

TRABAJO FIN DE GRADO

# ANÁLISIS DE LA HUELLA HÍDRICA Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO PARA  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
GRADUADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

NOVIEMBRE 2024

**David Cruz Requejo**

DIRECTOR DEL TRABAJO FIN DE GRADO:  
ASCENSIÓN LÓPEZ VARGAS



“Este trabajo fin de grado ha recibido una beca de Campus Sostenible en su convocatoria del año 2024 por el Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia de la UPM, con el objetivo de fomentar aquellos trabajos que puedan suponer un avance en la sostenibilidad en los diferentes Campus de la Universidad Politécnica de Madrid”.

*“Dentro de un milenio nuestra época se recordará como el tiempo en que nos alejamos por primera vez de la Tierra y la contemplamos desde más allá del último de los planetas, como un punto azul pálido casi perdido en un inmenso mar de estrellas”*

*Carl Sagan*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar al Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia de la UPM, por otorgarme la beca de Campus Sostenible por la realización del presente trabajo de fin de grado.

También me gustaría dar las gracias al departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad Social de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), por facilitarme los datos de consumo de agua en la Escuela, sin los que no hubiera sido posible realizar esta evaluación de la huella hídrica.

También agradecer al departamento de mantenimiento de la ETSII, en particular a Jose Luis, por ayudarme a identificar los contadores del centro y comprender mejor el uso del agua en este.

Por último, me gustaría agradecer a mi tutora Ascensión, por ayudarme durante el último año a realizar este trabajo, que me orientó para fijar el objetivo de este, ha sacado tiempo siempre que ha podido para reunirse pese a que no siempre era fácil, y que me animó a presentar mi candidatura a la beca Campus Sostenible.

## RESUMEN

El agua es un recurso natural, que aún que renovable, debido a una mayor demanda en la actualidad, y una menor o peor disponibilidad de esta, como consecuencia del cambio climático, cada vez hay más regiones con riesgo a sufrir estrés hídrico en algún momento a lo largo del año, entre ellas varias de España.

Por ello, es de vital importancia lograr una mejor gestión de los recursos hídricos en todos los ámbitos de la sociedad, desde nivel individual, hasta las grandes empresas e instituciones, y a nivel nacional. Surge así la necesidad de que todos estos actores implicados, hagan un análisis del uso que hacen de los recursos hídricos, y evalúen el impacto que estos generan sobre ellos en sus actividades.

Entre estos actores, se encuentran las instituciones públicas como consumidoras de agua, entre ellas las universidades, donde alumnos, investigadores, profesores y trabajadores pasan gran parte de su día a día y dónde elaboran una amplia variedad de sus actividades. Este es el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, de la Universidad Politécnica de Madrid.

Para evaluar el uso de los recursos hídricos de este centro, y el campus en la ciudad de Madrid en el que se encuentra, se lleva a cabo un estudio del estado del arte de las metodologías actuales para medir y analizar el consumo de una organización o comunidad de individuos, como es el caso de esta.

Como resultado de este estudio, se decide realizar el cálculo del indicador de la huella hídrica, concepto que surge de la necesidad de medir el consumo de agua tanto de forma directa como indirecta de las instituciones, empresas o individuos, y que cada vez es más habitual que realicen las organizaciones que quieren aplicar medidas que sigan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con el objetivo final de que estas reduzcan o hagan un uso más responsable, y eficiente, del agua como recurso natural.

La metodología elegida para calcular la huella hídrica en la ETSII ha sido la estandarizada por la organización *The Water Footprint Network*, de la cual formó parte A. Y. Hoekstra, autor del ensayo donde se estandarizó por primera vez el cálculo de este indicador, denominándolo huella hídrica como tal.

Para seguir esta metodología, en primer lugar, se evaluará y cuantificará el consumo de agua en la Escuela, que utiliza para realizar sus actividades. Una vez recabada la investigación sobre fuentes de consumo y los datos, hay que cuantificar el uso de agua se hace en el centro. Antes de esto se definen las estimaciones, para los datos no disponibles y que son necesarios para el cálculo. Además, se plantea la estrategia particular para calcular cada uno de los tipos de consumo que existen para la Escuela, y descritos en este trabajo. Con los datos disponibles sobre el consumo de agua en la universidad, se puede caracterizar la situación de la Escuela en cuanto a sus consumidores, distribución de edificios y áreas del campus, y el periodo de tiempo en el que se va a calcular el indicador. El resto se basa en estadísticas y comportamientos habituales observados en el campus.

A la hora de dar el resultado, por los datos disponibles y para una evaluación que no solo de un resultado final anual, sino que contextualice el consumo en la Escuela y su tendencia en los últimos años, se pretende mostrar los resultados del cálculo de la huella hídrica anual de la Escuela entre los años 2006 y 2023.

Del análisis de los resultados de consumo durante este periodo, se ha observado que ha disminuido significativamente el valor de este indicador. Además, se ha demostrado como el

uso de agua indirecta, también llamada agua virtual, y que es consecuencia del consumo de bienes o servicios como el papel o la electricidad, generan un gran impacto en la huella hídrica de la Escuela.

Después del análisis, se ha realizado una comparativa del uso de agua que la Escuela realiza con respecto a otros centros de la UPM, y de otras universidades españolas. Se expone como conclusión del estudio que el consumo en la ETSII puede considerarse que está en la media del consumo de la UPM, y se sitúa ligeramente por debajo del consumo medio de agua por persona en las universidades españolas.

Sin embargo, como el último objetivo del estudio, se proponen medidas que se pueden llevar a cabo para reducir la huella hídrica de la Escuela, además de mencionar las líneas futuras que se abren después de esta investigación, relacionadas con la gestión sostenible de los recursos hídricos y también la mejor monitorización de agua en la ETSII, necesaria para un mejor detalle del cálculo de la huella hídrica en el futuro.

### Códigos UNESCO

#### **1207.00 Investigación Operativa**

1207.01 Análisis de Actividades

#### **1209.00 Estadística**

1209.03 Análisis de Datos

#### **2509.00 Meteorología**

2509.04 Hidro metrología

#### **3305.00 Tecnología de la Construcción**

3305.26 Edificios Públicos

3305.90 Abastecimiento de Agua

#### **3308.00 Ingeniería y Tecnología del Medio Ambiente**

3308.06 Regeneración del Agua

3308.11 Control de la Contaminación del Agua

### Palabras clave

**Huella hídrica, agua, recursos hídricos, gestión, sostenibilidad, universidad, consumo, agua virtual, impacto, evaluación, indicador**

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. EL AGUA COMO RECURSO ESCASO.....	1
1.2. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DEL AGUA COMO RECURSO .....	4
1.3. ESCASEZ DEL AGUA: CAUSAS Y CONSECUENCIAS .....	6
1.4. FUTURO DEL AGUA COMO RECURSO: SOLUCIONES A LA ESCASEZ DE AGUA 9	
1.5. EL CONSUMO DE AGUA EN ESPAÑA.....	10
2. OBJETIVOS .....	12
3. ESTADO DEL ARTE .....	13
3.1. PRIMER PASO HACIA LA GESTIÓN SOSTENIBLE: CONTEXTO DE COMO APARECE EL CONCEPTO DE “HUELLA”.....	13
3.2. DEFINICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA .....	14
3.2.1. AGUA VIRTUAL .....	14
3.2.2. EL PROBLEMA DE LA DUPLICIDAD EN LA CONTABILIDAD DEL AGUA .....	15
3.2.3. VENTAJAS DEL CONCEPTO DE LA HUELLA HÍDRICA .....	15
3.3. LA MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA .....	16
3.3.1. ISO14046.....	16
3.3.2. WATER FOOTPRINT ASSESMENT .....	18
3.3.3. ELEMENTOS COMUNES Y DIFERENCIAS DE LAS METODOLOGÍAS .....	18
4. METODOLOGÍA.....	20
4.1. DESCRIPCIÓN .....	20
4.1.1. Fórmulas propuestas por la metodología .....	21
4.1.2. Consideraciones para el análisis y la elaboración de propuestas según la metodología .....	24
4.2. CASO DE APLICACIÓN A LA ETSII.....	25
4.3. ORIGEN DE LOS DATOS .....	25
4.4. CONSUMIDORES .....	26
4.5. CARACTERIZACIÓN ESPACIOTEMPORAL .....	27
4.5.1. División temporal del cálculo .....	27
4.5.2. Ubicación, limitación y descripción del área geográfica del centro .....	30
4.6. LIMITACIONES DE LOS DATOS .....	35
4.7. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD.....	38
4.8. ALCANCE DE LA FORMULACIÓN DE RESPUESTAS.....	39
5. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA .....	41
5.1. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA DIRECTA.....	41
5.1.1. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA GRIS.....	41

5.1.2.	CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA VERDE .....	45
5.1.3.	CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL .....	47
5.2.	CÁLCULO DE LA HUELLA INDIRECTA.....	48
6.	ANÁLISIS DE LA HUELLA HÍDRICA .....	50
6.1.	EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA ETSII .....	55
6.2.	COMPARATIVA CON OTROS CENTROS Y UNIVERSIDADES .....	58
7.	CONCLUSIONES.....	61
8.	LÍNEAS FUTURAS.....	62
8.1.	MONITORIZACIÓN DE LOS DATOS DE CONSUMO DE AGUA .....	62
8.2.	GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	62
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
9.1.	EL IMPACTO EN LOS ODS .....	64
9.1.1.	AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO.....	64
9.1.2.	PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES .....	64
9.1.3.	CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES .....	65
9.2.	IMPACTO SOCIOECONÓMICO, IMPLICACIONES ÉTICAS Y MARCO LEGISLATIVO.....	66
9.2.1.	IMPLICACIONES ÉTICAS DEL ESTUDIO.....	66
9.2.2.	MARCO LEGISLATIVO.....	66
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	68
11.	PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO .....	75
11.1.	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	76
12.	ABREVIATURAS, UNIDADES Y ACRÓNIMOS .....	77
12.1.	UNIDADES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO.....	78
13.	GLOSARIO .....	79
14.	ÍNDICE DE TABLAS.....	80
15.	ÍNDICE DE FIGURAS .....	81
	ANEXO A: Ubicación del campus en el distrito de Chamartín de la ciudad de Madrid.....	1
	ANEXO B: Ubicación de los contadores.....	2
	ANEXO C: Datos de consumo de agua en la ETSII .....	3
	ANEXO D: Consumo de electricidad en la ETSII.....	18
	ANEXO E: Residuos anuales no peligrosos en la ETSII.....	24
	ANEXO F: Caracterización de los aseos y vestuarios de la ETSII.....	25
	ANEXO G: Detalle bimestral de los resultados de la Huella Hídrica en la ETSII entre 2006 y 2023.....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando nos preguntamos si hay vida más allá del planeta Tierra, la primera evidencia que buscan científicos y astrónomos en otros planetas, asteroides o cualquier tipo de cuerpo celeste, es un indicio de la existencia del agua en este. Bien sea de forma líquida, o en forma sólida tratándose del hielo. Esto es porque el agua, es de conocimiento general que es un recurso natural esencial para la vida de todos los seres vivos que habitan los ecosistemas naturales de la Tierra. Incluso en las regiones más áridas, de alguna forma se ha observado que es necesaria una mínima presencia de agua para la vida.

Como ser vivo, el ser humano por tanto necesita agua para su desarrollo vital. Esencialmente, la vida necesita agua líquida para poder llevar a cabo los procesos más fundamentales que la sustentan, ya que el agua permite que tengan lugar las reacciones bio-químicas que aportan energía, crecimiento y eliminación de desechos a nivel celular. Además, su alta capacidad calorífica permite la protección frente a cambios drásticos de temperatura de los organismos. (Hays L).

El agua no solo es fundamental para los seres vivos, también juega un papel crucial en la habitabilidad de nuestro planeta, ya que regula las temperaturas y por tanto el clima de la Tierra. Permite el crecimiento de plantas y vegetación, que emiten oxígeno a la atmósfera, y el agua de los océanos absorbe dióxido de carbono, estabilizando la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, y regulando así el efecto invernadero. Todo esto permite una temperatura media en la Tierra de 13,9°C, tomando como referencia la temperatura media del siglo 20, 13,73°C promedio época preindustrial (Lindsey R. and Dahlman L.). Temperatura media que permite el estado de agua líquida en la Tierra, dada la amplitud de temperaturas a la que el agua permanece en estado líquido dentro de este rango de temperaturas (0°C a 100°C) en condiciones normales de la atmósfera terrestre.

### 1.1. EL AGUA COMO RECURSO ESCASO

Una vez hemos definido el agua como un elemento básico e imprescindible para el ser humano, podemos pasar a ampliar su definición como recurso que debemos gestionar para nuestra supervivencia y la habitabilidad de la Tierra.

Antes de entrar en detalle en las causas del agua como un recurso escaso, entramos a definir qué parte del agua en estado natural está disponible en la Tierra, y es además apta para el consumo humano y sus actividades, y que porcentaje aporta al total del agua disponible en nuestro planeta.

El volumen del planeta Tierra es de aproximadamente 10 mil millones de kilómetros cúbicos (Williams D.), de los cuales 1.386 millones de kilómetros cúbicos son agua, esto es un 13,86% del volumen de la Tierra (NOAA, 2024). Este es el agua disponible en la Tierra, del cual apta para el consumo humano es menor.

En cuanto a superficie, entorno al 71% de la Tierra está cubierto por agua. Sin embargo, como se muestra en la Figura 1, el 97,5% se encuentra en océanos o son aguas salinas, y únicamente el 2,5% restante constituye agua dulce (greenfacts.org, s.f.). De esta agua dulce, el 68,7% se encuentra en forma de hielo congelada en glaciares, el 0,8% en forma de hielos permanentes (permafrost), el 30,1% son aguas subterráneas almacenada en acuíferos, y el 0,4% se encuentra en la superficie en forma de agua líquida (greenfacts.org, s.f.). De esta, el agua superficial se distribuye de la siguiente forma:

- Lagos de agua dulce (67,4%)
- Humedales y pantanos (8,5%)
- Humedad del suelo (12,2%)

## INTRODUCCIÓN

- Ríos (1,6%)
- Atmósfera (9,5%)<sup>1</sup>
- Plantas y animales (0,8%)

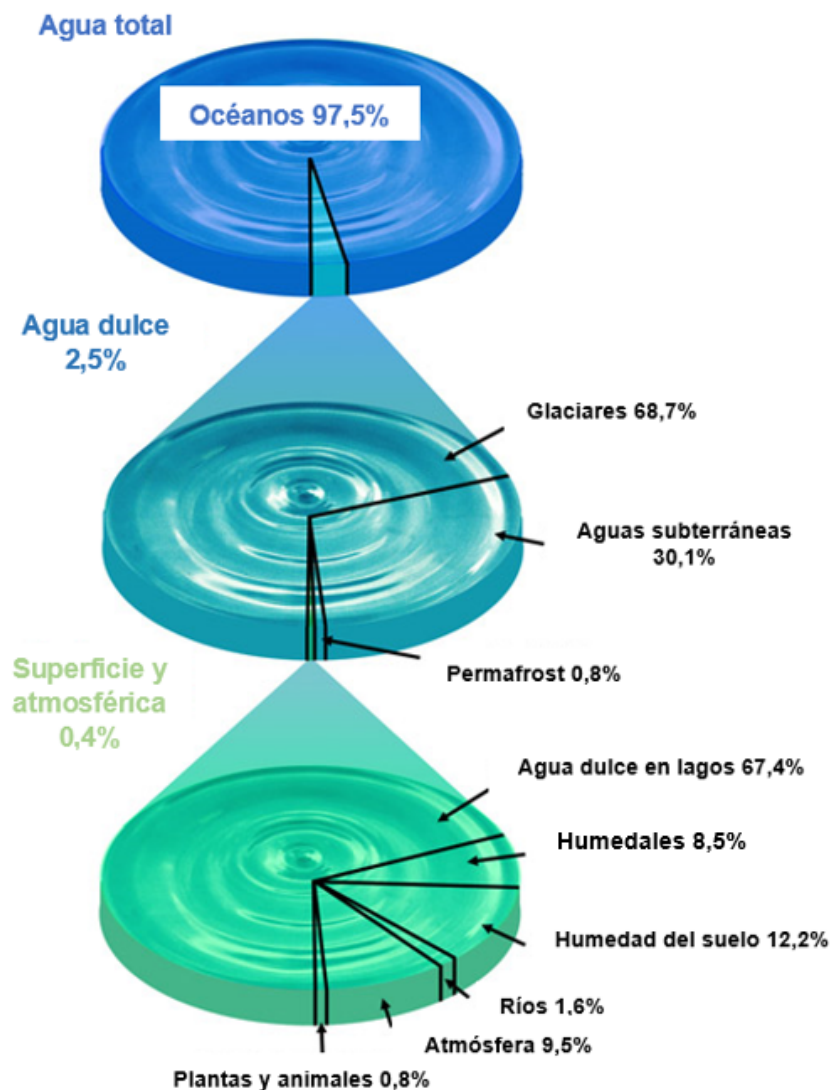


Figura 1 Representación gráfica del porcentaje de agua dulce disponible en la Tierra, y formas en las que está presente en la superficie. Fuente: greenfacts.org, traducción por el autor

En volumen, esto son 10,6 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales 93.113 km cúbicos están en ríos y lagos. Siendo está el agua natural que queda disponible para uso humano y sustento de los ecosistemas naturales, del cual el 0,025% es agua potable (Fundación Aquae, s.f.). Se considera por tanto que el agua usable para el consumo humano, como un bien natural limitado.

<sup>1</sup> Además del agua que compone la atmósfera, que es entorno al 1% de su composición (Williams D.), el 1,023% del volumen de agua en la Tierra (Phelan J., 2022) se encuentra en la atmósfera en forma de agua condensada, como parte del ciclo del agua. El agua condensada en la atmósfera su duración se estima de 10 días en la atmósfera antes de volver a estar disponible en la superficie en forma de precipitación. (Phelan J., 2022). Por lo que podemos determinar que toda el agua líquida considerada, incluida la atmosférica, está disponible en superficie para uso del ser humano y sustento de los ecosistemas que dependen de esta.

Además de un bien natural, como se ha definido el agua hasta ahora, el agua es también un recurso natural.

Un recurso natural es cualquier bien que “*se obtiene del medio, ya sea biótico o abiótico, para satisfacer las necesidades o deseos humanos*” (Enkerlin, et al., 1997). Dentro de los recursos naturales se definen las siguientes categorías (Raffino, 2021):

- **Recursos renovables:** los cuales no se agotan o se regeneran rápidamente (energía solar, eólica, mareomotriz, hidráulica)
- **Parcialmente renovables:** los cuales se producen de forma natural más rápido de lo que se consumen (plantas, animales, agua dulce)
- **No renovables:** los cuales son existentes en una cantidad finita y si vuelven a ser generados llevará grandes lapsos de tiempo (combustibles fósiles)

Por tanto, el agua es un recurso renovable, debido a que aún que es un recurso que puede regenerarse naturalmente de forma más rápida que a la que se consume. Sin embargo, se trata de un recurso parcialmente renovable, debido que su tasa de regeneración puede disminuir, por la forma en la que se hace uso de este recurso natural. Las causas de esta disminución en la tasa de regeneración son principalmente un crecimiento en la demanda y una degradación por contaminantes.

El agua como recurso es demandado por el ser humano para diversos usos. Según el reporte *The United Nations World Water Development Report 3* (UNESCO, 2009), se define el término “uso del agua” como el agua que es utilizada en beneficio del ser humano. Además, diferencia los siguientes términos en cuanto al uso del agua:

- Se define la “retirada de agua” como la cantidad total de agua extraída de cualquier fuente natural que se encuentre en el medio ambiente, para propósito humano y realizar sus actividades (UNESCO, 2009).
- Por otro lado, se da la “demanda”, que es el volumen de agua que necesita para dichas actividades. Si se suministra toda la cantidad de agua sin limitaciones o restricciones en su obtención o transporte, la demanda es igual a la retirada de agua (UNESCO, 2009).
- Por último, toda el agua retirada se engloba en el “consumo de agua”, incluyendo el agua retirada que es evaporada, transpirada, incorporada en cadenas de producción o consumida directamente por humanos o ganado y animales domésticos (UNESCO, 2009).

Con estos términos definidos, determinamos que el ser humano hace un consumo del agua, y este es empleada como un recurso. Por ello, a partir de ahora se hablará del consumo de agua, para su estudio y análisis, en el ámbito que se definirá a continuación en este proyecto.

### 1.2. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DEL AGUA COMO RECURSO

Siguiendo el reporte mencionado anteriormente sobre El Desarrollo del Agua Mundial de las Naciones Unidas (UNESCO, 2009), a nivel universal se pueden diferenciar los usos del agua según su consumo, por el sector al que pertenezcan las actividades en las que se emplee el agua como recurso. La categorización por sectores y sus principales actividades de consumo es la siguiente:

- Uso doméstico: para beber, higiene, limpieza, cocinar, etc.
- Agricultura: riego
- Industria: materia prima y cadena de producción
- Energía: producción y transporte
- Ocio
- Transporte
- Medio ambiente<sup>2</sup>

Partiendo de la categorización anterior, y siguiendo las definiciones de recurso renovable y parcialmente renovable, dentro de estos sectores podemos encontrar un uso del agua como recurso renovable, en los casos que se hace uso de la corriente o flujo del agua.

Este es el caso de sectores de la energía. En la generación de electricidad en centrales hidráulicas. También es el caso del transporte, o en actividades de ocio, en las que se hace uso del agua como medio por sus corrientes o flujo (ríos o lagos), sin ser alterado ni introducido en ningún proceso de fabricación o producción. Es decir, no se produce una retirada de agua.

En cuanto al uso de agua como recurso parcialmente renovable, los que llevan a cabo una retirada de agua de su ciclo natural, son los sectores de la industria, la agricultura, y el uso doméstico. Por tanto, al ser el agua alterada o contaminada durante su consumo, se degrada y se disminuye su tasa de regeneración y disponibilidad para otros usos.

Sin embargo, el consumo en estos sectores puede seguir denominándose renovable (parcialmente), ya que puede volver a introducirse para su uso al ciclo natural del agua por medio de estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR) y de Tratamiento de Aguas Potabilizadoras (ETAP) en los casos de procesos industriales o del uso doméstico. En cuanto al sector de la agricultura, además de tratar las aguas contaminadas, se produce un retorno al ciclo natural del agua por evapotranspiración<sup>3</sup> de las plantas y de los suelos cultivados, en el caso de actividades relacionadas con la agricultura.

Por lo que se puede concluir que en todos los sectores mencionados anteriormente se emplea el agua como recurso de ambos tipos renovable y parcialmente renovable. En definitiva, hacen un consumo del agua. Sin embargo, no todos los sectores consumen agua en las mismas cantidades, y por tanto no todas las actividades humanas tienen el mismo impacto en el consumo de este recurso.

---

<sup>2</sup> Aún que aquí se enumeren los sectores que consumen agua, y por tanto el uso es por parte del ser humano, como se ha mencionado anteriormente, cabe recordar que el agua también es necesario para todos los animales y plantas que forman parte de este, para beber u obtener los nutrientes que se pueden encontrar en él, y para su sustento en el caso de plantas y animales que se desarrollan en el medio acuático, por tanto, son consumidores de esta agua.

<sup>3</sup> Evapotranspiración se define como la combinación de los procesos de evaporación desde el suelo y desde la superficie cubierta por plantas, así como la transpiración desde las hojas de las plantas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

Tabla 1 Consumo de agua por sectores en el mundo 2020. Fuente: UNESCO, 2024

Sector	Consumo (%)	Ingresos de países con mayor consumo en el sector
Uso doméstico (o municipal)	12	Alto y medio
Industria	17	Alto
Agricultura (regadío)	71	Bajo

De los datos extraídos del reporte (UNESCO, 2018) mostrados en la Tabla 1, podemos esclarecer que el sector con mayor retirada de agua a nivel mundial es el sector agrícola, para el riego de cultivos. Además, los países donde mayor uso del agua se incorpora en este sector son los de menor ingreso económico. Sin embargo, cabe destacar, que en 2020 los países con alto y medio ingreso económico consumieron 870 y 1226 millones de millones de metros cúbicos de agua, respectivamente, frente a 111 millones de millones de metros cúbicos que se consumieron en los de bajo ingreso económico (UNESCO, 2024).

Por tanto, aunque en todo el mundo el mayor uso del agua se da en el sector de la agricultura, frente a la industria y el uso doméstico, los países donde mayor uso se hace del agua en total para este sector son los países de medio y bajo ingreso. Estando por delante los países de alto y medio ingreso, en el consumo de agua para uso doméstico y en el sector industrial, en especial en los países con más altos ingresos económicos (UNESCO, 2024).

De esta información resumida en la Figura 2, se concluye como los países de más alto ingreso, son los mayores consumidores de agua para actividades de naturaleza de uso doméstico.

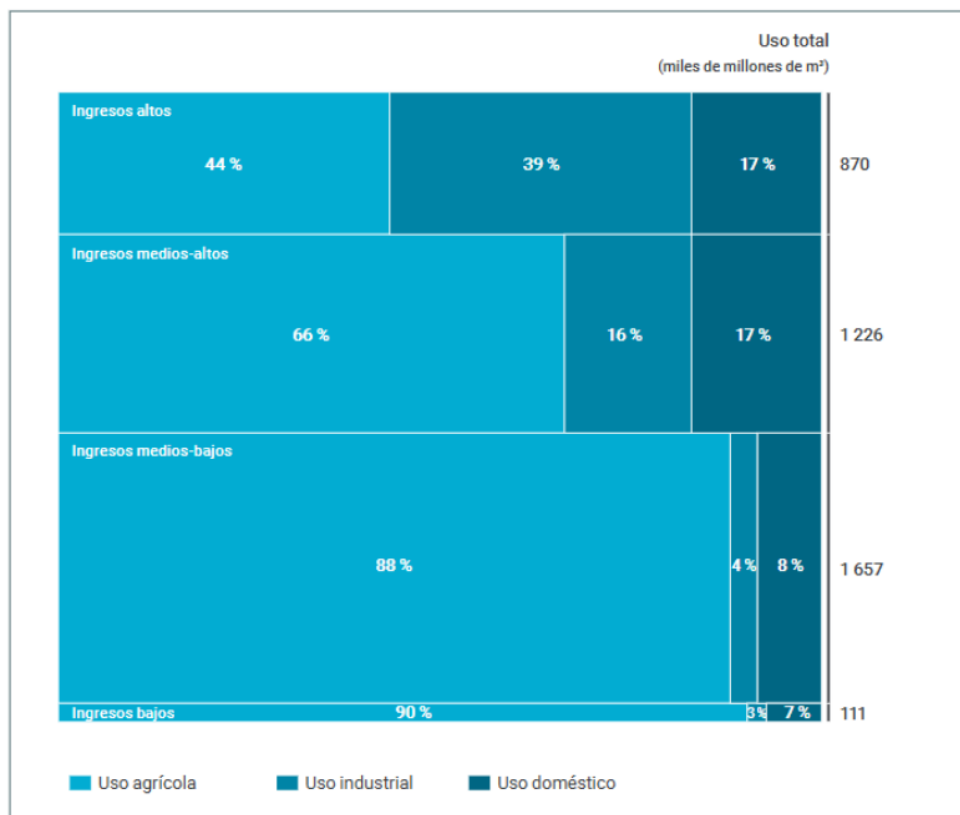


Figura 2 Distribución del consumo de agua en el mundo según los principales sectores de consumo Fuente: UNESCO, 2024

En cuanto a las fuentes de agua identificadas en el estudio, el agua dulce subterránea abastece el 25% del agua empleado para la agricultura por métodos de irrigación, agua usada

para riego de cosechas. Mientras que también aporta el 50% del agua retirada para usos domésticos (ONU, 2024).

La evolución del uso del agua en los últimos 60 años (ONU, 2024), ha visto un mayor crecimiento en el uso de agua para uso doméstico, frente al resto de sectores, que pese a ser mayores en volumen de agua consumido, se han estabilizado en la década anterior (2012-2020). En particular para la agricultura y la ganadería el consumo se ha mantenido estable desde el año 2000, y el consumo en el sector industrial a ha comenzado a estabilizarse desde 2010.

Los resultados de este reporte de la tendencia del consumo de agua en el último año llevan a poner el principal interés en el agua para uso doméstico (ONU, 2024), también nombrada agua retirada para uso municipal (FAO, s.f.), que es definida como el agua que necesita el ser humano beber y llevar a cabo sus necesidades básicas (cocinar, limpieza e higiene). Además de a hogares, esta agua se distribuye para servicios públicos y a establecimientos comerciales.

Las fuentes, en general de agua dulce, para uso doméstico, son de aguas subterráneas en acuíferos y de ríos, lagos, pantanos o humedales, retirada de aguas fósiles<sup>4</sup>, y de agua desalada, estos últimos habitualmente en lugares donde el agua dulce en superficie es más inaccesible por la situación geográfica (FAO, s.f.).

En los países desarrollados una persona consume de media 10 veces más que en un país en desarrollo. Sin embargo, mientras en algunos países o lugares por sus condiciones climatológicas y geográficas tienen un abastecimiento de agua dulce, apta para el consumo, en otros están en situación de estrés hídrico o sin acceso a agua dulce (FAO, s.f.).

Aún que en los países desarrollados hay más opciones de combatir esta situación, ya sea por medio de una mejor gestión del agua como recurso o mejora en la eficiencia de las infraestructuras y tecnologías de abastecimiento de agua en los lugares donde mayor es su escasez, en todo el mundo la escasez de agua dulce para el consumo humano es una realidad tras los datos investigados.

### **1.3. ESCASEZ DEL AGUA: CAUSAS Y CONSECUENCIAS**

El incremento en el uso del agua para consumo humano se espera que siga aumentando hasta un 40%, además el aumento de la población hará que el uso de agua requerida para la producción de comida aumente en un 17% (*World Water Council, 2020*). Además del aumento de la población, el desarrollo industrial especialmente en países en vías de desarrollo, y el aumento de uso de agua para regadío en la agricultura, son las tres causas principales, relacionadas entre sí, del aumento de la demanda de agua (*World Water Council, 2020*).

En lugares donde la demanda de agua para el consumo tiene una previsión de aumento, también son lugares donde la disponibilidad de agua de retirada es menor, por una mayor vulnerabilidad a la sequía, llevando a la situación de estrés hídrico en las zonas mostradas en la Figura 3.

El estrés hídrico ocurre cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible en un cierto lugar, durante un cierto periodo de tiempo, o cuando una mala calidad del agua provoca restricciones en su uso. Causando un deterioro en las fuentes de agua dulce en términos de

---

<sup>4</sup> “Agua fósil” es aquella encerrada en acuíferos que han quedado desconectados por cambios geológicos durante miles de años, impidiendo su reabastecimiento, y por ello una vez consumida el agua de estos, quedan vacíos e inutilizables. (Sola F. Molina L. y Vallejos A., 2022). Son, por tanto, fuentes no renovables de agua dulce.

cantidad (debido a su sobreexplotación), y en su calidad (debido a fenómenos de eutroficación, contaminación por partículas orgánicas, intrusión de aguas salinas en agua dulce, etc.). (EEA,2021).

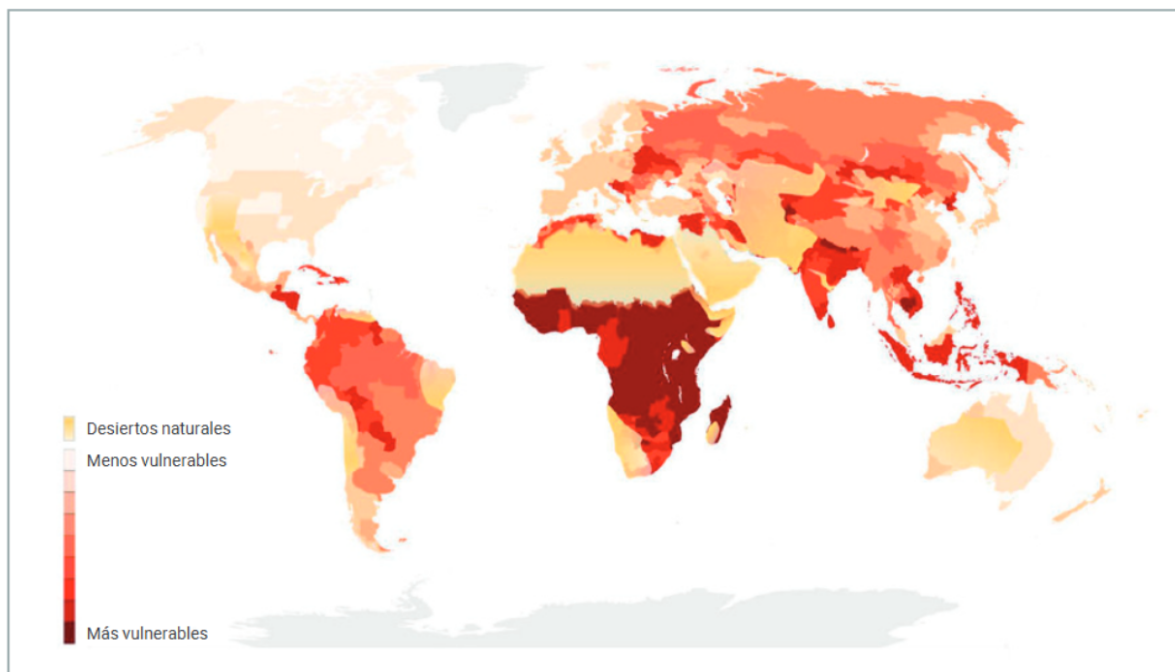


Figura 3 Visualización geográfica de índice de vulnerabilidad a la sequía por una menor disponibilidad de agua potable, y zonas más propensas al estrés hídrico. Fuente: Figura P.5 del Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024 (UNESCO, 2025).

Actualmente a nivel mundial, dos tercios de la población en el mundo se enfrentan al menos a cortes de agua por escasez durante al menos un mes al año, como se muestra en la Figura 4, puede llegar a ser de mayor duración en algunas zonas. Además, casi la mitad del mundo se enfrentará a una escasez severa de agua para el año 2030, si no se toma acción de manera urgente, según datos de *World Wildlife Fund* (WWF, s.f.).

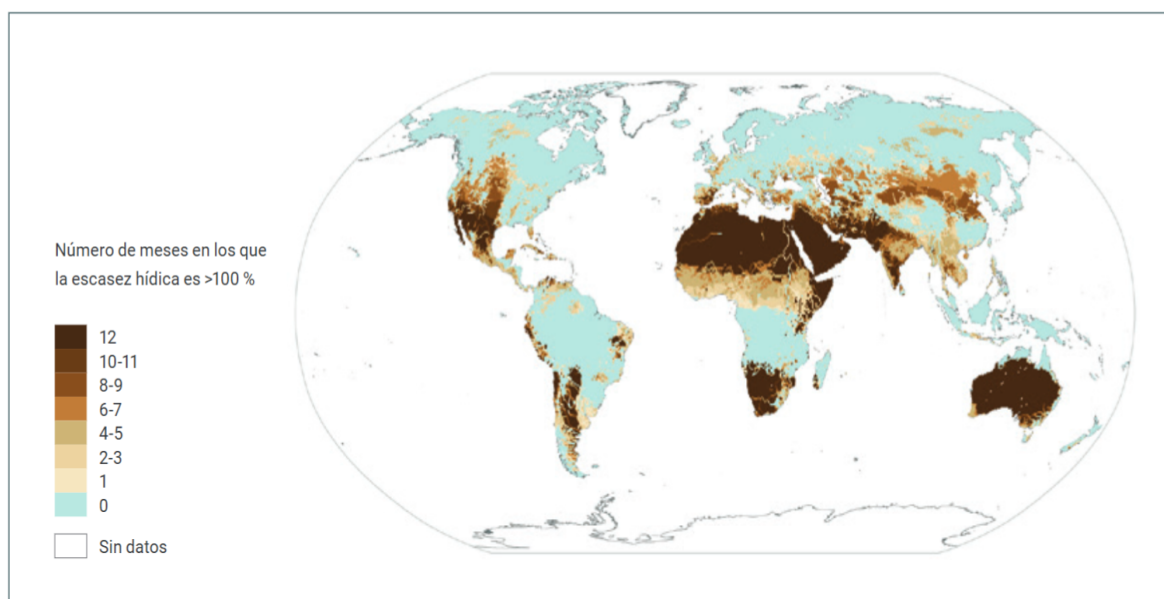


Figura 4 Visualización geográfica del riesgo de la gravedad de la sequía (en meses). Fuente: Figura P.4 del Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024

## INTRODUCCIÓN

---

Para poner solución y abordar una mejor gestión del agua, primero debemos reconocer las causas del problema de la escasez del agua.

Definimos la escasez de agua como la mayor demanda del agua como recurso natural, frente a la cantidad de agua dulce disponible que puede ser retirada de forma que las fuentes naturales de agua se regeneren más rápido de lo que se consumen.

Este desequilibrio entre la demanda y la disponibilidad de agua es debido, principalmente a tres razones:

- Una mayor demanda de agua dulce, tanto por el sector doméstico o municipal, como por los sectores industrial y de la agricultura.
- Una degradación de las fuentes de agua dulce disponibles. Esta degradación es consecuencia de la contaminación, que no la hace apta para el consumo humano.
- La disminución de fuentes de agua dulce por el cambio climático. El cambio climático, hace que las sequías se desarrollen con más frecuencia y durante periodos de tiempo más prolongados. A su vez, las inundaciones en otros puntos geográficos pueden llegar a ser más habituales y severas, imposibilitando la recolección de esta agua o el aprovechamiento para la agricultura porque el suelo no puede absorberla y degradándolo.

Como consecuencia, todos los sectores que hacen uso del agua se ven afectados por la escasez del agua.

La contaminación del agua para uso humano y la falta de este recurso, puede causar la aparición de enfermedades que se transmiten por el agua contaminada, pudiendo transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera o la poliomielitis (OMS, 2023). La escasez del agua potable tiene además consecuencias directas sobre la salud, como son la deshidratación y una peor higiene.

El agua además tiene un papel esencial en los procesos industriales y de la cadena alimentaria, desde la agricultura, como en los procesos de la industria alimentaria, para limpieza, y como materia prima para elaborar otros alimentos. Esta agua ha de estar libre de contaminantes, por lo que la escasez de agua tiene también como consecuencia la falta de alimentos.

Como consecuencia de las anteriores, en países con menores recursos y mayor estrés hídrico, surgen conflictos directamente originados por la escasez del agua, y desplazamientos o migraciones de sus poblaciones. Se puede observar en los últimos años una tendencia de aumento en la aparición de conflictos causados relacionados con el agua, llegando a ser la causa del 80% de los conflictos en el continente africano, una de las regiones del mundo con mayores zonas en estrés hídrico (Pandey, K., 2024).

#### 1.4. FUTURO DEL AGUA COMO RECURSO: SOLUCIONES A LA ESCASEZ DE AGUA

Después del análisis de causas y consecuencias del agua como recurso, es importante destacar que los ecosistemas de agua dulce y nuestras fuentes para su consumo, pueden recuperarse o evitar su completa degradación si se llevan a cabo las medidas estudiadas que pueden revertir esta situación.

En el entorno empresarial, podemos encontrar ejemplos de prácticas llevadas a cabo para una mayor sostenibilidad en el consumo de agua. Entre estas medidas encontramos los sellos de certificación que garantizan la producción medioambientalmente responsable, haciendo una mejor gestión de los recursos hídricos, y utilizándolos de una manera eficiente (Ecoindustria, s.f.).

La agricultura, a pesar de ser una de las causas de la escasez del agua, puede revertir esta situación, si hace uso del agua y del suelo de una forma más eficiente. Para ello será fundamental, afirma la Organización de las Naciones Unidas de la Comida y la Agricultura (FAO, 2021), implementar herramientas tecnológicas, diversificar los cultivos para un mejor uso del suelo, que tenga más productividad y hagan menor consumo de agua. Todo ello bajo el desarrollo de políticas coordinadas y coherentes con la situación geográfica, económica y de poder del territorio donde se apliquen.

En cuanto a los gobiernos e instituciones intergubernamentales, pueden asegurar esta gestión del agua eficiente, asegurar el acceso universal a agua potable, y mejorar la calidad del agua mediante leyes y regulaciones. Para restaurar los ecosistemas de agua dulce se pueden implementar medidas a nivel medioambiental que pueden llevarse a cabo tanto a nivel gubernamental, nacional, o internacional. Estas medidas son restaurar humedales, plantación de vegetación autóctona en la cuenca de los ríos y zonas sensibles a inundaciones. En el uso del agua, puede mejorarse la eficiencia de los sistemas de almacenamiento y transporte de agua. Otra de las medidas que pueden reducir el consumo de agua en gran medida, es el control de las fugas de agua en tuberías de suministro, en España se desperdician 700 mil millones de litros de agua al año por este problema (Grimau A., 2023).

Un ejemplo de medida contra este problema, son avances tecnológicos, como sistemas que detectan mediante sensores introducidos en la corriente, pérdidas o roturas en tuberías y lo comunica de forma inmediata, como el ya implantado en algunos lugares conocido como Sistema *Nautilus* (Grimau A., 2023).

Estas medidas pueden llevarse a cabo aplicando una adecuada gobernanza del agua<sup>5</sup>. A nivel de la Unión Europea, existen agencias reguladoras, como la Asociación Española de Abastecimiento de Aguas y Saneamiento (AEAS) o la (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en España, que se encarga de implementar y regular estas medidas.

---

<sup>5</sup> Aquí cabe hacer énfasis en el término gobernanza del agua o *water governance*, referido a todo el marco y el proceso de toma de decisiones e implementación de políticas relacionadas con el uso de los recursos hídricos, que están definidas y reguladas para incluir de forma justa a todos los actores implicados en su consumo (*European Water Regulators*, 2022).

### 1.5. EL CONSUMO DE AGUA EN ESPAÑA

En España el consumo medio de agua de uso doméstico, por habitante es de 128 litros al día (INE, 2022), y disminuyó un 3,9% desde 2020, cuando se consumieron 133 litros al día por habitante en los hogares. Si además del agua consumida en los hogares, tenemos en cuenta el agua que es usada para producir o se encuentra en otros bienes que consumimos, como la comida o la ropa, nuestro gasto anual aumenta a 6.700 litros al día (INE, 2022).

En cuanto al agua per cápita consumida en España, esto es el agua consumida en todo el país dividida por todos sus habitantes, es de 622 miles de litros anuales según la OCDE en 2021 (Statista, s.f.). Este valor se encuentra por debajo, pero cercano, a la media mundial, de 738 miles litros anuales per cápita (Statista, s.f.).

Dentro del agua que se consume en los hogares, la mayor parte del agua, el 73%, es consumida en el cuarto de baño. En particular en la ducha o baño, donde se emplea entorno al 34%. Siguen el uso de agua en inodoros con un 21%, y el agua usada en el lavabo para aseo personal de un 18%. Siguen a este el gasto el uso de agua para cocinar, lavavajillas y lavadora, de un 19%, y el 8% restante para otras actividades, como regado (Fundación Aquae, 2021).

Los volúmenes de esta agua distribuida y consumida a nivel nacional fueron principalmente a hogares (70%), después a sectores económicos (20%) y el resto consumida por municipios (9%). Se debe recordar que toda esta agua se considera de uso doméstico, y otros sectores como la agricultura siguen haciendo un uso de agua superior de este recurso (Caballero A., 2024).

En general en España, la agricultura consume un 79,1% de los recursos hídricos, el 15,03% corresponde al uso doméstico, el 5,8% a la industria y el restante 0,4% al sector de ocio, según datos del Ministerio de Transición Ecológica (Caballero A., 2024).

Considerando esto, el consumo de agua en las instituciones públicas, como es la Universidad Politécnica de Madrid, entra dentro del uso doméstico, sector que puede considerarse que en España representa un porcentaje considerable después de la agricultura, este sector está en segundo puesto.

El agua para uso doméstico en España es retirada del medio por las empresas y administraciones que se encargan de su saneamiento y distribución. Esta agua es abastecida a empresas, fábricas, edificios públicos y a los hogares. De esta agua el 66,4% es obtenido de aguas superficiales (INE, 2022), y el 24,3% de aguas subterráneas. El 9,3% restante proviene de agua potabilizada mediante desalación (INE, 2022).

Dentro del consumo nacional, la Comunidad de Madrid, lugar donde se centra este estudio de evaluación de consumo de agua potable como recurso, es de 125 litros por habitante y día. Este dato se encuentra muy próximo a la media nacional (INE, 2022).

El agua consumida en Madrid pertenece a la cuenca hidrográfica del Tajo, de la cual algo más de la mitad es usada en la agricultura (56,6%). El uso que se hace del agua en esta cuenca es del 20,1% para uso municipal (Sola J., 2021). En el caso de la Universidad Politécnica de Madrid, de la cual es parte la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), el agua es abastecida por esta cuenca, y distribuida por la empresa pública Canal de Isabel II, como al resto de la ciudad de Madrid.

En la ciudad de Madrid el 72,62% del agua corresponde al uso doméstico, de los 198,54 millones de metros cúbicos que se consumen en la ciudad (Dirección General de Gestión del Agua y Zonas Verdes Ayuntamiento de Madrid, 2024). De esta agua, 8,2 millones de metros cúbicos fueron regenerados en depuradores de la ciudad para riego de zonas verdes y limpieza de calles. El agua suministrada por el Canal de Isabel II es retirada de los embalses que se encuentran en esta, que cuenta con 14 embalses y 23 humedales (Sola J., 2021). En

particular en el municipio de Madrid se encuentra el embalse de El Pardo con una capacidad de 43 hectómetros cúbicos.

Aún que, durante el año 2024, los embalses se encuentran cercanos a la media en la Comunidad de Madrid y a nivel nacional, el año anterior 2023 estuvieron muy por debajo de esta (embalses.net, 2024). La reserva en los embalses en general ha disminuido considerablemente en los últimos 10 años, con una precipitación media global de un 17,1% por debajo tomando el valor normal de referencia entre 1991-2020. Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el 14,6% del territorio nacional está en alerta de escasez de agua, provocando un estrés hídrico en algunas regiones de España (MITECO, 2023).

Las previsiones apuntan a que para 2050 esta situación podría agravarse, pudiendo aumentar a un 75% de la población en riesgo de escasez de agua, sufriendo el mayor riesgo de la Unión Europea junto a Grecia. Las principales causas son las definidas anteriormente, entre ellas la escasez de precipitaciones que agravan las sequías y un mayor consumo por parte de la agricultura y uso urbano (WWF, s.f.).

Para frenar la escasez de agua, existen diversas medidas de prevención y previsión a nivel nacional. La Directiva para mitigar el impacto de la sequía en España (Comité de Expertos en Sequía del Ministerio de Medio Ambiente, 2007), ya establece que una de las estrategias es hacer una mejor gestión de la demanda que se hace del agua disponible. Es decir, una mejor gestión de los recursos hídricos.

En cuanto a la gestión del agua, la última legislación consolidada es el Real Decreto 1085/2024, publicado el 23 de octubre de 2024 (BOE, 2024), por el que se aprueba el Reglamento de reutilización del agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua.

Surgen así parámetros y metodologías, como la Huella Hídrica, que ayudan a definir de una forma cuantitativa y cualitativa la gestión del consumo del agua.

Se concluye, por tanto, que la situación del centro universitario, objeto del estudio, se sitúa en una región con riesgo a estrés hídrico. Además, forma parte del sector de consumidores de agua para uso doméstico, que como se ha introducido actualmente aumenta su demanda. Datos que justifican la necesidad de evaluar los recursos hídricos de los que esta dispone y hace uso, para llevar a cabo un consumo responsable con el entorno donde se encuentra, y así reducir su impacto en este. El objeto de este estudio es la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, parte de la UPM.

### 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es contribuir al desarrollo de prácticas más sostenibles y responsables en el uso del agua, con el fin de reducir el impacto ambiental y fomentar una cultura de conservación de los recursos hídricos en la comunidad universitaria, en particular en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Para alcanzar este objetivo, en este trabajo se pretende:

- Evaluar, mediante el indicador de la huella hídrica, la sostenibilidad ambiental de la gestión de los recursos hídricos de la ETSII. Para evaluar la huella hídrica, el estudio define dos metas claras:
  - Calcular la huella hídrica a partir de los datos de consumo de agua en las actividades diarias de la Escuela.
  - Analizar los resultados de la tendencia de este indicador durante el periodo de tiempo estudiado.
- Después de analizar los resultados, con el fin de identificar las posibles áreas de mejora en la gestión de estos recursos hídricos, el siguiente objetivo es proponer medidas para promover la sostenibilidad hídrica en la Escuela. El último de los objetivos del estudio es, por tanto, la propuesta de medidas que se pueden llevar a cabo para reducir la huella hídrica de la Escuela, además de mencionar las líneas futuras que se abren después de este estudio, relacionadas con la futura gestión y medición de agua en la ETSII.

### 3. ESTADO DEL ARTE

Una vez se ha expuesto y contextualizado como la gestión del agua es un problema que es necesario y se debe abordar en la actualidad, y como este problema afecta al objeto de este estudio, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, (en adelante ETSII), como consumidora de este recurso en la ciudad de Madrid. Se pasa a hacer un estudio del estado del arte de la gestión de la demanda de agua en los últimos años, y hasta la actualidad.

#### 3.1. PRIMER PASO HACIA LA GESTIÓN SOSTENIBLE: CONTEXTO DE COMO APARECE EL CONCEPTO DE “HUELLA”

Dentro de las tendencias hacia una mejor gestión de la demanda y uso responsable del agua, surgen nuevos conceptos cuyo objetivo es cuantificar, describir y concienciar sobre el uso y los impactos de los recursos naturales de los que el ser humano hace uso, y a su vez generan un impacto en el medioambiente, y como parte de él, en la sociedad.

Algunos de estos ejemplos son los indicadores ambientales. En la década de 1990 ya surgió el término de huella para referirse al impacto que el uso de recursos por parte del ser humano genera en la Tierra. Surgen términos como la huella ecológica, “*el impacto de una persona o comunidad en el medioambiente, expresada como la cantidad de tierra requerida para sostener el uso que hace de los recursos naturales*” (Oxford Dictionary, s.f.) O más enfocado hacia la gestión de los recursos como “*la contabilidad de la demanda y la oferta que se ejerce sobre la naturaleza*” (Global Footprint Network, 2019).

Sin embargo, años después, surge la necesidad de tener indicadores más precisos que puedan cuantificar, registrar y llevar a cabo una contabilidad para saber cómo gestionar y tratar de reducir el consumo por parte de los agentes consumidores, como son las empresas, administraciones y hogares.

Durante la década de 1990 se avanzó en la investigación científica y divulgación del dióxido de carbono como uno de los gases causantes del efecto invernadero, y que, debido al aumento de su emisión por las actividades humanas, estaba acelerando el proceso natural de efecto invernadero, provocando a su vez “cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos” (Naciones Unidas, s.f.). Entre estos cambios se encuentra el calentamiento global, una de las causas de la escasez de agua, y que provoca una tendencia a un aumento del estrés hídrico en regiones del planeta como España, como se ha mencionado en la introducción de este estudio.

A principios de siglo, con un mejor conocimiento de las consecuencias de la actividad humana en cuanto al uso de los recursos naturales, el campo de la gestión medioambiental comienza a tomar mayor rigor e importancia para medir la gestión que se hace de los recursos naturales.

Cabe destacar el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, que surge en 2001 y establece las normas para el cálculo del carbono emitido de forma directa, por el uso de energía, y por emisiones indirectas. Siendo hoy en día una de las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de carbono (Climate Trade, 2022).

El concepto de la huella de carbono se hace más común en el año 2003, como la “*medida de la cantidad de dióxido de carbono emitido a la atmósfera como resultado de las actividades de un individuo, organización o comunidad*” (Oxford Dictionary, s.f.).

A partir de 2010, es cuando las empresas comienzan a tener la necesidad de medir su huella de carbono por las regulaciones que a nivel nacional e internacional se imponen sobre las empresas para que hagan una gestión más eficiente de los recursos naturales, y menor emisión de contaminantes. Además, estos resultados pueden y deben ser auditados antes de ser divulgados, ya que se basan en datos y metodologías reguladas.

En este contexto de innovación de la gestión medioambiental, aparece el concepto de Huella Hídrica.

### 3.2. DEFINICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

A. Y. Hoekstra<sup>6</sup>, que ya investigó métodos de evaluar el valor del agua según su disponibilidad, siguiendo las ecuaciones de la oferta y la demanda, introdujo en 2002 el concepto de Huella Hídrica. Indicador que unifica los patrones de uso del agua dulce, con los impactos que tiene su consumo como recurso, “es una medida de la apropiación de la humanidad del agua dulce consumida y/o contaminada en volumen” (Water Footprint Network, 2011).

Este indicador, por lo tanto, introduce una nueva perspectiva en el uso del agua más allá del concepto de retirada de agua del medio para su consumo, relacionándolo con el impacto que genera.

La huella hídrica mide la cantidad de agua usada tanto en bienes como en servicio, analizando el consumo directo e indirecto. Para designar el agua consumida de forma indirecta, se emplea también el término *agua virtual*, *agua indirecta* o *agua embebida*.

#### 3.2.1. AGUA VIRTUAL

El agua virtual, es el agua contenida en un producto, y que se introduce en este durante los procesos de producción tanto en la agricultura y como en la industria (A.Y. Hoekstra, 2003, *Virtual Water Trade*).

El agua virtual ahora aparece por tanto en productos en los que no es la materia prima o el producto consumido directamente (bien para beber, para aseo e higiene personal, limpieza o regado, en el caso del consumo doméstico).

Como consecuencia hay que considerar el agua introducida en todos los bienes de consumo a lo largo de la cadena de suministro. Esto son todos los productos y la comida que consumimos en el día a día, y repercute en el consumo de agua del individuo o comunidad. Por lo tanto, el agua virtual ha de tenerse en cuenta en el cálculo de su huella hídrica.

Se muestran a continuación los datos de consumo de agua virtual de algunos alimentos y bienes de uso común en la Tabla 2, para ilustrar el volumen de agua virtual o indirecta que contienen.

Tabla 2 Ejemplo de agua virtual de algunos bienes de consumo habitual. Fuentes: A.Y. Hoekstra, *watersaving.com*, FOE, WFA, *Hispania*.

Bien de consumo	Agua requerida para su producción
<b>Alimentos</b>	
1kg de cereales	1000-2000 litros
1kg de queso	5000-5500 litros
1kg de carne de vaca	16000 litros

<sup>6</sup> Fallecido en 2019, siendo profesor de la Universidad de Twente (Países Bajos). Fue también profesor asociado en la Universidad de Delft (Países Bajos). Trabajaba para la UNESCO, cuando publicó su primer escrito definiendo la Huella Hídrica (*Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, febrero 2003). Fue miembro de la junta directiva de la organización *The Water Footprint Assessment*, y autor de la publicación de un manual con el mismo nombre, donde desarrolló la metodología para el cálculo de este indicador, utilizada para este estudio (*The Water Footprint Assessment Manual*, 2011).

Bien de consumo	Agua requerida para su producción
1kg cacao	27000 litros
1 tomate	50 litros
1 botella (500ml) de cerveza	150 litros
<b>Ropa</b>	
Pantalones vaqueros	8000 litros
Camiseta de algodón	4100 litros
<b>Otros</b>	
Chip electrónico 32 MB (2 gramos de peso)	32 litros
Teléfono móvil	12760 litros
1 litro de gasolina	50 litros
Hoja de papel A4 (80g/m <sup>2</sup> )	10 litros

### 3.2.2. EL PROBLEMA DE LA DUPLICIDAD EN LA CONTABILIDAD DEL AGUA

Se resalta la distinción entre el uso de agua, por ejemplo, para cocinar en un hogar, y para la producción de un alimento o prenda de vestir. En el primer caso, el agua se consume directamente y pertenece al consumo dentro del sector de uso doméstico. Mientras que, en el segundo caso, el agua consumida que se ha usado para producir el bien consumido por el usuario final, es agua virtual. El sector industrial es el que ha hecho un consumo directo del agua en el segundo caso. Esta distinción es importante para evitar la redundancia en la contabilidad del agua consumida durante el cálculo de la huella hídrica.

Siguiendo este ejemplo, para una empresa cuyo producto final conlleva el consumo de agua natural, por ejemplo, empaquetado de fruta, esta es la única que repercute en la huella hídrica para el consumidor final de la pieza de fruta. Mientras que queda excluido el uso que hagan, por ejemplo, los empleados que trabajan en la fábrica o empresa para beber u otros, por ejemplo, en la comida durante su jornada laboral o en el aseo. Este consumo lo hacen como individuos, ya que no forma parte del proceso ni del producto final, y no es parte de la huella hídrica del consumidor final, pero sí de la empresa productora del bien.

Para los hogares, organizaciones, universidades, u otras instituciones, cuyo fin no sea la producción, sino que hacen únicamente uso doméstico del agua, generalmente obtenida de una red de abastecimiento municipal, y no del medio natural directamente, toda el agua consumida de forma directa por sus individuos aplica al cálculo de su huella hídrica. Por ejemplo, el agua que beben, para cocina, aseo o regado. Esto no excluye del cálculo el agua virtual del hogar, organización, institución o universidad.

En el caso del cálculo de la huella hídrica de la ETSII, se expondrán los límites de la contabilidad del agua directa e indirecta, definidos por la metodología seguida más adelante.

### 3.2.3. VENTAJAS DEL CONCEPTO DE LA HUELLA HÍDRICA

El indicador de la huella hídrica permite:

- Indicar la dependencia del agua de una empresa u organización, ya sea en el consumo de sus actividades o para el producto de estas.

- Permite identificar cuáles son los procesos que más agua consumen y en qué puntos de su cadena de producción se da mayor consumo.
- Determinar si las fuentes de energía o alimentos que emplean el agua como recurso, son seguras y perdurables en el tiempo, por su dependencia de la disponibilidad para su abastecimiento en el área donde se desarrollan.
- Evaluar el impacto de las regulaciones establecidas en un sector o lugar determinado, donde se calcula.
- Concienciar a nivel individual, finalmente, del impacto que los bienes que consumimos tienen un impacto y dejan una huella en el medioambiente.

### 3.3. LA MEDICIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Una vez definido el concepto de huella hídrica, cabe preguntarse qué aporta como innovación dentro del problema de la eficiencia en la gestión del agua.

Este indicador, que surge como necesidad de hacer un uso más eficiente del agua, permite una medición que puede emplearse de manera universal, y llegar a resultados contrastables y reproducibles, independientemente del lugar o momento donde se realice su cálculo, de los recursos hídricos empleados por una empresa, institución, nación o comunidad de individuos. En el estado del arte existen principalmente dos conceptos desarrollados que abordan el problema. La ISO 14046:2014 y *The Water Footprint Assessment Manual*.

#### 3.3.1. ISO14046

La ISO 14046:2014, elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), es uno de los estándares que describe este indicador. Surge de la necesidad de guiar a las organizaciones, gobiernos e interesados, “*en proporcionar información coherente y fiable con base en evidencia científica para dar el informe de los resultados de huella del agua*”. (ISO 14046, 2014).

Las bases de esta norma son las siguientes (ISO, 2014):

- Evalúa la huella de agua mediante el análisis del ciclo de vida, “*etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final*” (ISO 14044<sup>7</sup>, 2006).
- Su cálculo es modular, ya que, al seguir el ciclo de vida de un bien o producto, cubre la huella de las distintas etapas.
- Identifica el impacto ambiental.
- Tiene en cuenta las dimensiones geográficas y temporales del lugar donde se consume o se lleva a cabo el proceso.
- Identifica el agua consumida, y también la calidad del agua
- Sienta sus bases en conocimientos de hidrología

---

<sup>7</sup> ISO 14044:2006, es la norma que define el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y propone los requisitos y directrices para calcular su impacto a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, desde la obtención de las materias primas, la producción, utilización, hasta el reciclado y desecho final de este, evaluando el impacto ambiental de todas sus fases. (ISO 14044, 2006).

Según la norma ISO 14046 pueden evaluarse únicamente los impactos relacionados con el agua durante su uso, o todo el conjunto del impacto ambiental durante el ciclo de vida en el que se ha hecho uso del agua, y ha generado impacto. Sin embargo, para que pueda emplearse el término de “huella de agua”, hay que llevar a cabo no solo un cálculo del consumo, también una evaluación de su impacto obligatoriamente.

Cabe destacar que esta norma no habla de huella hídrica, si no de huella de agua. Además, enfatiza que, si no se hace un estudio de impacto integral, hay que emplear un término calificativo, que indique el ámbito de impacto que se ha calculado esta huella. Por ejemplo, si se ha calculado solo la huella de agua que tiene un impacto en la eutrofización de un medio, se emplearía el término “huella de agua no integral, o por eutrofización”. (ISO 14046, 2014).

Según la norma, esta metodología para el cálculo de la huella de agua puede aplicarse a productos, procesos y organizaciones.

El resultado puede ser un único valor o un conjunto de resultados relacionados con el indicador.

La ISO 14046 además se encarga de dar una definición para muchos de los términos relacionados con el cálculo de la huella de agua, y que se emplean en este estudio. Por ello se mencionan las que se consideran más relevantes, y que se utilizarán para el desarrollo del cálculo y análisis que se lleva a cabo en este trabajo:

- **Huella de agua:** métrica o métricas con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua.
- **Agua dulce:** que contiene una concentración baja de sólidos disueltos.
- **Uso del agua:** uso del agua por actividades humanas.
- **Consumo de agua:** agua extraída de la cuenca hidrográfica pero no retornada a la misma. Puede ser debido a la evaporación, transpiración, integración en un producto o liberación en una cuenca hidrográfica diferente o en el mar.
- **Límite de sistema:** conjunto de criterios que especifican los procesos unitarios parte de un sistema, del producto, o de las actividades de una organización, que se tendrán en cuenta en el cálculo de la huella hídrica.
- **Organización:** persona o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para el logro de sus objetivos.
- **Instalación:** instalación o conjunto de instalaciones o procesos que se pueden definir dentro de un límite geográfico de una organización.
- **Inventario de la huella de agua directa:** entradas y resultados que derivan de las actividades dentro de los límites establecidos por la organización.
- **Inventario de agua indirecto:** entradas y resultados consecuencia de las actividades de una organización, pero están bajo el control de otras organizaciones.

### 3.3.2. WATER FOOTPRINT ASSESMENT

Por otro lado, aparece la metodología elaborada por *The Water Footprint Network* en 2011, y está definida en la publicación en la que participa A. Y. Hoekstra. (*The Water Footprint Assesment Manual*, 2011).

Una de las principales características de esta metodología, es que, a raíz del concepto de agua virtual, esta metodología formaliza la distinción de 3 tipos diferentes de agua, según su forma de consumo, en términos de acceso y frescura del agua como recurso:

- **Agua azul:** Es el agua de ríos, lagos y humedales, o acuíferos que es evaporada, incorporada o retirada de un cuerpo de agua y no retorna al mismo, o lo hace con el paso del tiempo. También se considera el agua consumida para la agricultura, la industria y el uso doméstico. Es por ejemplo el agua potable que se bebe.
- **Agua verde:** es el agua de las precipitaciones, que se almacena el suelo y evaporada, transpirada o incorporada por las plantas. Por ejemplo, el agua de lluvia que se almacena en un cultivo, y por tanto no sigue el ciclo natural del agua.
- **Agua gris:** Es la cantidad de agua dulce que se requiere para diluir un contaminante (en agua) y que cumpla los parámetros de calidad del agua para poder ser vertido de nuevo al medio. Considera el agua dulce que se descarga al medio natural, directamente por tuberías, o indirectamente por escorrentía, lixiviación desde el suelo o superficies impermeables, y otras fuentes de difusión.

Esta metodología se caracteriza por tener cuatro etapas bien definidas:

1. Definición de los datos para el estudio, su alcance y sus limitaciones
2. Contabilidad
3. Evaluación del impacto
4. Formulación de respuestas

### 3.3.3. ELEMENTOS COMUNES Y DIFERENCIAS DE LAS METODOLOGÍAS

Se encuentran, por tanto, dos metodologías bien definidas. Actualmente, estas son empleadas para el cálculo de la huella hídrica, siguiendo unos estándares, definiciones y metodología reproducibles y basadas en datos empíricos. De forma, que aún que en estudios sobre el tema se definen metodologías con variantes o que centran su foco en uno de los actores o consumos en particular, se pueden considerar que parten de estas dos, y emplean la metodología estandarizada que definen.

Es más, estas dos metodologías no son excluyentes, si no complementarias. Después de leer y comprender ambas metodologías, se llega a la conclusión de que ambas metodologías llevan a conclusiones complementarias. Por un lado, se tiene un estándar internacional bien definido, recogido en la norma ISO 14046:2014 que se centra en el impacto del uso del agua como recurso a lo largo de todo su ciclo de vida. Mientras, por otro lado, *The Water Footprint Network*, en su manual de evaluación, define un método cualitativo y cuantitativo para el cálculo de la huella hídrica, en el que A. Y. Hoekstra junto a otros, desarrolla los conceptos que previamente había introducido en publicaciones anteriores.

Las principales diferencias entre estas dos metodologías son:

- *The Water Footprint Assessment*, define el concepto de huella hídrica, que es un indicador de cálculo volumétrico, que mide el consumo de agua de bienes y servicios, y su contaminación, enfocada a informar de su impacto a las empresas, gobiernos, instituciones o consumidores, con el objetivo de tomar medidas para revertir sus efectos.

- La huella de agua de la ISO 14046:2014, tiene un enfoque no solo de contabilidad, sino que incide en el impacto medio ambiental relacionado con el consumo del agua a lo largo de todo un proceso. Para ello, realiza un Análisis del Ciclo de Vida del agua.

En cuanto al alcance que cubre la ISO 14046:2014, no solo estandariza el cálculo del consumo del agua usado como producto final, sino que regula la medición del impacto en todo el ciclo de vida. *The Water Footprint Network*, estandariza el método de cálculo únicamente durante su uso.

En cuanto a los objetivos que estandariza la huella hídrica definida por *The Water Footprint Assessment Manual*, es más útil para visualizar el consumo de agua y llevar a una mejor gestión en su uso. La ISO 14046:2014, se centra en reflejar el impacto medioambiental que este consumo tiene.

En cuanto a la metodología, la norma ISO 14046 hace por tanto un cálculo más exhaustivo mediante el método de el Análisis del Ciclo de Vida (ACV). *The Water Footprint Assessment Manual*, establece unos pasos con cálculos que recogen conceptos más amplios, y que pueden definirse según el alcance que se proponga al principio del estudio.

Por ello, se puede emplear parte de ambas metodologías para el cálculo de la huella hídrica, para obtener un resultado volumétrico que se adapte a las necesidades del estudio. Mientras que el estudio se puede basar en los conceptos estandarizados por la norma ISO 14046, en los pasos de evaluación y respuesta del impacto se puede emplear la metodología recogida en *The Water Footprint Assessment Manual*. Para un resultado más elaborado, se puede hacer uso de la norma también, al igual que durante el cálculo, si se desea tener en cuenta el ciclo de vida integral del uso del agua, fuera del alcance del presente trabajo.

Para el caso particular del cálculo de la huella hídrica existen además multitud de herramientas y empresas que desarrollan calculadoras con un elevado grado de detalle para el cálculo, para que en forma de auditoría cuantificar y evaluar con precisión el consumo de empresas, organizaciones e instituciones que contratan estos servicios, y después mostrarlos a las partes interesadas. También existen varias herramientas de cálculo a disposición de cualquier individuo para calcular su huella hídrica individual o de su hogar (*Water Footprint Calculator*, 2024).

Sin embargo, dado que estas herramientas requieren una contratación de las empresas que las realizan, este trabajo emplea las metodologías descritas para el caso del estudio de la huella hídrica de la ETSII. Estas metodologías permiten obtener también resultados numéricos, que, según los datos empleados y sus limitaciones, permiten igualmente un gran nivel de detalle. Ya que estas metodologías, están propuestas para que cualquier organización o individuo haga uso de ellas.

En la actualidad, ya se han realizado varios estudios sobre el cálculo de la huella hídrica de instituciones públicas y universidades, aplicando directamente estas metodologías. Para el caso de instituciones públicas como la Universidad Politécnica, de hecho, existen también diversos trabajos académicos que han realizado estas evaluaciones y han calculado el indicador en años anteriores, y para otros centros.

Cabe destacar entre estos los trabajos de María Pérez Núñez sobre los *Indicadores de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Madrid. Cuantificación de la Huella Hídrica. Años 2017-2018*. (Pérez, M., 2020). En cuanto a fuera de España, también existen proyectos que han elaborado un estudio similar del cálculo de la huella hídrica en centros universitarios, como el del *Cálculo de la huella hídrica en universidades caso de estudio Universidad Católica de Manizales, en el marco del Sistema de Gestión ambiental*. (Loaiza, P. M. y Quiceno, A. C., 2018).

## 4. METODOLOGÍA

La metodología elegida para el cálculo de la huella hídrica en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), es por tanto la definida en el manual de evaluación de la huella hídrica de *The Water Footprint Network*, en adelante WFN. Esta decisión se basa en las conclusiones sacadas después de la investigación presentada anteriormente y de las tendencias actuales del estado del arte, para el cálculo de la huella hídrica en centros universitarios, así como ya se ha hecho en la UPM (Pérez, M., 2020).

Para complementar el estudio, se emplean también definiciones y conceptos recogidos en la norma ISO 14046:2014, de forma que se puedan acotar las definiciones de los términos empleados a los que define la norma si no lo hace la metodología WFN.

Esta metodología se escoge, por diversos motivos, en primer lugar, por el objeto de estudio. Para la ETSII, como parte de la Universidad Politécnica de Madrid. Es decir, se trata de una institución pública, cuyo fin no es el uso del agua para la producción de un bien o servicio. En concreto, como consumidora de este recurso, forma parte del sector de uso doméstico, y no lleva a cabo la retirada del agua para su uso de una fuente natural de agua de dulce u otra, si no de una red municipal. Por lo que no se considera necesario un Análisis del Ciclo de Vida, que queda fuera de alcance para evaluar su gestión de los recursos hídricos

En segundo lugar, este estudio tiene un fin informativo del cálculo y del análisis objetivo del consumo que se hace del agua en la ETSII, y de su impacto medioambiental como institución. No es un estudio comparativo a nivel de su impacto medioambiental dentro del área geográfica, municipal, regional o nacional, con otros actores consumidores, ya que los datos de los que se dispone para el estudio son únicamente del consumo del centro. Simplemente se hará una comparativa con centros universitarios similares a la Escuela.

A continuación, se describe la metodología paso a paso para el cálculo de la huella hídrica, siguiendo las directrices de *The Water Footprint Assessment Manual*, y aplicando estos pasos al caso actual de estudio.

### 4.1. DESCRIPCIÓN

En primer lugar, hay que establecer el alcance del cálculo de la huella hídrica. Esta metodología define un alcance muy amplio, y puede ser aplicada a:

- a. un producto
- b. al proceso de un producto o un paso de este
- c. a un consumido o grupo de consumidores (una nación, un municipio, una institución, universidad, etc.)
- d. un área geográfica delimitada (una cuenca hidrográfica, una cuenca de un río, etc.)
- e. una compañía, empresa o negocio
- f. un sector de negocio
- g. a la humanidad o planta Tierra por completo

Establece también el agua que se quiere considerar dentro del cálculo (agua azul, agua verde, agua gris), según los objetivos que se desean obtener del estudio. Poner los límites espaciotemporales que se quieren definir. Y determinar si se va a incluir en la contabilidad el agua directa o también el agua indirecta o agua virtual.

También ha de definirse antes de comenzar el cálculo, siguiendo esta metodología, con cuanto rigor se quiere seguir esta misma.

Es decir, se puede calcular la huella hídrica siguiendo las directrices de esta metodología, sin necesidad de realizar la evaluación completa del impacto o la formulación de respuestas, por ejemplo, puede tratarse solamente el impacto económico, o únicamente las consecuencias medioambientales. En la propuesta de soluciones, es importante definir quién es el responsable si se van a tomar medidas.

O simplemente centrarse en una parte del consumo, por ejemplo, la huella azul, agua azul consumida, para analizar su impacto individual.

Esto es, siempre que se defina de forma clara en los objetivos del estudio de la huella hídrica, y se explique cuál es el alcance deseado.

Una vez se establece la categoría de la huella hídrica por esta metodología, se pasa al cálculo propiamente dicho de la huella hídrica. Para lo cual se contabiliza el agua consumida dentro del alcance propuesto y que también ha tenido que ser definido anteriormente.

El manual que describe la metodología según *The Water Footprint Assessment Manual*, hace hincapié en que el consumo de agua no implica que esta agua desaparezca. Puede contar también el agua que vuelve al ciclo del agua natural, pero no de la misma forma, o situación espaciotemporal (en misma fecha o ubicación donde es retirada). Como se indicaba anteriormente, el agua consumida puede devolverse a otra cuenca o en un lapso elevado de tiempo. Además, hay que tener en cuenta la degradación por contaminación, cambios de composición, o de temperatura, respecto al cuerpo de agua donde es devuelta. Por ello, el agua sigue definiéndose como un medio renovable, pero esto no implica una disponibilidad infinita como recurso. Se recuerda que por esto puede considerarse un recurso parcialmente renovable. Aún que no lo define de este modo la metodología, para clarificar, se puede emplear el término introducido anteriormente, de recurso parcialmente renovable, cuando nos referimos al agua consumida también en el cálculo de la huella hídrica mediante esta metodología.

#### 4.1.1. FÓRMULAS PROPUESTAS POR LA METODOLOGÍA

El cálculo global de la huella, si se ha definido así en el alcance, implica la suma de los distintos tipos de huella azul, verde y/o gris, indicadores de consumo de las aguas respectivas, según se han definido anteriormente.

La huella hídrica se expresa en volumen de agua por unidad de tiempo en general. Para un proceso el volumen puede expresarse, además de por unidad de producto, por unidad de masa (en kg para este estudio), unidad de moneda, unidad de energía (en kWh para este estudio), o por individuo.

Los casos de medida por unidad de masa o producto son de mayor interés cuando se calcula la huella hídrica de un proceso o producto (por kilogramo). Si el proceso es para generar electricidad o combustible, puede ser útil emplear el volumen empleado por unidad de energía (por joule y por tiempo). En caso de organizaciones donde el principal consumo es de uso doméstico por sus integrantes, o en caso de huella hídrica para un área geográfica o nación, puede emplearse el volumen de agua consumido por superficie, por individuo consumidor y/o por tiempo (al día, al mes, al bimestre, al año, o la unidad que se haya definido en el del cálculo).

En todos los casos, *The Water Assessment Manual*, define las ecuaciones para realizar este cálculo. Para la huella azul, el cálculo se define mediante la Ecuación 1:

$$HH_{\text{proceso, azul}} = \text{Agua azul evaporada} + \text{Agua azul Incorporada} \\ + \text{Pérdidas de flujo de agua} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

*Ecuación 1 Cálculo de la huella hídrica azul de un proceso*

Donde, el agua evaporada es el agua que durante un proceso o mientras está almacenada, se evapora. Puede ser porque se usa como vapor en parte del proceso de producción o por evaporación natural durante este. Este consumo suele ser insignificante, y aplica especialmente al cálculo de la huella azul en procesos industriales o suministro de aguas.

El agua azul incorporada, es el agua introducida en el producto final de un proceso en el caso del sector industrial, agrícola o energético, o la consumida de forma directa por los individuos u organizaciones, en el caso del uso doméstico (el agua para beber, higiene, limpieza, regado, y cual quier uso del agua directa). El último término, se refiere al agua que retorna al ciclo del agua sin ser utilizada o contaminada, pero que no retorna al mismo cuerpo de agua donde fue extraída, o lo hace en lapsos elevados.

El reciclado y reutilización del agua, puede reducir la huella hídrica azul, cuando implica una reducción en el consumo de agua introducida en el proceso o en la organización. Ya que una vez se considera dentro del proceso u organización, si se reutiliza no incrementa el resultado.

Para la huella verde, se emplea la Ecuación 2:

$$HH_{proceso,verde} = \text{Agua verde evapotranspirada} + \text{Agua verde Incorporada} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

*Ecuación 2 Cálculo de la huella hídrica verde de un proceso*

Cabe hacer énfasis, en que al contrario de lo que pueda entenderse de forma intuitiva, el consumo de agua verde no implica el agua utilizada para regar las plantas.<sup>8</sup>

El agua verde, es el agua de la lluvia que, porque queda dentro de un proceso u organización, no sigue el ciclo natural del agua. Esto puede ser porque el agua es evapotranspirada, contabilizada dentro del primer término, es el agua que queda empapando el suelo o en la superficie de las plantas, y se evapora de forma natural con el tiempo. El agua verde incorporada, del segundo término, es el agua que han consumido las plantas del agua precipitada y se ha acumulado en la superficie plantada.

Aún que el aumento del consumo de agua verde no disminuya la cifra final de la huella hídrica total, si puede ser significativa para disminuir la huella hídrica azul. Esto es porque al usar para el regado de plantas en una organización, o de cultivos en la agricultura, el agua azul consumida si puede ser disminuida. Lo cual tiene beneficios económicos y un impacto hidrológico en el medio ambiente y social, ya que si incluso se incorpora agua verde (agua de la lluvia) en un proceso de producción, en lugar de agua azul incorporada al producto, el agua verde recolectada disminuye drásticamente el consumo del agua de fuentes naturales, disminuyendo el estrés hídrico del lugar donde se retira.

Por último, para el cálculo de la huella gris se emplea la Ecuación 3:

$$HH_{proceso,gris} = \frac{L}{C_{m\acute{a}x.} - C_{natural}} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

*Ecuación 3 Cálculo de la huella hídrica gris de un proceso*

El término  $L$  se mide en (*masa/tiempo*), y representa la cantidad de contaminante resultado del consumo del agua en un proceso, organización, nación, o área de estudio que se haya definido en los objetivos del cálculo. Los términos  $C_{m\acute{a}x.}$  y  $C_{natural}$ , se miden en (*masa/volumen*), son la concentración máxima aceptable, y la concentración natural de dicho contaminante respectivamente. Es decir, mide la concentración de un contaminante vertido a un cuerpo de

---

<sup>8</sup> Esta agua sigue siendo agua azul, como se ha indicado antes, pues es agua que se extrae del medio natural en el caso de la agricultura, o de la red de abastecimiento, en el caso del uso doméstico, e implica el mismo gasto que si se emplea el agua para lavar un alimento, por ejemplo.

agua natural, respecto a la concentración máxima admitida por regulaciones y estándares de estos parámetros para la calidad de aguas residuales.

La concentración natural o regulada de un componente contaminante puede ser igual a cero en el medio, por lo que cualquier concentración de este en el medio natural llevaría a una contaminación de las aguas. En otros casos la concentración máxima puede ser igual a la concentración natural que ya está presente de forma natural en el medio. En este caso, cualquier vertido con este contaminante ya implicaría una contaminación del agua. Por último, en el caso de que el cuerpo de agua admita, según los estándares de calidad del lugar donde se lleve a cabo el vertido de agua, cierta cantidad de contaminantes, la huella hídrica gris es el agua empleada para reducir la concentración del contaminante a ese valor estándar.

El agua gris consumida, tiene por tanto un impacto en el resultado total de la huella hídrica, ya que los contaminantes de las aguas residuales se pueden reducir a cero o la concentración del medio natural donde es vertida por completo, mediante uso y consumo de agua.

Sin embargo, en el caso de un proceso industrial u organización, pueden tratarse las aguas residuales para volver a ser introducidas en la cadena de producción, y disminuir el consumo de agua azul incorporada en el mismo, o en otro proceso. Esto sigue las tendencias de economía circular<sup>9</sup>, que se están implantando cada vez con más frecuencia en la actualidad, con el fin de reducir el impacto ambiental de los procesos de producción.

Para tratar el agua final del que no se pueda sacar más provecho, siempre hará falta un consumo de agua para el proceso de tratamiento, ya sea por dilución, o procesos más complejos como son el tratamiento en depuradoras de agua, y que suman a la huella gris. Finalmente, dependiendo de las regulaciones y el lugar de vertido, puede ser necesaria más o menos agua, según sean más o menos estrictos los parámetros de calidad del agua estandarizados.

La huella hídrica total, es la suma de las tres huellas anteriores, según se muestra en la Ecuación 4:

$$HH_{proceso} = HH_{proceso,azul} + HH_{proceso,verde} + HH_{proceso,gris} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

*Ecuación 4 Cálculo de la huella hídrica de un proceso*

Esta fórmula, que describe la huella hídrica de un proceso, sirve para definir, según la metodología, el resto de las huellas hídricas que pueden definirse según el objeto o los actores implicados en el estudio. Para un producto ( $p$ ), por ejemplo, sigue la Ecuación 5.

$$HH_{producto} [p] = \frac{\sum_{s=1}^k HH_{proceso,directa}[s]}{P[p]} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{masa}} \text{ o unidad de producto} \right]$$

*Ecuación 5 Cálculo de la huella hídrica de un producto (s= número de procesos implicados en la obtención del producto)*

Para un conjunto de consumidores, que es el caso de este estudio, el cálculo de la huella hídrica sería la suma de la huella de cada individuo como consumidor sigue la Ecuación 6.

$$HH_{consumidor} = HH_{consumo,directo} + HH_{consumo,indirecto} \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

*Ecuación 6 Cálculo de la huella hídrica de un individuo o consumidor*

<sup>9</sup> Modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible, en este caso el recurso hídrico, para crear un valor añadido, extendiendo el ciclo de vida de los productos (Parlamento Europeo, 2023)

Donde la huella hídrica directa es el resultado del consumo directo. Esto es el uso del agua por cada individuo para uso doméstico (para beber, regar, cocinar, higiene, limpieza, etc.). En esta fórmula, la metodología incluye también la huella hídrica indirecta, siguiendo la Ecuación 7.

$$HH_{consumo,indirecto} = \sum_p (HH_{producto}[p] \times C[p]) \quad \left[ \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right]$$

*Ecuación 7 Cálculo de la huella hídrica indirecta de un individuo o consumidor*

Esta huella engloba el uso de agua que cada individuo consume (representado como  $C[p]$ ) en cada producto o servicio ( $p$ ), incluyendo el agua contaminada asociada a estos.

Obteniendo finalmente, la huella hídrica total de un conjunto de individuos, que pueden formar parte de una organización, municipio, nación, o están dentro de un área geográfica determinada. Según se deduce del sumatorio de la Ecuación 8.

$$HH_{ETSII} = HH_{grupo\ de\ consumidores} = \sum_{s=1}^k HH_{consumidor}(s) \quad [\text{volumen}/\text{tiempo}]$$

*Ecuación 8 Cálculo de la huella hídrica para un conjunto de individuos (s=número de individuos objeto de estudio)*

#### 4.1.2. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS Y LA ELABORACIÓN DE PROPUESTAS SEGÚN LA METODOLOGÍA

A continuación, la metodología, si se ha definido en el alcance del estudio, propone una evaluación del uso de agua consumida, en relación con el impacto en el medioambiente en el entorno donde se hace el cálculo. También puede evaluarse la eficiencia del consumo que se hace de los recursos hídricos disponibles, si están siendo empleados en el beneficio de las necesidades reales de la sociedad, y si lo hace de forma respetable con la naturaleza.

La metodología considera que el uso del agua es sostenible, si el agua azul demandada no supera ni en cantidad disponible, ni en tiempo necesario, para que se reponga en la fuente de donde es extraída. En cuanto a la huella gris, está dentro de la gestión sostenible, siempre que el agua vertida por el actor del estudio sea la establecida por las regulaciones y dentro de los estándares de los parámetros de calidad del agua en la zona.

En cuanto a la eficiencia del agua como recurso, un proceso o el uso que se hace del agua por un conjunto de consumidores será más eficiente cuanto menos agua consuma, para fabricar el mismo producto, o realizar las mismas actividades.

Por último, la metodología definida por *Water Footprint Network*, establece que los resultados del cálculo de la huella hídrica deben ser comunicados, y dentro de lo que se haya definido en el alcance, se debe priorizar como estrategia reducir esta huella.

Las medidas a llevar a cabo pueden ser desde mejorar la gestión del agua, cambiar la forma en que se hace uso de esta, o invirtiendo en las tecnologías que mejoran esta gestión y uso del agua. También promueve tomar acción de forma colectiva, para promover un uso del agua eficiente y sostenible a nivel individual, para todos los actores que hacen uso de los mismos recursos hídricos de una cuenca hidrográfica, río o región.

Por lo tanto, el objetivo de esta metodología no es solo reducir la huella hídrica individual o del actor de estudio, sino del conjunto de actores que hacen uso de la misma fuente de agua como recurso natural en el medio.

## 4.2. CASO DE APLICACIÓN A LA ETSII

En este apartado se define el tipo de cálculo de huella hídrica que se realiza, y el alcance de los datos. Se describen los datos de los que se parte, que son los que se han obtenido de diversas fuentes para el estudio. Además, se explica las limitaciones de estos datos.

Se calcula la huella hídrica para un conjunto de individuos, consumidores o comunidad.

Este conjunto de individuos tiene en común que acuden al centro por sus obligaciones correspondientes (de estudio, investigación, o laborales), de forma continuada en el tiempo, y son consumidores en la medida de que durante sus actividades en el centro hacen uso del agua.

El cálculo de la huella hídrica será la suma de las huellas azul, verde y gris de la Escuela.

## 4.3. ORIGEN DE LOS DATOS

El cálculo de la huella hídrica se realiza a partir de los datos de consumo facilitados por el departamento de *Calidad, ODS y Responsabilidad social* del centro recogidos en el Anexo C. Estos datos provienen de las facturas bimestrales de agua que paga la Escuela. Las facturas indican el consumo de agua en metros cúbicos medido por cinco contadores. Cada contador está asociado a una factura. Estos contadores son independientes y se encuentran situados a lo largo del campus de la ETSII, en diversas localizaciones, como se muestra en la Figura 5. El agua total consumida en la Escuela es la suma del agua contabilizada por los cinco contadores. Los datos de consumo detallados por zonas y bimestre se encuentran en el Anexo C en su formato original.



Figura 5 Ubicación de uno de los contadores de la ETSII bajo cubierta.

En cuanto a los datos de alumnos y personal de la Escuela, se han obtenido de los reportes anuales que publica la ETSII, con el nombre de *La ETSII en cifras* (ETSII, 2010-2023) y en las estadísticas anuales recogidas por la UPM (Estadísticas U.P.M., 2006-2009). En particular, los datos del número de alumnos, proviene de la secretaria del centro. Los datos sobre la superficie del centro provienen de estos mismos informes, que a su vez están recogidos en el *Informe de Recursos Materiales* de la Comisión de Garantía de Calidad de la ETSII, que también se ha consultado (CGC, 2022).

Para el resto de los datos, que no son primordiales para el estudio, se detalla la fuente y en qué consisten estos, sus limitaciones y las estimaciones realizadas durante el estudio.

#### 4.4. CONSUMIDORES

El conjunto de consumidores o comunidad de consumidores, lo forman tres colectivos principalmente (para esta categorización se ha seguido la definida en los informes *La ETSII en Cifras*):

- Alumnos, que serán todos los estudiantes matriculados en el centro. Estos son:
  - Alumnos de grado e ingeniería
    - Alumnos de grado
    - Alumnos visitantes, de erasmus, y procedentes de otros programas de movilidad o de homologación (matriculados en el centro)
  - Alumnos de postgrado
    - Alumnos de máster
    - Alumnos de doctorado
- Personal docente e investigador (PDI), colectivo compuesto por catedráticos, profesores titulares de la Escuela y de la Universidad, profesores ayudantes, ayudantes doctor, colaboradores, y asociados.
- Personal Técnico, de Gestión y de Administración y Servicios (PTGAS)

En los datos empleados para este estudio, para que el grupo de alumnos se ajuste al grupo de consumidores reales que engloba este colectivo, se han tenido en cuenta los alumnos de movilidad saliente de grado y de máster, denominado por el centro como estudiantes *outgoing*, que aún que se matriculan en la ETSII, luego realizan sus estudios en otra universidad, y por tanto no serán consumidores en este estudio. Estos alumnos, por tanto, son restados del total de alumnos consumidores, cuyo dato también se encuentra recogido en los informes de la Escuela *La ETSII en cifras* (ETSII, 2010-2023).

Se hace aquí la primera estimación de los datos del estudio, considerando que todos los consumidores acudirán al centro de la forma esperada por su horario y calendario laboral, en el caso de empleados (PDI y PTGAS), o académico, en el caso de alumnos.

Los datos de los que se dispone para el número de consumidores, es la suma de los alumnos, PDI y PTGAS mostrada en la Tabla 3 para los años en los que se realiza el estudio, entre 2006 y 2023.

*Tabla 3 Número de alumnos, PDI y PTGAS por curso académico, tomando como referencia el mes de septiembre del año en el que comienza el curso académico Fuente: recopilación de datos publicados en los informes anuales de La ETSII en Cifras*

Curso académico	Número de consumidores (alumnos + PDI + PTGAS)
2006-2007	4567
2007-2008	4535
2008-2009	4772
2009-2010	4786
2010-2011	4926
2011-2012	4879
2012-2013	4316
2013-2014	4578
2014-2015	4745

2015-2016	4764
2016-2017	4107
2017-2018	4786
2018-2019	4717
2019-2020	4775
2020-2021	4803
2021-2022	4700
2022-2023	5035

Los datos de consumidores se consideran por curso académico, siguiendo la división hecha por la secretaría del centro, y recogidos en la fuente mencionada para obtener estos datos.

## 4.5. CARACTERIZACIÓN ESPACIOTEMPORAL

### 4.5.1. DIVISIÓN TEMPORAL DEL CÁLCULO

Las medidas bimestrales del consumo de la Escuela permiten calcular el consumo, y analizar la evolución a lo largo del año. Si se unifican los datos bimestrales por años, se puede calcular además el consumo y analizar la evolución de cada año entre 2006 y 2023.

Por eso, aún que se dispone de datos bimestrales del consumo de agua en la Escuela, se escoge como periodo de referencia temporal para el cálculo de la huella hídrica, el año. **El resultado del cálculo se mostrará en volumen de agua por tiempo en (metros cúbicos/año).**

El principal motivo de esta elección es evitar las posibles fluctuaciones en los datos de consumo de agua, que surgen por las distintas épocas del año. Entonces un año es la unidad de tiempo mínima para poder comparar la huella hídrica del centro a lo largo del tiempo, y poder analizar así la tendencia anual que ha seguido el consumo en la Escuela.

No obstante, para no perder la fragmentación que ofrecen los datos, se disgregará también el cálculo de la huella por bimestres, para obtener un resultado más detallado que permita el análisis de como varía la huella a lo largo de un mismo año en promedio entre 2006 y 2023

Es decir, se presentarán los resultados de la huella anuales a partir de los datos de consumo de la Tabla 4, para mostrarlos en metros cúbicos por año. Pero para un mejor análisis, se realizan los cálculos de la huella por bimestres, estos resultados en mayor detalle se recogen en el Anexo G.

*Tabla 4 Consumo total de agua en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, por años, entre 2006 y 2023. Fuente: Departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad social de la Escuela) Para mayor detalle de los datos, por bimestres, consultar Anexo C.*

Año	Consumo (m <sup>3</sup> )
2006	20597
2007	20140
2008	24951
2009	14087
2010	14111
2011	16456
2012	14415

Año	Consumo (m <sup>3</sup> )
2013	13942
2014	12876
2015	13341
2016	13397
2017	13784
2018	13132
2019	12615
2020	8042
2021	6613
2022	9323
2023	8012

#### 4.5.1.1. CONSIDERANDO LAS FLUCTUACIONES ANUALES

En primer lugar, el cálculo de la huella a partir del consumo por bimestre permite observar las fluctuaciones anuales en el consumo de agua que se dan debido a:

- las estaciones meteorológicas: con estos datos de consumo desglosados en bimestres, se espera observar distintos consumos en verano y en invierno, debido a las condiciones meteorológicas.
- la actividad del centro, ya que:
  - Durante el mes de agosto el centro se encuentra cerrado la mayor parte del mes por ser no lectivo.
  - En algunos meses la afluencia al centro es menor debido a las épocas de exámenes, los meses de enero, junio y julio.
  - En otras fechas, como diciembre y marzo o abril (dependiendo del año), al ser las vacaciones de Navidad y Semana Santa, también podría esperarse menor afluencia y por tanto consumo de agua en el centro. Sin embargo, esto se puede contrarrestar con la celebración de ferias o eventos que hagan que se dé una mayor afluencia a la Escuela durante estas fechas.

También, por la experiencia, se sabe que, en los comienzos del primer cuatrimestre, en septiembre, y del segundo, en febrero, se da una mayor afluencia a las clases por parte del alumnado, y al final de estos, la afluencia por ser periodo antes de exámenes disminuye.

Aparece aquí la posibilidad de evaluar la huella hídrica por año natural (de enero a diciembre), o de un año académico (de septiembre a agosto, siendo este último no lectivo).

Ambas opciones cubren todos los eventos, actividades de la Escuela, y todas las estaciones y eventos meteorológicos típicos, que tienen lugar cada año, ya sea de septiembre a agosto, o de enero a diciembre. No obstante, hay que tener en cuenta que el número de consumidores, es decir, la suma de los alumnos, PDI y PTGAS, será variable de un curso para otro. Por tanto, tenemos dos valores de consumidores por cada año natural, los del curso saliente ese año, y los del curso entrante el mismo año. Los cuatro primeros bimestres corresponden al curso académico que finaliza ese año, y los dos últimos al curso académico que comienza ese año.



Figura 6 Muestra de la variación del número de consumidores (alumnos + PDI + PTGAS) del centro durante los años de estudio, con un coeficiente de variación del 9,28% se puede considerar la muestra homogénea<sup>10</sup>

Se llega así a dos consideraciones para tener en cuenta antes de elegir la división temporal del cálculo:

- Por un lado, al analizar el consumo de un curso a otro, con el mismo número de consumidores, puede variar el consumo por que este número aumenta o disminuye.
- Si se considera un año natural, se puede comparar el consumo por bimestre sin que se deba directamente a un cambio en los consumidores. Pero un mayor número de alumnos matriculados en un curso puede significar que el consumo en ese bimestre aumente por el número de consumidores y no por las actividades del centro o las estaciones meteorológicas del bimestre.

Debido a esto, se hace aquí la siguiente estimación para el cálculo: en un año académico el número de consumidores puede considerarse estable, y para este estudio se ha considerado constante en el tiempo de acuerdo con el análisis de la Figura 6, del número de consumidores entre 2006 y 2023.

La variación del número de los consumidores del centro (alumnos + PDI + PTGAS), como se observa de forma gráfica en la Figura 6, es despreciable para el periodo en el que se tienen datos. Esto permite considerar la tendencia de la huella hídrica de forma independiente del número de consumidores por año natural o por curso.

Lo cual no implica que las variables no estén relacionadas, pues el número de consumidores determinará claramente el consumo en el centro. Esta observación únicamente se emplea para determinar el intervalo de la división temporal considerado: un año natural, de enero a diciembre (de 2006 a 2023).

La unidad temporal de evaluación de la huella hídrica es por tanto anual. En cuanto al periodo de estudio para el que se presentan los resultados, es el comprendido entre los años 2006 y 2023, es decir, 18 años. Este es el periodo de tiempo del que se tiene mayor detalle de los datos en el consumo de agua de la Escuela, ya que aún que se dispone de más datos de consumo para años anteriores, no se dispone de información del consumo con el mismo nivel de detalle. En concreto, no se dispone de todos los consumos bimestrales, para los años 2004 y 2005. Para años anteriores no se ha obtenido ningún tipo de dato.

<sup>10</sup> El coeficiente de variación se ha calculado a partir de la fórmula  $C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ , donde  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$  (desviación estándar)

Por otro lado, se considera que el rango de 2006 a 2023, es adecuado para analizar la tendencia de la huella hídrica en el centro. Esto es debido a que como se ha comentado en la introducción al estudio, no fue hasta el año 2003, cuando cobró popularidad el concepto y se definió el indicador de una forma estandarizada, por medio de las metodologías descritas. Por ello, se considera este el periodo desde el cual, podría haberse comenzado a tomar conciencia y analizar la gestión del agua en la ETSII de una forma estandarizada.

### **4.5.1.2. CONSIDERANDO LAS FLUCTUACIONES INTERANUALES: EL CASO DEL COVID-19**

Descrito el periodo de tiempo, cabe fijarse en que el periodo del estudio comprende los años 2020 y 2021, en los que la docencia y asistencia al centro se vio paralizada por la pandemia del COVID-19, que como bien es sabido, afectó en la ciudad de Madrid, a nivel nacional y mundial.

En particular, durante el segundo cuatrimestre del curso 2019/2020, de marzo a julio de 2020, por las medidas tomadas en todas las universidades y centros de enseñanza de España, se cortaron las clases de forma presencial, y no hubo asistencia presencial al centro durante esos meses. Después, en el curso 2020/2021, se retomaron las clases (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2020), de forma híbrida en el caso de la ETSII, combinando clases online con presenciales durante todo el periodo lectivo, cada 3 semanas, (2 presenciales y 1 online). Solo asistieron a clase los alumnos y los docentes de forma rotativa bajo estrictas medidas de protección, por lo que no todos los servicios estaban disponibles. Por tanto, se vio reducido el número de consumidores (alumnos y PDI especialmente), a aproximadamente el 33% del número total durante el curso 2020/2021, definido en la *Guía de adaptación aulas 20-21*. (ETSII, 2020).

Se ve así afectado el resultado del cálculo de la huella hídrica para los años 2020 especialmente, y 2021, por estas circunstancias. Sin embargo, al disponer de datos de consumo para estos años, se mantiene la hipótesis de que el valor de la huella disminuye en el tiempo, vista la disminución apreciable en los datos de consumo de los que se parte, a pesar de esta singularidad, y se mantienen estos años en el análisis de la tendencia de la huella hídrica en la Escuela dentro del periodo de estudio.

A la hora de llevar a cabo el análisis y las conclusiones del cálculo, se tendrá por tanto en cuenta esta situación excepcional.

### **4.5.2. UBICACIÓN, LIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DEL CENTRO**

El espacio del estudio es el campus de la ETSII, parte de la Universidad Politécnica de Madrid, y es parte del campus de la ciudad de Madrid. En concreto está ubicada en el distrito de Chamartín, El Viso, en la calle José Gutiérrez Abascal, 2, para una visualización de la situación del centro en este distrito, consultar el Anexo A. El campus es un conjunto de edificios, zona de arbolado y espacios no edificados representados en la Figura 7, y cuyas superficies se detallan en la Tabla 5.

#### Zona edificada

Es la superficie construida, todo el espacio dentro de los límites exteriores del inmueble. En los edificios con más de una planta edificada.

La zona edificada la componen:

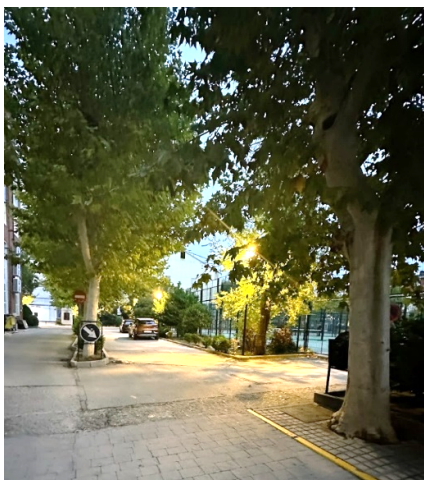
- El edificio principal<sup>11</sup>
- Edificios anexos:
  - Edificios de laboratorios y talleres
    - Laboratorio Central de Electrotecnia (LCOE)
    - Centro de Modelado de Ingeniería Mecánica (CMIM)
    - Edificio de Tecnología Química
    - Edificio de Mecánica de Fluidos
    - Edificio de Ingeniería Nuclear
    - Edificio Automática
  - Vestuarios
  - C. T. Piscina
  - Edificio gimnasio (consiste en una sala multiusos, una sala de estudio y aseos con vestuarios)
  - Frontón (pabellón deportivo)

#### Zona no edificada

Es el resto de la superficie del campus, no edificada, principalmente está destinada a zona de aparcamiento, zonas recreativas, de tránsito y zonas arboladas, como se muestra en la Figura 8.

Podemos distinguir dos zonas principales en esta área:

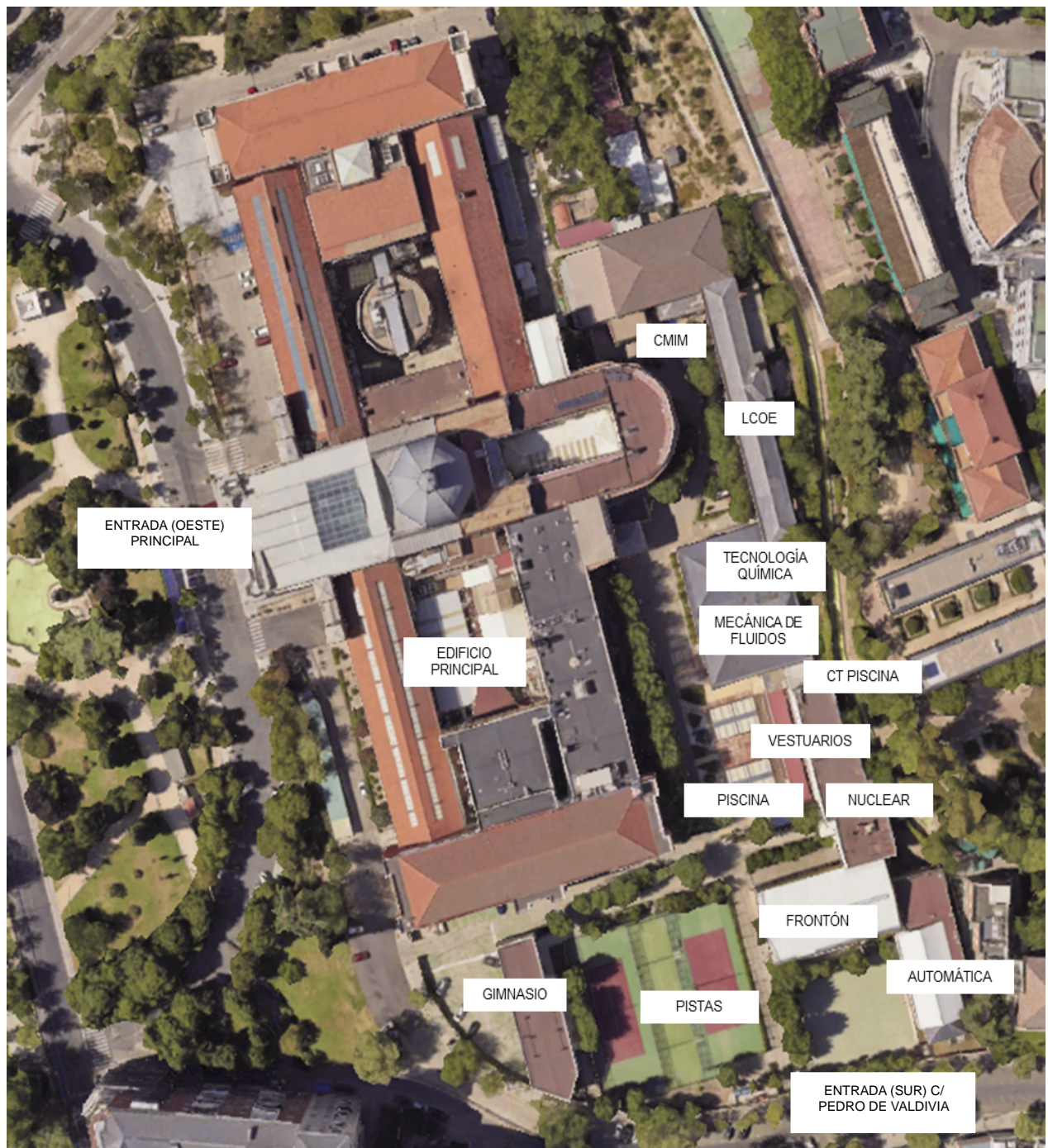
- Piscina: contenedor de 500m<sup>3</sup> del que se alimenta el sistema contra incendios, y se encuentra a su máxima capacidad en todo momento.
- Pistas recreativas (2 pistas de pádel, 2 pistas de tenis, 1 campo de fútbol)



*Figura 7 Zona arbolada de la Escuela en el área denominado Jardín.*

---

<sup>11</sup> El edificio principal está compartido con el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN), por lo que solo se considera la superficie que pertenece a la universidad como superficie del centro. Este es el edificio donde se encuentran aulas, despachos, la biblioteca, la cafetería, la capilla, salas de estudio, la secretaría, servicio de reprografía, salón de actos, salas de reuniones, laboratorios, aseos, y salas de reuniones entre otros.



*Figura 8 Visualización de la ubicación de los distintos edificios que componen el campus en vista de satélite.*

Todos los edificios y áreas del campus que hacen uso del agua se abastecen de la red municipal de agua potable del Canal de Isabel II, que distribuye a la red del ayuntamiento de Madrid.

Este consumo, queda reflejado en los contadores independientes situados en diferentes localizaciones del campus. Cada contador lleva asociado un contrato de agua, cuyo número de referencia se ha utilizado por el departamento de mantenimiento, para identificar dichos contadores. Estos contadores indican el consumo que se ha realizado en los edificios y áreas en la división del campus a la que abastece.

Tabla 5 Resumen de superficies campus ETSII. Fuente: Comisión de Garantía de Calidad ETSII UPM, 2022, Informe de Recursos Materiales

ZONA	EDIFICIOS/ÁREA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE ZONA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE TOTAL (m <sup>2</sup> )
<b>ZONA EDIFICADA</b>	Principal	36.874,61	<b>47.409,71</b>	<b>56.400,78</b>
	Química	1.102,18		
	Fluidos	1.133,46		
	Nuclear	1.804,69		
	Automática	1.355,71		
	Gimnasio	639,82		
	LCOE	3.305,96		
	FabLab	231,21		
	Vestuarios	168,07		
	CEMIM	105,6		
	Frontón	688,4		
<b>ZONA NO EDIFICADA (EXTERIOR)</b>	Jardín	3.102,11	<b>9.991,07</b>	
	Parking	5.888,96		

En relación con la separación que se ha hecho, de los edificios que componen el campus, se han seguido las zonas donde se sitúan los contadores que miden el consumo de agua mostradas en la Tabla 6.

Para el cálculo de la huella hídrica, esta división de abastecimiento por contadores permite identificar la huella de cada una de las divisiones consideradas. Es decir, además del cálculo total de la huella hídrica total, que indica el consumo de agua integral de la Escuela, esta división de áreas también permitiría distinguir la huella de las distintas partes en las que se puede dividir el campus.

Cabe esperar que no todas los edificios y las áreas aportarán lo mismo al cómputo de la huella de cada zona o área, bien porque en ellas no se haga uso del agua de forma directa para beber o para aseos por que no haya o se usen en menor medida.

Por este diferente uso y necesidad de agua, y la limitación en los datos de consumo, no se considera dentro del alcance de este estudio distinguir la huella hídrica por zonas en la ETSII, ya que se desconoce el uso que se hace del agua en cuanto a que actividades y en que laboratorio o edificio se lleva a cabo realmente. Por tanto, no se puede evaluar la necesidad ni el gasto real de agua en cada zona o área por separado.

Por otro lado, hay que considerar las áreas no edificadas, como las zonas arboladas, que si serán útiles para el cálculo de la huella hídrica verde.

Tabla 6 División del campus según los edificios y áreas que son abastecidas por cada contador<sup>12</sup>

ID del contador	Situación del contador en el campus	División de abastecimiento	Edificios/áreas abastecidas
114174	Hall	Sección central edificio principal	-Edificio principal (sección central): salón de actos, despachos, salas de reuniones, reprografía
114073	Hall pared	Entrada oeste edificio principal	-Edificio principal (ala norte): hall de entrada, aulas, secretaría
2924043	Aparcamiento	Ala sur edificio principal	-Edificio principal: aulario (4 plantas), biblioteca, cafetería, despachos, laboratorios, capilla, salas multiusos
2941019	P. Valdivia	Edificios zona sureste, entrada sur (puerta de la Calle Pedro de Valdivia)	-Edificio Ingeniería Nuclear -Edificio Automática
2923033	Tenis	Edificios anexos y zona este edificio principal	-Edificio principal (zona este): laboratorios planta baja -Edificio CEMIM -Edificio LCOE -Edificio Tecnología Química -Edificio C.T. Piscina -Vestuarios -Piscina -Sistema de regado por goteo zonas arboladas

<sup>12</sup> Se proporciona en el Anexo B un esquema para mejor entendimiento, la representación de forma gráfica de la ubicación de los contadores y las zonas a las que abastece con respecto a las zonas descritas en la Tabla 5.

#### 4.6. LIMITACIONES DE LOS DATOS

Por último, siguiendo los pasos del manual de evaluación de la huella hídrica (*The Water Footprint Assessment Manual*, 2011), la última consideración para tener en cuenta en la definición del alcance del estudio es donde se trunca el consumo de agua considerado en el estudio.

Una de las consideraciones más importantes según la metodología, es definir si se va a incluir tanto el agua directa como el agua indirecta, términos definidos anteriormente. Por recomendación del manual de la WFN (*The Water Footprint Assessment Manual*, 2011), se incluye en este estudio el consumo de ambos tipos de aguas. Esto es debido a que el agua de consumo indirecto puede ser mayor al directo, y que sea una cantidad considerable de la huella hídrica generada por el actor de consumo. Por tanto, el último paso es definir las fuentes de consumo directo e indirecto que se van a considerar.

En primer lugar, el cálculo de la huella hídrica objeto de estudio es la de un grupo de consumidores, formada por un conjunto de individuos, es decir, una comunidad. Sin embargo, el resultado total de la huella no se considera la suma de estos individuos. Cada uno de los consumidores: alumnos, profesorado, trabajadores del centro, etc., generan una huella hídrica individual como consumidores particulares, y sumarán a la huella de otros lugares, y categorías, como la de su hogar, otras organizaciones o instituciones de las que pudieran formar parte durante su día a día.

Para ilustrar los tipos de huella hídrica que pueden darse para un mismo individuo, se analiza a modo de ejemplo el caso que podría darse para un alumno/a del centro:

- Huella hídrica individual: que es la suma el agua virtual de la ropa, el transporte, la comida y otros bienes o servicios que consuma y actividades que realice.
- Huella hídrica del hogar: como parte de un hogar, también sumara a la huella hídrica de este en las actividades que aquí realice e impliquen un consumo de agua (cocinar, aseo, regar, etc.)
- Huella hídrica de otras organizaciones, instituciones o lugares: como por ejemplo si hace uso de un gimnasio, una biblioteca municipal, u otras.
- Huella hídrica de la universidad: como usuario del centro donde estudia, para beber, o en aseos, y que es la huella hídrica objeto de este estudio.

Estos ejemplos podrían ser análogos para cualquier otro usuario del centro, y por tanto consumidor de este.

Dicho esto, la huella hídrica de la ETSII es fruto de las actividades que esta realiza, y el agua consumida durante estas por todos los individuos que la componen. Se tiene en cuenta solo el consumo de los individuos como parte de las actividades principales del centro, que son la enseñanza y la investigación. Este consumo se englobará en el agua directa, y es por ejemplo el agua que consume un alumno, profesor, investigador o trabajador del centro durante su jornada de estudio o trabajo, de la red de agua que suministrada a la Escuela.

Se identifican tres razones principales por las que un individuo hace uso del agua para su consumo directo:

- Para beber
- En el aseo

Es decir, si un alumno se compra una botella de agua y la lleva para su consumo a las clases, no se considera consumo de agua de la Escuela como institución, pero si el agua consumida, si, por ejemplo, rellena la botella en una fuente instalada en el edificio.

En cuanto al centro educativo como conjunto, se distinguen además otros tipos de uso del agua directa:

- Para el consumo de los individuos del centro (descritas anteriormente)
- Para la limpieza del centro<sup>13</sup> y mantenimiento de áreas comunes<sup>14</sup>
- Para regado de las zonas arboladas
- Para llenado de la Piscina (agua para el sistema contra incendios)
- Para actividades de los laboratorios u otras zonas de investigación, donde las tareas llevadas a cabo requieran el uso de agua
- En aseos

En resumen, las fuentes de agua directa se recogen en la Tabla 7. Es toda el agua contabilizada por los contadores, que se consume de la red de la Escuela, y es abastecida por la red municipal. El agua de lluvia, especialmente relevante para el cálculo de la huella verde, será el volumen de precipitación que queda incorporada en el suelo en forma de humedad, o en las plantas, de las superficies arboladas del centro. Este será el volumen de agua considerado que no vuelve al ciclo del agua, y es retenida en el campus, por tanto, se considera consumo.

Tabla 7 Agua directa, tipos, fuentes y unidades de los datos

FUENTES DE AGUA DIRECTA		
TIPO	FUENTE/MEDICIÓN	UNIDAD
Agua potable de la red municipal (m <sup>3</sup> )	Contadores del campus	m <sup>3</sup>
Agua de lluvia	Estadísticas meteorológicas de precipitaciones acumuladas	mm (precipitación acumulada)

Por otro lado, tenemos el consumo de agua virtual o indirecta. Es aquí donde se tiene que definir donde se trunca el alcance del estudio, y que según la metodología queda a disposición del autor del cálculo. Para el caso de la ETSII, se consideran los siguientes tipos de agua indirecta, es decir, agua que se retira de la fuente natural del recurso fuera del área geográfica y del alcance espaciotemporal y de las actividades de la Escuela:

- Agua consumida para la generación de energía. En el campus, además del consumo de agua, se hace un consumo energético, y por tanto un consumo de agua virtual para la producción de esta energía en forma de electricidad. Para el cálculo de este consumo, se parte de los datos de consumo en kWh del Anexo D, suministrados para el estudio por el centro junto a los datos de los consumos de agua. La relación entre el consumo de energía, y el agua implicada en la generación de esta electricidad, se obtiene de estadísticas y datos estándar sobre el agua necesaria para generar un kWh. El agua requerida para generar electricidad puede ser empleada como fuente renovable, en caso de que solo implique el uso de la corriente de agua, en el caso de

<sup>13</sup> Tras consultarlo con el encargado de mantenimiento de la Escuela, se ha averiguado que el agua usada para la limpieza es obtenida de la propia red del centro, en particular de los grifos especiales para este uso denominados vertederos y mostrados en la figura 9, situados en los aseos de la Escuela. En el Anexo F se describe un listado completo con todos los aseos y aseos con vertederos de la Escuela.

<sup>14</sup> En la misma consulta, también se ha obtenido información sobre el uso que se hace para el mantenimiento de las zonas comunes no edificadas, en particular en las zonas del parking y del jardín. Durante los meses de primavera, especialmente en mayo, durante la mayor presencia de polen y para evitar que se disperse por el aire, se emplea agua para limpiar con manguera estas superficies cubiertas de polen u otras partículas que perjudican a los individuos que puedan pasar por la zona, de forma muy ocasional.

las centrales hidráulicas. Sin embargo, si la fuente de energía es no renovable, el agua puede ser introducida como materia prima, es decir, que haya consumo de agua pues se cambian sus propiedades. Por ejemplo, en las centrales térmicas, en las que se calienta el agua hasta obtener vapor, para hacer rotar las alas de una turbina. Para la Escuela, abastecida por la Red Eléctrica de España, se considera una combinación de ambos tipos de energías. (Grigoryan K., 2020).

- Agua implicada en los alimentos consumidos en la cafetería del centro y en las máquinas expendedoras o de café. Todos los alimentos consumidos en estos casos implican el consumo del agua en su producción, dentro del sector industrial emplean agua como recurso directo e indirecto para su fabricación, transporte y distribución. Este tipo de consumo indirecto del agua, se dejar fuera del estudio, ya que principalmente influye en la huella hídrica de la cafetería como entidad separada, y de los suministradores de las máquinas expendedoras o de café. También influye en la huella hídrica individual de cada estudiante, investigador, profesor y trabajador del centro. Sin embargo, la Escuela como conjunto en forma de institución pública, cuyo fin es la enseñanza, no corresponde para al fin de sus actividades básicas el consumo de esta agua de forma indirecta, y por tanto su huella. Por lo tanto, la huella hídrica de la cafetería afecta solo de forma directa por su consumo de agua para cocinar, o por el uso de agua de sus empleados en los aseos, y se engloba en las instalaciones del centro y en su consumo total. Pero no así del agua producida para generar los alimentos que estos proporcionan. La huella que generan los alimentos proporcionados en esta se considera como parte de la huella hídrica de la organización subcontratada, por un lado, y en la huella hídrica de cada individuo que los consume en el centro, como huella hídrica individual.
- Agua introducida en la producción de otros bienes de consumo, como el papel o el cartón, de gran relevancia en cuanto a las actividades de enseñanza e investigación propias de la Escuela. Como se ha indicado anteriormente el papel requiere de agua para su fabricación, con una huella virtual según la Tabla 2, de 10 litros para una hoja de papel A4 (80g/m<sup>2</sup>). El uso del papel aparece como uno de los principales bienes consumidos en la Escuela, y que implican el uso del agua para su producción. Por tanto, implican un consumo indirecto de agua.

En resumen, se tienen en cuenta para el estudio, los tipos de agua indirecta recogidos en la Tabla 8.

Tabla 8 Agua indirecta, tipos, fuentes de obtención y unidades de los datos

FUENTES DE AGUA DIRECTA		
TIPO	FUENTE/MEDICIÓN	UNIDADES
<b>Agua consumida en la generación de energía consumida por el centro</b>	Datos mensuales del consumo eléctrico en kWh suministrados por el centro junto a datos estadísticos de consumo de agua por kWh	m <sup>3</sup> /kWh
<b>Agua introducida en la fabricación del papel</b>	Papel y cartón consumidos en la Escuela, en base a los datos de papel y cartón desechados en el centro mostrados en el Anexo E	m <sup>3</sup> /kg papel o cartón

Dentro de la metodología del *Water Footprint Assessment Manual*, estamos ante un estudio de Nivel C, pues el manual define el cálculo de la huella hídrica de *Nivel C* como el cálculo aplicado a una sección pequeña de terreno, y a partir de mediciones de consumo mensuales o diarias.

En nuestro caso, el estudio se basa en datos de consumo bimestrales, de una sección de la Universidad Politécnica de Madrid, y un pequeño terreno en la ciudad de Madrid, como muestra el Anexo A. En cuanto a los datos, son obtenidos de fuentes empíricas, aún que no directas, y de una localización concreta medida durante el año. Esto último también determina que sea un estudio de Nivel C, nominación informativa que no afectará al cálculo.

### **4.7. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD**

Una vez definido el alcance de los datos y el tipo de huella hídrica que se va a calcular, el siguiente paso es definir el enfoque de la evaluación de sostenibilidad. Esto consiste en especificar el alcance del estudio de esta huella hídrica a nivel de evaluación del impacto que esta tiene en su entorno y su sostenibilidad dentro de él.

La metodología define, para la categoría de estudio de un grupo de consumidores, que el foco debe estar en analizar dos puntos en particular, si se define así en el alcance del estudio.

1. Si la huella hídrica de la Escuela contribuye en mayor o menor medida a la huella de su entorno y a la huella global. Esto identifica una comparación de los resultados con respecto a dos entornos:
  - Por un lado, la ETSII, como parte de la Universidad Politécnica de Madrid, tendrá un papel en el consumo total de esta. Por ello, puede hacerse una comparativa de los resultados de consumo con el del resto de los campus en los que se divide la Universidad, para obtener una visión del papel de la ETSII y su consumo dentro de esta, y si tiene una participación mayor o menor en el consumo total de la universidad.
  - Por otro lado, la ETSII como parte de una universidad, puede compararse con otros actores a nivel local, regional, nacional, europeo o incluso mundial. Es decir, podría compararse la huella hídrica con los datos de consumo que hacen otras universidades de la ciudad de Madrid, a nivel más local, hasta un nivel de comparativa nacional o global. También puede compararse con otras instituciones públicas, privadas o empresas de la ciudad, en este caso, en la medida que fueran actores que comparten los recursos de agua dulce de la zona.
2. Plantear cuáles son los principales focos de consumo dentro de la organización consumidora, o grupo de consumidores, que se encuentran durante el estudio. Esto implica analizar los distintos fragmentos en los que se haya calculado la huella hídrica, y evaluar su impacto dentro de ese ámbito, tanto respecto a las otras partes de la huella, como de cómo es el consumo en esa categoría determinada con respecto a lo esperado.

La evaluación de sostenibilidad puede ser acotada al nivel de análisis que se quiera realizar, por cómo se plantea la metodología.

Por ello, para este estudio, al no disponer de datos detallados externos al centro, se hará una comparativa con valores estándares esperados de consumo según estadísticas. Para el segundo punto, se pueden evaluar las distintas divisiones en las que se dispone del cálculo de la huella hídrica. Estas divisiones son por las divisiones entre tipos de huella (azul, verde y gris). Estos valores se comparan con los valores esperados de consumo para las actividades que se correspondan a esos consumos, así como un análisis de la tendencia del mismo dato durante el periodo estudiado.

Se muestra un resumen de los principales puntos del análisis esperado tras el cálculo, en la Tabla 9, que resume el alcance de evaluación de sostenibilidad de los resultados del estudio.

Tabla 9 Resumen de la evaluación de la sostenibilidad y del análisis propuesto tras el cálculo de la huella hídrica, siguiendo las directrices del manual de evaluación de la huella hídrica de The Water Footprint Network

EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE LA HUELLA HÍDRICA			
Punto de la evaluación (WFN)	Indicador para evaluar	Característica del indicador a evaluar	Objetivo de la evaluación
Punto 1	Huella total anual	Consumo de agua anual en la ETSII como parte de la UPM, comparativa con otros campus de la universidad	Comparativa con datos de consumo de agua de la UPM <sup>15</sup>
		Consumo de agua anual como la ETSII-UPM, comparado con el consumo de las universidades a nivel nacional	Comparativa con datos estadísticos generales del consumo de agua de las universidades a nivel nacional <sup>16</sup>
Punto 2	Temporal: resultados anuales de la huella	Tendencia de la huella en el periodo de tiempo estudiado	Comparativa anual, con las fuentes de consumo y consumidores
	Tipo de huella: azul, gris, verde, directa e indirecta	Contribución a la huella total de cada tipo de huella	Comparativa anual, como componentes de la huella hídrica total, y entre las distintas huellas <sup>17</sup>

#### 4.8. ALCANCE DE LA FORMULACIÓN DE RESPUESTAS

En cuanto a la última consideración antes del calcular la huella hídrica, propiamente dicha, es definir las respuestas a la evaluación de impacto. Se trata de las medidas que se van a tomar para disminuir el impacto. Hay que definir qué nivel de respuesta se va a proponer como conclusión al estudio, y quienes son los responsables y agentes implicados en dar esta respuesta.

Se puede dar dos tipos de respuesta:

- A nivel de concienciación, el resultado de este estudio y los datos mostrados pueden servir como herramienta de divulgación para mostrar el consumo que se hace de agua en la Escuela, y promover una gestión eficiente de esta.
- De los datos más particulares del consumo, pueden tomarse medidas de mejora en la gestión del agua donde se pueda considerar un mayor impacto.

Para tomar estas medidas, se identifican los tipos de agente que pueden implantarlas:

- En primer lugar, todos los consumidores pueden hacer un uso responsable del agua en la Escuela.
- A la hora de tomar medidas para las que se requiere de mayor cantidad de medios o autoridad, según el alcance de estas, los agentes responsables de la gestión del agua en la Escuela, como institución pública son:

<sup>15</sup> Datos facilitados por la Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia de la UPM (UPM Sostenible, 2021).

<sup>16</sup> Datos obtenidos del informe de consumo de agua y energía entre los años 2013 y 2020 elaborado por la CRUE Universidades Españolas (CRUE, 2020).

<sup>17</sup> Comparativa con valores obtenidos del estudio.

- Los alumnos, profesorado, investigadores y trabajadores del centro.
- La Junta Directiva (en su caso el departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad Social).
- El Rectorado (el Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia), por ser la ETSII parte de la UPM.
- La Comunidad de Madrid, por tratarse de una universidad pública.
- El Ministerio de Universidades, a nivel de gobierno nacional.

Sin embargo, se define el alcance de las respuestas a este estudio, como el de concienciar y visibilizar sobre cómo y cuánta agua se consume en la ETSII. Limitándose únicamente a la propuesta de mejoras o futuros cambios que se puedan hacer para un uso más responsable del agua.

## 5. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA

Se procede al cálculo de la huella hídrica, aplicando las fórmulas de la metodología elegida y descritas, aplicándolas al caso de estudio. Se parte de los datos definidos y explicados en la metodología.

La huella hídrica de la ETSII, como entidad formada por un grupo de consumidores, será la suma de su huella hídrica directa y de su huella hídrica indirecta, según las ecuaciones 6 y 8. Para ello se procede a el cálculo de estas huellas primero por separado, partiendo de los consumos y las fuentes de agua directa e indirecta definidas anteriormente.

- Fuentes de agua directa: consumo de agua directo de la red de abastecimiento.
- Fuentes de consumo de agua indirecta: relacionada con el consumo de energía, y con recursos y bienes consumidos durante las actividades de la Escuela, principalmente papel.

### 5.1. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA DIRECTA

Se ha definido agua directa como la consumida de la red, medida por los contadores de la Escuela, y el agua de lluvia retenida en la superficie del campus. Esto implica que la huella directa, siguiendo la Ecuación 4, para nuestro caso, se aplica según la Ecuación 9.

$$HH_{directa,ETSII} = HH_{gris,ETSII} + HH_{verde,ETSII} + HH_{azul,ETSII} [volumen/tiempo]$$

*Ecuación 9 Cálculo huella hídrica directa ETSII*

Se procede a calcular en primer lugar cada huella hídrica directa de la Escuela por separado, según los tipos de huellas consideradas dentro de esta. Siguiendo el orden siguiente: huella hídrica gris, huella hídrica verde y huella hídrica azul.

#### 5.1.1. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA GRIS

Para el cálculo de la huella gris de la Escuela, primero definimos el agua que va a considerarse dentro de este tipo de consumo. Como indica la metodología empleada, el agua gris es toda aquella que se usa para la dilución de contaminantes hasta la concentración aceptada por los parámetros de calidad del agua donde es vertida.

Según esto la fuente de agua gris es el agua consumida de tipo directo, que proviene de la red de abastecimiento conectada a la red municipal, y medida por los contadores. La distinción de lo que es considerado agua gris, respecto al resto del agua consumida en la red, es por lo tanto el uso que se hace de esta en este estudio, y no por su fuente.

Para el caso de la Escuela, esta es principalmente el agua usada en los aseos. En la Tabla 10 se muestran las instalaciones de aseos, lavabos e instalaciones para aguas residuales con los que cuenta la Escuela. Dentro de estas instalaciones se identifican las siguientes aguas grises:

- Aguas consumidas en los aseos: lavamanos, inodoros, vertederos (mostrados en la Figura 9) y duchas
- Aguas consumidas en pilas de laboratorios. Se considera que el agua consumida en estas pilas será para uso de limpieza de instrumentación o para disolución de sustancias, que una vez se desecha es devuelta a la red de agua y será aguas contaminada.

El uso de agua que se considera más significativo para el cálculo de la huella gris para este estudio es el agua usada de los aseos, en particular de los lavabos, inodoros y urinarios, cuyo consumo medio es el más significativo, respecto a las duchas, por las actividades más habituales que se llevan a cabo en los anteriores. En cuanto al consumo de las pilas de

## CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA

laboratorio, no hay ninguna medición empírica o estadística de uso que nos permita calcular o estimar su consumo, por lo que se deja fuera del cálculo de la huella gris.

*Tabla 10 Número de inodoros, lavabos, duchas, urinarios, vertederos y pilas de laboratorio instaladas en el campus de la ETSII Fuente: datos de aseos suministrados por el departamento de mantenimiento, actualizados en abril de 2021, mostrados en el Anexo F*

Instalaciones	Cantidad (unidades)
Inodoros	154
Lavabos	149
Duchas	23
Urinarios	69
Vertederos (pilas bajas para uso de agua en la limpieza del centro)	17
Pilas de laboratorio	143



*Figura 9 Uno de los vertederos empleados para rellenar los cubos de limpieza por el personal correspondiente, y su posterior vaciado, en uno de los aseos del Edificio Principal de la zona del aula.*

Para el consumo de agua gris en aseos, sin embargo, se cuenta con los datos estadísticos de la Tabla 11, que permiten caracterizar el uso del agua en el aseo. Esto permite una estimación de la huella gris para la Escuela.

Al no disponer de datos de la capacidad real de volumen de cada una de las cisternas de los aseos de la Escuela, se utiliza este valor medio basado en el valor estándar de la capacidad de una cisterna en la actualidad para el cálculo.

El agua almacenada en una cisterna de descarga interrumpible<sup>18</sup> de un inodoro tiene una capacidad media de 6 litros<sup>19</sup> (Fundación Aquae, 2022). Mientras que para urinarios es de 1 litro por descarga<sup>20</sup>, esto implica el consumo medio de las cisternas mostrado en la Tabla 11. En cuanto al consumo de los grifos se tiene en consideración la medida llevada a cabo en 2020 (ETSII, 2020), de cambiar los grifos de pulsador mecánico instalados, por grifos automáticos mostrados en la Figura 10, que disminuyen drásticamente el consumo de agua (Fundación Aquae, 2022).

*Tabla 11 Valores de referencias basados en estadísticas del uso de agua de uso doméstico en los aseos Fuentes: normas UNE para las capacidades de cisternas, información de la OCU para el caudal de los grifos en los aseos; OMS para tiempo recomendado para un lavado de manos, estimaciones propias para la frecuencia de uso del aseo por persona y día en la Escuela*

Caracterización del uso del agua en el aseo	Valor estimado	Volumen de consumo actividad en m <sup>3</sup>
Capacidad media cisterna inodoro	6 litros	0,006
Capacidad media cisterna urinario	1 litro	0,001
Consumo ponderado cisternas inodoro y urinarios	4,5 litros	0,0045
Caudal medio de agua grifo convencional	9 litros/min	-
Caudal medio de agua grifo automático	5,7 litros/min	0,0057
Tiempo de un lavado de manos medio (aclarado)	40 segundos	-
Tiempo de un lavado de manos medio (aclarado) con grifo automático <sup>21</sup>	12 segundos	-
Consumo medio lavado de manos grifo convencional	6 litros	0,009
Consumo medio lavado de manos grifo automático	1,14 litros	0,00114
Descargas de inodoro por persona/día (estimación)	1	-
Descargas de inodoro por persona/día (estimación)	1	-

Así, mediante la Ecuación 10, se calcula la huella gris de la Escuela.

$$HH_{gris,ETSII} = \text{Consumo aseos diario} \left( \frac{m^3}{\text{día} \cdot 1 \text{ consumidor}} \right) \times \text{Consumidores totales} \left( \frac{\text{consumidores}}{\text{año}} \right) \times \text{Días lectivos (días)} \left[ \frac{m^3}{\text{año}} \right]$$

*Ecuación 10 Cálculo de la huella gris ETSII*

Dónde el consumo de aseos diario se calcula según la Ecuación 11,

<sup>18</sup> Se considera una cisterna de descarga interrumpible a la que no permite detener el flujo de agua al vaciarse la cisterna una vez pulsado el botón de activación, ni tampoco dispone de más de un botón para escoger el volumen de descarga. (Fundación Aquae, 2022).

<sup>19</sup> Según la Fundación Aquae, los sistemas actuales tienen una capacidad de 6 litros, recogido en la norma UNE-EN 14055:2019 *Cisternas para inodoros y urinarios* (UNE, 2019), pudiendo ser de tan solo 3 litros para los sistemas más eficientes. Debido a que el estudio tiene lugar durante un periodo de tiempo que comprende varios años, y considerando por tanto que los sistemas durante los años de estudio no son los más eficientes que existen actualmente, se toma de referencia el valor de 6 litros.

<sup>20</sup> Según la UNE-EN 14055:2019, *Cisternas para inodoros y urinarios*. (UNE, 2019).

<sup>21</sup> Tomando como referencia los datos para un grifo automático de la marca instalada en la Escuela, el pulsador tiene un retardo de apagados desde que se pulsa de 4-6 segundos, suponiendo que se activa 2 veces de media (estimación propia), el tiempo máximo de salida de agua se considera de 12 segundos.

$$\begin{aligned} \text{Consumo aseos diario (m}^3\text{)} \\ &= (\text{Consumo un uso cisternas} + \text{Consumo un lavado de manos}) \\ &\times N^{\circ} \text{ medio de uso aseos [metros cúbicos]} \end{aligned}$$

*Ecuación 11 Consumo de agua en los aseos por los consumidores del centro en un día*



*Figura 10 Grifo automático activado por medio de sensores en uno de los aseos del Edificio Principal, en la zona del aulario, instalados en 2021 en la ETSII (ETSII, 2020).*

El número de días lectivos mostrados en la Tabla 12 se obtiene de la media de días lectivos en la Comunidad de Madrid. A estos, se les han restado días, teniendo en cuenta los días en los que el centro cierra por vacaciones de navidad, Semana Santa, agosto por ser no lectivo, y los periodos de exámenes en enero, junio y julio. Cabe mencionar que se ha considerado un menor número de alumnos también, como parte de la cifra total de consumidores, que acuden al centro por bimestre, ya sea por ser época de exámenes o sin clases. Para reflejar esta situación se ha considerado la asistencia de alumnos que hacen uso de agua a diario, solo los que acuden al centro para uso de la biblioteca en época de exámenes, en estos meses el número de alumnos se considera el número de puestos de estudio total que tiene la biblioteca<sup>22</sup>.

*Tabla 12 Media de días lectivos por bimestre en la ETSII*

Número de bimestre	Bimestre	Número de días por bimestre
<b>B1</b>	<b>Enero-febrero</b>	37
<b>B2</b>	<b>Marzo - abril</b>	37
<b>B3</b>	<b>Mayo - junio</b>	39
<b>B4</b>	<b>Julio - agosto</b>	23
<b>B5</b>	<b>Septiembre - octubre</b>	41
<b>B6</b>	<b>Noviembre - diciembre</b>	32

<sup>22</sup> El dato de puestos de estudio de disponibles en las bibliotecas de la UPM, entre estas la biblioteca de la ETSII, se encuentra recogido en los reportes anuales (Servicio de Biblioteca Universitaria, 2022). Estos reportes detallan el uso de las bibliotecas de la universidad y se encuentran publicados en la web de la UPM.

### 5.1.2. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA VERDE

El cálculo de la huella verde es la acumulación de agua precipitada en forma de lluvia o nieve que queda sobre la superficie de la Escuela o retenida en el suelo. Para este cálculo se consideran los datos recogidos sobre la distribución del campus de la Tabla 5. Los valores de relevancia para esta parte del estudio son los valores de superficie edificada y no edificada, de esta última la superficie ajardinada es relevante para el cálculo.

Según la Ecuación 2, el estándar de la metodología descrita propone tener en cuenta el agua acumulada en el suelo de la precipitación, que no vuelve al ciclo natural del agua. Para el caso de estudio, se considerará en este caso la superficie ajardinada, es decir, de suelo arenoso, pues es la que retiene el agua en forma de humedad. En cuanto al resto se considera que fluye hasta al alcantarillado municipal, y no es agua consumida por la Escuela, o retenida en el campus.

Para los valores de la precipitación, se siguen las estadísticas meteorológicas de precipitación mensual en la ciudad de Madrid, localización de interés, recogidas en la Tabla 13, en el periodo de tiempo en el que transcurren la mayor parte del estudio.

Tabla 13 Precipitación (mm/m<sup>2</sup>) mensual media histórica entre 1991 y 2021 en la ciudad de Madrid. Fuente: [climate-data.org](http://climate-data.org)

Mes	Precipitación (mm/m <sup>2</sup> )
Enero	41
Febrero	34
Marzo	40
Abril	47
Mayo	39
Junio	16
Julio	6
Agosto	8
Septiembre	22
Octubre	61
Noviembre	55
Diciembre	46

Antes de proceder al cálculo de la huella hídrica verde en la Escuela mediante la Ecuación 2, se considera necesario recordar la definición de esta en el estándar de la metodología *The Water Footprint Assessment* (WFN, 2011). La huella verde considera un término además del correspondiente al agua de lluvia acumulada ya mencionada, que es el valor de agua consumida por evapotranspiración. Este consumo implica algunas consideraciones para tener en cuenta antes de su incorporación al cálculo:

- El agua de lluvia que queda en la superficie del suelo cultivado o plantado, y sobre estas plantas, se considera que forma parte del consumo cuando el agua acumulada, es de utilidad para las actividades de un proceso u obtención de un producto.
- Del agua que absorben las plantas ya sea por retención en su superficie, o por las raíces desde la humedad del suelo, solo se considera agua consumida, y por tanto que suma al cálculo de la huella verde, si esta agua se requería para el fin de las actividades de proceso u obtención de un bien, en este caso las propias plantas, y se está perdiendo por este proceso, por tanto, es necesaria más agua para suplir esta pérdida. Este es el caso de un organismo o empresa cuyo fin sea el cultivo de estas plantas y vegetales, normalmente en el sector de la agricultura.

- El agua evapotranspirada es de relevancia en el cálculo de la huella verde, cuando se emplea el agua de lluvia como agua para riego. Puesto que el agua de riego proviene de la Escuela proviene de la red de goteo colocada en las superficies arboladas y de arbustos del campus, como se muestra en la Figura 11, el riego de las plantas se hace a partir de agua de la red de los contadores, y el agua de lluvia no es utilizada para ello.



Figura 11 Ejemplo de un punto de goteo en la línea de riego automática instalada a lo largo de las zonas de árboles y arbustos del centro.

Por esto, de estas consideraciones llegamos a dos condiciones para tener en cuenta al aplicar la Ecuación 2 para el cálculo de la huella verde en la Escuela:

1. Toda el agua que computa para el cálculo de la huella verde en el caso de estudio es agua de precipitación acumulada en el suelo donde es retenida, esto es la superficie de los suelos plantados o arbolados del campus.
2. Según la metodología aplicada, para este caso, el agua consumida por evapotranspiración no se incluye en el cálculo. Este término debe agregarse en la medida que el riego por goteo de la red se desconectase cada vez que lloviera, sin necesidad de consumir más agua de la red para el mantenimiento de las especies plantadas.

Una vez expuestas las estimaciones y consideraciones previas al cálculo, se calcula la huella verde por medio de la Ecuación 2 adaptada al caso de estudio en la Ecuación 12.

$$\begin{aligned} HH_{verde,ETSII} &= \text{Agua verde incorporada} \\ &= \sum_{i=1}^{12} [\text{Precipitación mensual } (i) \times \text{Superficie Jardín}] \left[ \frac{m^3}{\text{año}} \right] \end{aligned}$$

Ecuación 12 Cálculo de la huella verde en la ETSII

Dónde la superficie del Jardín es la indicada en la Tabla 5.

### 5.1.3. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL

Finalmente, se procede al cálculo de la huella azul. El consumo recogido en esta parte de la huella hídrica es el más amplio, y depende principalmente de las actividades que realiza el centro en su día a día.

Para el caso de la ETSII, se identifican como principales actividades que implican consumo de agua, y que son necesarias para llevar a cabo las funciones básicas de la Escuela como centro universitario, cuyo principal fin es la enseñanza y la investigación. Estas actividades, que suman y componen la huella hídrica azul se recogen principalmente en:

- El uso de agua para beber, que consumen todos los integrantes del centro durante su estancia en la Escuela, ya sea en su jornada laboral, o de estudio, de forma habitual en el día a día.
- Los trabajos de investigación que se llevan a cabo en el centro, en los distintos laboratorios y edificios, recogidos en la Tabla 5, pueden conllevar el uso de agua para su realización. Dependiendo del laboratorio, la naturaleza y el campo de las investigaciones hacen distinto uso del agua, llegando a no ser necesaria como materia prima para la mayoría de los departamentos.<sup>23</sup>
- Limpieza y mantenimiento del centro. Esto implica el gasto en la limpieza de las aulas e instalaciones de la Escuela, así como el agua empleada en regado por las líneas de goteo o manguera. Se engloba aquí el depósito de 500m<sup>3</sup> (depósito *piscina*) para el sistema contra incendios.

Se trata por tanto del consumo de agua directamente de la red, que se hace en la Escuela, para realizar todas sus actividades, para lograr sus objetivos como centro de enseñanza e investigación.

Puesto que se trata de agua medida por los contadores, esta huella queda englobada en los datos de consumo del centro, sin fuentes externas de suministro, ya que en el alcance se ha excluido del caso de aplicación el agua embotellada suministrada en el centro, por considerarse parte de la huella hídrica de cada individuo, ni agua consumida en bienes no producidos en la Escuela (estos serían parte de la huella hídrica indirecta).

El resto del agua consumida sería el agua gris, para uso en aseos del centro. Por tanto, una vez calculada la huella gris, y definido el consumo de agua de la red (medida en contadores) según la Ecuación 13, el agua restante consumida es agua azul.

$$\begin{aligned} & \textit{Consumo total de agua en la ETSII (contadores)} \\ & = \textit{Consumo agua azul} + \textit{Consumo agua gris} \quad [m^3] \end{aligned}$$

*Ecuación 13 Composición del agua consumida en la ETSII*

$$HH_{\text{azul}} = \textit{Consumo total de agua en la ETSII por año} \left( \frac{m^3}{\text{año}} \right) - HH_{\text{gris,ETSII}} [m^3/\text{año}]$$

*Ecuación 14 Cálculo de la huella hídrica azul para la ETSII*

A partir de la Ecuación 13, puesto que la huella azul es la suma del consumo de agua azul de todas sus actividades, es decir, el consumo total de agua en la Escuela fuera de los aseos,

<sup>23</sup> En una conversación con el responsable del departamento, se confirmó que algunos de sus laboratorios cuentan con depósitos de agua o sistemas de refrigeración cerrados, cuyo consumo está incluido en el consumo total del centro medido por los contadores, y englobados por tanto en los datos obtenidos de consumo de la Escuela.

partiendo de los conceptos definidos en las ecuaciones 1, 4 y 5, se llega a la conclusión de la ecuación 14.

Aplicando directamente la Ecuación 9, se calcula finalmente la huella hídrica directa de la Escuela, sumando las tres huellas hídricas.

### 5.2. CÁLCULO DE LA HUELLA INDIRECTA

Además del agua que se consume de la red, agua directa, como se ha introducido en este estudio, también es de suma relevancia tener en cuenta el gasto de agua virtual que se hace de forma indirecta consumiendo bienes o servicios dentro de la Escuela.

Se identifican como principales bienes y recursos consumidos en la Escuela, en relación con las actividades de enseñanza e investigación:

- La electricidad
- El papel

Para el conjunto del centro, como parte de una universidad pública, y partiendo de los datos obtenidos para el estudio, consideramos los dos siguientes tipos de agua indirecta como los más relevantes para el estudio:

- Agua consumida en la generación de energía consumida en el centro. Generar 1kWh de energía, puede consumir hasta 16 litros de agua, 12,5 litros de media (Karapet Grigoryan, 2020). Esa energía será consumida después en forma de electricidad para numerosas actividades que se llevan a cabo en la Escuela, desde alimentación de ordenadores, o alumbrado de los edificios, hasta su uso en laboratorios para motores, paneles eléctricos, etc.
- Agua incorporada en la producción de papel. De los datos de la huella hídrica para bienes de uso común en el día a día, como es el papel, que requieren de agua como materia prima para su producción, mostrados en la Tabla 2, se calcula que para fabricar un 1 kg de papel (en forma de folios A4), se requiere de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> de agua.

Visto que estos dos bienes tienen una huella hídrica considerable, y forman parte de los recursos utilizados en el día a día en la Escuela, se ha hecho uso de los datos obtenidos del consumo de estos para calcular la huella hídrica indirecta de la Escuela, según el consumo de papel y de electricidad siguiendo la Ecuación 15.

$$HH_{indirecta,ETSII} = HH_{energía\ consumida,ETSII} + HH_{consumo\ papel,ETSII}$$

*Ecuación 15 Cálculo de la huella hídrica indirecta de la ETSII*

Para la huella hídrica por electricidad consumida se ha partido de los datos de consumo mensual para el periodo de los años estudiados, de 2006 a 2023, y que se desglosan en el Anexo D. Para los datos de consumo de papel, se ha considerado el registro de kilogramos de papel (y cartón) desechado anualmente en la Escuela, detallado en el Anexo E. Se ha considerado buen indicador del papel o cartón consumido, ya que, si ha sido desechado en la Escuela, implica que ha sido utilizado en esta o por sus individuos, durante sus actividades o relacionadas a estas en el centro. Ambos datos tienen origen común a los consumos de agua suministrados por el departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad social de la ETSII. Para el cálculo se han resumido los parámetros tenidos en cuenta en la Tabla 14.

Tabla 14 Resumen parámetros cálculo agua indirecta consumida en la ETSII por consumo de energía y papel

Recurso	Huella hídrica estimada del recurso	Dato de consumo	Unidad	Cálculo consumo	Unidad	Fuente de los datos de consumo
<b>Electricidad</b>	0,0125 m <sup>3</sup> /kWh	Consumo mensual	kWh/mes	<i>0,0125 x Consumo mensual</i>	m <sup>3</sup> /mes	Dpto. Calidad, ODS y Responsabilidad
<b>Papel</b>	2 m <sup>3</sup> /kg	Peso de papel desechado anualmente	kg/año	<i>2 x Peso papel desechado</i>	m <sup>3</sup> /año	

Los consumos de papel y cartón obtenidos son de kilogramos de desechos anuales, por lo que es un dato que solo será empleado para la representación de consumo anual, ya que por bimestres no muestra un resultado real del cambio de un mes a otro, si no un valor de media, que no aporta a un futuro análisis bimestral de la huella hídrica. Se recuerda que estos datos detallados, junto a los del consumo de electricidad, se encuentran en los Anexos D y E respectivamente, para su consulta.

Con las huellas directas e indirectas calculadas, se considera finalizado el cálculo, dentro del alcance definido para el estudio en el centro. Considerando el centro como una comunidad de individuos. Podemos finalmente obtener la huella hídrica total de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales mediante la Ecuación 8, aplicada al caso de estudio.

A continuación, en el siguiente apartado, se muestran los resultados concluidos y se lleva a cabo el análisis de estos.

## 6. ANÁLISIS DE LA HUELLA HÍDRICA

Una vez concluido el cálculo de la huella hídrica para la Escuela, se alcanza uno de los principales objetivos del este estudio. Como establece la metodología seguida, que se define anteriormente y propuesta por *The Water Footprint Assessment* (WFN, 2011), para una evaluación completa de la huella hídrica ha de llevarse a cabo un análisis de los resultados de la Tabla 15, así como una evaluación del impacto que estos muestran. Este es el siguiente objetivo del trabajo. Los resultados desglosados por bimestre son encontrados en el Anexo G.

Tabla 15 Resultados del cálculo

Año	Huella azul (m <sup>3</sup> )	Huella verde (m <sup>3</sup> )	Huella gris (m <sup>3</sup> )	Huella directa (m <sup>3</sup> )	Consumo agua virtual electricidad (m <sup>3</sup> )	Consumo agua virtual papel (m <sup>3</sup> )	Huella indirecta (m <sup>3</sup> )	Huella Hídrica Total (m <sup>3</sup> )
2006	10.255,68	1.287,38	7.050,32	18.593,38	19.206,46	0,00	19.206,46	<b>37.799,84</b>
2007	12.499,23	1.287,38	7.640,77	21.427,38	17.797,99	95.238,10	113.036,08	<b>134.463,46</b>
2008	16.666,89	1.287,38	8.284,11	26.238,38	18.641,01	132.756,13	151.397,15	<b>177.635,52</b>
2009	5.619,97	1.287,38	8.467,03	15.374,38	17.600,95	155.844,16	173.445,11	<b>188.819,48</b>
2010	5.391,93	1.287,38	8.719,07	15.398,38	18.010,88	135.882,64	153.893,51	<b>169.291,89</b>
2011	7.616,81	1.287,38	8.839,19	17.743,38	17.690,91	150.072,15	167.763,06	<b>185.506,44</b>
2012	5.462,89	1.287,38	8.952,11	15.702,38	19.322,36	181.818,18	201.140,54	<b>216.842,92</b>
2013	5.520,28	1.287,38	8.421,72	15.229,38	19.320,16	227.994,23	247.314,39	<b>262.543,77</b>
2014	4.753,04	1.287,38	8.122,96	14.163,38	19.773,36	239.538,24	259.311,60	<b>273.474,98</b>
2015	4.859,59	1.287,38	8.481,41	14.628,38	19.029,50	308.802,31	327.831,81	<b>342.460,18</b>
2016	4.736,66	1.287,38	8.660,34	14.684,38	18.656,68	132.876,38	151.533,06	<b>166.217,43</b>
2017	5.577,60	1.287,38	8.206,40	15.071,38	17.327,01	22.126,02	39.453,03	<b>54.524,41</b>
2018	5.042,72	1.287,38	8.089,28	14.419,38	16.407,78	77.200,58	93.608,35	<b>108.027,73</b>
2019	3.907,48	1.287,38	8.707,52	13.902,38	14.847,34	63.973,06	78.820,40	<b>92.722,78</b>
2020	5.229,12	1.287,38	2.812,88	9.329,38	15.074,34	26.936,03	42.010,36	<b>51.339,74</b>
2021	4.086,70	1.287,38	2.526,30	7.900,38	15.118,43	32.708,03	47.826,46	<b>55.726,83</b>
2022	4.704,24	1.287,38	4.618,76	10.610,38	14.593,51	61.808,56	76.402,07	<b>87.012,45</b>
2023	3.287,32	1.287,38	4.724,68	9.299,38	14.117,68	54.353,05	68.470,73	<b>77.770,11</b>

Como se ha indicado en la metodología, de acuerdo con la naturaleza de los datos de los que se parte, y siguiendo la caracterización espaciotemporal definida para el cálculo, se han obtenido los valores de la huella hídrica total de la Escuela como valores de volumen de agua consumida en metros cúbicos anuales mostrados en la Figura 12.

La principal observación que se puede hacer es la tendencia a una disminución del consumo de agua en general en la Escuela. Esto se debe principalmente, como se explica más detalladamente durante el análisis de los datos en los que se desglosa la huella, a que ha disminuido la huella hídrica azul, gris, e indirecta.

En primer lugar, el agua azul, directamente consumida de la red, ha disminuido, pero al no contar para el estudio con datos más detallados para su desglose, no se puede determinar la causa exacta de esto. Se deja como posible línea futura más adelante analizar la causa de esto en consecuencia.

Sin embargo, para la disminución del agua gris, también consumida de la red, se puede explicar la disminución, ya que se aprecia una bajada significativamente especial a partir de 2019, y que después de los años 2020 y 2021, que pueden considerarse excepcionales por las

razones expuestas anteriormente, ha continuado su tendencia en 2022 y 2023. Una explicación a este hecho es las medidas de mejora, por las cuales se renovaron los grifos de los lavabos de los aseos, por grifos automáticos, medida llevada a cabo entre 2020 y 2022 (ETSII, 2020). Lo cual, como se planteaba anteriormente, ha llevado a una disminución del consumo. En cuanto al consumo indirecto por electricidad, esto se debe a una tendencia también a un menor consumo, que puede deberse de nuevo a las medidas de mejora llevada a cabo entre 2020 y 2022, en las que están la introducción de luces LED de menor consumo energético (ETSII, 2021). Por último, el consumo de papel lleva una evolución que está fuera del alcance del trabajo, pero que en líneas futuras se propone analizar, ya que ha disminuido significativamente la cantidad de papel reciclado y desechado en la Escuela en los últimos años causa de una bajada drástica del consumo de agua virtual en la escuela.

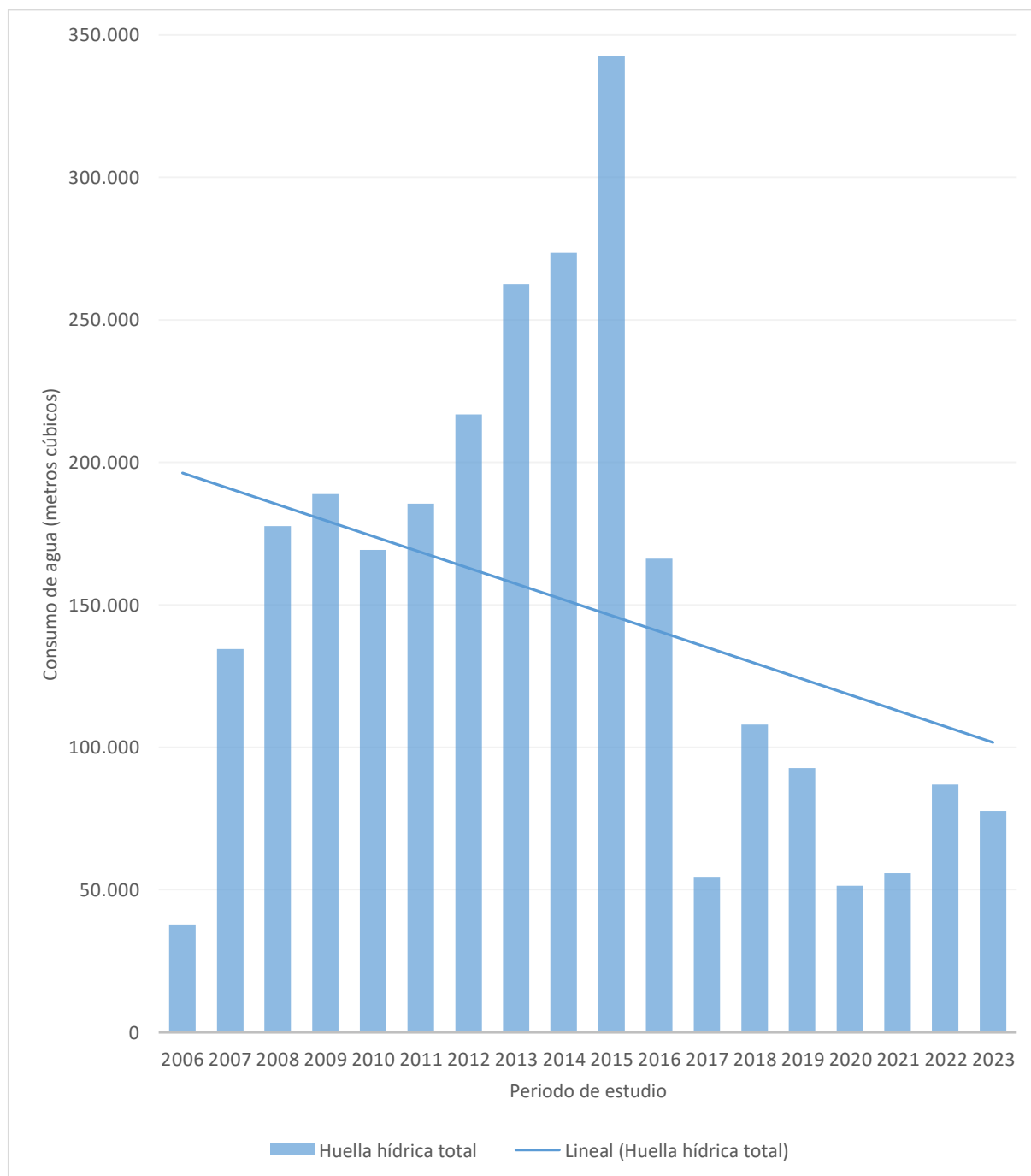


Figura 12 Tendencia de la huella hídrica entre los años 2006 y 2023

Se observa así, una clara tendencia de disminución de la huella hídrica total del centro. En la Figura 13 se representa como contribuye cada tipo de huella, ya sea por uso de agua directo o indirecto.

El primer resultado del análisis, del que no se partía en las hipótesis, pues los datos definidos en la metodología no daban información directa sobre esto, es que el agua consumida en el centro, agua directa y obtenida de la red, es significativamente menor a la que se consume fuera del centro. Es decir, la huella hídrica indirecta, por uso del agua virtual que implica el consumo de la energía o el papel, recursos básicos para las actividades de un centro universitario. Este consumo es significativamente mayor que el que se consume directamente en el centro. Resultado que se muestra claramente en la Figura 13, que indica como el consumo de papel y cartón, con las estimaciones que se han hecho del agua que es necesaria para su fabricación, es la que genera el mayor impacto de huella hídrica de la Escuela.

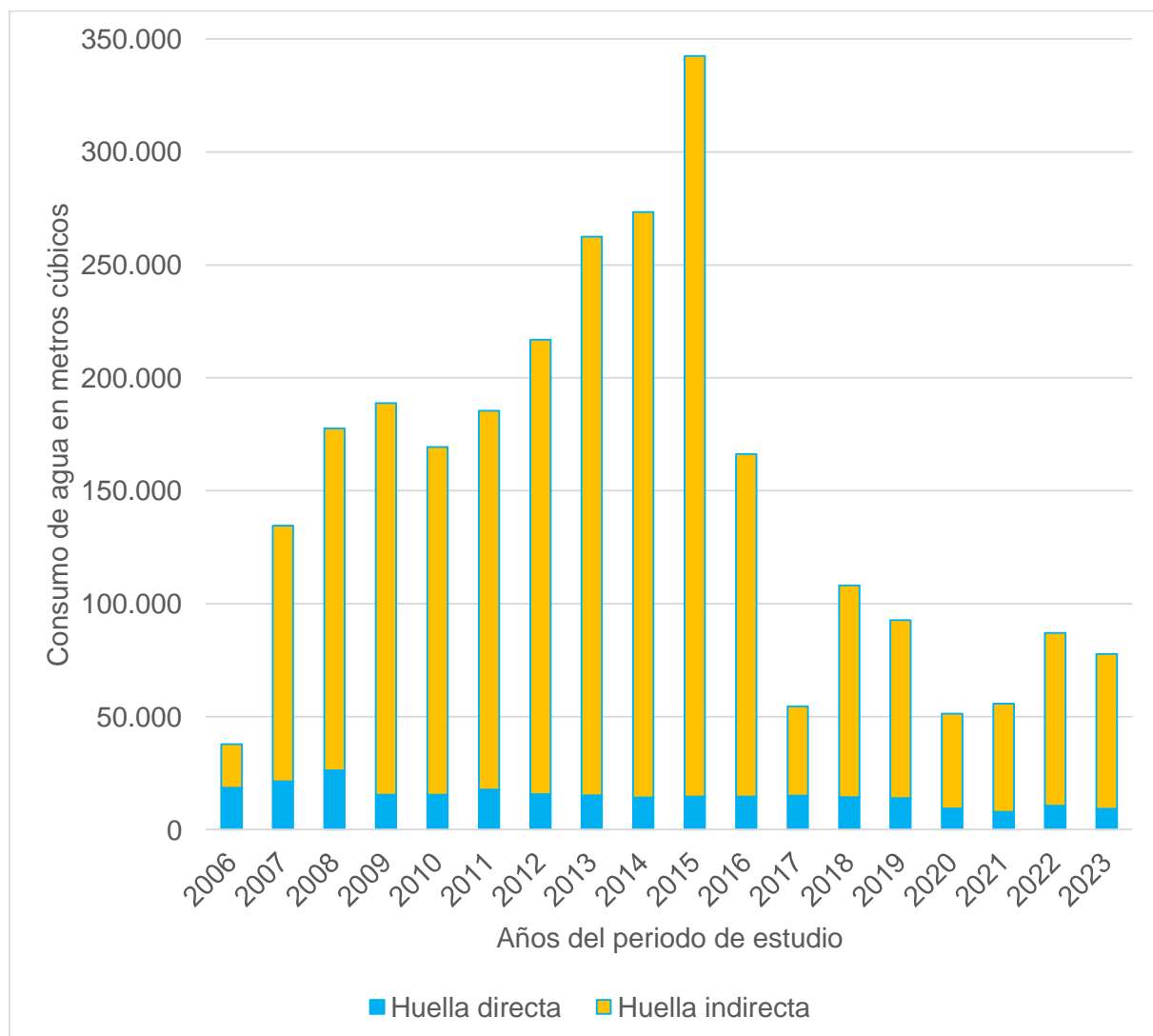


Figura 13 Distribución de la huella hídrica total en tipos de huella directa e indirecta

Analizando el consumo de papel mostrado en la Figura 13, de forma individual, puede observarse que ha disminuido en la Escuela en los últimos años su consumo, en base al papel desechado. Hay que destacar, que el consumo de papel y cartón se ha calculado en base a la masa de desechos en ese año, por tanto, se está contabilizando el uso de agua virtual involucrado en el uso de papel en el centro, en el año en el que se ha desechado, y no necesariamente ha sido usado, en el caso de que haya habido años en los que se desecharan

papeles de años anteriores. Por ello, los valores más altos con respecto a la línea de tendencia pueden ser causa de una mayor cantidad de papel desechado. Identificado el impacto del uso de papel en la Escuela, y por su medida en el momento en el que se desecha y no que es utilizado, a diferencia del resto de fuentes de consumo, se continúa el análisis de forma separada. Dejando el análisis del consumo de papel en la Escuela como futura línea de estudio, y fuera del alcance, para centrarse en el objetivo del estudio, la mejor gestión de los recursos hídricos.

Por último, con respecto a este punto, hay que indicar que se ha decidido englobar los datos del consumo de papel de esta forma en la definición de la metodología, por la relevancia de la huella hídrica de la fabricación del papel, descubierta en el estudio de este concepto, y que se considera justificado por su claro impacto en la huella hídrica total de la Escuela.

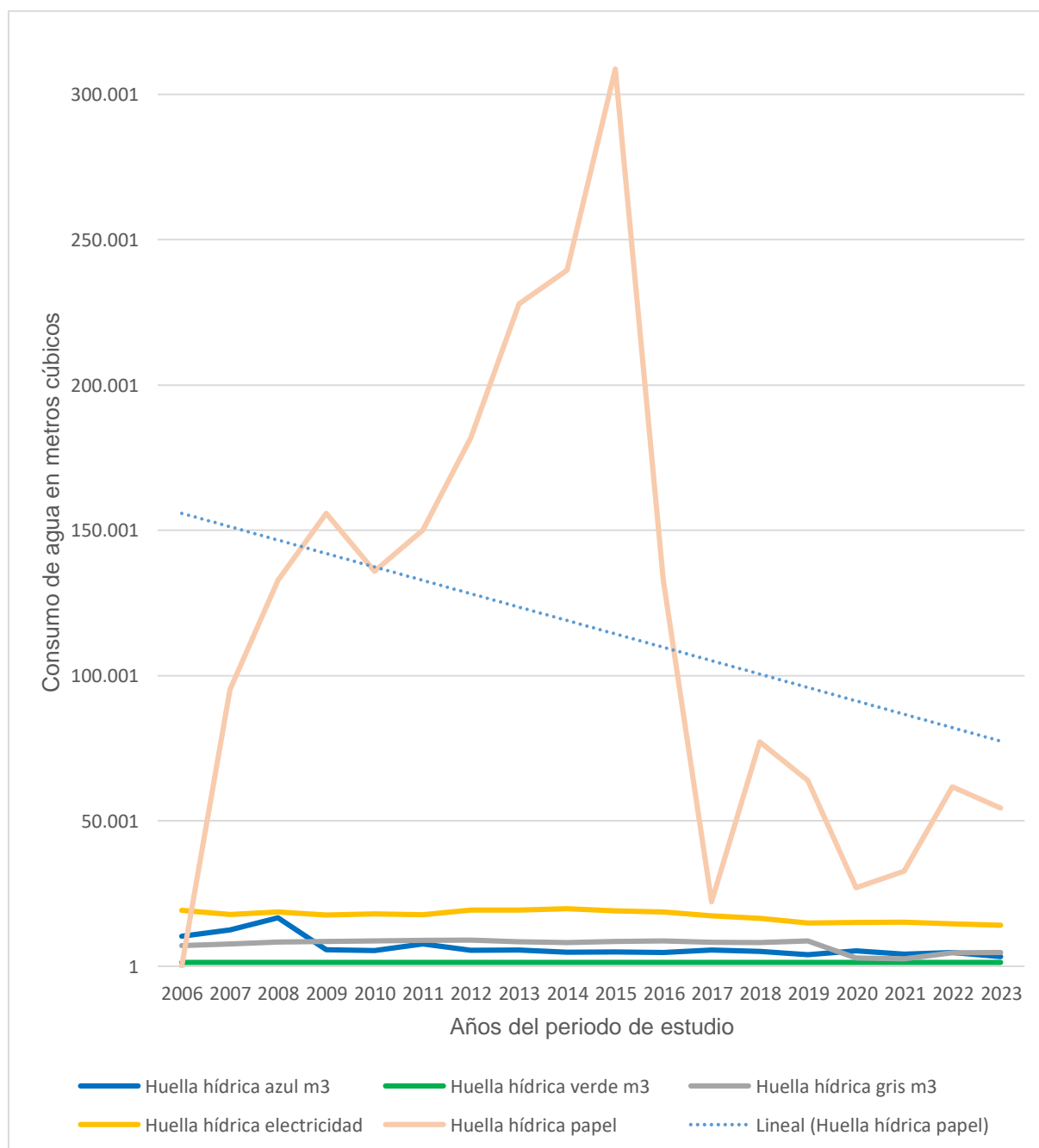


Figura 14 Comparativa de las huellas hídricas indicadoras de los consumos de agua directa y agua virtual en el centro

A continuación, se puede observar en la Figura 14 como los elementos de consumo que mayor impacto tienen en la huella hídrica, después del uso del papel, es el generado por el agua virtual involucrado en la producción de la electricidad consumida en el centro. Después, el agua consumida de forma directa de la red, que queda englobada en los consumos de aguas azul y gris, y por último el agua de lluvia.

A continuación, para un mejor análisis del resultado global, se contextualiza el resultado de la huella hídrica total de la ETSII, con las principales variables de consumo empleadas en el cálculo: consumo de agua directa consumida de la red, número de consumidores y energía consumida en la Escuela.

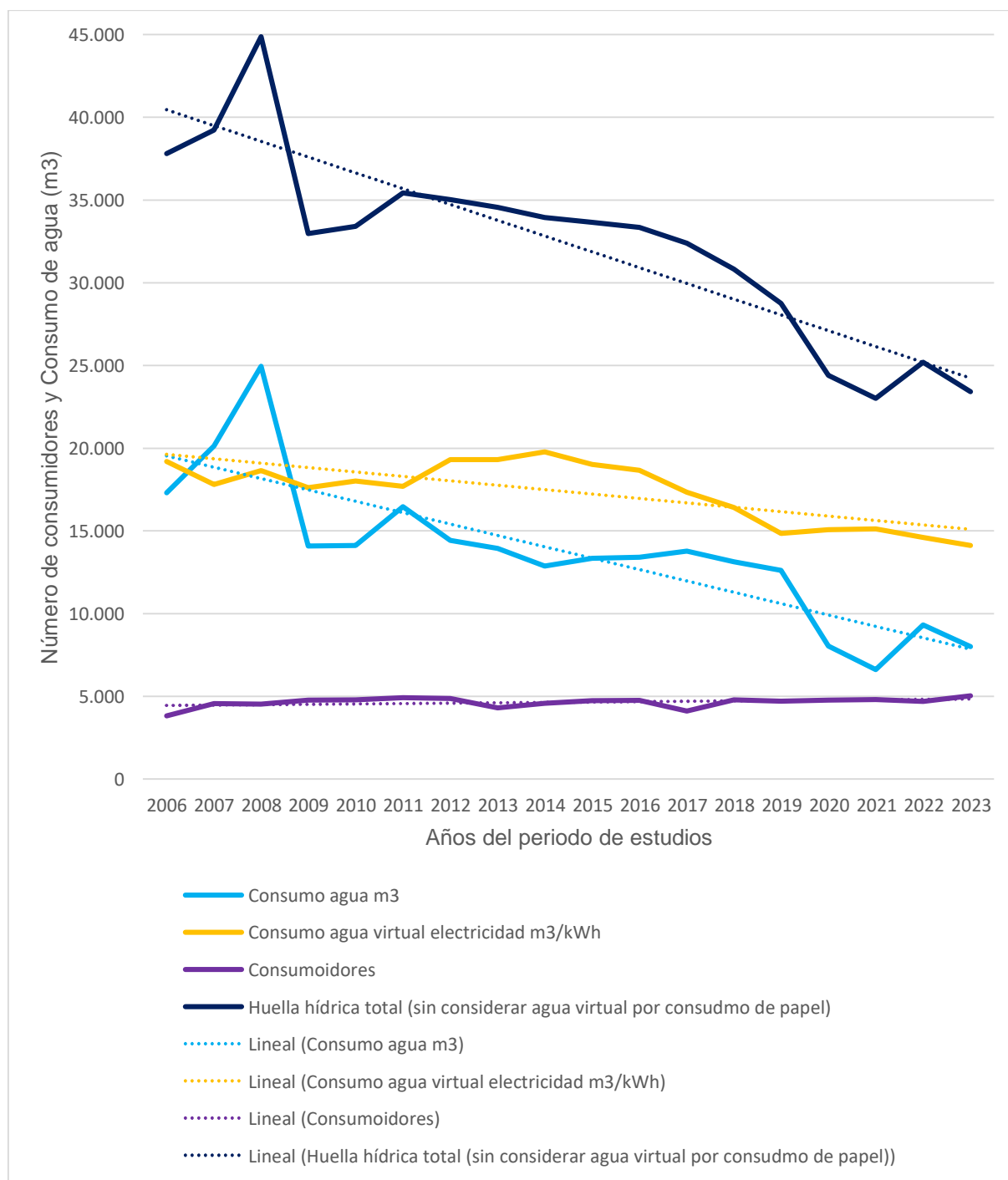


Figura 15 Comparativa de la huella hídrica de la Escuela con las principales fuentes de consumo (agua y electricidad) y el número de consumidores.

Ante un número de consumidores que puede considerarse estable, hipótesis de la que se partía antes del cálculo, y como se observaba en la definición de los datos, se observa que el agua consumida directamente de la red, así como la energía que se emplea en el centro, y por tanto el agua virtual que se consume derivada de esta, son los principales contribuyentes a la huella hídrica de la Escuela. Es decir, estos consumos fueron los que, a lo largo del periodo de tiempo estudiado, significaron una reducción o aumento del consumo de agua en el centro, entre 2006 y 2023.

Sin embargo, es la reducción del consumo de agua directa en la Escuela, la que ha provocado que disminuya en mayor medida la huella hídrica total de la Escuela. Como se observa en la Figura 15, aún que tanto el consumo de agua como de energía, y por tanto el consumo del agua virtual que esta implica, han disminuido en los últimos años, la línea de tendencia nos incide que la disminución del consumo de agua ha sido más significativa.

Puede hacerse otra observación a partir de la representación de los valores de consumo representados en la Figura 15. Como se esperaba al definir el periodo de tiempo estudiado, los valores del consumo de agua, medidos por los contadores, son menores para los años 2020 y 2021. Años en los que el consumo se vio reducido por la no afluencia de consumidores al centro durante la pandemia mundial a causa del COVID-19, y la reducción al 33% del alumnado en el curso 2020/2021, como medidas adoptadas para la prevención de su propagación. Sin embargo, por las medidas mencionadas al principio del análisis sobre las mejoras en las instalaciones de iluminación y fontanería (ETSII, 2021), después de repuntar el consumo en 2022, volvió a disminuir en 2023. Lo cual puede considerarse el motivo principal de esto con los datos disponibles durante el estudio.

## 6.1. EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA ETSII

En cuanto al impacto de los recursos hídricos consumidos directamente en la Escuela, uno de los principales objetivos del estudio, tras los resultados obtenidos corresponde centrarse en los valores de la huella hídrica directa, y sus tres componentes definidos en la metodología seguida *The Water Footprint Assessment Manual* (WFN, 2011).

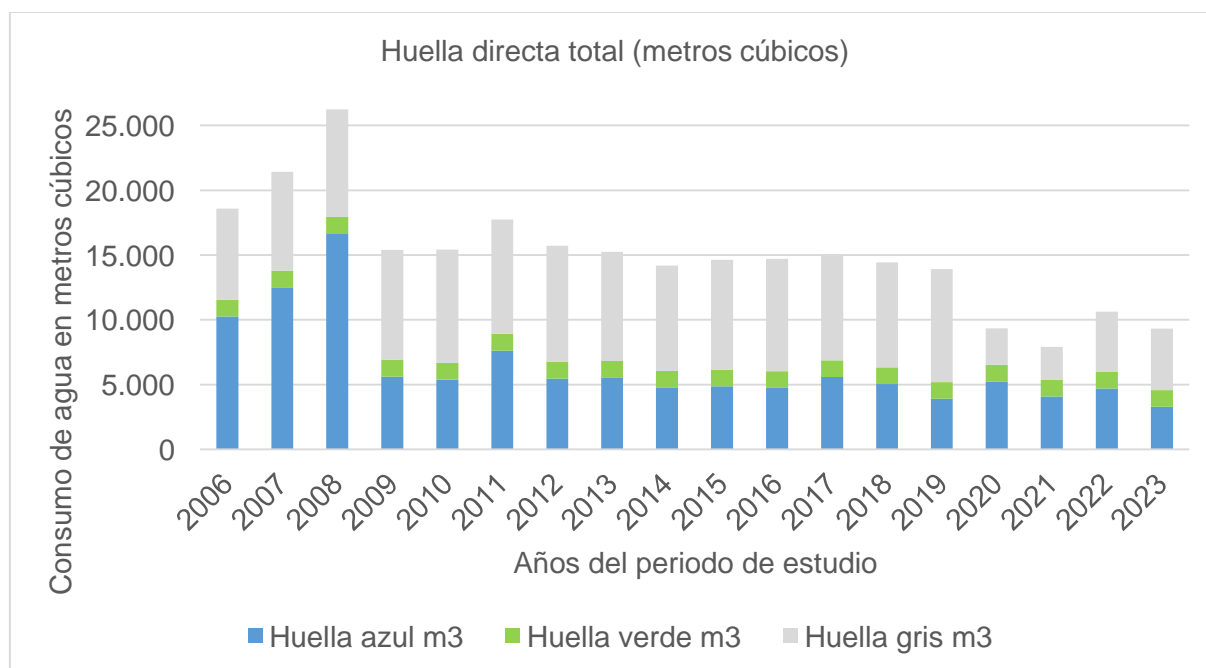


Figura 16 Segmentación de la huella hídrica directa de la ETSII en las huellas hídricas azul, verde y gris

En la Figura 16, la representación gráfica de los resultados de los cálculos de la Tabla 11 de la huella hídrica directa por separado, muestra como el principal impacto del uso del agua en la Escuela se ve recogido bajo la huella gris, coincidiendo con los datos previos al estudio de un mayor consumo de agua en los aseos en el sector de uso doméstico (Fundación Aquae, 2022).

La huella azul evalúa el impacto del agua consumida de forma directa en la red, y por tanto indica que el principal consumo de agua en el centro entre 2006 y 2009, y entre 2020 y 2021, observando la Figura 14, es a causa del agua que se utiliza para beber, en los aseos o en las fuentes instaladas en las zonas comunes como en la Figura 17, limpiar, en las actividades de investigación en laboratorios y en el resto de los edificios, en la cafetería del centro para cocinar, por ejemplo, para la red de incendios y regado de zonas arboladas y arbustos.

Mientras que la huella gris, evalúa el agua consumida en los aseos, y consumo que, durante la mayor parte del periodo de estudio, superó al consumo de agua azul. Entre 2020 y 2021, esto refleja la menor afluencia al centro de alumnos y profesorado, ya que disminuyó el agua empleada en aseos por debajo del agua azul.



*Figura 17 Fuente para beber agua, conectada a la red, en uno de los pasillos del aula, en el Edificio Principal del centro.*

Tanto el consumo de agua azul como el de aguas grises, tiene unas fluctuaciones estacionales descritas en la definición de la caracterización temporal de los datos de consumo y por tanto esperada. Estas fluctuaciones del agua consumida, y las huellas indicadoras de este consumo, se reflejan en la Figura 18. Como era de esperar el aumento de la huella azul se ve incrementado en las épocas de mayor consumo de agua para beber, generalmente asociadas a las altas temperaturas (mayo, junio y julio).

Sin embargo, en épocas de menor temperatura y con actividad normal en el centro, ya que es periodo de clases (marzo, abril, septiembre y octubre), el consumo de agua azul disminuye, asumiendo el motivo contrario.

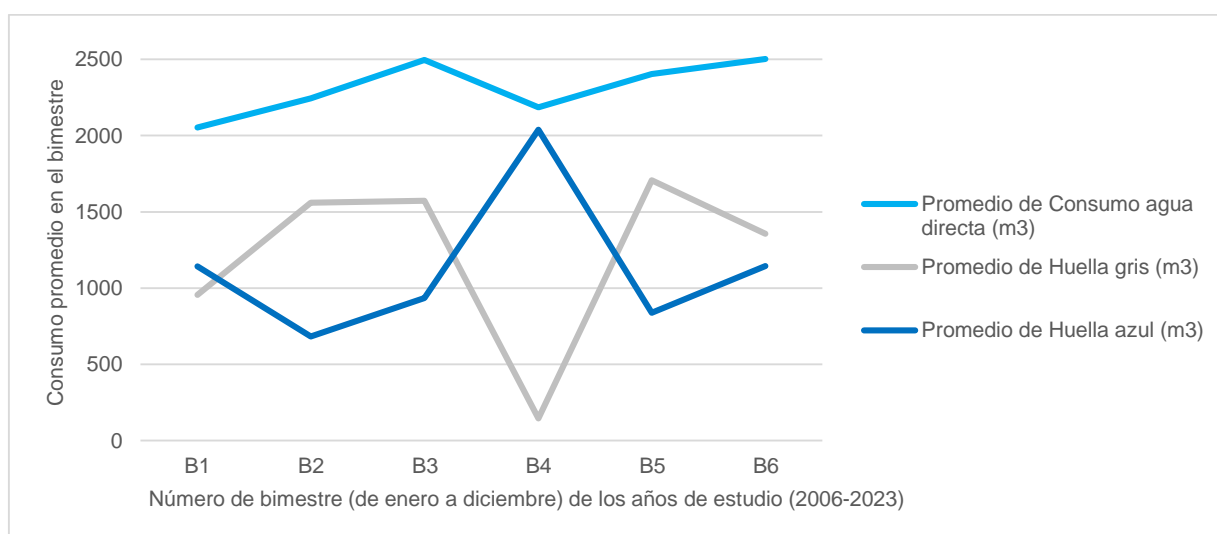


Figura 18 Fluctuaciones temporales en los valores de la huella hídrica azul y gris

Por otro lado, tanto la huella azul, como la huella gris (en mayor medida), disminuyen en periodos de menor afluencia de alumnos y profesorado al centro, en el mes de enero y entre julio y agosto. Esto es debido a las causas descritas al definir los datos de los consumidores, por los periodos de exámenes que se celebran en estas fechas en el centro. Por lo tanto, la afluencia se ve reducida, al igual que durante el mes de agosto, que cierra el centro, y en cuyo caso no hay asistencia de consumidores.

Cabe resaltar el valor promedio de la huella azul obtenido en el bimestre B4, y mostrado en la Figura 18. Entre julio y agosto, el mayor consumo de agua para consumo humano debido a las altas temperaturas es significativamente alto. Sin embargo, en estas fechas principalmente solo hay afluencia al centro de alumnos que van a la biblioteca o a realizar exámenes. Se deduce de este dato que otras actividades que se desarrollen en el centro, entre ellas la del consumo para el riego que deber ser mayor en este periodo, son las causantes de este aumento en el consumo de agua azul durante los meses de julio y agosto.

La huella de agua gris, acorde con lo esperado, disminuye significativamente en el periodo de menor afluencia al centro. Es decir, cuando hay un menor uso de los aseos. También se puede observar como el uso de los aseos se corresponde con los periodos de más afluencia al centro, pero también por las épocas de mayor actividad del centro en cuanto a número de eventos<sup>24</sup> mostrado en la Figura 19, y que implica la asistencia a la Escuela de más consumidores, ya sean alumnos, profesores, trabajadores del centro, o posibles consumidores externos.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Entre los que eventos que se celebran la ETSII, se incluyen seminarios, conferencias, ferias de empleo (INDUFORUM), ferias de voluntariado (*VoluntFair*), actos institucionales, jornadas de divulgación (*Industriales Research Meeting*), y actuaciones teatrales, entre otros, que se celebran de manera anual.

<sup>25</sup> No se dispone de información sobre el número de asistentes externos a los eventos celebrados en la ETSII.

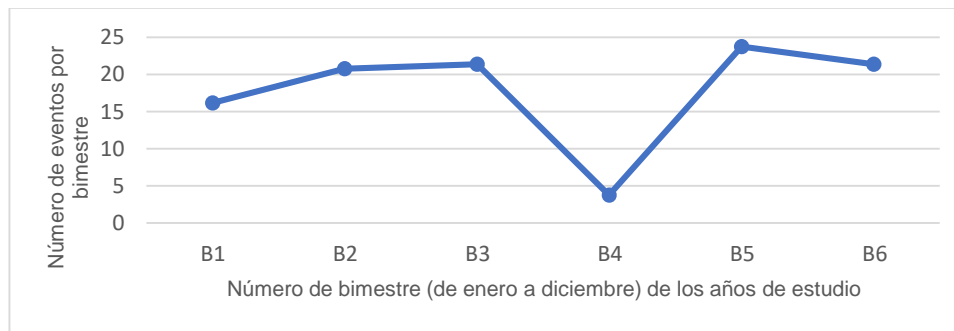


Figura 19 Número de eventos celebrados durante el año en las instalaciones de la ETSII, comparativa por bimestre. Fuente: reportes de La ETSII en Cifras anuales (ETSII, 2010-2023)

En cuanto a la huella verde, puede comprobarse de la Figura 16, que la variación de agua acumulada de lluvia en el campus de la ETSII ha mantenido un valor estable a lo largo de los años de estudio. El aspecto más significativo del consumo de agua verde es su valor hídrico. En las figuras 14 y 16 puede apreciarse el papel en que contribuye la huella verde al centro, y el volumen de agua potencial del que se dispone para su consumo. Es decir, implementando las medidas necesarias que se proponen más adelante, podría incorporarse todo o parte de esta agua, en la medida de lo posible, en el consumo para las actividades que hacen consumo del agua azul en la Escuela.

## 6.2. COMPARATIVA CON OTROS CENTROS Y UNIVERSIDADES

Después de analizar los resultados de la huella hídrica, y siguiendo el último paso de la metodología, antes de la implantación de respuestas, lo siguiente a considerar es la situación de la gestión de los recursos hídricos de la Escuela, con respecto a su entorno.

El entorno de la ETSII se considera, ya que es parte de esta, la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Es decir, después de analizar los resultados, se procede a comparar el impacto con los datos que existen de los consumos de otros centros y campus de la universidad.

Estos datos de consumo y huella hídrica se tienen gracias a información anual recabada por el departamento de sostenibilidad de la universidad y publicadas en la web de UPM Sostenible. El consumo de agua en la ETSII, recabado por las facturas de la universidad en el último año 2023, es del 4,36% del total del consumo de la UPM (UPM Sostenible, 2023). Siendo la ETSII la número 6 entre las 16 Escuelas que conforman los distintos campus donde se encuentran estos centros de formación de la Universidad Politécnica. Sin embargo, el consumo más alto es del 14,36%, y el menor de 1,99%. Es decir, actualmente, se considera su volumen cercano al consumo medio de agua en la UPM. Esta situación se debe tanto al tamaño del centro como al número de consumidores en proporción a otras Escuelas. Por eso, lo que se considera más significativa es la evolución que haya seguido el consumo de agua en la Escuela, con respecto al resto de centros de la Universidad, en el periodo de estudio.

Hasta 2020 la ETSII se situaba como la quinta Escuela que más agua consumía entre los centros de formación de la Universidad según recoge la *Plataforma de datos abiertos sobre indicadores de sostenibilidad de la UPM* (UPM Sostenible, octubre de 2020). Como indicador del consumo de agua directa en el centro, y por tanto que se puede comparar con los datos netos de consumo presentes en dicha plataforma, se emplea la huella directa del centro. Se puede observar en la Figura 12, resultado del presente estudio, la huella hídrica directa siguió una clara tendencia de reducción entre los años 2008 y 2019. En 2020 y 2021, por la situación del COVID-19 ya descrita ampliamente durante el estudio, disminuyó drásticamente esta

huella. Sin embargo, estos datos no reflejan una disminución del consumo real que se hubiera dado en condiciones normales de actividad del centro. Hay que fijarse por tanto en el consumo de los años de 2022 y 2023, en los que se ve que claramente el consumo ha disminuido desde 2019, y este se ha dado en situaciones normales de actividad. Por lo que se puede corroborar que la tendencia actual del consumo de los recursos hídricos en la Escuela es de reducción, también en el conjunto de la UPM. Volviendo a los datos de consumo del último año, efectivamente la Escuela ha pasado de ser la quinta, a la sexta por su consumo directo de agua (UPM Sostenible, 2023).

Esto muestra que, a pesar de que pueda haber diferencias en tamaño de instalaciones y número de consumidores entre los distintos centros, la ETSII no solo ha disminuido su huella directa, es decir, el agua consumida directamente de la red, sino que también ha bajado de puesto como consumidor respecto al resto de Escuelas.

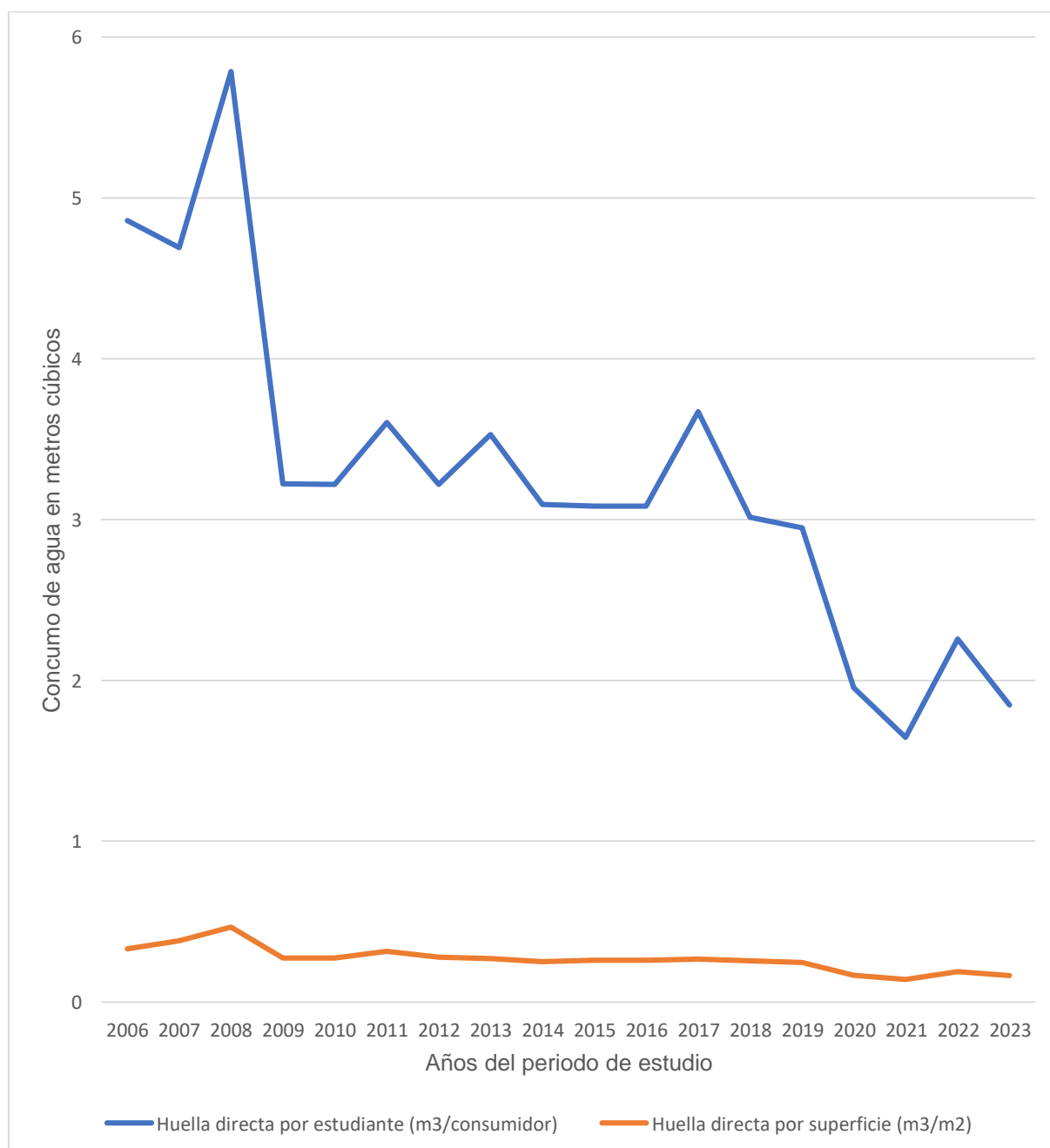


Figura 20 Huella hídrica directa (azul + gris + verde) por estudiante y por superficie de la ETSII

Para contrastar esto con los datos obtenidos en este estudio, en los datos de UPM Sostenible, antes de 2020, la ETSII aparece como la octava Escuela en consumo de agua por estudiante (UPM Sostenible, 2020). La huella directa en 2019 fue de  $2,94\text{m}^3$  por estudiante según los cálculos de este estudio. De los resultados mostrados en el gráfico de la Figura 20 se observa que el valor ha disminuido también respecto a 2020, siendo en 2023 de  $1,85\text{m}^3$  por estudiante.

Lo mismo sucede por superficie, en 2019, la ETSII fue la novena Escuela entre los centros de formación en cuanto a consumo (UPM Sostenible, 2020), con  $0,25\text{m}^3/\text{m}^2$ , y en 2023 bajó a  $0,16\text{m}^3/\text{m}^2$ . Tendencia que también se muestra en la Figura 20.

Por lo que los resultados coinciden con que en el reporte de 2023 (UPM Sostenible, 2023), haya disminuido de puesto la Escuela en cuando a mayores consumidores de agua en la UPM, ya que se demuestra que lo ha hecho por estudiante y por superficie.

Cabe recordar que la huella hídrica de la ETSII como conjunto de consumidores, es decir, una comunidad, no es lo mismo que la suma de la huella hídrica de los consumidores. Por tanto, la huella hídrica de la ETSII por consumidor no es su huella hídrica individual.

Sin embargo, esta huella hídrica como alumno, profesor o trabajador del centro, será parte de su huella hídrica individual como individuo, siendo esta una más de las actividades de su día a día en las que ejerce un consumo de agua.

Por último, cabe cerrar este análisis poniendo en contexto el consumo en la ETSII dentro del panorama nacional del consumo de agua en las universidades españolas. Para ello se han obtenido datos de los resultados mostrados en el informe de *Consumo de Agua y Energía en Universidades Españolas de la CRUE, entre 2013 y 2020* (CRUE, 2020). El estudio muestra que, en el periodo de tiempo cubierto, el consumo de agua en metros cúbicos por persona en las universidades de la zona de clima mediterránea de interior, en la que se encuentra situada la UPM, fue de entre  $2$  y  $4\text{m}^3/\text{persona}$ , lo cual se encuentra en la media, o incluso por debajo del consumo de la ETSII, centro estudiado.

## 7. CONCLUSIONES

Después del análisis y la evaluación de los resultados del cálculo la huella hídrica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM, y como último paso de la metodología seguida que es la definida en su manual por *The Water Footprint Network (The Water Footprint Assessment Manual, 2011)*, es indispensable realizar una identificación de puntos de mejora a partir de la conclusión de los datos obtenidos.

La principal conclusión del estudio es como la huella hídrica indirecta, indicador del agua virtual que se consume por las actividades de la Escuela, es el factor más significativo del consumo de agua que se hace en ésta. Este consumo es por el agua implicada en la producción de bienes de uso diario en la universidad, como es el papel y la electricidad. En particular, la cantidad de papel utilizado en las actividades de la ETSII, tomando como indicador los kilogramos de papel desechados cada año en ésta, son una de las principales fuentes de impacto en el medio ambiente, a causa del agua que se consume para fabricarlo. En cuanto al consumo de electricidad en el centro, su decremento a lo largo de los años estudiados ha obtenido también resultados en la disminución de la huella hídrica indirecta del centro.

De los resultados sobre la gestión de los recursos hídricos directos, se ha obtenido una caracterización del consumo de agua potable consumida directamente de la red municipal de abastecimiento de la ciudad de Madrid. La principal fuente de consumo de agua es el consumida en los aseos como aguas grises o lavabos. Es agua que contribuye a la huella gris, en forma de aguas residuales, tras ser empleada en cisternas y lavabos. Este resultado está dentro de lo esperado, ya que en general, para el uso de agua doméstico o municipal, el principal consumo de agua se produce por lo general en los aseos.

En los resultados se ha observado que la huella gris está la mayoría de los años por encima de la huella azul, aún que tienen proporciones similares en el consumo total de agua directa en la Escuela. En relación con este consumo de agua gris, se demuestra también que han resultado efectivas la medida de instalación entre 2020 y 2021 de grifos automáticos mediante sensor, de menor consumo, pues la huella gris se ha reducido desde 2019 significativamente.

También ha disminuido el agua azul, empleada en actividades como beber, limpiar, regar o en laboratorios a lo largo de los años del periodo estudiado, especialmente desde 2019, continuando en los últimos años 2022 y 2023 esta tendencia. El análisis de esta disminución del consumo de agua azul, sin embargo, requiere de una mayor monitorización del consumo de agua en las distintas zonas identificadas en la Escuela, y una medición disgregada de este consumo por actividades.

Por último, se concluye que el agua verde, agua de lluvia acumulada en la superficie de la ETSII, y que tan solo es retenida en los suelos plantados, es de gran potencial para su uso y ahorrar agua consumida de la red. Esto es posible, en la medida de que el agua de lluvia se aproveche en las actividades de la Escuela, por ejemplo, para el regado.

### 8. LÍNEAS FUTURAS

Se identifican dos líneas principales de continuación del presente estudio, realizado en este trabajo. Estas propuestas surgen de necesidades que se han identificado a lo largo del estudio, pero también de los nuevos conocimientos en la gestión sostenible del agua que se han adquirido durante el estudio esta y sobre la relación que tenemos con el agua como consumidores en el centro.

#### 8.1. MONITORIZACIÓN DE LOS DATOS DE CONSUMO DE AGUA

Por un lado, surge tras la recolección de datos para los cálculos, la necesidad de una mayor y mejor monitorización de datos de consumo en la Escuela, para poder llegar a unos resultados lo más cercanos a la realidad posible, y que puedan permitir analizar lo más detalladamente posible cómo, en qué actividades y dónde, en qué lugares de la Escuela, se consume el agua.

Para ello se identifican como principales puntos, y entre muchos otros que puedan aparecer en la continuación de este estudio, las siguientes mejoras en la monitorización del consumo:

- Recuento de usos (pulsaciones) en las cisternas de los baños, por ejemplo, del edificio principal, donde hay mayor número de aseos y de afluencia de alumnos, el grupo más numeroso de consumidores en la Escuela. Esto ayudaría al mejor conocimiento de la huella gris.
- Colocación de contadores a lo largo del campus, por edificios, aseos o laboratorios o en la cafetería, para tener más información de en qué lugares, y actividades se está consumiendo el agua. Esto ayudaría al mejor conocimiento de la huella azul y gris. Especialmente en las fuentes de las zonas comunes en los aularios, o en las pilas de laboratorio, puntos de consumo que no están identificados en este estudio por no poder distinguirse del consumo global de los edificios.
- A nivel cualitativo, la identificación de las principales actividades que implican el uso de agua, que se realizan en laboratorios para poder caracterizar mejor si son aguas azules o grises por su objetivo final.
- A nivel cuantitativo, para determinar cuánto agua se emplea realmente en consumo en regado, colocar también contadores en las líneas de goteo. Separando así su consumo del resto del consumo de la zona que mide cada contador.

#### 8.2. GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Por último, las conclusiones de la evaluación ambiental, para finalizar la metodología aplicada, promueve la propuesta para disminuir la huella hídrica y así también el impacto medioambiental del centro, en este caso. Como se definió en el alcance, estas propuestas se limitan a las responsabilidades de las que puede hacerse cargo el centro, como institución pública, y no se extiende hasta las medidas que podrían tomarse a mayor escala, de universidad, regional, nacional o como centro en la Unión Europea. Por tanto, algunas medidas o posibles objetivos de futuros estudios son:

- Cómo aprovechar el agua verde, es decir, utilizar el agua de lluvia acumulada en la Escuela, para las actividades que se llevan en ésta. Aún que esto podría llevarse a cabo implementando diversas medidas, empleando tecnologías de distinta complejidad, existe la posibilidad de emplear directamente el agua de lluvia para el regado, y de no consumir agua de la red durante las épocas de mayor número de precipitaciones, o de forma más sofisticada, apagar el sistema de regado los días

exactos en los que llueva, ya sea de forma automática o manual, en las zonas arboladas y arbustos durante todo el año. Sin embargo, es aquí donde se plantea una mejor contabilización del consumo de forma separada de regado, ya que, si es despreciable, podría emplearse el agua verde en otras actividades de mayor consumo.

- Instalación de cisternas en todos los aseos del centro con doble pulsador, más eficientes.
- Mantenimiento regular de cisternas, lavabos y urinarios, así como las líneas de distribución dentro del campus, para evitar fugas o escapes de agua.
- Concienciación por medio de imágenes o material informativo por diversos medios, para promover el uso sostenible del agua como recurso: con carteles en áreas de suministro (aseos, pilas de laboratorios, entre otros que se puedan identificar), por medio de las redes sociales o la web del centro, por correo electrónico o en actos en forma de charlas y conferencias que puedan celebrarse en la Escuela de carácter técnico sobre la tecnología en la gestión actual del agua. Esto último, con el fin de aumentar el conocimiento e interés en el sector y la gestión del agua, y promover la investigación y desarrollo de tecnologías para reducir o mejorar la gestión del consumo del agua a cualquier nivel.
- Reciclar el agua de las actividades que lo permitan por menor presencia de contaminantes, para uso de regado o reutilización en otras actividades que pueda emplearse, como limpieza. Esto requiere el estudio del consumo más detallado del agua azul en laboratorios, o en otras zonas que empleen agua para sus actividades a parte del consumo directo.
- Aumentar la cantidad de papel reciclado o buscar fuentes de papel de menor consumo de agua en su producción.

## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo evalúa y analiza la huella hídrica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM, con el fin de adaptarse a una gestión más sostenible de sus recursos hídricos. De forma que tenga menor impacto y sea más sostenible con su entorno en las actividades que esta desarrolla.

El estudio del presente proyecto se considera en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que definen las Naciones Unidas, “conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años (2030)” (ONU, 2015).

### 9.1. EL IMPACTO EN LOS ODS

En particular el cálculo y evaluación de la huella hídrica en la Escuela, se ve alineado con los objetivos 6, 12, y 11, cuyos objetivos están definidos en la Figura 21.



Figura 21 Objetivos de Desarrollo Sostenible con los que se alinea este proyecto. Fuente: Naciones Unidas

A continuación, se explica como contribuye a cada uno de estos objetivos el presente trabajo, según el orden de implicación con ellos:

#### 9.1.1. AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

Este objetivo promueve que se haga una gestión sostenible del agua “para preservar los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad”. Este es el objetivo último del estudio de la huella hídrica. La principal razón que, en el caso de la ETSII, como parte de la ciudad de Madrid, un consumo responsable y su gestión eficaz del agua, promoverán que disminuya la demanda y sea más responsable socialmente, haciendo que como se ha mencionado en la introducción del proyecto, se consuma el agua como bien natural de forma que pueda renovarse y sin degradarse. Este consumo sostenible, a su vez cuida de los ecosistemas de agua dulce de donde se obtiene en primer lugar el agua consumida en las ciudades, y por tanto en la universidad, abastecida por la red municipal. Promoviendo un abastecimiento seguro de agua potable y limpia.

#### 9.1.2. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

En cuanto al ODS 12, la gestión sostenible de los recursos hídricos implica un consumo responsable del agua en sí misma, que es el objetivo principal del estudio realizado, y para lo que se analizan todos los componentes de la huella hídrica, tanto directa como indirecta. Esto ayuda a evaluar también el impacto que tiene el consumo del agua al consumir otros bienes y servicios, como papel, electricidad, alimentos, ropa, etc. El impacto de la huella hídrica, no

solo en las actividades de la Escuela, si no en otros ámbitos, es descrito en la introducción del proyecto. Con el objetivo de cuantificar el consumo de agua, además, se pretende concienciar del fin de este ODS directamente, para que no solo el agua, sino otros recursos como el papel o la electricidad sean consumidos de forma responsable.

### **9.1.3. CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES**

Por último, el resultado de esta evaluación es implantar medidas de acuerdo con los dos ODS anteriores, en instituciones como la ETSII, centro universitario que se encuentra en el centro de la ciudad de Madrid, cuyos consumidores provienen de una amplia variedad de localizaciones dentro y fuera la ciudad Madrid.

Promover mediante esta evaluación el uso responsable de los recursos naturales, en este caso del agua, colabora con el objetivo de construir comunidades sostenibles. A nivel de la comunidad universitaria, pero también de fuera de este si se extiende a la comunidad de cada alumno, profesor, investigador o trabajador del centro. Por tanto, este proyecto colabora con crear una ciudad y comunidad más sostenible.

Además de una inversión, la gestión más eficiente de los recursos hídricos, al tener como objetivo reducir el consumo de agua, también genera beneficios económicos para la universidad.

### 9.2. IMPACTO SOCIOECONÓMICO, IMPLICACIONES ÉTICAS Y MARCO LEGISLATIVO

Es claro que este trabajo tiene un impacto socioeconómico positivo en la Universidad Politécnica de Madrid, y la ETSII como parte de esta, ya que son los primeros beneficiados del estudio. Los beneficios socioeconómicos del estudio son claros, por dar información de interés para el centro sobre los principales puntos de consumo de uno de los recursos de la que se hace cargo, en este caso el consumo de agua. Por otro lado, también como institución pública, se beneficia al conjunto de la sociedad, en particular de la Comunidad de Madrid, por reducir los costes en uno de los gastos públicos que esta tiene, y por tanto es un beneficio social y económico para el conjunto de la sociedad, que mantiene los servicios públicos, entre ellos la Universidad.

#### 9.2.1. IMPLICACIONES ÉTICAS DEL ESTUDIO

En cuanto a las implicaciones éticas del trabajo, todos los datos empleados para el estudio son de carácter público, y por tanto no se ha ejercido ninguna invasión de la privacidad o uso de datos confidenciales. Siempre que se han hecho estimaciones y no se ha partido de datos empíricos, se ha mencionado durante el desarrollo de la metodología y los cálculos, así como se ha informado de las fuentes empleadas.

A la hora de llevar a cabo las medidas propuestas o que puedan derivar en el futuro de este estudio, habrá que tener en cuenta que se mantengan y se siga cumpliendo con las políticas de privacidad, ya que el monitoreo de consumo del agua, por ejemplo, en aseos, podría ser invasivo, este debería hacerse de forma que no se identifique a los individuos, si no únicamente el número de usos. Medida propuesta en el estudio. En definitiva, todo el monitoreo debe estar de acuerdo con la siguiente normativa:

- **Ley Orgánica 3/2018**, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

#### 9.2.2. MARCO LEGISLATIVO

El presente estudio está, y por lo tanto las futuras medidas de actuación que puedan derivar de este lo estarán, dentro de las actuales leyes que regulan el consumo y abastecimiento de agua en la Comunidad de Madrid y en España.

Se identifican la principal normativa vigente de la región donde se encuentra el centro (Comunidad de Madrid, 2024):

- Normativa reguladora de la contratación y de la calidad del agua:
  - **Real Decreto 3/2023**, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
  - **Decreto 137/1985**, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento sobre el régimen económico y financiero del abastecimiento y saneamiento de agua en la Comunidad de Madrid que desarrolla la Ley 17/1984, de 20 de diciembre.
  - **Ley 17/1984**, de 20 de diciembre, reguladora del abastecimiento y saneamiento de Agua en la Comunidad de Madrid.
  - **Decreto 3068/1975**, de 31 de octubre, para regular las relaciones económicas abonado-Canal de Isabel II.
  - **Decreto 2922/1975**, de 31 de octubre, por el que se aprueba el reglamento para el servicio y distribución de las aguas del Canal de Isabel II.

- Normativa de la factura del agua:
  - **Real Decreto-ley 8/2023**, de 27 de diciembre, por el que se adoptan medidas para afrontar las consecuencias económicas y sociales derivadas de los conflictos en Ucrania y Oriente Próximo, así como para paliar los efectos de la sequía.
  -
- Normativa de las tarifas impuestas al agua:
  - **Orden 1424/2012**, de 28 de junio, del Vicepresidente, Consejero de Cultura y Deporte y Portavoz del Gobierno, por la que se regula el contenido de la factura por los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua.
  - **Decreto 29/2018**, de 17 de abril, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueban las tarifas máximas de los servicios de aducción, distribución, alcantarillado, depuración y reutilización del agua en el ámbito de la Comunidad de Madrid.
  - **Orden 1330/2018**, de 18 de abril, del Consejero de Presidencia, Justicia y Portavocía del Gobierno, por la que se aprueban las tarifas de los servicios de aducción, distribución, alcantarillado, depuración y reutilización prestados por Canal de Isabel II, Sociedad Anónima.
- Normas a las que deber estar sometidas los instrumentos de medida del agua, y de su consumo:
  - **Orden ITC/155/2020**, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya y Mesfin M. Mekonnen. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. Water Footprint Network. [waterfootprint.org](https://waterfootprint.org). Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_English.pdf](https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf)

Arquitasa. (octubre, 2024). Diferencia superficie útil con construida. *Blog de Tasaciones arquitasa.com*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://arquitasa.com/diferencia-superficie-util-construida/>

Asociación Española de Empresas del Sector del Agua. (julio 2018). AGUAS GRISES: ORIGEN, COMPOSICIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA SU RECICLAJE. *aquaespana.org*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora\\_08-Grises\\_origen.pdf](https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf)

Asociación Española de Normalización. (UNE). (2019) *Cisternas para inodoros y urinarios*. UNE-EN 14055:2019. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062099>

Ayuntamiento de Madrid (2022). Distrito 05 Chamartín. *madrid.es*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCEstadistica/Nuevaweb/Territorio,%20Clima%20y%20Medio%20Ambiente/Territorio/Mapas%20de%20dist%20y%20bar/05%20-%20Chamartin/Distrito05-Chamart%C3%ADn.pdf>

Boletín Oficial del Estado (BOE). (2024). Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de reutilización del agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua. *BOE*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2024-21701>

Burley H. (2015). *The Land and water footprints of everyday products. Mind your step. United Nations Library. Convention to Combat Desertification*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://library.unccd.int/Details/fullCatalogue/587#:~:text=The%20results%20reveal%20the%20intensive,a%20significant%20amount%20of%20water.>

Caballero A. (2024). La agricultura, el "elefante en la habitación" que consume el 80% del agua en la España de las sequías. *RTVE.es*. <https://www.rtve.es/noticias/20240217/agricultura-consume-80-agua-espana-sequias/15972242.shtml>

*Climate Trade*. (agosto 2018). La evolución de la medición de la huella de carbono. *Climatrade.com*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://climatrade.com/es/la-evolucion-de-la-medicion-de-la-huella-de-carbono/#:~:text=El%20concepto%20de%20huella%20de,era%20su%20huella%20de%20carbono.>

Comisión de Garantía de Calidad de la ETSII UPM. (CGC). (2022). *Informe de recursos materiales 2020. ETSII*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/05/Informe-de-Recursos-Materiales-2020 -Actualizado-2022.pdf>

Comité de Expertos en Sequía Ministerio de Medio Ambiente (2007). La sequía en España. Directrices para minimizar su impacto. *Ministerio de Medio Ambiente*. Recuperado el 29 de

octubre de 2024 de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/enlaces-de-interes/doc\\_sequia\\_espana\\_new\\_tcm30-278172.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/enlaces-de-interes/doc_sequia_espana_new_tcm30-278172.pdf)

Comunidad de Madrid. (2024). Normativa del Agua en la Comunidad de Madrid. *comunidad.madrid/servicios*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.comunidad.madrid/servicios/consumo/normativa-agua>

Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE). (2022). Consumo de agua y energía en universidades españolas. *crue.org*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.crue.org/wp-content/uploads/2022/11/Consumo-de-Agua-y-Energia-en-Universidades-Espanolas\\_vf.pdf](https://www.crue.org/wp-content/uploads/2022/11/Consumo-de-Agua-y-Energia-en-Universidades-Espanolas_vf.pdf)

Dirección General de Gestión del Agua y Zonas Verdes. (mayo 2024). Balance hídrico de Madrid: Recursos hídricos alternativos. *Ayuntamiento de Madrid*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://transparencia.madrid.es/portales/transparencia/es/Transparencia-portal-sectores/Medio-ambiente/Agua/Balance-hidrico-de-Madrid-Recursos-hidricos-alternativos/?vgnnextfmt=default&vgnextoid=ab1121ffbbcd510VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=1fd9508929a56510VgnVCM1000008a4a900aRCRD>

Ecoindustria. (s.f.). Sostenibilidad: Sellos y certificaciones. *Ecoindustria. Economía Circular del Delta de Llobregat*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://ecoindustria.net/es/noticias/sostenibilidad-sellos-y-certificaciones/>

Embalses.net. (octubre 2024). Embalses de España. [Dataset] *embalses.net*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.embalses.net/>

Embalses.net. (octubre 2024). Embalses en la Comunidad de Madrid. [Dataset] *embalses.net*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.embalses.net/comunidad-13-comunidad-de-madrid.html>

Estadísticas U.P.M. (2006) *Datos Estadísticos 2006*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.upm.es/sfs/Vicerrectorado%20de%20Nuevas%20Tecnolog%C3%ADas%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Coordinaci%C3%B3n%20de%20Bibliotecas%20y%20Centros%20de%20Documentaci%C3%B3n/Nuestra%20biblioteca/datos\\_estadistico\\_s06.pdf](https://www.upm.es/sfs/Vicerrectorado%20de%20Nuevas%20Tecnolog%C3%ADas%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Coordinaci%C3%B3n%20de%20Bibliotecas%20y%20Centros%20de%20Documentaci%C3%B3n/Nuestra%20biblioteca/datos_estadistico_s06.pdf)

Estadísticas U.P.M. (2007) *Datos Estadísticos 2007*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitar%C3%ADa/Nuestra%20biblioteca/Documentos\\_Estadisticas/datos\\_estadisticos2007.pdf](https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitar%C3%ADa/Nuestra%20biblioteca/Documentos_Estadisticas/datos_estadisticos2007.pdf)

Estadísticas U.P.M. (2008) *Datos Estadísticos 2008*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitaria/Nuestra%20biblioteca/Documentos\\_Estadisticas/DATOS%20ESTADISTICOS%202008.pdf](https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitaria/Nuestra%20biblioteca/Documentos_Estadisticas/DATOS%20ESTADISTICOS%202008.pdf)

Estadísticas U.P.M. (2009) *Datos Estadísticos 2009*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitaria/Nuestra%20biblioteca/Documentos\\_Estadisticas/datos\\_estadisticos2\\_09.pdf](https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitaria/Nuestra%20biblioteca/Documentos_Estadisticas/datos_estadisticos2_09.pdf)

ETSII. (2014). *La ETSII en cifras*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://indusnet.etsii.upm.es/gestion\\_escuela/personal/adjuntos/presentaciones/1875.pdf](https://indusnet.etsii.upm.es/gestion_escuela/personal/adjuntos/presentaciones/1875.pdf)

ETSII. (2017). *La ETSII en cifras*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/03/ETSIIenCifras\\_2015-16-17.pdf](https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/03/ETSIIenCifras_2015-16-17.pdf)

- ETSII. (2019). *La ETSII en cifras*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/03/ETSIIenCifras\\_2018-19.pdf](https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/03/ETSIIenCifras_2018-19.pdf)
- ETSII. (2020). *La ETSII en cifras*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2024/01/ETSII-en-cifras-2020\\_21\\_AprobadoCGC20221219.pdf](https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2024/01/ETSII-en-cifras-2020_21_AprobadoCGC20221219.pdf)
- ETSII. (2020). *PLAN DE RECUPERACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE I+D+I PRESENCIAL DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES – SUBPLAN DE MEDIDAS PREVENTIVAS (PRAIP-MP)*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www2.etsii.upm.es/la\\_escuela/covid19/docs/Plan\\_Medidas\\_Preventivas\\_ETSII\\_v11.pdf](https://www2.etsii.upm.es/la_escuela/covid19/docs/Plan_Medidas_Preventivas_ETSII_v11.pdf)
- ETSII. (2021). *RELACIÓN DE ACTUACIONES, MANTENIMIENTOS, REVISIONES E INVERSIONES EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DURANTE EL AÑO 2021 EN LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/05/Actuaciones\\_Preencion\\_RL\\_2021.pdf](https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/05/Actuaciones_Preencion_RL_2021.pdf)
- ETSII. (2023). *La ETSII en cifras*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2024/06/ETSII-en-cifras-2022\\_23.CGC20240613.pdf](https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2024/06/ETSII-en-cifras-2022_23.CGC20240613.pdf)
- ETSII. (2054). *La ETSII en cifras*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/03/ETSIIenCifras\\_2013-14-15.pdf](https://www.industriales.upm.es/wp-content/uploads/2022/03/ETSIIenCifras_2013-14-15.pdf)
- ETSII. (septiembre 2020). *Guía de adaptación aulas 20-21*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www2.etsii.upm.es/la\\_escuela/covid19/docs/Guia\\_Adaptacion\\_Aulas\\_20-21\\_v1.2.pdf](https://www2.etsii.upm.es/la_escuela/covid19/docs/Guia_Adaptacion_Aulas_20-21_v1.2.pdf)
- Eurofins. (enero 2024). *Flooded fields: What is the effect on soil?* Eurofins Agro. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.eurofins-agro.com/en/flooded-fields-what-is-the-effect-on-soil>
- European Environment Agency (EEA). (octubre 2021). *Water stress is a major and growing concern in Europe*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.eea.europa.eu/themes/water/water-stress>
- European Water Regulators. (2022). *What is water governance?* wareg.org. Recuperado del 29 de octubre de 2024 de <https://www.wareg.org/articles/what-is-water-governance/>
- FAO. (2021). *The State of The World's Land and Water Resources for Food and Agriculture*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bc8810ae-2a13-4cfe-b019-339158c7e608/content/cb7654en.html>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (s.f.). *Annual freshwater withdrawals, domestic (% of total freshwater withdrawal)*. World Bank Data. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/ER.H2O.FWDM.ZS>
- Fundación Aquae (s.f.). *¿Cuánta agua hay en la Tierra?* Campus. *La Revolución de las ideas*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.fundacionaquae.org/cuanta-agua-en-la-tierra/>

Fundación Aequae. (agosto 2021). Consumo de agua por comunidades autónomas. *Fundacion Aequae*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.fundacionaqueae.org/wiki/consumo-de-agua-por-comunidades-autonomas/>

Fundación Aequae. (s.f.). ¿Qué son los recursos renovables? Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.fundacionaqueae.org/wiki/que-son-recursos-renovables/>

Generalitat Valenciana. (s.f.). Inodoros y urinarios de descarga eficiente. *Guía Verde. B2-04*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://guiaverda.gva.es/es/inodors-i-urinaris-de-descarrega-eficients>

Global Footprint Network. (2019). *Ecological footprint*. *footprintnetwork.org*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

Global Paris. (s.f.). La escasez del agua en el mundo: causas y consecuencias. *Global Paris*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://globalparis.es/la-escasez-del-agua-en-el-undo-causas-y-consecuencias/>

Greenfacts.org (s.f.). *Scientific Facts on Water Resources. Facts on Health and the Environment*. *greenfacts.org*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.greenfacts.org/en/water-resources/water-resources-greenfacts#:~:text=Where%20and%20in%20what%20forms%20is%20water%20available%20on%20Earth%3F,-Global%20distribution%20of&text=The%20world's%20water%20exists%20naturally,in%20glaciers%20and%20ice%20caps.>

Grigoryan K. (diciembre 2020). *Relation between Energy production and Water in Spain. A particular case for Waste Water Treatment Plants in Granada*. [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Granada] Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.fundacionaqueae.org/wp-content/uploads/2022/04/tfm-karapet.pdf>

Grimau A. (febrero 2023). Agua a la fuga: España pierde agua por un tubo. *RTVE.es*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.rtve.es/noticias/20230223/agua-fuga-espana-pierde-agua/2419120.shtml#:~:text=Espa%C3%B1a%20pierde%20cada%20a%C3%B1o%20m%C3%A1s,litros%20de%20agua%20por%20segundo.>

Hays L (noviembre 2024). *Why is water so important for life as we know it? Astrobiology at NASA*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://astrobiology.nasa.gov/education/alp/water-so-important-for-life/#:~:text=Life%20needs%20chemical%20reactions%20to,other%20molecules%20to%20be%20dissolved.>

He, C., Liu, Z. y Wu, J. (2021). *Future global urban water scarcity and potential solutions*. *Nature Communications*, 12, 4667. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25026-3>

Hoekstra, A. Y. (febrero 2003). *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/HOEKSTRA%202003%20Virtual%20Water%20Trade.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/HOEKSTRA%202003%20Virtual%20Water%20Trade.pdf)

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). *Estadística sobre el Saneamiento y Suministro de Agua*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/es/ESSA2022.htm>



Organización Mundial de la Salud (OMS). (septiembre 2023). Agua para consumo humano. *Sitio web mundial*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Oxford Dictionary. (s.f.) *Carbon footprint*. *Oxford Languages*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/carbon-footprint#:~:text=carbon%20footprint-,noun,of%20a%20person%20or%20company>

Oxford Dictionary. (s.f.) *Ecological footprint*. *Oxford Languages*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/ecological-footprint#:~:text=%2F%CB%8C%CB%90k%C9%99%CB%8C%91%CB%90d%CA%92%2F%AAk%20%CB%88f%CA%8Atr%C9%AAnt%2F,lives%20in%20a%20particular%20way>

Pandey, K. (2024). *Wars over water. Down to Earth*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.downtoearth.org.in/water/wars-over-water-95195>

Parlamento Europeo (mayo 2023). Economía circular: Definición, importancia y beneficios. *europarl.europa.eu*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

Pérez, M. (2020). *Indicadores de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Madrid. Cuantificación de la Huella Hídrica. Años 2017-2018*. [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid] Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [Memoria TFG Maria Perez HH.pdf \(upm.es\)](https://www.upm.es/memorias/TFG/Maria_Perez_HH.pdf)

Phelan J. (enero 2022). *How much water is on Earth and in the atmosphere?* *Live Science*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.livescience.com/how-much-water-earth-atmosphere>

Raffino, Equipo editorial, Etecé (agosto 2021). *Recursos naturales*. Enciclopedia Concepto. Recuperado el 19 de octubre de 2024 de <https://concepto.de/que-son-y-cuales-son-los-recursos-naturales/>.

Servicio de Biblioteca Universitaria (UPM). (2022). *MEMORIA ESTADÍSTICA DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitaria/Nuestra%20biblioteca/Normativa%20y%20Documentos/Estad%20C3%ADsticas/Documentos\\_Estadisticas/Memoria\\_Estadistica\\_SBU\\_2022.pdf](https://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Tecnologias%20de%20la%20Informacion%20y%20Servicios%20en%20Red/Servicio%20de%20Biblioteca%20Universitaria/Nuestra%20biblioteca/Normativa%20y%20Documentos/Estad%20C3%ADsticas/Documentos_Estadisticas/Memoria_Estadistica_SBU_2022.pdf)

Sistema Español de Información sobre el Agua. Hispagua. (octubre 2006). Necesidades de Agua por Producto. *hispagua.cedex.es*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/especiales/especial\\_huella\\_hidrica/necesidades.htm](https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/especiales/especial_huella_hidrica/necesidades.htm)

Sola F. Molina L. y Vallejos A. (2022). Aguas subterráneas fósiles ligadas a acuíferos costeros. *Geogaceta*, 71, 43-46. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de [https://sqe.usal.es/archivos/geogacetas/geo71/Geo71\\_p\\_43\\_46.pdf](https://sqe.usal.es/archivos/geogacetas/geo71/Geo71_p_43_46.pdf)

Sola J. (noviembre 2021). ¿Sabes de dónde viene el agua que bebes en los embalses de Madrid? *Telemadrid.es*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.telemadrid.es/programas/desmontando-madrid/Sabes-agua-viene-bebes-embalses-Madrid-0-2399160076--20211124120000.html>

Sostenibilidad UPM. (2023). Consumos UPM 2023. *UPM Sostenible*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://sostenibilidad.upm.es/consumos-upm/>

Statista. (s.f.). ¿Cuánta agua se consume en el mundo? *Statista*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://es.statista.com/grafico/31832/consumo-anual-de-agua-per-capita-en-paises-seleccionados-de-todo-el-mundo/>

UCM (s.f.) *Los Recursos Naturales* [Presentación de PowerPoint]. UCM. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/Suelos.pdf>

UNESCO. (2009). *The United Nations world water Development Report 3: Water in a changing world. World Water Assessment Program*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000181993/PDF/181993eng.pdf.multi>

UNESCO. (2024). *The United Nations world water development report 2024: Nature-based solutions for water. World Water Assessment Program*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388948/PDF/388948eng.pdf.multi>

UPM Sostenible. (2021). *Plataforma de datos abiertos sobre indicadores de sostenibilidad*. [Power BI]. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMjdINmFhOGMtNDRjOC00YWQ4LWJlMjctNjM5ODNjMGMyNzRjIiwidCI6IjZhZmVhODVklWZmZmMjMtNDI3MC1iNjklWE0ZmlzOTI3YzI1NCIsImMiOiI9>

*Water Footprint Calculator*. (2024). ¿Cuál es su huella hídrica? *watercalculator.org*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.watercalculator.org/wfc2/esp/>

Water Footprint Network. (s.f.). *About us: Aims and history*. *waterfootprint.org*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.waterfootprint.org/about-us/aims-history/>

Watersaving.com (n.d.). Agua virtual: nuestro sediento estilo de vida. *watersaving.com*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.watersaving.com/es/datos-y-consejos/agua-virtual-nuestro-sediento-estilo-de-vida/#:~:text=Un%20ejemplo%20obvio%20de%20agua,al%20riego%20de%20los%20campos.>

Williams D. (enero 2024). *Earth fact sheet*. [Dataset] NASA. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>

*World Water Council* (WWC). (2020). *Annual Report 2020*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.worldwatercouncil.org/en/publications/annual-report-2020>

*World Wildlife Fund* (WWF). (s.f.). España será uno de los países europeos con mayor riesgo de sufrir estrés hídrico en menos de 30 años si no se toman medidas. *wwf.es*. Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.wwf.es/?61600/Espana-sera-uno-de-los-paises-europeos-con-mayor-riesgo-de-sufrir-estres-hidrico-en-menos-de-30-anos-si-no-se-toman-medidas>

Worldometers. (n.d.). *Water resources*. [Dataset] Recuperado el 29 de octubre de 2024 de <https://www.worldometers.info/water/>

## 11. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO

A continuación, se muestran los costes del presente estudio, sobre la gestión de los recursos hídricos de la ETSII (UPM), mediante el cálculo y análisis de la huella hídrica del centro. El presupuesto del trabajo se desglosa en:

- Mano de obra
- Licencia de software

A continuación, se muestran los valores de coste implicados en cada categoría.

Tabla 16 Costes de mano de obra implicada

Puesto	Coste unitario	Cantidad de horas	Coste total
Ingeniero Junior	12€/hora	300	3600€
Ingeniero Senior	24€/hora	12	288€

Los programas empleados para este proyecto han sido principalmente del paquete Microsoft Office con licencia de estudiante de la UPM.

Tabla 17 Coste de software empleado

Software	Número de licencias	Coste licencia	Coste total
Microsoft Office 2024 Home&Student	1 Ud.	149€	149€

El coste total del proyecto es:

Tabla 18 Presupuesto del estudio

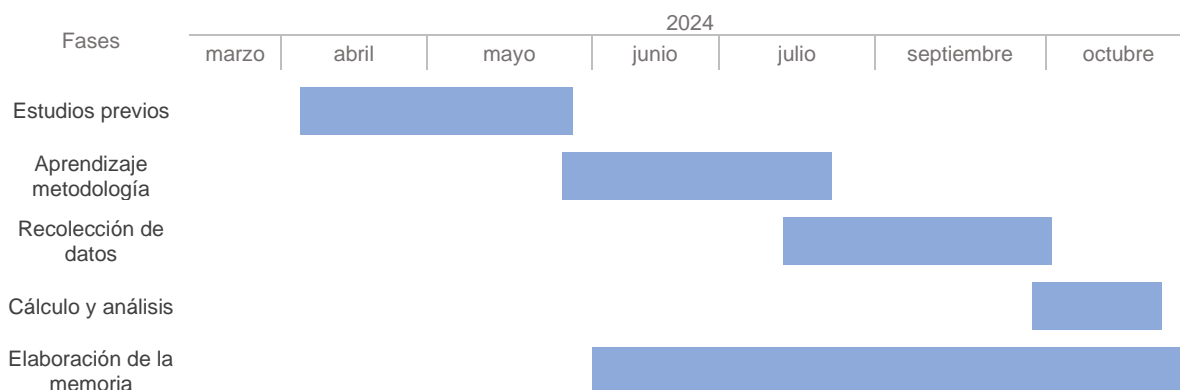
Concepto:	Costes
<b>Mano de obra</b>	
Ingeniero Junior	3600,00€
Ingeniero Senior	288,00€
<b>Software</b>	149,00€
Microsoft Office 365	
<b>Coste total</b>	<b>4.037,00€</b>

### 11.1. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se muestra un diagrama de Gantt con la planificación del trabajo y las principales fases del proyecto, estas son:

- Estudios previos: investigación del estado del arte y metodologías para evaluar la huella hídrica de una Universidad
- Aprendizaje de la metodología
- Recolección de datos e información para el caso de estudio de la ETSII
- Cálculo y análisis de resultados
- Elaboración de la memoria

Tabla 19 Diagrama de Gantt, planificación de las fases del proyecto



## 12. ABREVIATURAS, UNIDADES Y ACRÓNIMOS

**ACV:** Análisis Ciclo de Vida

**CRUE:** Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas

**ETSII:** Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

**FAO:** *Food and Agriculture Organization*

**ISO:** *International Organization for Standardization*

**MITECO:** Ministerio de para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas

**UNESCO:** *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

**UPM:** Universidad Politécnica de Madrid

**WFN:** *Water Footprint Network*

**WWF:** *World Wildlife Fund*

## 12.1. UNIDADES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO

Tabla 20 Tabla de unidades

Magnitud	Unidad
Volumen	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Caudal	Litros por minuto (L/min)
Temperatura	Grados Centígrados (°C)
Consumo de energía (eléctrica)	Kilovatio hora (kWh)

### 13. GLOSARIO

**Agua azul:** de ríos, lagos y humedales, o acuíferos que es evaporada, incorporada o retirada de un cuerpo de agua y no retorna al mismo, o lo hace con el paso del tiempo.

**Agua fósil:** aquella encerrada en acuíferos que han quedado desconectados por cambios geológicos durante miles de años, impidiendo su reabastecimiento, y por ello una vez consumida el agua de estos, quedan vacíos e inutilizables. (Sola F. Molina L. y Vallejos A., 2022).

**Agua gris:** que se requiere para diluir un contaminante (en agua) y que cumpla los parámetros de calidad del agua para poder ser vertido de nuevo al medio.

**Agua verde:** de las precipitaciones, que se almacena el suelo y evaporada, transpirada o incorporada por las plantas.

**Agua virtual:** contenida en un producto, que se introduce en el producto durante los procesos de producción en la agricultura y en la industria. (A.Y. Hoekstra, 2003).

**Análisis Ciclo de Vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. (Norma ISO 14044).

**Escuela:** forma abreviada comúnmente empleada para referirse a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII).

**Evapotranspiración:** combinación de los procesos de evaporación desde el suelo y desde la superficie cubierta por plantas, así como la transpiración desde las hojas de las plantas. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

**Huella hídrica directa:** consumo de agua directo de la red de abastecimiento.

**Huella hídrica:** medida de la apropiación de la humanidad del agua dulce consumida y/o contaminada en volumen. (Water Footprint Network, 2011).

**Huella indirecta:** consumo de agua virtual.

## 14. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo de agua por sectores en el mundo 2020. Fuente: UNESCO, 2024 .....	5
Tabla 2 Ejemplo de agua virtual de algunos bienes de consumo habitual. Fuentes: A.Y. Hoekstra, watersaving.com, FOE, WFA, Hispagua.....	14
Tabla 3 Número de alumnos, PDI y PTGAS por curso académico, tomando como referencia el mes de septiembre del año en el que comienza el curso académico Fuente: recopilación de datos publicados en los informes anuales de La ETSII en Cifras .....	26
Tabla 4 Consumo total de agua en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, por años, entre 2006 y 2023. Fuente: Departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad social de la Escuela) Para mayor detalle de los datos, por bimestres, consultar Anexo C. ....	27
Tabla 5 Resumen de superficies campus ETSII. Fuente: Comisión de Garantía de Calidad ETSII UPM, 2022, Informe de Recursos Materiales .....	33
Tabla 6 División del campus según los edificios y áreas que son abastecidas por cada contador .....	34
Tabla 7 Agua directa, tipos, fuentes y unidades de los datos.....	36
Tabla 8 Agua indirecta, tipos, fuentes de obtención y unidades de los datos .....	37
Tabla 9 Resumen de la evaluación de la sostenibilidad y del análisis propuesto tras el cálculo de la huella hídrica, siguiendo las directrices del manual de evaluación de la huella hídrica de The Water Footprint Network.....	39
Tabla 10 Número de inodoros, lavabos, duchas, urinarios, vertederos y pilas de laboratorio instaladas en el campus de la ETSII Fuente: datos de aseos suministrados por el departamento de mantenimiento, actualizados en abril de 2021, mostrados en el Anexo F. ....	42
Tabla 11 Valores de referencias basados en estadísticas del uso de agua de uso doméstico en los aseos Fuentes: normas UNE para las capacidades de cisternas, información de la OCU para el caudal de los grifos en los aseos; OMS para tiempo recomendado para un lavado de manos, estimaciones propias para la frecuencia de uso del aseo por persona y día en la Escuela .....	43
Tabla 12 Media de días lectivos por bimestre en la ETSII.....	44
Tabla 13 Precipitación (mm/m <sup>2</sup> ) mensual media histórica entre 1991 y 2021 en la ciudad de Madrid. Fuente: climate-data.org .....	45
Tabla 14 Resumen parámetros cálculo agua indirecta consumida en la ETSII por consumo de energía y papel .....	49
Tabla 15 Resultados del cálculo .....	50
Tabla 16 Costes de mano de obra implicada.....	75
Tabla 17 Coste de software empleado.....	75
Tabla 18 Presupuesto del estudio.....	75
Tabla 19 Diagrama de Gantt, planificación de las fases del proyecto .....	76
Tabla 20 Tabla de unidades .....	78

## 15. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación gráfica del porcentaje de agua dulce disponible en la Tierra, y formas en las que está presente en la superficie. Fuente: greenfacts.org, traducción por el autor ....	2
Figura 2 Distribución del consumo de agua en el mundo según los principales sectores de consumo Fuente: UNESCO, 2024.....	5
Figura 3 Visualización geográfica de índice de vulnerabilidad a la sequía por una menor disponibilidad de agua potable, y zonas más propensas al estrés hídrico. Fuente: Figura P.5 del Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024 (UNESCO, 2025).....	7
Figura 4 Visualización geográfica del riesgo de la gravedad de la sequía (en meses). Fuente: Figura P.4 del Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024.....	7
Figura 5 Ubicación de uno de los contadores de la ETSII bajo cubierta. ....	25
Figura 6 Muestra de la variación del número de consumidores (alumnos + PDI + PTGAS) del centro durante los años de estudio, con un coeficiente de variación del 9,28% se puede considerar la muestra homogénea .....	29
Figura 7 Visualización de la ubicación de los distintos edificios que componen el campus en vista de satélite.....	32
Figura 8 Zona arbolada de la Escuela en el área denominado Jardín. ....	31
Figura 9 Uno de los vertederos empleados para rellenar los cubos de limpieza por el personal correspondiente, y su posterior vaciado, en uno de los aseos del Edificio Principal de la zona del aula.....	42
Figura 10 Grifo automático activado por medio de sensores en uno de los aseos del Edificio Principal, en la zona del aula, instalados en 2021 en la ETSII (ETSII, 2020).....	44
Figura 11 Ejemplo de un punto de goteo en la línea de riego automática instalada a lo largo de las zonas de árboles y arbustos del centro. ....	46
Figura 12 Tendencia de la huella hídrica entre los años 2006 y 2023.....	51
Figura 13 Distribución de la huella hídrica total en tipos de huella directa e indirecta.....	52
Figura 14 Comparativa de las huellas hídricas indicadoras de los consumos de agua directa y agua virtual en el centro .....	53
Figura 15 Comparativa de la huella hídrica de la Escuela con las principales fuentes de consumo (agua y electricidad) y el número de consumidores.....	54
Figura 16 Segmentación de la huella hídrica directa de la ETSII en las huellas hídricas azul, verde y gris.....	55
Figura 17 Fuente para beber agua, conectada a la red, en uno de los pasillos del aula, en el Edificio Principal del centro.....	56
Figura 18 Fluctuaciones temporales en los valores de la huella hídrica azul y gris.....	57
Figura 19 Número de eventos celebrados durante el año en las instalaciones de la ETSII, comparativa por bimestre. Fuente: reportes de La ETSII en Cifras anuales (ETSII, 2010-2023) .....	58
Figura 20 Huella hídrica directa (azul + gris + verde) por estudiante y por superficie de la ETSII .....	59
Figura 21 Objetivos de Desarrollo Sostenible con los que se alinea este proyecto. Fuente: Naciones Unidas .....	64

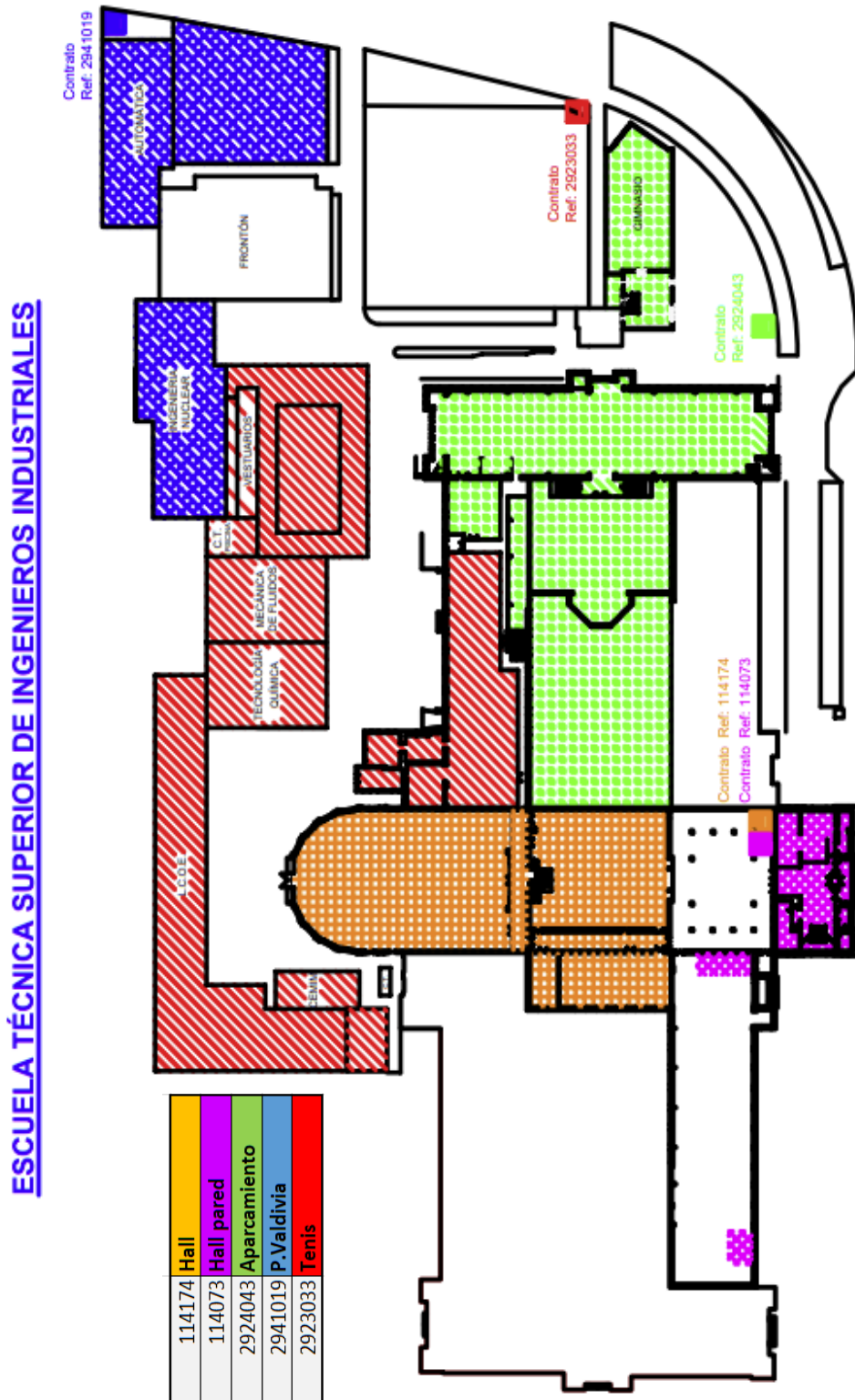
# ANEXO A: Ubicación del campus en el distrito de Chamartín de la ciudad de Madrid



Fuente: Ayuntamiento de Madrid, 2022

## ANEXO B: Ubicación de los contadores

Esquema de las divisiones del campus según los contadores que abastecen cada una de ellas.



Fuente: departamento de mantenimiento del centro

## ANEXO C: Datos de consumo de agua en la ETSII

Fuente: Departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad Social

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
27/01/2004	22/04/2004	B1	2004	114174	Hall	698
22/04/2004	14/07/2004	B2	2004	114174	Hall	602
14/07/2004	06/10/2004	B3	2004	114174	Hall	329
06/10/2004	18/01/2005	B4	2005	114174	Hall	610
27/01/2004	22/04/2004	B1	2004	114073	Hall pared	780
22/04/2004	14/07/2004	B2	2004	114073	Hall pared	685
14/07/2004	06/10/2004	B3	2004	114073	Hall pared	381
06/10/2004	18/01/2005	B4	2005	114073	Hall pared	726
27/01/2004	22/04/2004	B1	2004	2924043	Aparcamiento	949
22/04/2004	14/07/2004	B2	2004	2924043	Aparcamiento	1057
14/07/2004	06/10/2004	B3	2004	2924043	Aparcamiento	817
06/10/2004	18/01/2005	B4	2005	2924043	Aparcamiento	1489
27/01/2004	22/04/2004	B1	2004	2941019	P.Valdivia	150
22/04/2004	14/07/2004	B2	2004	2941019	P.Valdivia	303
14/07/2004	06/10/2004	B3	2004	2941019	P.Valdivia	179
06/10/2004	18/01/2005	B4	2005	2941019	P.Valdivia	162
27/01/2004	22/04/2004	B1	2004	2923033	Tenis	4342
22/04/2004	14/07/2004	B2	2004	2923033	Tenis	2876
14/07/2004	06/10/2004	B3	2004	2923033	Tenis	2602
06/10/2004	18/01/2005	B4	2005	2923033	Tenis	2484
18/01/2005	14/03/2005	B1	2005	114174	Hall	450
14/03/2005	13/05/2005	B2	2005	114174	Hall	419
13/05/2005	07/07/2005	B3	2005	114174	Hall	310
07/07/2005	05/09/2005	B4	2005	114174	Hall	319
05/09/2005	03/11/2005	B5	2005	114174	Hall	549
03/11/2005	17/01/2006	B6	2006	114174	Hall	229
18/01/2005	14/03/2005	B1	2005	114073	Hall pared	634
14/03/2005	13/05/2005	B2	2005	114073	Hall pared	367
13/05/2005	07/07/2005	B3	2005	114073	Hall pared	364
07/07/2005	05/09/2005	B4	2005	114073	Hall pared	172
05/09/2005	03/11/2005	B5	2005	114073	Hall pared	294
03/11/2005	17/01/2006	B6	2006	114073	Hall pared	481
18/01/2005	14/03/2005	B1	2005	2924043	Aparcamiento	797
14/03/2005	13/05/2005	B2	2005	2924043	Aparcamiento	787
13/05/2005	07/07/2005	B3	2005	2924043	Aparcamiento	744
07/07/2005	05/09/2005	B4	2005	2924043	Aparcamiento	313

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
05/09/2005	03/11/2005	B5	2005	2924043	Aparcamiento	631
03/11/2005	17/01/2006	B6	2006	2924043	Aparcamiento	493
18/01/2005	14/03/2005	B1	2005	2941019	P.Valdivia	125
14/03/2005	13/05/2005	B2	2005	2941019	P.Valdivia	129
13/05/2005	07/07/2005	B3	2005	2941019	P.Valdivia	148
07/07/2005	05/09/2005	B4	2005	2941019	P.Valdivia	159
05/09/2005	03/11/2005	B5	2005	2941019	P.Valdivia	443
03/11/2005	17/01/2006	B6	2006	2941019	P.Valdivia	64
18/01/2005	14/03/2005	B1	2005	2923033	Tenis	2709
14/03/2005	13/05/2005	B2	2005	2923033	Tenis	2670
13/05/2005	07/07/2005	B3	2005	2923033	Tenis	1108
07/07/2005	05/09/2005	B4	2005	2923033	Tenis	1820
05/09/2005	03/11/2005	B5	2005	2923033	Tenis	1776
03/11/2005	17/01/2006	B6	2006	2923033	Tenis	921
17/01/2006	13/03/2006	B1	2006	114174	Hall	1203
13/03/2006	12/05/2006	B2	2006	114174	Hall	478
12/05/2006	07/07/2006	B3	2006	114174	Hall	244
07/07/2006	05/09/2006	B4	2006	114174	Hall	137
05/09/2006	31/10/2006	B5	2006	114174	Hall	219
31/10/2006	16/01/2007	B6	2007	114174	Hall	287
17/01/2006	13/03/2006	B1	2006	114073	Hall pared	566
13/03/2006	12/05/2006	B2	2006	114073	Hall pared	159
12/05/2006	07/07/2006	B3	2006	114073	Hall pared	258
07/07/2006	05/09/2006	B4	2006	114073	Hall pared	180
05/09/2006	31/10/2006	B5	2006	114073	Hall pared	259
31/10/2006	16/01/2007	B6	2007	114073	Hall pared	322
17/01/2006	13/03/2006	B1	2006	2924043	Aparcamiento	881
13/03/2006	12/05/2006	B2	2006	2924043	Aparcamiento	888
12/05/2006	07/07/2006	B3	2006	2924043	Aparcamiento	706
07/07/2006	05/09/2006	B4	2006	2924043	Aparcamiento	760
05/09/2006	31/10/2006	B5	2006	2924043	Aparcamiento	137
31/10/2006	16/01/2007	B6	2007	2924043	Aparcamiento	855
17/01/2006	13/03/2006	B1	2006	2941019	P.Valdivia	42
13/03/2006	12/05/2006	B2	2006	2941019	P.Valdivia	142
12/05/2006	07/07/2006	B3	2006	2941019	P.Valdivia	232
07/07/2006	05/09/2006	B4	2006	2941019	P.Valdivia	78
05/09/2006	31/10/2006	B5	2006	2941019	P.Valdivia	373
31/10/2006	16/01/2007	B6	2007	2941019	P.Valdivia	92
17/01/2006	13/03/2006	B1	2006	2923033	Tenis	2405
13/03/2006	12/05/2006	B2	2006	2923033	Tenis	1880

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
12/05/2006	07/07/2006	B3	2006	2923033	Tenis	1851
07/07/2006	05/09/2006	B4	2006	2923033	Tenis	1920
05/09/2006	31/10/2006	B5	2006	2923033	Tenis	2411
31/10/2006	16/01/2007	B6	2007	2923033	Tenis	1392
16/01/2007	12/03/2007	B1	2007	114174	Hall	375
12/03/2007	11/05/2007	B2	2007	114174	Hall	276
11/05/2007	06/07/2007	B3	2007	114174	Hall	296
06/07/2007	04/09/2007	B4	2007	114174	Hall	153
04/09/2007	30/10/2007	B5	2007	114174	Hall	238
30/10/2007	17/01/2008	B6	2008	114174	Hall	324
16/01/2007	12/03/2007	B1	2007	114073	Hall pared	409
12/03/2007	11/05/2007	B2	2007	114073	Hall pared	303
11/05/2007	06/07/2007	B3	2007	114073	Hall pared	326
06/07/2007	04/09/2007	B4	2007	114073	Hall pared	186
04/09/2007	30/10/2007	B5	2007	114073	Hall pared	306
30/10/2007	17/01/2008	B6	2008	114073	Hall pared	406
16/01/2007	12/03/2007	B1	2007	2924043	Aparcamiento	607
12/03/2007	11/05/2007	B2	2007	2924043	Aparcamiento	675
11/05/2007	06/07/2007	B3	2007	2924043	Aparcamiento	670
06/07/2007	04/09/2007	B4	2007	2924043	Aparcamiento	275
04/09/2007	30/10/2007	B5	2007	2924043	Aparcamiento	933
30/10/2007	17/01/2008	B6	2008	2924043	Aparcamiento	1076
16/01/2007	12/03/2007	B1	2007	2941019	P.Valdivia	899
12/03/2007	11/05/2007	B2	2007	2941019	P.Valdivia	466
11/05/2007	06/07/2007	B3	2007	2941019	P.Valdivia	459
06/07/2007	04/09/2007	B4	2007	2941019	P.Valdivia	488
04/09/2007	30/10/2007	B5	2007	2941019	P.Valdivia	509
30/10/2007	17/01/2008	B6	2008	2941019	P.Valdivia	226
16/01/2007	12/03/2007	B1	2007	2923033	Tenis	1319
12/03/2007	11/05/2007	B2	2007	2923033	Tenis	1278
11/05/2007	06/07/2007	B3	2007	2923033	Tenis	2233
06/07/2007	04/09/2007	B4	2007	2923033	Tenis	982
04/09/2007	30/10/2007	B5	2007	2923033	Tenis	2531
30/10/2007	17/01/2008	B6	2008	2923033	Tenis	2728
17/01/2008	12/03/2008	B1	2008	114174	Hall	537
12/03/2008	11/05/2008	B2	2008	114174	Hall	406
13/05/2008	09/07/2008	B3	2008	114174	Hall	650
09/07/2008	04/09/2008	B4	2008	114174	Hall	515
04/09/2008	31/10/2008	B5	2008	114174	Hall	230
31/10/2008	31/12/2008	B6	2008	114174	Hall	234

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
17/01/2008	12/03/2007	B1	2008	114073	Hall pared	331
12/03/2008	11/05/2008	B2	2008	114073	Hall pared	238
13/05/2008	09/07/2008	B3	2008	114073	Hall pared	297
09/07/2008	04/09/2008	B4	2008	114073	Hall pared	413
04/09/2008	31/10/2008	B5	2008	114073	Hall pared	514
31/10/2008	31/12/2008	B6	2008	114073	Hall pared	388
17/01/2008	12/03/2007	B1	2008	2924043	Aparcamiento	730
12/03/2008	11/05/2008	B2	2008	2924043	Aparcamiento	735
13/05/2008	09/07/2008	B3	2008	2924043	Aparcamiento	847
09/07/2008	04/09/2008	B4	2008	2924043	Aparcamiento	384
04/09/2008	31/10/2008	B5	2008	2924043	Aparcamiento	782
31/10/2008	31/12/2008	B6	2008	2924043	Aparcamiento	840
17/01/2008	12/03/2007	B1	2008	2941019	P.Valdivia	213
12/03/2008	11/05/2008	B2	2008	2941019	P.Valdivia	314
13/05/2008	09/07/2008	B3	2008	2941019	P.Valdivia	351
09/07/2008	04/09/2008	B4	2008	2941019	P.Valdivia	74
04/09/2008	31/10/2008	B5	2008	2941019	P.Valdivia	99
31/10/2008	31/12/2008	B6	2008	2941019	P.Valdivia	310
17/01/2008	12/03/2007	B1	2008	2923033	Tenis	1767
12/03/2008	11/05/2008	B2	2008	2923033	Tenis	1483
13/05/2008	09/07/2008	B3	2008	2923033	Tenis	1565
09/07/2008	04/09/2008	B4	2008	2923033	Tenis	1697
04/09/2008	31/10/2008	B5	2008	2923033	Tenis	1829
31/10/2008	31/12/2008	B6	2008	2923033	Tenis	1418
01/01/2009	26/02/2009	B1	2009	114174	Hall	0
26/02/2009	27/04/2009	B2	2009	114174	Hall	0
27/04/2009	24/06/2009	B3	2009	114174	Hall	0
24/06/2009	18/08/2009	B4	2009	114174	Hall	0
18/08/2009	13/10/2009	B5	2009	114174	Hall	1
13/10/2009	09/12/2009	B6	2009	114174	Hall	0
01/01/2009	26/02/2009	B1	2009	114073	Hall pared	329
26/02/2009	27/04/2009	B2	2009	114073	Hall pared	438
27/04/2009	24/06/2009	B3	2009	114073	Hall pared	428
24/06/2009	18/08/2009	B4	2009	114073	Hall pared	74
18/08/2009	13/10/2009	B5	2009	114073	Hall pared	714
13/10/2009	09/12/2009	B6	2009	114073	Hall pared	442
01/01/2009	26/02/2009	B1	2009	2924043	Aparcamiento	735
26/02/2009	27/04/2009	B2	2009	2924043	Aparcamiento	748
27/04/2009	24/06/2009	B3	2009	2924043	Aparcamiento	862
24/06/2009	18/08/2009	B4	2009	2924043	Aparcamiento	93
18/08/2009	13/10/2009	B5	2009	2924043	Aparcamiento	990
13/10/2009	09/12/2009	B6	2009	2924043	Aparcamiento	1168

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
01/01/2009	26/02/2009	B1	2009	2941019	P.Valdivia	0
26/02/2009	27/04/2009	B2	2009	2941019	P.Valdivia	46
27/04/2009	24/06/2009	B3	2009	2941019	P.Valdivia	112
24/06/2009	18/08/2009	B4	2009	2941019	P.Valdivia	106
18/08/2009	13/10/2009	B5	2009	2941019	P.Valdivia	109
13/10/2009	09/12/2009	B6	2009	2941019	P.Valdivia	119
01/01/2009	26/02/2009	B1	2009	2923033	Tenis	1386
26/02/2009	27/04/2009	B2	2009	2923033	Tenis	1277
27/04/2009	24/06/2009	B3	2009	2923033	Tenis	1097
24/06/2009	18/08/2009	B4	2009	2923033	Tenis	888
18/08/2009	13/10/2009	B5	2009	2923033	Tenis	1094
13/10/2009	09/12/2009	B6	2009	2923033	Tenis	831
01/01/2010	26/02/2010	B1	2010	114174	Hall	0
26/02/2010	27/04/2010	B2	2010	114174	Hall	0
27/04/2010	24/06/2010	B3	2010	114174	Hall	0
24/06/2010	18/08/2010	B4	2010	114174	Hall	116
18/08/2010	13/10/2010	B5	2010	114174	Hall	91
13/10/2010	09/12/2010	B6	2010	114174	Hall	266
01/01/2010	26/02/2010	B1	2010	114073	Hall pared	329
26/02/2010	27/04/2010	B2	2010	114073	Hall pared	391
27/04/2010	24/06/2010	B3	2010	114073	Hall pared	428
24/06/2010	18/08/2010	B4	2010	114073	Hall pared	320
18/08/2010	13/10/2010	B5	2010	114073	Hall pared	150
13/10/2010	09/12/2010	B6	2010	114073	Hall pared	321
01/01/2010	26/02/2010	B1	2010	2924043	Aparcamiento	994
26/02/2010	27/04/2010	B2	2010	2924043	Aparcamiento	912
27/04/2010	24/06/2010	B3	2010	2924043	Aparcamiento	1008
24/06/2010	18/08/2010	B4	2010	2924043	Aparcamiento	715
18/08/2010	13/10/2010	B5	2010	2924043	Aparcamiento	441
13/10/2010	09/12/2010	B6	2010	2924043	Aparcamiento	975
01/01/2010	26/02/2010	B1	2010	2941019	P.Valdivia	75
26/02/2010	27/04/2010	B2	2010	2941019	P.Valdivia	104
27/04/2010	24/06/2010	B3	2010	2941019	P.Valdivia	104
24/06/2010	18/08/2010	B4	2010	2941019	P.Valdivia	104
18/08/2010	13/10/2010	B5	2010	2941019	P.Valdivia	57
13/10/2010	09/12/2010	B6	2010	2941019	P.Valdivia	74
01/01/2010	26/02/2010	B1	2010	2923033	Tenis	697
26/02/2010	27/04/2010	B2	2010	2923033	Tenis	858
27/04/2010	24/06/2010	B3	2010	2923033	Tenis	739
24/06/2010	18/08/2010	B4	2010	2923033	Tenis	1017
18/08/2010	13/10/2010	B5	2010	2923033	Tenis	796
13/10/2010	09/12/2010	B6	2010	2923033	Tenis	2029
09/12/2010	09/02/2011	B1	2011	114174	Hall	242

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
09/02/2011	08/04/2011	B2	2011	114174	Hall	233
08/04/2011	01/06/2011	B3	2011	114174	Hall	267
01/06/2011	20/09/2011	B4	2011	114174	Hall	408
20/09/2011	28/10/2011	B5	2011	114174	Hall	278
28/10/2011	28/12/2011	B6	2011	114174	Hall	212
09/12/2010	09/02/2011	B1	2011	114073	Hall pared	291
09/02/2011	08/04/2011	B2	2011	114073	Hall pared	283
08/04/2011	01/06/2011	B3	2011	114073	Hall pared	316
01/06/2011	20/09/2011	B4	2011	114073	Hall pared	453
20/09/2011	28/10/2011	B5	2011	114073	Hall pared	340
28/10/2011	28/12/2011	B6	2011	114073	Hall pared	265
09/12/2010	09/02/2011	B1	2011	2924043	Aparcamiento	868
09/02/2011	08/04/2011	B2	2011	2924043	Aparcamiento	874
08/04/2011	01/06/2011	B3	2011	2924043	Aparcamiento	975
01/06/2011	20/09/2011	B4	2011	2924043	Aparcamiento	1237
20/09/2011	28/10/2011	B5	2011	2924043	Aparcamiento	1038
28/10/2011	28/12/2011	B6	2011	2924043	Aparcamiento	1130
09/12/2010	09/02/2011	B1	2011	2941019	P.Valdivia	49
09/02/2011	08/04/2011	B2	2011	2941019	P.Valdivia	76
08/04/2011	01/06/2011	B3	2011	2941019	P.Valdivia	83
01/06/2011	20/09/2011	B4	2011	2941019	P.Valdivia	150
20/09/2011	28/10/2011	B5	2011	2941019	P.Valdivia	69
28/10/2011	28/12/2011	B6	2011	2941019	P.Valdivia	64
09/12/2010	09/02/2011	B1	2011	2923033	Tenis	766
09/02/2011	08/04/2011	B2	2011	2923033	Tenis	929
08/04/2011	01/06/2011	B3	2011	2923033	Tenis	903
01/06/2011	20/09/2011	B4	2011	2923033	Tenis	2234
20/09/2011	28/10/2011	B5	2011	2923033	Tenis	1047
28/10/2011	28/12/2011	B6	2011	2923033	Tenis	376
28/12/2011	22/02/2012	B1	2012	114174	Hall	160
22/02/2012	20/04/2012	B2	2012	114174	Hall	174
20/04/2012	19/06/2012	B3	2012	114174	Hall	154
19/06/2012	13/08/2012	B4	2012	114174	Hall	94
13/08/2012	08/10/2012	B5	2012	114174	Hall	102
08/10/2012	05/12/2012	B6	2012	114174	Hall	181
28/12/2011	22/02/2012	B1	2012	114073	Hall pared	201
22/02/2012	20/04/2012	B2	2012	114073	Hall pared	223
20/04/2012	19/06/2012	B3	2012	114073	Hall pared	210
19/06/2012	13/08/2012	B4	2012	114073	Hall pared	122
13/08/2012	08/10/2012	B5	2012	114073	Hall pared	125
08/10/2012	05/12/2012	B6	2012	114073	Hall pared	217
28/12/2011	22/02/2012	B1	2012	2924043	Aparcamiento	922
22/02/2012	20/04/2012	B2	2012	2924043	Aparcamiento	1054

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
20/04/2012	19/06/2012	B3	2012	2924043	Aparcamiento	886
19/06/2012	13/08/2012	B4	2012	2924043	Aparcamiento	883
13/08/2012	08/10/2012	B5	2012	2924043	Aparcamiento	2167
08/10/2012	05/12/2012	B6	2012	2924043	Aparcamiento	1947
28/12/2011	22/02/2012	B1	2012	2941019	P.Valdivia	62
22/02/2012	20/04/2012	B2	2012	2941019	P.Valdivia	162
20/04/2012	19/06/2012	B3	2012	2941019	P.Valdivia	82
19/06/2012	13/08/2012	B4	2012	2941019	P.Valdivia	73
13/08/2012	08/10/2012	B5	2012	2941019	P.Valdivia	64
08/10/2012	05/12/2012	B6	2012	2941019	P.Valdivia	91
28/12/2011	22/02/2012	B1	2012	2923033	Tenis	373
22/02/2012	20/04/2012	B2	2012	2923033	Tenis	478
20/04/2012	19/06/2012	B3	2012	2923033	Tenis	577
19/06/2012	13/08/2012	B4	2012	2923033	Tenis	1332
13/08/2012	08/10/2012	B5	2012	2923033	Tenis	897
08/10/2012	05/12/2012	B6	2012	2923033	Tenis	402
05/12/2012	07/02/2013	B1	2013	114174	Hall	141
07/02/2013	10/04/2013	B2	2013	114174	Hall	173
10/04/2013	11/06/2013	B3	2013	114174	Hall	185
11/06/2013	07/08/2013	B4	2013	114174	Hall	120
07/08/2013	07/10/2013	B5	2013	114174	Hall	103
07/10/2013	04/12/2013	B6	2013	114174	Hall	219
05/12/2012	07/02/2013	B1	2013	114073	Hall pared	171
07/02/2013	10/04/2013	B2	2013	114073	Hall pared	209
10/04/2013	11/06/2013	B3	2013	114073	Hall pared	225
11/06/2013	07/08/2013	B4	2013	114073	Hall pared	151
07/08/2013	07/10/2013	B5	2013	114073	Hall pared	127
07/10/2013	04/12/2013	B6	2013	114073	Hall pared	261
05/12/2012	07/02/2013	B1	2013	2924043	Aparcamiento	907
07/02/2013	10/04/2013	B2	2013	2924043	Aparcamiento	1217
10/04/2013	11/06/2013	B3	2013	2924043	Aparcamiento	1049
11/06/2013	07/08/2013	B4	2013	2924043	Aparcamiento	660
07/08/2013	07/10/2013	B5	2013	2924043	Aparcamiento	714
07/10/2013	04/12/2013	B6	2013	2924043	Aparcamiento	619
05/12/2012	07/02/2013	B1	2013	2941019	P.Valdivia	75
07/02/2013	10/04/2013	B2	2013	2941019	P.Valdivia	109
10/04/2013	11/06/2013	B3	2013	2941019	P.Valdivia	93
11/06/2013	07/08/2013	B4	2013	2941019	P.Valdivia	84
07/08/2013	07/10/2013	B5	2013	2941019	P.Valdivia	163
07/10/2013	04/12/2013	B6	2013	2941019	P.Valdivia	78
05/12/2012	07/02/2013	B1	2013	2923033	Tenis	638
07/02/2013	10/04/2013	B2	2013	2923033	Tenis	798
10/04/2013	11/06/2013	B3	2013	2923033	Tenis	1539

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
11/06/2013	07/08/2013	B4	2013	2923033	Tenis	1053
07/08/2013	07/10/2013	B5	2013	2923033	Tenis	934
07/10/2013	04/12/2013	B6	2013	2923033	Tenis	1127
04/12/2013	07/02/2014	B1	2014	114174	Hall	153
07/02/2014	07/04/2014	B2	2014	114174	Hall	187
07/04/2014	10/06/2014	B3	2014	114174	Hall	172
10/06/2014	08/08/2014	B4	2014	114174	Hall	104
08/08/2014	07/10/2014	B5	2014	114174	Hall	188
07/10/2014	04/12/2014	B6	2014	114174	Hall	226
04/12/2013	07/02/2014	B1	2014	114073	Hall pared	186
07/02/2014	07/04/2014	B2	2014	114073	Hall pared	224
07/04/2014	10/06/2014	B3	2014	114073	Hall pared	208
10/06/2014	08/08/2014	B4	2014	114073	Hall pared	132
08/08/2014	07/10/2014	B5	2014	114073	Hall pared	225
07/10/2014	04/12/2014	B6	2014	114073	Hall pared	282
04/12/2013	07/02/2014	B1	2014	2924043	Aparcamiento	731
07/02/2014	07/04/2014	B2	2014	2924043	Aparcamiento	772
07/04/2014	10/06/2014	B3	2014	2924043	Aparcamiento	518
10/06/2014	08/08/2014	B4	2014	2924043	Aparcamiento	607
08/08/2014	07/10/2014	B5	2014	2924043	Aparcamiento	905
07/10/2014	04/12/2014	B6	2014	2924043	Aparcamiento	986
04/12/2013	07/02/2014	B1	2014	2941019	P.Valdivia	107
07/02/2014	07/04/2014	B2	2014	2941019	P.Valdivia	165
07/04/2014	10/06/2014	B3	2014	2941019	P.Valdivia	197
10/06/2014	08/08/2014	B4	2014	2941019	P.Valdivia	249
08/08/2014	07/10/2014	B5	2014	2941019	P.Valdivia	273
07/10/2014	04/12/2014	B6	2014	2941019	P.Valdivia	84
04/12/2013	07/02/2014	B1	2014	2923033	Tenis	384
07/02/2014	07/04/2014	B2	2014	2923033	Tenis	647
07/04/2014	10/06/2014	B3	2014	2923033	Tenis	997
10/06/2014	08/08/2014	B4	2014	2923033	Tenis	965
08/08/2014	07/10/2014	B5	2014	2923033	Tenis	1351
07/10/2014	04/12/2014	B6	2014	2923033	Tenis	651
04/12/2014	09/02/2015	B1	2015	114174	Hall	200
09/02/2015	10/04/2015	B2	2015	114174	Hall	226
10/04/2015	12/06/2015	B3	2015	114174	Hall	213
12/06/2015	10/08/2015	B4	2015	114174	Hall	164
10/08/2015	06/10/2015	B5	2015	114174	Hall	168
06/10/2015	04/12/2015	B6	2015	114174	Hall	270
04/12/2014	09/02/2015	B1	2015	114073	Hall pared	246
09/02/2015	10/04/2015	B2	2015	114073	Hall pared	279
10/04/2015	12/06/2015	B3	2015	114073	Hall pared	264
12/06/2015	10/08/2015	B4	2015	114073	Hall pared	152

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
10/08/2015	06/10/2015	B5	2015	114073	Hall pared	207
06/10/2015	04/12/2015	B6	2015	114073	Hall pared	295
04/12/2014	09/02/2015	B1	2015	2924043	Aparcamiento	857
09/02/2015	10/04/2015	B2	2015	2924043	Aparcamiento	1013
10/04/2015	12/06/2015	B3	2015	2924043	Aparcamiento	911
12/06/2015	10/08/2015	B4	2015	2924043	Aparcamiento	645
10/08/2015	06/10/2015	B5	2015	2924043	Aparcamiento	97
06/10/2015	04/12/2015	B6	2015	2924043	Aparcamiento	842
04/12/2014	09/02/2015	B1	2015	2941019	P.Valdivia	263
09/02/2015	10/04/2015	B2	2015	2941019	P.Valdivia	251
10/04/2015	12/06/2015	B3	2015	2941019	P.Valdivia	175
12/06/2015	10/08/2015	B4	2015	2941019	P.Valdivia	186
10/08/2015	06/10/2015	B5	2015	2941019	P.Valdivia	288
06/10/2015	04/12/2015	B6	2015	2941019	P.Valdivia	121
04/12/2014	09/02/2015	B1	2015	2923033	Tenis	563
09/02/2015	10/04/2015	B2	2015	2923033	Tenis	581
10/04/2015	12/06/2015	B3	2015	2923033	Tenis	1003
12/06/2015	10/08/2015	B4	2015	2923033	Tenis	1027
10/08/2015	06/10/2015	B5	2015	2923033	Tenis	1067
06/10/2015	04/12/2015	B6	2015	2923033	Tenis	767
04/12/2015	10/02/2016	B1	2016	114174	Hall	252
10/02/2016	11/04/2016	B2	2016	114174	Hall	246
11/04/2016	09/07/2016	B3	2016	114174	Hall	220
09/07/2016	08/08/2016	B4	2016	114174	Hall	169
08/08/2016	05/10/2016	B5	2016	114174	Hall	144
05/10/2016	07/12/2016	B6	2016	114174	Hall	297
04/12/2015	10/02/2016	B1	2016	114073	Hall pared	287
10/02/2016	11/04/2016	B2	2016	114073	Hall pared	274
11/04/2016	09/07/2016	B3	2016	114073	Hall pared	262
09/07/2016	08/08/2016	B4	2016	114073	Hall pared	190
08/08/2016	05/10/2016	B5	2016	114073	Hall pared	154
05/10/2016	07/12/2016	B6	2016	114073	Hall pared	337
04/12/2015	10/02/2016	B1	2016	2924043	Aparcamiento	675
10/02/2016	11/04/2016	B2	2016	2924043	Aparcamiento	854
11/04/2016	09/07/2016	B3	2016	2924043	Aparcamiento	665
09/07/2016	08/08/2016	B4	2016	2924043	Aparcamiento	500
08/08/2016	05/10/2016	B5	2016	2924043	Aparcamiento	583
05/10/2016	07/12/2016	B6	2016	2924043	Aparcamiento	837
04/12/2015	10/02/2016	B1	2016	2941019	P.Valdivia	424
10/02/2016	11/04/2016	B2	2016	2941019	P.Valdivia	257
11/04/2016	09/07/2016	B3	2016	2941019	P.Valdivia	172
09/07/2016	08/08/2016	B4	2016	2941019	P.Valdivia	249
08/08/2016	05/10/2016	B5	2016	2941019	P.Valdivia	419

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
05/10/2016	07/12/2016	B6	2016	2941019	P.Valdivia	147
04/12/2015	10/02/2016	B1	2016	2923033	Tenis	492
10/02/2016	11/04/2016	B2	2016	2923033	Tenis	596
11/04/2016	09/07/2016	B3	2016	2923033	Tenis	978
09/07/2016	08/08/2016	B4	2016	2923033	Tenis	1032
08/08/2016	05/10/2016	B5	2016	2923033	Tenis	1054
05/10/2016	07/12/2016	B6	2016	2923033	Tenis	631
07/12/2016	07/02/2017	B1	2017	114174	Hall	250
07/02/2017	06/04/2017	B2	2017	114174	Hall	264
06/04/2017	09/06/2017	B3	2017	114174	Hall	181
09/06/2017	07/08/2017	B4	2017	114174	Hall	143
07/08/2017	04/10/2017	B5	2017	114174	Hall	159
04/10/2017	05/12/2017	B6	2017	114174	Hall	337
07/12/2016	07/02/2017	B1	2017	114073	Hall pared	282
07/02/2017	06/04/2017	B2	2017	114073	Hall pared	298
06/04/2017	09/06/2017	B3	2017	114073	Hall pared	206
09/06/2017	07/08/2017	B4	2017	114073	Hall pared	166
07/08/2017	04/10/2017	B5	2017	114073	Hall pared	184
04/10/2017	05/12/2017	B6	2017	114073	Hall pared	344
07/12/2016	07/02/2017	B1	2017	2924043	Aparcamiento	503
07/02/2017	06/04/2017	B2	2017	2924043	Aparcamiento	684
06/04/2017	09/06/2017	B3	2017	2924043	Aparcamiento	464
09/06/2017	07/08/2017	B4	2017	2924043	Aparcamiento	550
07/08/2017	04/10/2017	B5	2017	2924043	Aparcamiento	606
04/10/2017	05/12/2017	B6	2017	2924043	Aparcamiento	904
07/12/2016	07/02/2017	B1	2017	2941019	P.Valdivia	140
07/02/2017	06/04/2017	B2	2017	2941019	P.Valdivia	334
06/04/2017	09/06/2017	B3	2017	2941019	P.Valdivia	343
09/06/2017	07/08/2017	B4	2017	2941019	P.Valdivia	260
07/08/2017	04/10/2017	B5	2017	2941019	P.Valdivia	208
04/10/2017	05/12/2017	B6	2017	2941019	P.Valdivia	377
07/12/2016	07/02/2017	B1	2017	2923033	Tenis	540
07/02/2017	06/04/2017	B2	2017	2923033	Tenis	629
06/04/2017	09/06/2017	B3	2017	2923033	Tenis	1879
09/06/2017	07/08/2017	B4	2017	2923033	Tenis	1053
07/08/2017	04/10/2017	B5	2017	2923033	Tenis	822
04/10/2017	05/12/2017	B6	2017	2923033	Tenis	674
05/12/2017	06/02/2018	B1	2018	114174	Hall	296
06/02/2018	06/04/2018	B2	2018	114174	Hall	253
06/04/2018	08/06/2018	B3	2018	114174	Hall	278
08/06/2018	06/08/2018	B4	2018	114174	Hall	201
06/08/2018	03/10/2018	B5	2018	114174	Hall	118
03/10/2018	04/12/2018	B6	2018	114174	Hall	200

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
05/12/2017	06/02/2018	B1	2018	114073	Hall pared	220
06/02/2018	06/04/2018	B2	2018	114073	Hall pared	295
06/04/2018	08/06/2018	B3	2018	114073	Hall pared	328
08/06/2018	06/08/2018	B4	2018	114073	Hall pared	211
06/08/2018	03/10/2018	B5	2018	114073	Hall pared	125
03/10/2018	04/12/2018	B6	2018	114073	Hall pared	214
05/12/2017	06/02/2018	B1	2018	2924043	Aparcamiento	675
06/02/2018	06/04/2018	B2	2018	2924043	Aparcamiento	1075
06/04/2018	08/06/2018	B3	2018	2924043	Aparcamiento	860
08/06/2018	06/08/2018	B4	2018	2924043	Aparcamiento	367
06/08/2018	03/10/2018	B5	2018	2924043	Aparcamiento	690
03/10/2018	04/12/2018	B6	2018	2924043	Aparcamiento	1118
05/12/2017	06/02/2018	B1	2018	2941019	P.Valdivia	206
06/02/2018	06/04/2018	B2	2018	2941019	P.Valdivia	66
06/04/2018	08/06/2018	B3	2018	2941019	P.Valdivia	318
08/06/2018	06/08/2018	B4	2018	2941019	P.Valdivia	257
06/08/2018	03/10/2018	B5	2018	2941019	P.Valdivia	334
03/10/2018	04/12/2018	B6	2018	2941019	P.Valdivia	260
05/12/2017	06/02/2018	B1	2018	2923033	Tenis	602
06/02/2018	06/04/2018	B2	2018	2923033	Tenis	652
06/04/2018	08/06/2018	B3	2018	2923033	Tenis	843
08/06/2018	06/08/2018	B4	2018	2923033	Tenis	824
06/08/2018	03/10/2018	B5	2018	2923033	Tenis	714
03/10/2018	04/12/2018	B6	2018	2923033	Tenis	532
04/12/2018	07/02/2019	B1	2019	114174	Hall	187
07/02/2019	05/04/2019	B2	2019	114174	Hall	199
05/04/2019	10/06/2019	B3	2019	114174	Hall	149
10/06/2019	06/08/2019	B4	2019	114174	Hall	110
06/08/2019	04/10/2019	B5	2019	114174	Hall	94
04/10/2019	03/12/2019	B6	2019	114174	Hall	164
04/12/2018	07/02/2019	B1	2019	114073	Hall pared	197
07/02/2019	05/04/2019	B2	2019	114073	Hall pared	209
05/04/2019	10/06/2019	B3	2019	114073	Hall pared	162
10/06/2019	06/08/2019	B4	2019	114073	Hall pared	120
06/08/2019	04/10/2019	B5	2019	114073	Hall pared	102
04/10/2019	03/12/2019	B6	2019	114073	Hall pared	172
04/12/2018	07/02/2019	B1	2019	2924043	Aparcamiento	849
07/02/2019	05/04/2019	B2	2019	2924043	Aparcamiento	1041
05/04/2019	10/06/2019	B3	2019	2924043	Aparcamiento	1065
10/06/2019	06/08/2019	B4	2019	2924043	Aparcamiento	442
06/08/2019	04/10/2019	B5	2019	2924043	Aparcamiento	663
04/10/2019	03/12/2019	B6	2019	2924043	Aparcamiento	1078
04/12/2018	07/02/2019	B1	2019	2941019	P.Valdivia	145

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
07/02/2019	05/04/2019	B2	2019	2941019	P.Valdivia	292
05/04/2019	10/06/2019	B3	2019	2941019	P.Valdivia	297
10/06/2019	06/08/2019	B4	2019	2941019	P.Valdivia	257
06/08/2019	04/10/2019	B5	2019	2941019	P.Valdivia	266
04/10/2019	03/12/2019	B6	2019	2941019	P.Valdivia	296
04/12/2018	07/02/2019	B1	2019	2923033	Tenis	397
07/02/2019	05/04/2019	B2	2019	2923033	Tenis	356
05/04/2019	10/06/2019	B3	2019	2923033	Tenis	643
10/06/2019	06/08/2019	B4	2019	2923033	Tenis	891
06/08/2019	04/10/2019	B5	2019	2923033	Tenis	1152
04/10/2019	03/12/2019	B6	2019	2923033	Tenis	620
03/12/2019	07/02/2020	B1	2020	114174	Hall	249
07/02/2020	06/04/2020	B2	2020	114174	Hall	229
06/04/2020	09/06/2020	B3	2020	114174	Hall	0
09/06/2020	06/08/2020	B4	2020	114174	Hall	154
06/08/2020	02/10/2020	B5	2020	114174	Hall	0
02/10/2020	03/12/2020	B6	2020	114174	Hall	0
03/12/2019	07/02/2020	B1	2020	114073	Hall pared	215
07/02/2020	06/04/2020	B2	2020	114073	Hall pared	255
06/04/2020	09/06/2020	B3	2020	114073	Hall pared	0
09/06/2020	06/08/2020	B4	2020	114073	Hall pared	164
06/08/2020	02/10/2020	B5	2020	114073	Hall pared	0
02/10/2020	03/12/2020	B6	2020	114073	Hall pared	0
03/12/2019	07/02/2020	B1	2020	2924043	Aparcamiento	23
07/02/2020	06/04/2020	B2	2020	2924043	Aparcamiento	1076
06/04/2020	09/06/2020	B3	2020	2924043	Aparcamiento	953
09/06/2020	06/08/2020	B4	2020	2924043	Aparcamiento	456
06/08/2020	02/10/2020	B5	2020	2924043	Aparcamiento	0
02/10/2020	03/12/2020	B6	2020	2924043	Aparcamiento	0
03/12/2019	07/02/2020	B1	2020	2941019	P.Valdivia	198
07/02/2020	06/04/2020	B2	2020	2941019	P.Valdivia	177
06/04/2020	09/06/2020	B3	2020	2941019	P.Valdivia	305
09/06/2020	06/08/2020	B4	2020	2941019	P.Valdivia	277
06/08/2020	02/10/2020	B5	2020	2941019	P.Valdivia	272
02/10/2020	03/12/2020	B6	2020	2941019	P.Valdivia	270
03/12/2019	07/02/2020	B1	2020	2923033	Tenis	525
07/02/2020	06/04/2020	B2	2020	2923033	Tenis	510
06/04/2020	09/06/2020	B3	2020	2923033	Tenis	739
09/06/2020	06/08/2020	B4	2020	2923033	Tenis	915
06/08/2020	02/10/2020	B5	2020	2923033	Tenis	0
02/10/2020	03/12/2020	B6	2020	2923033	Tenis	80
03/12/2020	02/11/2021	B1	2021	114174	Hall	0
02/11/2021	14/04/2021	B2	2021	114174	Hall	73

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
14/04/2021	11/06/2021	B3	2021	114174	Hall	112
11/06/2021	09/08/2021	B4	2021	114174	Hall	87
09/08/2021	05/10/2021	B5	2021	114174	Hall	55
05/10/2021	07/12/2021	B6	2021	114174	Hall	147
03/12/2020	02/11/2021	B1	2021	114073	Hall pared	60
02/11/2021	14/04/2021	B2	2021	114073	Hall pared	76
14/04/2021	11/06/2021	B3	2021	114073	Hall pared	127
11/06/2021	09/08/2021	B4	2021	114073	Hall pared	93
09/08/2021	05/10/2021	B5	2021	114073	Hall pared	79
05/10/2021	07/12/2021	B6	2021	114073	Hall pared	152
03/12/2020	02/11/2021	B1	2021	2924043	Aparcamiento	0
02/11/2021	14/04/2021	B2	2021	2924043	Aparcamiento	566
14/04/2021	11/06/2021	B3	2021	2924043	Aparcamiento	468
11/06/2021	09/08/2021	B4	2021	2924043	Aparcamiento	281
09/08/2021	05/10/2021	B5	2021	2924043	Aparcamiento	271
05/10/2021	07/12/2021	B6	2021	2924043	Aparcamiento	565
03/12/2020	02/11/2021	B1	2021	2941019	P.Valdivia	237
02/11/2021	14/04/2021	B2	2021	2941019	P.Valdivia	210
14/04/2021	11/06/2021	B3	2021	2941019	P.Valdivia	268
11/06/2021	09/08/2021	B4	2021	2941019	P.Valdivia	273
09/08/2021	05/10/2021	B5	2021	2941019	P.Valdivia	481
05/10/2021	07/12/2021	B6	2021	2941019	P.Valdivia	101
03/12/2020	02/11/2021	B1	2021	2923033	Tenis	303
02/11/2021	14/04/2021	B2	2021	2923033	Tenis	277
14/04/2021	11/06/2021	B3	2021	2923033	Tenis	505
11/06/2021	09/08/2021	B4	2021	2923033	Tenis	746
09/08/2021	05/10/2021	B5	2021	2923033	Tenis	0
05/10/2021	07/12/2021	B6	2021	2923033	Tenis	0
07/12/2021	08/02/2022	B1	2022	114174	Hall	49
08/02/2022	06/04/2022	B2	2022	114174	Hall	128
06/04/2022	08/06/2022	B3	2022	114174	Hall	130
08/06/2022	05/08/2022	B4	2022	114174	Hall	61
05/08/2022	05/10/2022	B5	2022	114174	Hall	62
05/10/2022	07/12/2022	B6	2022	114174	Hall	127
07/12/2021	08/02/2022	B1	2022	114073	Hall pared	30
08/02/2022	06/04/2022	B2	2022	114073	Hall pared	133
06/04/2022	08/06/2022	B3	2022	114073	Hall pared	131
08/06/2022	05/08/2022	B4	2022	114073	Hall pared	68
05/08/2022	05/10/2022	B5	2022	114073	Hall pared	66
05/10/2022	07/12/2022	B6	2022	114073	Hall pared	131
07/12/2021	08/02/2022	B1	2022	2924043	Aparcamiento	13
08/02/2022	06/04/2022	B2	2022	2924043	Aparcamiento	260
06/04/2022	08/06/2022	B3	2022	2924043	Aparcamiento	254

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
08/06/2022	05/08/2022	B4	2022	2924043	Aparcamiento	138
05/08/2022	05/10/2022	B5	2022	2924043	Aparcamiento	145
05/10/2022	07/12/2022	B6	2022	2924043	Aparcamiento	282
07/12/2021	08/02/2022	B1	2022	2941019	P.Valdivia	101
08/02/2022	06/04/2022	B2	2022	2941019	P.Valdivia	92
06/04/2022	08/06/2022	B3	2022	2941019	P.Valdivia	101
08/06/2022	05/08/2022	B4	2022	2941019	P.Valdivia	93
05/08/2022	05/10/2022	B5	2022	2941019	P.Valdivia	98
05/10/2022	07/12/2022	B6	2022	2941019	P.Valdivia	316
07/12/2021	08/02/2022	B1	2022	2923033	Tenis	0
08/02/2022	06/04/2022	B2	2022	2923033	Tenis	379
06/04/2022	08/06/2022	B3	2022	2923033	Tenis	773
08/06/2022	05/08/2022	B4	2022	2923033	Tenis	590
05/08/2022	05/10/2022	B5	2022	2923033	Tenis	3725
05/10/2022	07/12/2022	B6	2022	2923033	Tenis	847
07/12/2022	07/02/2023	B1	2023	114174	Hall	115
07/02/2023	10/04/2023	B2	2023	114174	Hall	128
10/04/2023	09/06/2023	B3	2023	114174	Hall	117
09/06/2023	07/08/2023	B4	2023	114174	Hall	68
07/08/2023	04/10/2023	B5	2023	114174	Hall	71
04/10/2023	05/12/2023	B6	2023	114174	Hall	147
07/12/2022	07/02/2023	B1	2023	114073	Hall pared	118
07/02/2023	10/04/2023	B2	2023	114073	Hall pared	133
10/04/2023	09/06/2023	B3	2023	114073	Hall pared	122
09/06/2023	07/08/2023	B4	2023	114073	Hall pared	81
07/08/2023	04/10/2023	B5	2023	114073	Hall pared	74
04/10/2023	05/12/2023	B6	2023	114073	Hall pared	154
07/12/2022	07/02/2023	B1	2023	2924043	Aparcamiento	8
07/02/2023	10/04/2023	B2	2023	2924043	Aparcamiento	424
10/04/2023	09/06/2023	B3	2023	2924043	Aparcamiento	495
09/06/2023	07/08/2023	B4	2023	2924043	Aparcamiento	284
07/08/2023	04/10/2023	B5	2023	2924043	Aparcamiento	350
04/10/2023	05/12/2023	B6	2023	2924043	Aparcamiento	654
07/12/2022	07/02/2023	B1	2023	2941019	P.Valdivia	311
07/02/2023	10/04/2023	B2	2023	2941019	P.Valdivia	0
10/04/2023	09/06/2023	B3	2023	2941019	P.Valdivia	301
09/06/2023	07/08/2023	B4	2023	2941019	P.Valdivia	83
07/08/2023	04/10/2023	B5	2023	2941019	P.Valdivia	75
04/10/2023	05/12/2023	B6	2023	2941019	P.Valdivia	49
07/12/2022	07/02/2023	B1	2023	2923033	Tenis	408
07/02/2023	10/04/2023	B2	2023	2923033	Tenis	539
10/04/2023	09/06/2023	B3	2023	2923033	Tenis	734
09/06/2023	07/08/2023	B4	2023	2923033	Tenis	1442

Initial date	Final date	Bimester	Year	# water meter	Location	Water consume (m <sup>3</sup> )
07/08/2023	04/10/2023	B5	2023	2923033	Tenis	91
04/10/2023	05/12/2023	B6	2023	2923033	Tenis	436

## ANEXO D: Consumo de electricidad en la ETSII

Fuente: Departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad Social

Date	Year	Month - Year	Electricity consumption (kWh)
01/01/2004	2004	ene-04	249128
01/02/2004	2004	feb-04	246981
01/03/2004	2004	mar-04	269802
01/04/2004	2004	abr-04	221722
01/05/2004	2004	may-04	239918
01/06/2004	2004	jun-04	278325
01/07/2004	2004	jul-04	275896
01/08/2004	2004	ago-04	147866
01/09/2004	2004	sep-04	256121
01/10/2004	2004	oct-04	237941
01/11/2004	2004	nov-04	255906
01/12/2004	2004	dic-04	237654
01/01/2005	2005	ene-05	261570
01/02/2005	2005	feb-05	271509
01/03/2005	2005	mar-05	248193
01/04/2005	2005	abr-05	232261
01/05/2005	2005	may-05	242384
01/06/2005	2005	jun-05	296302
01/07/2005	2005	jul-05	282546
01/08/2005	2005	ago-05	151113
01/09/2005	2005	sep-05	240952
01/10/2005	2005	oct-05	228533
01/11/2005	2005	nov-05	252912
01/12/2005	2005	dic-05	244397
01/01/2006	2006	ene-06	269577
01/02/2006	2006	feb-06	257983
01/03/2006	2006	mar-06	261174
01/04/2006	2006	abr-06	186484
01/05/2006	2006	may-06	257731
01/06/2006	2006	jun-06	303568
01/07/2006	2006	jul-06	295973
01/08/2006	2006	ago-06	152962
01/09/2006	2006	sep-06	260689
01/10/2006	2006	oct-06	241049
01/11/2006	2006	nov-06	238034
01/12/2006	2006	dic-06	235132
01/01/2007	2007	ene-07	277322
01/02/2007	2007	feb-07	246200

Date	Year	Month - Year	Electricity consumption (kWh)
01/03/2007	2007	mar-07	262822
01/04/2007	2007	abr-07	208282
01/05/2007	2007	may-07	240067
01/06/2007	2007	jun-07	256588
01/07/2007	2007	jul-07	268276
01/08/2007	2007	ago-07	159610
01/09/2007	2007	sep-07	248622
01/10/2007	2007	oct-07	250973
01/11/2007	2007	nov-07	247558
01/12/2007	2007	dic-07	233037
01/01/2008	2008	ene-08	252149
01/02/2008	2008	feb-08	242938
01/03/2008	2008	mar-08	218168
01/04/2008	2008	abr-08	244282
01/05/2008	2008	may-08	223602
01/06/2008	2008	jun-08	259731
01/07/2008	2008	jul-08	251301
01/08/2008	2008	ago-08	147982
01/09/2008	2008	sep-08	245718
01/10/2008	2008	oct-08	261863
01/11/2008	2008	nov-08	259102
01/12/2008	2008	dic-08	249307
01/01/2009	2009	ene-09	276043
01/02/2009	2009	feb-09	250389
01/03/2009	2009	mar-09	246756
01/04/2009	2009	abr-09	226600
01/05/2009	2009	may-09	251241
01/06/2009	2009	jun-09	294760
01/07/2009	2009	jul-09	318991
01/08/2009	2009	ago-09	180209
01/09/2009	2009	sep-09	271339
01/10/2009	2009	oct-09	262840
01/11/2009	2009	nov-09	254457
01/12/2009	2009	dic-09	257777
01/01/2010	2010	ene-10	275868
01/02/2010	2010	feb-10	274082
01/03/2010	2010	mar-10	262465
01/04/2010	2010	abr-10	241762
01/05/2010	2010	may-10	263648
01/06/2010	2010	jun-10	264044
01/07/2010	2010	jul-10	320719
01/08/2010	2010	ago-10	165818
01/09/2010	2010	sep-10	277671

Date	Year	Month - Year	Electricity consumption (kWh)
01/10/2010	2010	oct-10	247558
01/11/2010	2010	nov-10	260764
01/12/2010	2010	dic-10	249830
01/01/2011	2011	ene-11	248545
01/02/2011	2011	feb-11	248544
01/03/2011	2011	mar-11	271397
01/04/2011	2011	abr-11	210781
01/05/2011	2011	may-11	247912
01/06/2011	2011	jun-11	265355
01/07/2011	2011	jul-11	272714
01/08/2011	2011	ago-11	151754
01/09/2011	2011	sep-11	257637
01/10/2011	2011	oct-11	248782
01/11/2011	2011	nov-11	233771
01/12/2011	2011	dic-11	221503
01/01/2012	2012	ene-12	221230
01/02/2012	2012	feb-12	240501
01/03/2012	2012	mar-12	209484
01/04/2012	2012	abr-12	185834
01/05/2012	2012	may-12	215770
01/06/2012	2012	jun-12	239803
01/07/2012	2012	jul-12	239845
01/08/2012	2012	ago-12	124918
01/09/2012	2012	sep-12	218248
01/10/2012	2012	oct-12	217022
01/11/2012	2012	nov-12	207256
01/12/2012	2012	dic-12	180498
01/01/2013	2013	ene-13	212242
01/02/2013	2013	feb-13	210323
01/03/2013	2013	mar-13	182734
01/04/2013	2013	abr-13	208824
01/05/2013	2013	may-13	193247
01/06/2013	2013	jun-13	198577
01/07/2013	2013	jul-13	253951
01/08/2013	2013	ago-13	126333
01/09/2013	2013	sep-13	213524
01/10/2013	2013	oct-13	221941
01/11/2013	2013	nov-13	207863
01/12/2013	2013	dic-13	185862
01/01/2014	2014	ene-14	199740
01/02/2014	2014	feb-14	208278
01/03/2014	2014	mar-14	200357
01/04/2014	2014	abr-14	172786
01/05/2014	2014	may-14	191478

Date	Year	Month - Year	Electricity consumption (kWh)
01/06/2014	2014	jun-14	194842
01/07/2014	2014	jul-14	218685
01/08/2014	2014	ago-14	110519
01/09/2014	2014	sep-14	219979
01/10/2014	2014	oct-14	210556
01/11/2014	2014	nov-14	192007
01/12/2014	2014	dic-14	177668
01/01/2015	2015	ene-15	183494
01/02/2015	2015	feb-15	203599
01/03/2015	2015	mar-15	188945
01/04/2015	2015	abr-15	175849
01/05/2015	2015	may-15	196361
01/06/2015	2015	jun-15	216554
01/07/2015	2015	jul-15	267394
01/08/2015	2015	ago-15	119971
01/09/2015	2015	sep-15	206244
01/10/2015	2015	oct-15	194128
01/11/2015	2015	nov-15	182186
01/12/2015	2015	dic-15	204761
01/01/2016	2016	ene-16	188235
01/02/2016	2016	feb-16	218155
01/03/2016	2016	mar-16	196377
01/04/2016	2016	abr-16	203094
01/05/2016	2016	may-16	190937
01/06/2016	2016	jun-16	220143
01/07/2016	2016	jul-16	233075
01/08/2016	2016	ago-16	118186
01/09/2016	2016	sep-16	239350
01/10/2016	2016	oct-16	211082
01/11/2016	2016	nov-16	218418
01/12/2016	2016	dic-16	192438
01/01/2017	2017	ene-17	215746
01/02/2017	2017	feb-17	220703
01/03/2017	2017	mar-17	223496
01/04/2017	2017	abr-17	167283
01/05/2017	2017	may-17	215853
01/06/2017	2017	jun-17	252559
01/07/2017	2017	jul-17	219944
01/08/2017	2017	ago-17	136845
01/09/2017	2017	sep-17	218286
01/10/2017	2017	oct-17	216193
01/11/2017	2017	nov-17	211766
01/12/2017	2017	dic-17	193205
01/01/2018	2018	ene-18	211254

Date	Year	Month - Year	Electricity consumption (kWh)
01/02/2018	2018	feb-18	221435
01/03/2018	2018	mar-18	209186
01/04/2018	2018	abr-18	212995
01/05/2018	2018	may-18	198579
01/06/2018	2018	jun-18	214370
01/07/2018	2018	jul-18	220666
01/08/2018	2018	ago-18	130258
01/09/2018	2018	sep-18	223327
01/10/2018	2018	oct-18	198634
01/11/2018	2018	nov-18	195742
01/12/2018	2018	dic-18	173108
01/01/2019	2019	ene-19	199602
01/02/2019	2019	feb-19	188038
01/03/2019	2019	mar-19	187625
01/04/2019	2019	abr-19	178930
01/05/2019	2019	may-19	192328
01/06/2019	2019	jun-19	215512
01/07/2019	2019	jul-19	237929
01/08/2019	2019	ago-19	134089
01/09/2019	2019	sep-19	195756
01/10/2019	2019	oct-19	207268
01/11/2019	2019	nov-19	199111
01/12/2019	2019	dic-19	170028
01/01/2020	2020	ene-20	190592
01/02/2020	2020	feb-20	174130
01/03/2020	2020	mar-20	128088
01/04/2020	2020	abr-20	91331
01/05/2020	2020	may-20	95389
01/06/2020	2020	jun-20	96037
01/07/2020	2020	jul-20	128068
01/08/2020	2020	ago-20	114465
01/09/2020	2020	sep-20	135113
01/10/2020	2020	oct-20	141826
01/11/2020	2020	nov-20	146521
01/12/2020	2020	dic-20	152992
01/01/2021	2021	ene-21	145084
01/02/2021	2021	feb-21	141782
01/03/2021	2021	mar-21	144129
01/04/2021	2021	abr-21	145852
01/05/2021	2021	may-21	144610
01/06/2021	2021	jun-21	159147
01/07/2021	2021	jul-21	178254
01/08/2021	2021	ago-21	127926
01/09/2021	2021	sep-21	163709

Date	Year	Month - Year	Electricity consumption (kWh)
01/10/2021	2021	oct-21	158923
01/11/2021	2021	nov-21	184036
01/12/2021	2021	dic-21	191404
01/01/2022	2022	ene-22	184399
01/02/2022	2022	feb-22	171554
01/03/2022	2022	mar-22	194351
01/04/2022	2022	abr-22	154476
01/05/2022	2022	may-22	172273
01/06/2022	2022	jun-22	188314
01/07/2022	2022	jul-22	199012
01/08/2022	2022	ago-22	129213
01/09/2022	2022	sep-22	155044
01/10/2022	2022	oct-22	129978
01/11/2022	2022	nov-22	141558
01/12/2022	2022	dic-22	135151
01/01/2023	2023	ene-23	145960
01/02/2023	2023	feb-23	141356
01/03/2023	2023	mar-23	149403
01/04/2023	2023	abr-23	128164
01/05/2023	2023	may-23	144149
01/06/2023	2023	jun-23	160525
01/07/2023	2023	jul-23	176516
01/08/2023	2023	ago-23	111137
01/09/2023	2023	sep-23	156209
01/10/2023	2023	oct-23	160098
01/11/2023	2023	nov-23	149586
01/12/2023	2023	dic-23	135348

## ANEXO E: Residuos anuales no peligrosos en la ETSII

Fuente: Departamento de Calidad, ODS y Responsabilidad Social

		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Non-hazardous wastes (kg)</b>	Paper - cardboard	7.920	11.040	12.960	11.300	12.480	15.120	18.960	19.920	25.680	11.050	1.840	6.420	5.320	2.240	2.720	5.140	4.520
	WEEEs - general items	2.260	765	3.171	2.650	164	1.399	2.897	400	467	1.657	755	1.199	1.632		485	874	2.991
	WEEEs - Fluorescent tubes and bulbs	144	125	198	201	217	49	100	300	276	97	111	247	358		120	572	125
	Vegetable oil	1.440	1.080	720	620	820	738	44	740	620	1.040	785	870	760			420	380
	Batteries												25	6	33	6	36	60
	Toner for printer													41	48	154	210	98

## ANEXO F: Caracterización de los aseos y vestuarios de la ETSII

Fuente: departamento de mantenimiento de la ETSII

DATOS DE ASEOS DE LA ETSII (Abril '21)												
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

EDIFICIO PRINCIPAL																
	ASEOS				INODOROS				Urina rios	LAVABOS				Verte d eros	Pilas Labo rat.	Duc has
	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados		Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados			
Planta Baja	3	2	7	1	4	3	7	1	8	4	3	7	1	2	15	2
Planta 1ª	5	5	7	1	10	7	9	1	17	11	6	9	1	3	18	0
Planta 2ª	5	5	2	1	13	13	2	1	18	14	11	2	1	2	56	0
Planta 3ª	3	4	2	1	6	10	3	1	1	4	7	3	1	1	37	0
Planta 4ª	2	2	0	2	3	5		2	7	4	5		2	2	0	0
Sótano	2	1	3	1	2	1	2	1	2	2	2	3	1	0	3	2

EDIFICIO AUTOMÁTICA																
	ASEOS				INODOROS				Urina rios	LAVABOS				Verte d eros	Pilas Labo rat.	Duc has
	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados		Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados			
Planta Baja	1	1		1	2	1		1	1	2	1		1		2	
Planta 1ª	1				1				2	1						

EDIFICIO NUCLEAR																
	ASEOS				INODOROS				Urina rios	LAVABOS				Verte d eros	Pilas Labo rat.	Duc has
	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados		Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados			
Planta Baja	1	1			2	1			2	2	1				1	1
Planta 1ª	1	1			2	1			1	1	1				1	
Planta 2ª	1	1			1	1			1	1	1					2

EDIFICIO MECÁNICA DE FLUIDOS																
	ASEOS				INODOROS				Urina rios	LAVABOS				Verte d eros	Pilas Labo rat.	Duc has
	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados		Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados			
Planta Baja			2				2					2			1	

EDIFICIO TECNOLOGÍA QUÍMICA																
	ASEOS				INODOROS				Urina rios	LAVABOS				Verte d eros	Pilas Labo rat.	Duc has
	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados		Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados			
Planta Baja			1				2					2			1	
Planta 1ª			1				1					1			8	

EDIFICIO LCOE																
	ASEOS				INODOROS				Urina rios	LAVABOS				Verte d eros	Pilas Labo rat.	Duc has
	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados	Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados		Caball eros	Seño ras	Mix tos	Discapac itados			
Planta Baja			2	1			3	1				2	1	2		1
Planta 1ª	2	2			3	2			1	3	2			1		
Planta 2ª	1	1			1	1				1	1					

EDIFICIO CEMIM																	
-	ASEOS				INODOROS				-	-	LAVABOS				-	-	-
	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados			Urinarior	Caballeros	Señoras	Mixtos			
Planta Baja			1				1					1					

EDIFICIO VESTUARIOS																	
-	ASEOS				INODOROS				-	-	LAVABOS				-	-	-
	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados			Urinarior	Caballeros	Señoras	Mixtos			
Planta Baja	1	1			3	3			3		3	3		2		6	

EDIFICIO GIMNASIO																	
-	ASEOS				INODOROS				-	-	LAVABOS				-	-	-
	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados			Urinarior	Caballeros	Señoras	Mixtos			
Planta Baja			1				1		2			2					
Planta 1ª	1	1			3	5			3		2	5		2		9	

EDIFICIO FABLAB																	
-	ASEOS				INODOROS				-	-	LAVABOS				-	-	-
	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados	Caballeros	Señoras	Mixtos	Discapacitados			Urinarior	Caballeros	Señoras	Mixtos			
Planta Baja	1	1			1	1					1	1					
	31	29	29	9	57	55	33	9			56	50	34	9			

<b>TOTAL</b>	<b>98</b>				<b>154</b>				<b>69</b>	<b>149</b>				<b>17</b>	<b>143</b>	<b>23</b>
--------------	-----------	--	--	--	------------	--	--	--	-----------	------------	--	--	--	-----------	------------	-----------

## ANEXO G: Detalle bimestral de los resultados de la Huella Hídrica en la ETSII entre 2006 y 2023.

Año	Bimestre	Huella azul (m3)	Huella verde (m3)	Huella gris (m3)	Huella directa	Consumo agua virtual electricidad	Consumo agua virtual papel	Huella indirecta	Huella Total
2006	B1	4222,54	232,66	874,46	5329,66	3369,71	0,00	3369,71	8699,37
2006	B2	2067,26	269,88	1479,74	3816,88	3224,79	0,00	3224,79	7041,67
2006	B3	1559,72	170,62	1559,72	3290,06	3264,68	0,00	3264,68	6554,73
2006	B4	2907,67	43,43	167,33	3118,43	2331,05	0,00	2331,05	5449,48
2006	B5	1731,44	257,48	1667,56	3656,48	3221,64	0,00	3221,64	6878,11
2006	B6	886,49	313,31	1301,51	2501,31	3794,60	0,00	3794,60	6295,91
2007	B1	2717,33	232,66	891,67	3841,66	3699,66	15873,02	19572,68	23414,34
2007	B2	1493,13	269,88	1504,87	3267,88	1912,03	15873,02	17785,04	21052,92
2007	B3	2397,78	170,62	1586,22	4154,62	3258,61	15873,02	19131,63	23286,24
2007	B4	1910,90	43,43	173,10	2127,43	3013,11	15873,02	18886,13	21013,56
2007	B5	2559,72	257,48	1957,28	4774,48	2975,43	15873,02	18848,44	23622,92
2007	B6	1420,37	313,31	1527,63	3261,31	2939,15	15873,02	18812,17	22073,48
2008	B1	2555,61	232,66	1022,39	3810,66	3466,53	22126,02	25592,55	29403,21
2008	B2	1409,68	269,88	1766,32	3445,88	3077,50	22126,02	25203,52	28649,41
2008	B3	1848,20	170,62	1861,80	3880,62	3285,28	22126,02	25411,30	29291,91
2008	B4	2909,90	43,43	173,10	3126,43	2603,53	22126,02	24729,55	27855,98
2008	B5	1510,44	257,48	1943,56	3711,48	3000,84	22126,02	25126,86	28838,33
2008	B6	6433,07	313,31	1516,93	8263,31	3207,35	22126,02	25333,37	33596,69
2009	B1	1401,31	232,66	1048,69	2682,66	3353,45	25974,03	29327,48	32010,13
2009	B2	755,05	269,88	1753,95	2778,88	1995,13	25974,03	27969,15	30748,03
2009	B3	650,25	170,62	1848,75	2669,62	3107,78	25974,03	29081,80	31751,42
2009	B4	986,70	43,43	174,30	1204,43	3137,16	25974,03	29111,19	30315,62
2009	B5	862,87	257,48	2045,13	3165,48	3094,48	25974,03	29068,50	32233,98
2009	B6	963,80	313,31	1596,20	2873,31	2912,96	25974,03	28886,99	31760,30
2010	B1	994,67	232,66	1100,33	2327,66	3151,86	22647,11	25798,97	28126,63
2010	B2	419,39	269,88	1845,61	2534,88	3036,73	22647,11	25683,83	28218,71
2010	B3	333,63	170,62	1945,37	2449,62	2727,10	22647,11	25374,21	27823,82
2010	B4	2096,26	43,43	175,74	2315,43	3053,53	22647,11	25700,63	28016,06
2010	B5	516,13	257,48	2051,13	2824,74	2795,03	22647,11	25442,13	28266,87
2010	B6	2064,12	313,31	1600,88	3978,31	3246,64	22647,11	25893,74	29872,06
2011	B1	1113,74	232,66	1102,26	2448,66	3141,26	25012,03	28153,29	30601,95
2011	B2	543,98	269,88	1851,02	2664,88	1849,78	25012,03	26861,80	29526,68
2011	B3	592,92	170,62	1951,08	2714,62	3071,48	25012,03	28083,50	30798,12

Año	Bimestre	Huella azul (m3)	Huella verde (m3)	Huella gris (m3)	Huella directa	Consumo agua virtual electricidad	Consumo agua virtual papel	Huella indirecta	Huella Total
2011	B4	4306,01	43,43	175,99	4525,43	3273,29	25012,03	28285,31	32810,74
2011	B5	660,87	257,48	2111,13	3029,48	3238,78	25012,03	28250,80	31280,28
2011	B6	399,29	313,31	1647,71	2360,31	3116,34	25012,03	28128,36	30488,68
2012	B1	578,42	232,66	1139,58	1950,66	3450,54	30303,03	33753,57	35704,23
2012	B2	185,83	269,88	1905,17	2360,88	3129,86	30303,03	33432,89	35793,78
2012	B3	99,15	170,62	2008,15	2277,92	3084,45	30303,03	33387,48	35665,40
2012	B4	2327,77	43,43	176,23	2547,43	2832,50	30303,03	33135,53	35682,96
2012	B5	1264,01	257,48	2090,99	3612,48	3140,51	30303,03	33443,54	37056,02
2012	B6	1206,01	313,31	1631,99	3151,31	3684,50	30303,03	33987,53	37138,84
2013	B1	850,82	232,66	1081,18	2164,66	3987,39	37999,04	41986,43	44151,08
2013	B2	619,01	269,88	1886,99	2775,88	2252,61	37999,04	40251,65	43027,53
2013	B3	1102,01	170,62	1988,99	3261,62	3391,74	37999,04	41390,78	44652,39
2013	B4	1896,82	43,43	171,18	2111,43	3285,50	37999,04	41284,54	43395,97
2013	B5	191,29	257,48	1849,71	2298,48	3180,71	37999,04	41179,75	43478,23
2013	B6	860,33	313,31	1443,67	2617,31	3222,21	37999,04	41221,25	43838,56
2014	B1	528,36	232,66	1032,64	1793,66	3448,35	39923,04	43371,39	45165,05
2014	B2	325,75	269,88	1669,25	2264,88	3426,03	39923,04	43349,06	45613,95
2014	B3	332,52	170,62	1759,48	2262,62	3280,81	39923,04	43203,85	45466,47
2014	B4	1888,71	43,43	168,29	2100,43	3022,03	39923,04	42945,06	45045,49
2014	B5	980,01	257,48	1961,99	3199,48	3295,60	39923,04	43218,64	46418,12
2014	B6	697,69	313,31	1531,31	2542,31	3300,55	39923,04	43223,59	45765,90
2015	B1	1071,80	232,66	1057,20	2361,66	4008,99	51467,05	55476,04	57837,70
2015	B2	579,42	269,88	1770,58	2619,88	2072,73	51467,05	53539,78	56159,66
2015	B3	699,72	170,62	1866,28	2736,62	3470,89	51467,05	54937,94	57674,56
2015	B4	2007,39	43,43	166,61	2217,43	3094,48	51467,05	54561,53	56778,96
2015	B5	206,56	257,48	2033,56	2497,60	3259,55	51467,05	54726,60	57224,20
2015	B6	707,83	313,31	1587,17	2608,31	3122,88	51467,05	54589,93	57198,24
2016	B1	1040,31	232,66	1089,69	2362,66	3106,81	22146,06	25252,88	27615,53
2016	B2	391,83	269,88	1835,17	2496,88	3106,80	22146,06	25252,86	27749,75
2016	B3	362,64	170,62	1934,36	2467,62	3392,46	22146,06	25538,53	28006,14
2016	B4	1974,11	43,43	165,89	2183,43	2634,76	22146,06	24780,83	26964,26
2016	B5	312,29	257,48	2041,71	2611,48	3098,90	22146,06	25244,96	27856,44
2016	B6	655,47	313,31	1593,53	2562,31	3316,94	22146,06	25463,00	28025,31
2017	B1	593,02	232,66	1121,98	1947,66	3408,93	3687,67	7096,60	9044,25
2017	B2	366,49	269,88	1842,51	2478,88	1896,93	3687,67	5584,60	8063,48

Año	Bimestre	Huella azul (m3)	Huella verde (m3)	Huella gris (m3)	Huella directa	Consumo agua virtual electricidad	Consumo agua virtual papel	Huella indirecta	Huella Total
2017	B3	1130,89	170,62	1942,11	3243,62	3220,46	3687,67	6908,13	10151,75
2017	B4	2006,11	43,43	165,89	2215,43	3109,78	3687,67	6797,45	9012,87
2017	B5	218,87	257,48	1760,13	2236,48	2922,14	3687,67	6609,81	8846,28
2017	B6	1262,24	313,31	1373,76	2949,31	2768,79	3687,67	6456,46	9405,77
2018	B1	987,43	232,66	1011,57	2231,66	2765,38	12866,76	15632,14	17863,80
2018	B2	752,59	269,88	1588,41	2610,88	3006,26	12866,76	15873,03	18483,91
2018	B3	952,73	170,62	1674,27	2797,62	2618,55	12866,76	15485,31	18282,93
2018	B4	1697,00	43,43	163,00	1903,43	2322,93	12866,76	15189,69	17093,12
2018	B5	70,13	257,48	2051,13	2378,74	2697,13	12866,76	15563,89	17942,63
2018	B6	723,12	313,31	1600,88	2637,31	2997,54	12866,76	15864,30	18501,61
2019	B1	633,87	232,66	1141,13	2007,66	2998,06	10662,18	13660,24	15667,90
2019	B2	245,98	269,88	1851,02	2366,88	1561,48	10662,18	12223,65	14590,54
2019	B3	364,92	170,62	1951,08	2486,62	2728,10	10662,18	13390,28	15876,89
2019	B4	1655,07	43,43	164,93	1863,43	2712,78	10662,18	13374,95	15238,38
2019	B5	255,44	257,48	2021,56	2534,48	2590,70	10662,18	13252,88	15787,35
2019	B6	752,20	313,31	1577,80	2643,31	2256,23	10662,18	12918,40	15561,72
2020	B1	92,46	232,66	1117,54	1442,66	2653,03	4489,34	7142,36	8585,02
2020	B2	1014,34	269,88	1232,66	2516,88	2629,04	4489,34	7118,38	9635,26
2020	B3	1997,00	170,62	0,00	2167,62	2284,18	4489,34	6773,51	8941,13
2020	B4	1966,00	43,43	0,00	2009,43	2610,30	4489,34	7099,64	9109,07
2020	B5	91,33	257,48	180,67	529,48	2415,59	4489,34	6904,93	7434,40
2020	B6	67,98	313,31	282,02	663,31	2482,21	4489,34	6971,55	7634,86
2021	B1	407,42	232,66	192,58	832,66	3174,39	5451,34	8625,73	9458,38
2021	B2	875,92	269,88	326,08	1471,88	1579,16	5451,34	7030,50	8502,38
2021	B3	1136,29	170,62	343,71	1650,62	2669,05	5451,34	8120,39	9771,00
2021	B4	1408,09	43,43	71,91	1523,43	2774,26	5451,34	8225,60	9749,03
2021	B5	153,59	257,48	732,41	1143,48	2598,29	5451,34	8049,63	9193,10
2021	B6	105,39	313,31	859,61	1278,31	2323,28	5451,34	7774,61	9052,93
2022	B1	392,84	232,66	585,84	1211,34	2496,75	10301,43	12798,18	14009,52
2022	B2	1,92	269,88	993,92	1265,73	2603,48	10301,43	12904,90	14170,63
2022	B3	341,35	170,62	1047,65	1559,62	2504,46	10301,43	12805,89	14365,51
2022	B4	877,58	43,43	72,42	993,43	2159,83	10301,43	12461,25	13454,68
2022	B5	3018,25	257,48	1077,75	4353,48	2393,48	10301,43	12694,90	17048,38
2022	B6	861,83	313,31	841,17	2016,31	2435,53	10301,43	12736,95	14753,27
2023	B1	377,57	232,66	582,43	1192,66	2733,56	9058,84	11792,40	12985,06

Año	Bimestre	Huella azul (m3)	Huella verde (m3)	Huella gris (m3)	Huella directa	Consumo agua virtual electricidad	Consumo agua virtual papel	Huella indirecta	Huella Total
2023	B2	251,39	269,88	972,61	1493,88	1381,49	9058,84	10440,33	11934,21
2023	B3	743,82	170,62	1025,18	1939,62	2749,74	9058,84	11808,58	13748,20
2023	B4	1869,24	43,43	88,76	2001,43	2631,95	9058,84	11690,79	13692,22
2023	B5	493,57	257,48	1154,57	1905,62	2400,09	9058,84	11458,93	13364,55
2023	B6	538,87	313,31	901,13	1753,31	2220,85	9058,84	11279,69	13033,01