencia de un simulador de escorrentía que sea trasladado por un sistema móvil tanto en el eje x como en el eje y, para poder estresar todas las parcelas existentes en la planta como se ha especificado en los pliegos de dicho procedimiento de contratación.



DEP.	DEPÓSITO DE AGUA
B	SISTEMA DE BOMBEO
MC	MECANISMO DE CONTROL DE CAUDAL Y CALIDAD DE ESCORRENTÍA
V	SISTEMA DE VERTIDO

Figura 12 Esquema tipo simplificado de simulador de escorrentía portátil