UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas
y Estadística

Más allá de las Water Smart Cities: ¿hacia un nuevo modelo de
contrato hidrosocial?

TESIS DOCTORAL

Gustavo Bermejo Martín

Ingeniero de Telecomunicación UPM

Director

Carlos Rodríguez Monroy

Doctor Ingeniero Industrial

Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales

Licenciado en Derecho y Sociología

2021

TRIBUNAL TESIS DOCTORAL

MÁS ALLÁ DE LAS WATER SMART CITIES: ¿HACIA UN NUEVO MODELO DE CONTRATO HIDROSOCIAL?

AUTOR: Gustavo Bermejo Martín

DIRECTOR/ES: Carlos Rodríguez Monroy

Tribunal nombrado por el Excmo. y Magfco. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid el día ____ de ____ de 2020.

Presidente	D./D ^a .
Vocal	D./D ^a .
Vocal	D./D ^a .
Vocal	D./D ^a .
Secretario	D./D ^a .
Suplente	D./D ^a
Suplente	D./D ^a

Realizado el acto de defensa el día ____ de ____ de 2021 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Calificación obtenida: _____

EL PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

VOCAL

VOCAL

CONTENIDO DE LA TESIS

Índice

Índice de figuras	1
Índice de tablas	2
Agradecimientos	4
1. Resumen.....	6
Abstract	9
2. Artículos publicados	13
3. Introducción	16
4. Material y métodos	26
4.1. Materiales y métodos del bloque 1: Water Sensitive City y su análisis a través del comportamiento público del ciudadano de Huelva.	26
4.2. Materiales y métodos del bloque 2: Marco metodológico “Design Thinking”.	27
4.3. Materiales y métodos del bloque 3: Comportamiento privado del ciudadano de Huelva respecto del agua.	28
4.4. Materiales y métodos del bloque 4: propuesta de estrategias y tecnologías a través del prototipado de soluciones “web-based” para la mejora del uso del agua por parte del ciudadano de Huelva.	29
4.5. Materiales y métodos para pasos futuros post-doctorado: propuesta de estrategias y tecnologías para un escalado del prototipo “web-based” para todos los hogares de Huelva.	31
5. Resultados y discusión.	34
5.1. Resultados y discusión del bloque 1: Water Sensitive City y su análisis a través del comportamiento público del ciudadano de Huelva.	34
5.2. Resultados y discusión del bloque 2: Marco metodológico “Design Thinking”	41
5.3. Resultados y discusión del bloque 3: Comportamiento privado del ciudadano de Huelva respecto del agua.	49
5.3.1. Conocimiento de los hogares.....	50
5.3.2. Necesidades, valores e identidad de los hogares	51
5.3.3. Actitudes respecto del agua	51
5.3.4. Generación de clusters de hogares	54
5.3.5. Análisis de la importancia de variables sobre el rango de consumo de agua de los hogares en Huelva (comportamiento declarado de los hogares).....	59
5.3.6. Análisis de la importancia de variables sobre el rango de conocimiento de los hogares en Huelva sobre el ciclo integral del agua.	67

5.4. Resultados y discusión del bloque 4: propuesta de estrategias y tecnologías a través del prototipado de soluciones “web-based” para la mejora del uso del agua por parte del ciudadano de Huelva.	70
5.4.1. Experimentos Cluster 1	87
5.4.2. Experimentos Cluster 2	92
5.4.3. Experimentos Cluster 3	96
6. Conclusiones.....	102
7. Bibliografía.	110
8. Nomenclatura.....	117
Apéndice 1.....	120
Apéndice 2: Artículos publicados (por orden cronológico de publicación)	130
“Sustainability and Water Sensitive Cities: Analysis for Intermediary Cities in Andalusia”	
“Design Thinking Methodology to Achieve Household Engagement in Urban Water Sustainability in the City of Huelva (Andalusia)”	
“Design Thinking for Urban Water Sustainability in Huelva’s Households: Needfinding and Synthesis through Statistic Clustering”	

Índice de figuras

1. Figura 1. Evolución de las necesidades de agua urbana y continuum de estados.....	37
2. Figura 2. Metodologías Human Smart City.....	42
3. Figura 3: Dendrograma de clusterización.....	58
4. Figura 4: Árbol de clasificación (CART) sobre la influencia conjunta de valores/necesidades y actitudes para predecir el tipo de consumo del hogar.....	62
5. Figura 5: Árbol de clasificación (CART) sobre la influencia conjunta de conocimiento, valores/necesidades y actitudes para predecir el tipo de consumo del hogar.....	64
6. Figura 6: Árbol de clasificación (CART) sobre la influencia conjunta de edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional para predecir el rango de conocimiento del hogar.....	69
7. Figura 7. Eficiencia comparada de cabezales de ducha y baño (Water Sense).....	74
8. Figura 8. Eficiencia comparada de distintos dispositivos de agua (Water Sense).....	75
9. Figura 9: Home Water Update.....	77
10. Figura 10: My Home Our Water.....	78
11. Figura 11: Marco Metodológico.....	79
12. Figura 12: Parámetros de la calculadora y Resultados de la calculadora Water Sense...81	
13. Figura 13: Parámetros del feed-back hacia los hogares.....	82
14. Figura 14: Consumo de agua en una vivienda sin jardín (consumo interior).....	87
15. Figura 15: Ejemplo de información hacia el hogar sobre las ventajas de los Smart meters.....	88
16. Figura 16: Fotografías reales de ejemplos de dispositivos de reducción del consumo de agua en el hogar.....	89
17. Figura 17: Ejemplo de información hacia el hogar sobre la facilidad de instalación de dispositivos de ahorro de agua en el hogar.....	90
18. Figura 18: Fotografías reales de ejemplos de sistemas de regeneración de agua en el hogar.....	91
19. Figura 19: Fotografía real del embalse de Beas (Huelva).....	93
20. Figura 20: Fotografía real de una sala de control de la red de aguas de la ciudad de Huelva.....	94
21. Figura 21: Fotografía real de la estación de bombeo “Muelle del Tinto” de la red de aguas de la ciudad de Huelva.....	96

Índice de tablas

1. Tabla 1: Necesidades sociales de agua urbana.....	21
2. Tabla 2: Resumen del algoritmo CART sobre la influencia de los valores y necesidades de los hogares para predecir el tipo de consumo del hogar.....	60
3. Tabla 3: Resumen del algoritmo CART sobre la influencia de los componentes que miden las actitudes de los hogares para predecir el tipo de consumo del hogar.....	61
4. Tabla 4: Importancia de la variable independiente de valores/necesidades y actitudes conjuntamente para predecir el tipo de consumo del hogar.....	63
5. Tabla 5: Importancia de la variable independiente de conocimiento, valores/necesidades y actitudes conjuntamente para predecir el tipo de consumo del hogar.....	65
6. Tabla 6: Importancia de la variable independiente de conocimiento, valores/necesidades, actitudes y ocupación laboral conjuntamente para predecir el tipo de consumo del hogar.....	65
7. Tabla 7. Matriz de componentes rotados de la actitud hacia la eficiencia en el consume de agua, con dos componentes: Componente 1 (“Uso eficiente general en el hogar”) y Componente 2 (“Uso eficiente limpieza en aseo personal y hogar”).....	66
8. Tabla 8: Resumen del algoritmo CART sobre la influencia de los componentes que miden las actitudes de los hogares para predecir el tipo de consumo del hogar.....	68
9. Tabla 9: Importancia de las variables independientes de edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional conjuntamente para predecir el rango de conocimiento del hogar sobre el ciclo integral del agua.....	70
10. Tabla 10: Comparación de los impactos obtenidos en Home Water Update y My Home Our Water.....	79

*Con todo mi amor, para mi hija Carla, padres, hermanos y abuelos
y para todas aquellas personas queridas*

*Perfeto aprendiz, siempre con la mente despierta y la curiosidad de un niño
La clave siempre son las preguntas, por encima de las respuestas*

*“Tras el estudio, algo incluso más lento: desaprender”
Andrés Neuman*

Agradecimientos

Me gustaría agradecer la contribución en esta tesis a mi director Doctor D. Carlos Rodríguez Monroy. Sin él, yo no habría dado el paso de iniciar este camino. Su ánimo, ejemplo y cuidado por los detalles, han sido constantes y determinantes para su finalización, más allá de todos los buenos consejos académicos. Le debo esta tesis, la dirección en la escritura de los artículos y haberme abierto una puerta al mundo investigador.

Querría dar las gracias a la Doctora Doña Yilsy Nuñez Guerrero por su amabilidad, disponibilidad y contribución científica en los artículos escritos, especialmente en la parte de análisis estadístico.

Mi agradecimiento también a todos los grandes profesionales del grupo Suez y de Aguas de Huelva, que han contribuido con el acceso a datos de campo, a poder desarrollar la parte de la tesis basada en la experiencia real de la vida diaria y hábitos de los hogares en Huelva sobre el agua.

También querría dar toda mi gratitud y amor a mi familia, sobre todo a mis padres y abuelos, que han sido y son, un ejemplo de trabajo constante, honradez, resistencia, humildad, ética y honestidad; valores tan necesarios en esta época en la que vivimos. Su soporte, amor y saber estar en todos los momentos difíciles de mi vida, es un regalo que jamás podré devolver. Ellos han contribuido de forma decisiva a la conformación de mi carácter y personalidad.

Mis amigos y todas aquellas personas que en su momento compartieron mis afectos, también han contribuido con su comprensión, apoyo y cariño. Especialmente a aquellos más cercanos en el día a día, como Carlos, Fernando, mis amigos de Villanueva, mis amigos de Teleco y del instituto y muchos otros más.

A todos mis maestros y profesores, cuya labor no siempre es suficientemente reconocida en esta sociedad, porque tuvieron un papel decisivo en despertar mi curiosidad por la realidad que me rodea, además de en mi formación académica y educación como persona.

Al destino que puso buenos y malos momentos en mi vida, especialmente aquellos retos que me han hecho crecer personal y profesionalmente.

A todos ellos, muchas gracias por haber estado en mi vida.

Finalmente, querría dedicar este trabajo a mi hija Carla, motor de mi vida; a la que espero que, en un momento dado, le sirva de inspiración y motivación para que emprenda sus propios proyectos personales y profesionales. Todo el amor y la suerte del mundo.

Resumen - Abstract

1. Resumen

La presente tesis “Más allá de las Water Smart Cities: ¿Hacia un nuevo modelo de contrato hidrosocial?” parte del impacto que la irrupción de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) han tenido en la problemática del agua; especialmente en la búsqueda de nuevas soluciones que hagan sostenible en cantidad y calidad su disponibilidad. Esto es muy visible en la gestión integral del ciclo del agua en las ciudades. La oferta, la demanda y la gestión del agua están a un click, desde un “smart phone” o desde un ordenador. Estas nuevas tecnologías ICT abren una puerta nueva para lo que se ha venido a denominar el “ciudadano digital”, que aspira a vivir en una ciudad inteligente o “Smart City”, buscando una mayor calidad de vida. Esta aspiración a una mayor calidad de vida, no siempre implica acciones que lleven a una mayor sostenibilidad de la ciudad y su agua. En este entorno urbano se produce una tensión entre la sostenibilidad necesaria en la ciudad y un mayor deseo de confort y bienestar por parte de la ciudadanía. Es especialmente palpable en un recurso crítico y limitado como es el agua, sobre el que no siempre podemos actuar de manera masiva y efectiva, para asegurar su disponibilidad en tiempo, lugar y calidad en la ciudad.

En esta línea, una de las respuestas a la sostenibilidad del agua en las ciudades, ha venido asociado a conceptos como “Water Smart Cities” y “Water Sensitive Cities”. Son aproximaciones que tienen en cuenta el “ciclo integral del agua urbano” e incorporan el agua en el diseño de soluciones para el desarrollo sostenible de las ciudades. Se implementan teniendo como base el concepto de contrato hidrosocial. Dicho contrato hidrosocial no es igual para todas las ciudades. Merece un nuevo enfoque, definición y una nueva participación por parte de todos los stakeholders de la ciudad; especialmente los ciudadanos en su comportamiento público y privado (hogares).

Pero cuando se habla de ciudades hay que distinguir entre las grandes megápolis, las ciudades medianas y las pequeñas. En la literatura científica aparecen numerosos papers que tratan la problemática de las grandes megápolis, con su crecimiento desmesurado y su presión sobre el agua, en forma de contaminación y escasez crónica. Sin embargo, faltan estudios que traten la problemática del agua en ciudades intermedias. Estas se entienden como aquellas que concentran entre 50.000 y 1 millón de habitantes. Contribuyen con más del 40% de la población europea y, por lo tanto, tienen un impacto altísimo sobre los objetivos de sostenibilidad de la Agenda 2030 de la ONU.

Esta tesis se ha centrado en las ciudades de tamaño medio, dónde se da un cruce entre su carácter puramente urbano y cierta conexión apegada a una realidad agrícola cercana. En ellas se produce un nexo claro entre agua, comida y energía, que requiere de un enfoque holístico para su tratamiento. Como ejemplo de este tipo de urbes, esta tesis ha tomado el caso concreto de la ciudad de Huelva. La elección se ha basado en que, sobre esta ciudad se podían obtener datos de campo reales sobre los comportamientos, necesidades y valores de sus ciudadanos en la esfera privada y pública. Ello ha sido posible mediante el acceso a los hogares de Huelva a través del acuerdo firmado con el grupo Suez, dentro del marco de la agrupación de las Universidades Politécnicas españolas (UP4). Dicha organización presentó un reto para lograr un uso más eficiente del agua en el ámbito de los hogares, al que el doctorando respondió con una propuesta que fue finalmente elegida.

Por otra parte, esta ciudad presentaba muchas características comunes en las ciudades intermedias europeas. Entre estas, cabe destacar que Huelva no tiene escasez de agua, ni estrés hídrico, siendo una de las pocas ciudades del sur de España con reservas para asegurar el

suministro durante 3 años. Además, Huelva cuenta con un plan de Estrategias de Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado (EDUSI) en ejecución. Esta tesis al analizar el papel del agua dentro del EDUSI de la ciudad, obtiene una fotografía del contrato hidrosocial existente en la ciudad y su aspiración a mejorarlo. Es decir, una fotografía del impacto del comportamiento público del ciudadano onubense. Por otra parte, dando respuesta al reto del grupo Suez, la tesis analiza el comportamiento privado de los ciudadanos respecto del agua a través de su uso en los hogares.

Estos dos focos de análisis, el público y el privado, dan respuesta a la pregunta central de la tesis: determinar hasta qué punto se puede lograr un uso más eficiente y sostenible del agua en los hogares mediante estrategias centradas en “gestionar la demanda” (la parte del ciudadano) y no mediante la “oferta”. Hasta qué punto se puede conseguir involucrar, el “engagement”, del ciudadano respecto del agua y la eficacia de las palancas propuestas para lograrlo. Otra de los objetivos es ponderar el impacto de las nuevas tecnologías TIC como herramientas de estrategia efectivas para implementar la gestión de la demanda de agua. Se analiza la utilización de herramientas TIC frente a otras estrategias menos costosas, que se basan en una metodología más antropológica, o asociada a otras ciencias como la sociología.

La tesis cuenta con dos factores novedosos con respecto a otras líneas de investigación. Uno de ellos es la ausencia de sensación de escasez entre la ciudadanía de Huelva, factor que, por lo tanto, no actúa como palanca motivadora entre los ciudadanos para mejorar la eficiencia en el uso del agua. El otro es que se estudia para el caso de una ciudad intermedia, como es Huelva.

Por otra parte, el marco metodológico utilizado ha sido el de Design Thinking, pues al ser éste una colección de metodologías “human-centered”, son especialmente apropiadas para involucrar al ciudadano en la solución de una mejor eficiencia en el uso del agua. Esta tesis recoge los principios de diseño propuestos al grupo Suez para generar un prototipo web-based. Este debe permitir agilizar y hacer un seguimiento real del comportamiento de los hogares ante propuestas de experimentos, que mejoren entre los ciudadanos un mejor uso y valorización del agua. Aunque estos principios de diseño han sido aprobados para Huelva, actualmente, debido a la crisis del coronavirus, no ha sido posible comenzar con la implementación en campo de esta etapa de la investigación. El objetivo final es probar este prototipo para poder escalar a una etapa posterior esta investigación al total de los hogares de Huelva, mediante técnicas Big Data y de Inteligencia Artificial. Este proceder sigue los principios de metodologías de diseño ágiles, que permiten implementaciones rápidas y poco costosas de soluciones complejas, antes de iniciar la producción masiva de las mismas.

Hay que resaltar la utilización en esta tesis, de distintas técnicas estadísticas dentro de la metodología Design Thinking. Estas técnicas como el análisis CART y la clusterización, han permitido obtener resultados reales sobre el comportamiento declarado de los hogares y su valorización y necesidades respecto del agua de la ciudad. Esto se ha logrado a través del análisis y procesado estadístico de las respuestas a una encuesta sobre un universo total final de 97 hogares.

Como conclusiones principales obtenidas en esta tesis a partir de los resultados de análisis aplicado, se destacan los diez siguientes:

1. Las conclusiones no son totalmente extrapolables a otras ciudades intermedias europeas, pues el contexto histórico, cultural y demográfico es diferencial para cada una de ellas. En cualquier caso, se confirma lo que aparece en otros estudios de otras urbes, y es que el

conocimiento sobre el ciclo integral del agua tiene un peso importante en la mejora de la eficiencia de su utilización y valorización por parte de los hogares.

2. En la esfera del comportamiento público del ciudadano de Huelva, se echa en falta una mayor valorización del agua, aunque es trasladable a la mayoría de las ciudades con EDUSI. Faltan planes concretos dedicados especialmente para educación de la ciudadanía sobre el agua, información sobre gestión del ciclo integral del agua y acciones para reducir el consumo del agua.

3. Ligado con este punto, sería necesario una mayor utilización de nuevas tecnologías ICT para la información y educación de la ciudadanía respecto del agua.

4. Huelva, de acuerdo al modelo de Brown no alcanza el estadio de “Water Smart City” aunque presenta elementos de gestión de ciclo integral del agua, pero sin acciones declaradas de protección medioambiental del agua, ni considerar el agua como medio de conexión social.

5. La media de conocimiento sobre el ciclo integral del agua, que presentan los hogares de Huelva, arroja una puntuación de 4,2577. Esto indica un grado de conocimiento del ciclo integral del agua próximo al aprobado, es decir, un grado de conocimiento medio, pero aún deficiente sobre algunas de las etapas del mismo.

6. Se han obtenido tres clusters de hogares basados en un conocimiento alto, medio y bajo del ciclo integral del agua urbana. Se han diseñado estrategias diferenciales de gestión de la demanda para cada uno de estos clusters.

7. La actitud positiva hacia la mejora de hábitos en la limpieza personal y del hogar y el conocimiento sobre el ciclo integral del agua explican el rango de consumo de los hogares. Se aconsejan estrategias que aumenten el conocimiento de los hogares sobre el ciclo del agua y el uso eficiente de las mismas como estrategias de reducción del consumo de agua.

8. Existe una predisposición positiva de los hogares hacia el agua regenerada, siempre para determinados usos que supongan ahorro en el hogar.

9. Las características de comportamiento y hábito social de los hogares tienen un peso nulo sobre el rango de consumo de los mismos.

10. Existe homogeneidad entre los hogares de Huelva, ya que no se constata una influencia sobre el consumo, debido a pertenencia a distintos distritos o cualquier otra variable demográfica. No tendría sentido estrategias diferenciadas basadas en estos factores.

El uso cotidiano del agua en los hogares de Huelva, junto a la aspiración pública de valorización y necesidades de la ciudad respecto del agua, reflejada en su EDUSI, da una fotografía clara de cómo es el contrato hidrosocial de la ciudad y cuál es el grado de acercamiento al concepto de “Water Sensitive City” o “Water Smart City”. Esto es lo que trata de reflejar el título de la tesis: “Más allá de las Water Smart Cities: ¿Hacia un nuevo modelo de contrato hidrosocial?”. En base a esta pregunta, se ha desarrollado la misma, estructurándose como un compendio de tres artículos de investigación que intentan responder a la misma.

Abstract

The present thesis "Beyond Water Smart Cities: Towards a new hydrosocial contract model?" stems from the impact that the irruption of new information and communication technologies (ICT) have had on the water problem; especially in the search for new solutions that make their availability sustainable in quantity and quality. This is very visible in the integral management of the water cycle in cities. Supply, demand, and water management are just a click away from a "smartphone" or a computer. These new ICT technologies open a new door for what has come to be called the "digital citizen," who aspires to live in a smart city, seeking a better quality of life. This aspiration to a higher quality of life does not always imply actions that lead to the city's greater sustainability and its water. In this urban environment, there is a tension between the city's necessary sustainability and a greater desire for comfort and well-being on the part of citizens. It is especially palpable in a critical and limited resource such as water, on which we cannot always act massively and effectively, to ensure its availability with all the requirements of time, place, and quality in the city.

Along these lines, one of the responses to water sustainability in cities has been associated with concepts such as "Water Smart Cities" and "Water Sensitive Cities". They are approaches that consider the "integral urban water cycle" and incorporate water in the design of solutions for the sustainable development of cities. They are implemented based on the concept of the hydrosocial contract. This hydrosocial contract is not the same for all cities. It deserves a new approach, definition, and new participation in all the city, mostly citizens in their public and private behaviour (households).

However, when talking about cities, we must distinguish between large megacities, medium-sized cities, and small ones. Numerous papers appear in the scientific literature that deal with large megacities' problems, with their excessive growth and their pressure on water, in the form of pollution and chronic scarcity. However, there is a lack of studies that address the water problem in intermediary cities. These are understood as those that concentrate between 50,000 and 1 million inhabitants. They contribute to more than 40% of the European population and, therefore, have a very high impact on the UN 2030 Agenda's sustainability goals.

This thesis has focused on medium-sized cities, where there is a crossroads between their purely urban character and a particular connection attached to a nearby agricultural reality. In them, there is a clear nexus between water, food, and energy, which requires a holistic approach for its treatment. As an example of this type of intermediary cities, this thesis has taken the specific case of Huelva (population 143,000 inhabitants). The choice was based on the fact that real field data could be obtained about this city on its citizens' behaviours, needs, and values in the private and public spheres. This has been possible through access to homes in Huelva through the agreement signed with the Suez group, within the framework of the grouping of Spanish Polytechnic Universities (UP4). This association presented a challenge to achieve more efficient use of water in the household environment, to which the doctoral student responded with a proposal that was finally chosen.

On the other hand, this city has many common characteristics with European intermediary cities. Among these, it should be noted that Huelva has no water shortage or water stress, being one of the few cities in southern Spain with reserves to ensure supply for three years. In addition, Huelva has a Sustainable and Integrated Urban Development Strategies plan (SIUDS) in execution. When analysing the role of water within the city's SIUDS, this thesis obtains a photograph of the existing hydrosocial contract in the city and its aspiration to improve it. In

other words, a photograph of the impact of the public behaviour of the Huelva citizen. On the other hand, responding to the Suez group's challenge, the thesis analyses the private behaviour of citizens regarding water through its use in homes.

These two focuses of analysis, the public and the private answer the central question of the thesis: determine to what extent a more efficient and sustainable use of water can be achieved in households through strategies focused on "managing demand" (the side of the citizen) and not through the "supply." To what extent the citizens can get involved (engaged) regarding water, and the effectiveness of the levers proposed to achieve it. Another objective is to weigh the impact of new ICT technologies as effective strategy tools to implement water demand management. The use of ICT tools is analysed against other less expensive strategies, which are based on a more anthropological methodology or associated with other sciences such as sociology.

The thesis has two novel factors concerning other lines of research. One of them is the absence of a sensation of scarcity among the citizens of Huelva, a factor that, therefore, does not act as a motivating lever among citizens to improve efficiency in water use. The other is that it is studied for the case of an intermediary city, such as Huelva.

On the other hand, the methodological framework used has been that of Design Thinking. As this is a collection of "human-centered" methodologies, they are especially appropriate to involve citizens in better efficiency in the use of water. This thesis includes the design principles proposed to the Suez group to generate a web-based prototype. This should allow streamlining and real monitoring of households' behaviour in the face of experimental proposals, which improve a better use and valorisation of water among citizens. Although these design principles have been approved for Huelva, currently, due to the coronavirus crisis, it has not been possible to start the field implementation of this stage of the research. The final objective is to test this prototype to scale this research to a later stage to all households in Huelva, using Big Data and Artificial Intelligence techniques. This procedure follows agile design methodologies, which allow fast and inexpensive implementations of complex solutions before starting their mass production.

The use in this thesis of different statistical techniques within the Design Thinking methodology should be highlighted. These techniques, such as Classification and Regression Tree analysis (CART) and clustering, have made it possible to obtain real results on households' declared behaviour and their valuation and needs regarding water in the city. This has been achieved through the analysis and statistical processing of the responses to a survey on a final total universe of 97 households.

As main conclusions obtained in this thesis from the results of the analysis applied, the following ten stand out:

1. The conclusions cannot be fully extrapolated to other European intermediate cities since the historical, cultural, and demographic context is different for each of them. In any case, what appears in other studies of other cities is confirmed, and that is that knowledge about the integral water cycle has a significant weight in improving the efficiency of its use and valuation by households.
2. In the sphere of public behaviour of Huelva's citizen, a greater valorisation of water is lacking, although it is transferable to most cities with SIUDS. There is a lack of specific plans

dedicated to the public's education on water, information on the management of the integral water cycle, and actions to reduce water consumption.

3. Linked to this point, a greater use of new ICT technologies for citizens' information and education regarding water would be necessary.

4. Huelva, according to Brown's model, does not reach the "Water Smart City" stage, although it does present elements of integral water cycle management, but without declared actions for the environmental protection of water, nor does it consider water as a means of social connection.

5. The average knowledge about the integral water cycle presented by households in Huelva yields a score of 4.2577. This indicates a degree of knowledge of the integral water cycle close to the approved one, a medium degree of knowledge, but still deficient about some of its stages.

6. Three clusters of households have been obtained based on high, medium, and low knowledge of the integral urban water cycle. Differential demand management strategies have been designed for each of these clusters.

7. Positive attitude towards improve habits in cleaning in personal or household purposes, and knowledge about the water cycle explain the range of household consumption. Strategies that increase household knowledge about the water cycle and their efficient use are recommended as strategies for reducing water consumption.

8. There is a positive predisposition of households towards reclaimed water, always for specific uses that involve savings at home.

9. The characteristics of behaviour and social habit of households have zero weight on the same consumption range.

10. There is homogeneity among Huelva households since no influence on consumption is found due to belonging to different districts or any other demographic variable. Differentiated strategies based on these factors would not make sense.

The daily use of water in the homes of Huelva, together with the public aspiration of valorisation and needs of the city regarding water, reflected in its SIUDS, gives a clear picture of what the hydrosocial contract of the city is like and what is the degree of approach to the concept of "Water Sensitive City" or "Water Smart City." This is what the thesis's title tries to reflect: "Beyond Water Smart Cities: Towards a new model of hydrosocial contract?". Based on this question, the thesis has been developed and structured as a compendium of three published research articles that attempt to answer it.

Artículos publicados

2. Artículos publicados

Esta tesis doctoral incluye los siguientes tres artículos académicos que aparecen publicados en el apéndice 2, al final de esta tesis:

1. Bermejo-Martín, G.; Rodríguez-Monroy, C. Sustainability and Water Sensitive Cities: Analysis for Intermediary Cities in Andalusia. Sustainability 2019, 11 (17), 4677.

Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4677/htm>

<https://doi.org/10.3390/su11174677>

2. Bermejo-Martín, G.; Rodríguez-Monroy, C. Design Thinking Methodology to Achieve Household Engagement in Urban Water Sustainability in the City of Huelva (Andalusia). Water 2020, 12 (7), 1943.

Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/7/1943>

<https://doi.org/10.3390/w12071943>

3. Bermejo-Martín, G.; Rodríguez-Monroy, C.; Núñez-Guerrero, Y.M. Design Thinking for Urban Water Sustainability in Huelva's Households: Needfinding and Synthesis through Statistic Clustering. Sustainability 2020, 12 (21), 9163.

Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/9163>

<https://doi.org/10.3390/su12219163>

Las revistas indexadas en las que aparecen publicados, tienen los siguientes factores de impacto:

1. Revista: Sustainability. (ISSN: 2071-1050)
 - a. JCR Impact Factor 2.576 (2019). 5-Year Impact Factor 2.798 (2019) Rango JCR 120/265 (Q2) en categoría 'Environmental Sciences' (SCIE); 26/41 (Q3) in 'Green & Sustainable Science & Technology'.
 - b. SCOPUS: CiteScore 3.2 (2019).
2. Revista: Water (ISSN: 2073-4441)
 - a. JCR Impact Factor 2.544 (2019). 5-Year Impact Factor 2.709 (2019) Rango JCR 31/94 (Q2) en categoría 'Water Resources'
 - b. SCOPUS: CiteScore 3.0 (2019). Equivale al rango 82/217 (Q2) en categoría 'Water Science and Technology', al rango 88/219 (Q2) en categoría 'Aquatic Science' y al rango 147/679 (Q1) en categoría 'Geography, Planning and Development'.

Introducción

3. Introducción

Vivimos en una sociedad que, por su propia dinámica económica depredadora, está acabando con los recursos naturales que nos sustentan como seres humanos. Nuestro modelo actual productivo, consumidor, económico, social e incluso de forma de vida, utiliza los recursos naturales como si fueran ilimitados. Este modelo es expansivo y no es sostenible por mucho más tiempo. El impacto en nuestro entorno, más allá de los estudios científicos que intentan cuantificarlo, es más que evidente. Uno de los retos más importantes, estriba en como regular el metabolismo del modelo actual para permitir el crecimiento económico demandado, es decir, cómo se regulan los intercambios producidos entre la naturaleza (medio ambiente y entorno), los individuos y la sociedad (estructuras sociales). Creo que es necesario intentar nuevas soluciones, otra forma de hacer las cosas, que aseguren tanto nuestra subsistencia y nuestro bienestar, como el de nuestros seres queridos y futuras generaciones venideras.

Desde las distintas ramas de la ingeniería, se debe dar un paso al frente y aportar soluciones técnicas y estrategias que superen el actual paradigma basado en modelos contaminantes, depredadores y poco respetuoso con nuestro entorno. Eran soluciones válidas en su momento, pero a todas luces se han quedado obsoletas. Es una ingeniería “gris”, en muchos casos poco sostenible y que no tiene en cuenta al ciudadano, al usuario en sus propuestas técnicas. Se necesita otro enfoque, que sea realista y logre un equilibrio entre las necesidades de desarrollo económico, de bienestar a corto plazo de nuestra sociedad, con la sostenibilidad del modelo a medio y largo plazo. Es nuestro deber como ingenieros aportar mejores soluciones, más eficaces, más lógicas y naturales, más limpias y más respetuosas con el entorno y la propia sociedad.

Como ingeniero de Telecomunicación e ingeniero en Organización Industrial, he tratado por medio de esta tesis añadir un poco de luz en qué factores, qué estrategias, qué tecnologías y qué pasos podríamos dar para ir avanzando hacia esa sostenibilidad deseada, especialmente hacia un uso más eficiente del agua. Esa doble vertiente de mi formación como ingeniero, la he tratado de plasmar aquí, cruzando la faceta más tecnológica y de comunicación, reflejada por mi lado más teleco, con la vertiente más cercana a propuestas de estrategias y organización enfocadas a la eficiencia, más cercana a mi faceta de ingeniero de organización industrial.

Por otro lado, mi experiencia profesional en innovación, emprendimiento, marketing y desarrollo de negocio, es decir, más cercana al “business as usual”, ha impregnado de un enfoque posibilista, la propuesta de soluciones que tratan de lograr un equilibrio entre apuestas más disruptivas y “revolucionarias” a favor de la sostenibilidad (pero creo que menos viables económica y socialmente) frente a una apuesta más posibilista, más inspirada por una “evolución” de pequeños pasos, que tuviera en cuenta la realidad cotidiana, los hábitos y los anhelos de bienestar de los ciudadanos y usuarios. Es decir, que pusiera al ser humano como centro y parte protagonista de las soluciones ingenieriles.

Desde esa visión aterrizo en la temática de esta tesis. Mi experiencia en el área de Smart Cities, despertó mi interés en estudiar la problemática de la sostenibilidad en el entorno urbano. Mi percepción es que en el área de las Smart Cities se ha producido una inflación, una burbuja desmedida, de soluciones técnicas encaminadas “a priori” a la mejora de distintos aspectos de la gestión de las ciudades, que producen sobreabundancia de datos, con los que muchas veces no se sabe qué hacer, ni a qué finalidad concreta van dirigidos. Desde la ingeniería, se ha producido una vez más, un olvido del ciudadano, del usuario, como objeto principal de las soluciones propuestas. No se entiende, ni se ve, en la mayoría de los casos, la mejora en forma

de bienestar, de desarrollo económico de la propia ciudad y de su entorno que producen estas soluciones “Smart Cities”. El enfoque “business as usual” se ha impuesto frente al enfoque “human center”.

Por otra parte, los recursos naturales de los que hace uso la ciudad, me han interesado pues constituyen un límite, y al mismo tiempo una condición necesaria para asegurar el desarrollo y la sostenibilidad de la misma. Especialmente me ha interesado el agua, pues es un recurso que no es ilimitado, y que, por lo tanto, hay que gestionar de forma más eficaz y crítica. El agua refleja de forma muy clara la desconexión que se ha producido entre los ciudadanos y su entorno. En la mayoría de los casos, el agua “no se ve” por la sociedad. Ha pasado a ser considerada como una commodity por la mayoría de los ciudadanos, algo que se da por hecho que se va a tener de forma casi ilimitada y fácil, simplemente abriendo el grifo. Esa concepción del agua va ligada a cómo el ciudadano valora esos recursos naturales, y a las necesidades que como usuario tiene. Pero también va asociada a la propia cultura e historia de la ciudad y a los servicios que éstos reciben sobre las infraestructuras que la ciudad tiene.

Aunque la cantidad de agua en el planeta será la misma, no estará localizada dónde el ser humano quiera y necesite. La impredecibilidad de las precipitaciones debida al cambio climático que se está produciendo, junto al aumento demográfico concentrado en ciertas ciudades del mundo, están provocando una crisis de disponibilidad de agua en ciertos puntos del globo. A esto, se añade el deterioro en la calidad del agua, y por lo tanto a no poder utilizarse, debido a las fuentes de contaminación producidas por el ser humano. En muchos sitios no habrá agua suficiente, ni quizás dinero para seguir con esta dinámica. Por lo tanto, el agua es un recurso natural estratégico, en su más amplio sentido.

Tradicionalmente, el enfoque de la ingeniería sobre el agua, ha estado basado en proporcionar soluciones técnicas, mágicas e invisibles para el ciudadano, ingeniería gris, que aseguraran la calidad y la cantidad de suministro. La lógica imperante era desplegar más tuberías y una estructura de red más centralizada para dar servicio a un consumo en aumento por parte de la ciudad, como si el agua fuera ilimitada. Es decir, hasta ahora se ha actuado desde el lado de la “oferta” de agua. Eso es insostenible pues la variabilidad del clima, la presión demográfica, la disminución de reservas de agua y un uso más intensivo del agua hacen que actuar desde el lado de la estrategia de la “oferta” sea una palanca insuficiente. Se impone ensayar otro tipo de ingeniería “menos gris”, “más verde”, “más descentralizada” y a medida de las necesidades del ciudadano, y sobre todo que le tenga en cuenta y le haga participe de la solución, en forma de un uso más racional y eficiente, y una valorización mayor del recurso agua. Es necesario actuar en el lado de la “demanda” de agua, mediante estrategias “Water Demand Management” (WDM), cambiando el modelo en la medida de lo posible.

Dentro de la WDM existen tres tipos de distintas estrategias, que pueden ser combinadas en distinta proporción y forma [52]:

1. Basadas en la aplicación de tecnología.
2. Utilizando fórmulas económicas, incentivos y penalizaciones: básicamente el precio.
3. Intentando producir cambios en el comportamiento y hábitos de los consumidores.

En Europa, la estimación que se utiliza es que la demanda de agua de los hogares está en torno al 60-80 % del consumo total. El resto corresponde a agricultura e industria. Por lo tanto, es imperativo poner en juego estrategias de gestión de la demanda de agua en los hogares para lograr un uso más sostenible de la misma [58].

Básicamente existen dos filosofías, extremas dentro de un continuum dónde se entremezclan ambas, para tratar de regular la “demanda” de agua (WDM).

Por una parte, un enfoque basado en una concepción del agua como commodity, como pura materia prima en lugar de como recurso natural. Esta filosofía abre la puerta a considerar al agua como al resto de materias primas, es decir, como un producto susceptible de ser mercantilizado, como un producto puramente financiero y, por lo tanto, presa de la especulación en los mercados de valores. El cambio climático actuaría como una variable del mercado. El agua sería un producto sujeto a los vaivenes del mercado en función de la “oferta” (disponibilidad) y la “demanda”. Estaríamos hablando de “mercados de agua”, de mercados privados, dónde se comprarían y venderían derechos sobre el agua, como actualmente se está realizando en los “mercados del carbono”, dónde se compran y se venden “derechos de contaminación”. El precio del agua actuaría como factor regulador de la “demanda”, a semejanza de lo que sucede con el precio de la energía (electricidad, gas, petróleo).

Es decir, el precio sufriría cambios que podrían dejar a ciudadanos, agricultores y negocios que dependan en gran medida del agua, fuera del sistema económico y de la sociedad. Podría producir ciudadanos que sufrieran “pobreza hídrica”, similar a los casos actuales de “pobreza energética”. Esta consecuencia se produjo con la privatización de la compañía de aguas de la ciudad de Londres (UK), Thames Water, comprada en 2006 por el consorcio internacional inversor liderado por el banco australiano, Macquarie Group. Actualmente, desde diciembre de 2020, el agua ya cotiza en el mercado de futuros de materias primas de Wall Street. Aparece en el índice Nasdaq Veles California Water Index, con el "ticker" NQH2O. El precio se convierte en el mecanismo principal para asegurar la disponibilidad futura del agua y palanca de uso eficiente de la misma, al desincentivar su consumo masivo ilimitado. El agua se podría convertir en un producto como el oro. Esto llevaría a privatizaciones de compañías de servicios de agua, modelo que ha sido explorado en algunos países como Australia o ciudades como Londres. El agua es considerada como bien privado, no como bien común, ni tan siquiera como bien público.

Frente a este enfoque, existe otra aspiración de considerar el agua como uno de los derechos fundamentales del hombre, como bien común. Bajo esta filosofía, el agua es considerada de acceso universal para todo el mundo, como un recurso natural fuera de las leyes comerciales del mercado. El acceso al agua ha sido recogido como derecho universal del hombre en la ONU en el año 2010. Esto lleva a un modelo “público” de la explotación del agua; frente a un modelo “privado” de la primera filosofía previamente descrita. Pero entonces, bajo este modelo garantista ¿qué palancas hay para lograr un uso más sostenible de la misma que asegure su disponibilidad futura, cuando el acceso está asegurado a precios bajos para todo el mundo? El ser casi gratis, ¿no incentivará un modelo de “demanda” depredador, poco sostenible, que aniquile la disponibilidad del agua? ¿Cómo se puede conseguir “valorizar” el agua por parte del ciudadano y corresponsabilizarse de su conservación y sostenibilidad (“engagement”)? ¿Qué modelo social y cultural lo puede mantener? ¿Qué tecnologías lo pueden facilitar? ¿Qué otras palancas, además del precio, pueden servir para lograr un uso más eficiente del agua? ¿Hay algún modelo intermedio entre ambas filosofías? Este es el nudo central que mi tesis pretende comenzar a desentrañar, centrando la investigación en las ciudades de tamaño intermedio y su reacción frente a este reto.

Para ambas filosofías, la irrupción de las nuevas tecnologías ICT ha impactado en que el agua, su oferta, su demanda y su gestión estén a un golpe de click, desde un “smart phone” o desde un ordenador. Esto abre una puerta nueva para lo que se ha venido a denominar el “ciudadano digital”, que aspira a vivir en una ciudad inteligente o “Smart City”. El campo de mejora en la

aplicación de ICT en un mejor uso del agua es bastante amplio, pues se estima que en Europa entre el 20 y el 40% del agua se desperdicia debido a unas malas infraestructuras hídricas, a negligencia en el consumo por parte de los stakeholders y a unas insuficientes herramientas tecnológicas y estrategias de gestión [58]. Pero, por otra parte, la utilización de estas tecnologías puede producir una nueva subjetividad en los ciudadanos que cambie en su mente la condición del agua desde “un derecho” a “una commodity”, al transformar esta en un número, en un dato, que puede ser fácilmente traducido en dinero, en precio.

En esta línea, una de las respuestas a la sostenibilidad del agua en las ciudades, ha venido asociado a conceptos como “Water Smart Cities” y “Water Sensitive Cities”. Otros conceptos relacionados con éstos que también aparecen en la literatura científica son “Integrated Urban Water Management”, “Green Infrastructure”, “Water Urbanism”, “Smart Water Management”, “Water Sensitive Urban Design” (WSUD), etc ... Son aproximaciones que tienen en cuenta el “ciclo integral del agua urbano” e incorporan el agua en el diseño de soluciones para el desarrollo sostenible de las ciudades, que se implementa teniendo como base el concepto de contrato hidrosocial. Contrato de la ciudadanía que debería aspirar a utilizar más eficientemente el agua potable, reduciendo en la medida de lo posible su demanda, y minimizando la generación e impacto del agua residual, a regenerar, en el medioambiente local. Otros objetivos serían cuidar y restaurar las fuentes y el entorno del agua, reducir los riesgos de inundación, mejorar la estética y la conexión de la comunidad social con el agua, promocionar la autosuficiencia en el consumo de agua, reducir los costes de despliegue y mantenimiento de la infraestructura del agua y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociados al tratamiento del ciclo integral del agua.

Estos objetivos llevan a soluciones de ingeniería de sistemas inteligentes descentralizados con utilización de fuentes de agua alternativas.

El contrato hidrosocial envuelve no sólo a los ciudadanos, sino también a todos los stakeholders de la ciudad, y de alguna manera es un reflejo de cómo estos entienden el papel del agua en la ciudad y en sus vidas. Pero, además, dicho contrato hidrosocial no es igual para todas las ciudades. Especialmente me han interesado aquellas de tamaño medio, dónde se da un cruce entre su carácter puramente urbano y cierta conexión apegada a una realidad agrícola cercana. La ciudad y la agricultura compiten en muchas ocasiones por recursos naturales escasos, como es el agua. También compite la pequeña y mediana industria, característica de estos enclaves. Son ciudades que nada tienen que ver con las grandes megapolis, de crecimiento poblacional exponencial y con una fuerte inercia de desarrollo económico.

Las ciudades intermedias presentan una tensión, fruto de una necesidad de crecimiento económico, que en la mayoría de los casos no se está produciendo, junto a una necesidad de atraer población, especialmente joven, que evite el despoblamiento y el envejecimiento de su ciudadanía. Todo ello en un equilibrio que asegure no sólo la supervivencia económica y social, sino también la sostenibilidad del entorno de la ciudad.

En este tipo de ciudades se da más claramente que en las megapolis, un nexus entre agua, comida (agricultura) y energía. Los tres factores compiten entre sí por su preponderancia, por su primacía. Son vasos comunicantes, cuyo mecanismo de funcionamiento y conectividad no siempre está claro; ni tan siquiera es visible por parte de la sociedad. Este nexus invita a una aproximación holística en las soluciones ingenieriles y estrategias que aseguren la sostenibilidad de la ciudad, y que permitan el equilibrio entre los tres factores de esta conexión, sin dejar fuera a ninguno de ellos. Esta visión holística no se está traduciendo en una expresión práctica.

Como ejemplo de este tipo de ciudades intermedias, he tomado el caso concreto de la ciudad de Huelva. Su elección ha venido condicionada por tres factores principales:

1. Huelva tiene un plan EDUSI aprobado por el gobierno de España, dotado con presupuesto y en etapa de ejecución.
2. Me permitía obtener datos de campo reales, mediante el acceso a los hogares a través del acuerdo firmado con el grupo Suez, dentro del marco de UP4. Dicha organización presentó un reto para lograr un uso más eficiente del agua en el ámbito de los hogares, al que respondí con una propuesta que fue finalmente elegida. El grupo Suez eligió realizar esta experiencia piloto en su compañía participada de Aguas de Huelva.
3. Huelva, además, no tiene escasez de agua, ni estrés hídrico, siendo una de las pocas ciudades del sur de España con reservas para asegurar el suministro durante 3 años.

Estos factores han sido claves. A través del primero podemos, en cierta manera, delimitar el comportamiento público de los ciudadanos y del resto de los stakeholders respecto a la sostenibilidad de la ciudad. Los EDUSI recogen la participación de los principales stakeholders de la ciudad y, por lo tanto, recogen los intereses y necesidades de éstos en términos de la sostenibilidad de su entorno urbano. Analizando el papel del agua dentro del EDUSI de la ciudad podemos obtener una fotografía del contrato hidrosocial existente en la ciudad y su aspiración a mejorarlo. Es decir, expresa el estadio de su camino hacia una Water Smart City.

El segundo factor, permite acceder al comportamiento privado de los ciudadanos respecto del agua a través de su uso en los hogares. Es esta la pregunta central de la tesis: determinar hasta qué punto se puede lograr un uso más eficiente y sostenible del agua en los hogares mediante estrategias centradas en “gestionar la demanda” y no la “oferta”. Hasta qué punto se puede conseguir involucrar, el “engagement” del ciudadano respecto del agua, y la eficacia de las palancas (factores) propuestas para lograrlo.

El tercer factor, la ausencia de sensación de escasez no actúa como palanca motivadora entre la ciudadanía para mejorar la eficiencia en el uso del agua. Aquí reside un hecho novedoso que no se da en otros casos de ciudades recogidos en la literatura científica, más focalizados en megapólis con escasez de agua. En Huelva no hay una “crisis de oferta” de agua.

Lograr involucrar (“engagement”) al usuario doméstico (hogares) en, primero entender y hacer visible el ciclo integral del agua, es un paso previo para después lograr que cambie determinados hábitos que reduzcan el consumo del agua, y finalmente, que acepte la reutilización del agua para determinados servicios. Es decir, en un nuevo contrato hidrosocial. Las palancas que la tesis propone se basan en los tres pilares de la teoría del comportamiento ERG de Alderfer: educación, valores y necesidades, y comportamiento cotidiano. Los factores serían de:

1. Existencia: deseos materiales y psicológicos. Comida, abrigo, condiciones de trabajo, pago. Recursos, productos y servicios. Necesidades públicas para salud, seguridad y protección de la propiedad.
2. Relacional: relaciones con la sociedad y el entorno físico.
3. Crecimiento: efectos productivos y creativos sobre el individuo mismo y el medio ambiente. Necesidades de la sociedad relativas a identidad, justicia social y equidad intergeneracional.

	<u>NECESIDAD SOCIAL</u>	<u>NECESIDAD DE AGUA URBANA</u>
<u>EXISTENCIA</u>	<u>Alimento</u> <u>Abrigo/Protección</u> <u>Seguridad</u> <u>Salud</u>	<u>Agua Potable</u> <u>Agua no-potable</u> <u>Protección frente a inundaciones</u> <u>Protección frente a inundaciones</u> <u>Sistemas de saneamiento</u> <u>Protección térmica basada en agua</u>
<u>RELACIÓN</u>	<u>Interacción y Cohesión social</u> <u>Salud ecológica</u> <u>Conocimiento y valores</u> <u>Belleza y placer</u> <u>Confort y Comodidad</u>	<u>Espacios públicos basados en agua</u> <u>Productividad basada en agua</u> <u>Ecosistemas saludables</u> <u>Educación sobre el agua</u> <u>Conocimiento sobre los sistemas del agua</u> <u>Disfrute del agua</u> <u>Estética del entorno urbano</u> <u>Servicios de acceso al agua</u> <u>Movilidad basada en el agua</u> <u>Confort Térmico basado en el agua</u>
<u>CRECIMIENTO</u>	<u>Identidad y Cultura</u> <u>Equidad y Justicia</u> <u>Propósito y Expresión</u> <u>Influencia y Respeto</u> <u>Libertad y Autonomía</u>	<u>Basada en el agua</u> <u>Acceso equitativo y justo a los servicios de agua</u> <u>A través del agua</u> <u>Influencia significativa en la contribución de los servicios del agua</u> <u>Independencia del agua</u> <u>Elección de agua y libertad</u> <u>Diálogo abierto sobre el agua</u>

Tabla 1: Necesidades sociales de agua urbana (basado en [66])

Este uso cotidiano del agua en los hogares, junto a la aspiración pública de valorización y necesidades de la ciudad respecto del agua, reflejada en su EDUSI, da una fotografía clara de cómo es el contrato hidrosocial de la ciudad y cuál es el grado de acercamiento al concepto de “Water Sensitive City” o “Water Smart City”. Esto es lo que trata de reflejar el título de la tesis: “Más allá de las Water Smart Cities: ¿Hacia un nuevo modelo de contrato hidrosocial?”.

Estos han sido los elementos inspiradores y motivadores de la presente tesis. En base a ellos, se ha desarrollado la misma, estructurándose como un compendio de tres artículos de investigación que intentan responder a las cuestiones hasta ahora descritas en esta introducción. Dejaré para este apartado, los objetivos generales de dicha tesis, para detallar en otro punto los objetivos específicos de cada uno de los tres artículos de investigación publicados y que forman parte de la misma.

De una forma más detallada, las preguntas generales que la tesis pretende responder son:

1. ¿En qué fase de desarrollo de “Water Smart City” se encuentra la ciudad de Huelva?
2. ¿Qué acciones de mejora pondrían ensayarse para que la ciudad alcanzase dicho status?
3. ¿Se podría lograr alcanzar un nuevo contrato hidrosocial en un contexto de ciudad donde no exista escasez de agua?
4. Límites entre habitabilidad vs sostenibilidad.
5. ¿Qué metodología basada en un enfoque “human center” se podría aplicar para involucrar al ciudadano respecto al agua de su ciudad?
6. Pilares del “engagement” del ciudadano: educación, valores y hábitos.
7. Evaluar el grado de conocimiento de los hogares sobre los retos asociados al uso sostenible del agua.
8. Necesidades y valores respecto del agua del ciudadano en su hogar y en relación con la ciudad inteligente (“Smart City”).
9. ¿Aceptaría el usuario final el agua regenerada? ¿En qué casos? ¿Para qué servicios? ¿En el hogar?
10. Clusterización de tipología de hogares respecto a su relación con el agua.
11. Determinar y prototipar soluciones que ayuden a concienciar y valorar la sostenibilidad del uso del agua, proponiendo acciones concretas a los hogares que aborden a la vez parte de sus necesidades.
12. ¿Qué facilitadores tecnológicos en el hogar (ICT, Smart meters, dispositivos que limiten el consumo de agua y avisadores, APPs, redes sociales...) ayudan al ciudadano para que éste cambie hábitos o sea más eficiente en su consumo de agua en el ámbito del hogar?
13. ¿Qué estrategias (métodos) de relación con el ciudadano (incentivadores económicos, frecuencia, canal y mensajes de comunicación...) ayudarían a que el ciudadano se involucrara en el ciclo integral del agua (“engagement”)?

Todas las anteriores preguntas se contestarán desarrollando un marco general y aplicando éste para el ejemplo concreto de la ciudad de Huelva.

La estructura de la tesis trata de dar respuesta a estos interrogantes y, por tanto, me ha parecido interesante organizarla en estos bloques o temáticas:

1. Water Sensitive City y su análisis a través del comportamiento público del ciudadano de Huelva.
2. Marco metodológico “Design Thinking” para analizar el comportamiento privado del ciudadano de Huelva.
3. Comportamiento privado del ciudadano de Huelva a través de la aplicación del modelo ERG de Alderfer: conocimiento del ciclo integral del agua, valores y necesidades respecto del agua y aceptación de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia en el uso del agua y reutilización de la misma.
4. Estrategias y tecnologías a través del prototipado de soluciones “web-based” para la mejora del uso del agua por parte del ciudadano de Huelva.

El bloque 1 se ha desarrollado a través del primer artículo, en orden cronológico, publicado en la revista Sustainability. El bloque 2 aparece reflejado en el segundo artículo publicado en la revista "Water". El bloque 3, ha sido tratado en su mayor parte por el tercer artículo publicado en la revista "Sustainability". Estos tres artículos se adjuntan en esta tesis; mientras que para el bloque 4, estamos desarrollando el prototipo para medir la sensibilidad de los hogares de Huelva a propuestas en la mejora del uso del agua. Este último bloque se desarrolla en su totalidad en esta tesis, no habiéndose publicado aún artículo en ninguna revista científica (aunque está prevista una futura publicación en breve plazo de tiempo).

El primer artículo trata los objetivos 1, 2, 3 y 4 del listado antes expuesto. El segundo artículo desarrolla la cuestión 5. Finalmente, el tercer y cuarto artículo desarrollan los ítems del 6 al 10. Los últimos objetivos están actualmente siendo probados en la experiencia piloto con Aguas de Huelva.

Por último, me gustaría recoger el camino investigador seguido en el desarrollo de esta tesis y que ha contribuido a enriquecerme como persona y como profesional. Los obstáculos a sortear han sido varios. Comenzando por la formulación de la pregunta a la que responder con la tesis. Aterrizar un proyecto investigador en una sola cuestión fue difícil para mí, pues me consumió mucho tiempo de búsqueda de bibliografía para saber el estado del arte de la temática y determinar el reto concreto a resolver, lectura de artículos, asistencia a seminarios y conferencias, grupos de trabajo sobre Smart Cities y sobre aplicación de tecnología por satélite (Copernicus) a la vigilancia de la tierra, entrevistas con profesionales del sector y del mundo académico...

El acceso a datos fiables que permitieran sustentar una tesis con vocación más práctica que teórica, también fue otro de los obstáculos a sortear. Quizás el más importante. Aquí conté con la ayuda inestimable de mi director de tesis, D. Carlos Rodríguez Monroy, que siempre me propuso foros dónde ir y asistencia a presentaciones de retos que el mundo empresarial proponía al mundo académico. Fue en una de estas presentaciones dónde conocí el reto del grupo Suez dirigido a la organización de universidades UP4. La preparación de la propuesta y su elección por parte del grupo Suez fue un importante hito, pues supuso el acceso a los datos de campo de los hogares clientes de Aguas de Huelva y acceder a fondos que nos han permitido comprar material informático, y viajar a Huelva para mantener distintas reuniones para desarrollar y avanzar el proyecto. Esta tarea ha supuesto un gran aprendizaje.

Otra barrera fue la gestión de los tiempos y de los partners de este proyecto. Alinear los intereses distintos del grupo Suez, Aguas de Huelva y los nuestros propios, fue otro hito clave. Trabajar con personas de distinta formación, expertise y experiencia en un sector que no es en el que he desarrollado mi vida profesional, otro reto a sortear. No siempre logré lo que pretendíamos. Retrasos en el trabajo de campo, como fue conseguir la participación de un número suficiente de hogares, la recogida de las respuestas a la encuesta, el procesamiento estadístico de las mismas y la irrupción del tristemente famoso "Covid-19" lastraron los tiempos. Y aquí hay que señalar que no conseguí cubrir con resultados las últimas preguntas de la tesis (11, 12 y 13) a tiempo de la publicación de la misma. Aunque sí que completé las fases de estado del arte y diseño de prototipo web. De hecho, aún estamos inmersos en la fase de lanzamiento del video promocional para los hogares y del primer experimento. Fase que una vez cubierta, pretendo publicar uno o varios artículos con sus resultados y conclusiones.

Formarme en técnicas de análisis estadístico aplicado a las ciencias sociales, ha sido otro de los pasos seguidos en la tesis. Y siento que nunca va a ser suficiente seguir progresando en el

dominio de estas técnicas y metodologías, tan útiles en el mundo actual, del Big Data y de la Inteligencia Artificial en el que vivimos.

También fue un buen reto asistir como ponente a congresos internacionales, como BIMIC o CIO.

Escribir y lograr que publicaran los tres artículos, en tiempo y forma dentro del período vigente para escribir la tesis, ha sido también otro de los retos a superar, y que forma parte clave del aprendizaje al realizar este doctorado. Superar las sucesivas rondas de los revisores de las revistas a tiempo (con tiempos muy cortos de respuesta a las sugerencias), fue todo un escollo a sortear. Escollo que debo reconocer, mejoró en los tres casos, dichos artículos.

Finalmente, compatibilizar esta labor investigadora, mi trabajo profesional en la empresa privada y mi vida familiar ha sido una experiencia dura, pero realmente formadora a nivel humano y profesional.

Espero haber podido contribuir con un pasito mediante esta tesis, a la comprensión de la temática de cómo alcanzar ser “Water Smart City”, cómo lograr acercar al ciudadano al entorno del agua de su ciudad y que los hogares ayuden a la sostenibilidad de la misma a través de su comportamiento diario.

Material y métodos

4. Material y métodos

En general, la metodología utilizada en la tesis ha sido la siguiente:

1. Revisión bibliográfica y estado del arte de los distintos bloques de esta tesis.
2. Revisión de los planes públicos EDUSI de la primera convocatoria de las ciudades de Andalucía.
3. Diseño del marco metodológico basado en “Design Thinking” que estructura esta investigación.
4. Diseño de encuestas y entrevistas con expertos de Aguas de Huelva para medir el conocimiento del ciclo integral del agua, los valores y necesidades sobre el agua, y actitudes frente a tecnologías en el hogar y aceptación de agua regenerada que los hogares de Huelva manifiestan.
5. Recopilación, validación y codificación de las respuestas de las encuestas.
6. Análisis cuantitativo estadístico de las encuestas y entrevistas: primera clusterización de tipología de hogares en relación con el agua en base al conocimiento del ciclo integral del agua y los valores respecto del agua.
7. Diseño de experimentos para interaccionar, medir y mejorar los hábitos cotidianos de los hogares respecto del agua, mediante WDM a través de:
 - a. Smart meters.
 - b. Desarrollo del prototipo Web-based.
 - c. Con estrategias a medida de cada cluster gestionando el pilar de la educación, los valores y los incentivos económicos (“feed back”).

4.1. Materiales y métodos del bloque 1: Water Sensitive City y su análisis a través del comportamiento público del ciudadano de Huelva.

En este apartado, los materiales con los que se contó fueron básicamente bibliográficos, clasificados como:

1. La bibliografía disponible en revistas científicas relativa a la temática de “Water Sensitive City”, “Water Smart City”, conceptos muy cercanos y que se suelen utilizar indistintamente, aunque el foco de análisis varíe ligeramente entre uno y otro.
2. La bibliografía disponible en revistas científicas relativas al concepto de “Smart Cities”, con un enfoque más puramente tecnológico, de aplicación de tecnologías ICT hacia la evolución de ciudades inteligentes.
3. Bibliografía sobre sostenibilidad en el entorno urbano.
4. Páginas webs de experiencias reales de aplicación de la metodología de análisis basada en índices de clasificación de estadios de ciudades hacia “Water Smart City”. Estos índices permiten comparar aspectos diversos de sostenibilidad, usos del agua, resiliencia, gobernanza, habitabilidad, etc...a escala local o global. Entre ellos se han revisado, el “Water Sensitive Cities Index” del Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, el “City Blueprint Approach” del EIP Water Action Group y el “Principles for Water Sensitive Cities” de la International Water Association.

5. Páginas webs de experiencias reales sobre aplicación de casos concretos del Plan Nacional de Ciudades Inteligentes en España, especialmente en ciudades de tamaño intermedio.
6. La bibliografía científica disponible sobre el nexus agua-energía-comida.
7. Los BOE's dónde se publicó las condiciones para acceder a los EDUSI y las resoluciones con las ciudades ganadoras en cada una de las tres rondas de dichos planes.
8. Los EDUSI de la primera ronda adjudicada a las ciudades de Andalucía. Especialmente se analizó con mayor detalle el EDUSI de la ciudad de Huelva.
9. Legislación y recomendaciones internacionales (básicamente de la ONU), europea, española de alcance nacional, autonómico y local en materia de sostenibilidad, medio ambiente y sobre el agua. Su disponibilidad está en webs de dichas organizaciones.
10. Documentos oficiales sobre la problemática y los retos de las ciudades intermedias por continentes, con foco especial en la Europa del sur y mediterránea. Su disponibilidad está en webs de dichas organizaciones.

Respecto a la metodología utilizada en este bloque, se ha seguido el siguiente camino:

1. Búsqueda sistemática en webs especializadas de artículos científicos de impacto sobre la temática a desarrollar. Se pretendía desarrollar la base teórica de conceptos de este bloque.
2. Asistencia a foros sobre sostenibilidad, Smart Cities y agua. Se buscaba conseguir conocer el estado del arte de la industria respecto a estos temas.
3. Identificación de las principales organizaciones políticas y empresariales activas en dichas temáticas.
4. Pertenencia a grupos de trabajo y de debate sobre Smart Cities (grupo de trabajo del COIT/AEIT) y de vigilancia de la Tierra por satélite (organizaciones Nereus y Copernicus).
5. Un análisis en profundidad de las fuentes y referencias, los objetivos a conseguir, los factores, estructura metodológica de investigaciones similares de los distintos materiales antes mencionados.
6. Búsqueda de datos fiables que pudieran reflejar el comportamiento público del ciudadano de Huelva respecto del agua, objetivo de esta tesis.
7. Finalmente, un análisis comparado de los puntos anteriores entre los casos internacionales y nacionales documentados y el caso de la ciudad de Huelva que permitiera extraer conclusiones de interés.

4.2. Materiales y métodos del bloque 2: Marco metodológico “Design Thinking”.

En este apartado, los materiales con los que se contó fueron básicamente bibliográficos, clasificados como:

1. La bibliografía disponible en revistas científicas relativa a la temática de “Design Thinking”.
2. La bibliografía disponible en revistas científicas relativas a casos reales de aplicación de dicha metodología a los campos de la sostenibilidad, al desarrollo de Smart Cities y al agua.
3. Páginas webs de experiencias reales de aplicación de la metodología “Design Thinking”, especialmente con aplicaciones a temas de sostenibilidad y educación de la ciudadanía.
4. La definición del reto de UP4-Grupo Suez.

En cuanto a la metodología utilizada en este bloque, la ruta ha sido:

1. Búsqueda sistemática en webs especializadas de artículos científicos de impacto sobre la temática a desarrollar. Se pretendía desarrollar el marco conceptual a aplicar en los siguientes bloques.
2. Experiencia profesional de aplicación de metodología “Design Thinking” como mentor de creación de empresas en el IE Business School desde el año 2000, a distintos casos reales de empresas de start-ups y corporate entrepreneurship.
3. Un análisis en profundidad de las fuentes y referencias, los objetivos a conseguir, los factores, estructura metodológica de investigaciones similares de los distintos materiales antes mencionados.
4. Finalmente, un análisis comparado de los puntos anteriores entre los casos internacionales y nacionales documentados que fundamentara su aplicación como metodología al caso de la ciudad de Huelva.
5. Aplicación del modelo DT “Stanford ME310”, siguiendo los pasos:
 - a. Define.
 - b. Needfinding.
 - c. Synthesis.
 - d. Ideation.
 - e. Prototyping.
 - f. Testing.

4.3. Materiales y métodos del bloque 3: Comportamiento privado del ciudadano de Huelva respecto del agua.

En este apartado, los materiales con los que se contó fueron bibliográficos y de trabajo de campo para la recogida de datos en los hogares de Huelva:

1. La bibliografía disponible en revistas científicas relativa a modelos para lograr un mayor “engagement” del ciudadano respecto a sostenibilidad y agua.
2. Bibliografía sobre técnicas de análisis estadístico con foco especial en la generación de “clusters”.
3. Selección y análisis en profundidad del modelo ERG de Alderfer y sus casos de aplicación para: conocimiento del ciclo integral del agua, valores y necesidades respecto del agua y aceptación de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia en el uso del agua y reutilización de la misma.
4. La bibliografía disponible en revistas científicas referente a entrevistas con expertos, diseño de encuestas, recogida de datos, codificación, análisis estadístico de respuestas, y clusterización de perfiles de hogares en relación a su comportamiento respecto del agua.
5. Software de análisis estadístico de IBM SPSS v25.
6. Datos reales históricos de consumo de agua de los hogares, por sectores de la ciudad, proporcionados por la empresa Aguas de Huelva.
7. Testimonios de la dirección de Aguas de Huelva y documentos internos de la compañía sobre la estructura de la propia ciudad, perfil sociodemográfico, utilización real del agua, experiencias pasadas de campañas educativas alrededor del agua llevadas a cabo en Huelva...

La metodología utilizada en este bloque ha sido:

1. Búsqueda sistemática en webs especializadas de artículos científicos de impacto sobre la temática a desarrollar.
2. Un análisis en profundidad de las fuentes y referencias, los objetivos a conseguir, los factores, estructura metodológica de investigaciones similares de los distintos materiales antes mencionados.
3. Análisis comparado de los puntos anteriores entre los casos internacionales y nacionales documentados que fundamentara la propuesta de aplicación al caso de la ciudad de Huelva.
4. Entrevistas y reuniones con distintos profesionales responsables de Aguas de Huelva para la preparación de la encuesta y el trabajo de campo.
5. Diseño de la encuesta adaptada al contexto de la ciudad de Huelva y a la operativa de Aguas de Huelva y aprobación por parte de la dirección de la compañía.
6. Recogida y validación de las respuestas de los hogares de Huelva.
7. Codificación de las respuestas.
8. Análisis estadístico de las respuestas.
9. Clusterización de tipologías de “engagement” de hogares en el caso de Huelva.
10. Extracción de conclusiones para propuesta de acciones del siguiente bloque.

4.4. Materiales y métodos del bloque 4: propuesta de estrategias y tecnologías a través del prototipado de soluciones “web-based” para la mejora del uso del agua por parte del ciudadano de Huelva.

En este apartado, los materiales con los que se contó fueron bibliográficos y de trabajo de campo:

1. La bibliografía disponible en revistas científicas relativa a propuestas de modelos para conseguir una mejora del uso del agua por parte de los hogares, estrategias de feedback y estado del arte en soluciones tecnológicas en el hogar (especialmente Smart meters y dispositivos de eficiencia en el uso del agua).
2. Selección y análisis en profundidad de los casos internacionales similares y con aplicación al caso de la ciudad de Huelva
3. La caracterización de los tres clusters obtenidos en el apartado anterior.
4. Experiencias anteriores de innovación social y participación ciudadana llevadas a cabo por Aguas de Huelva.
5. Diseño gráfico del “web-based prototype” proporcionado por la empresa de Marketing “Enfoque Comunicación”.
6. Software de análisis de trazabilidad de los mails enviados mediante la herramienta “Mailchimp”, y que permite una trazabilidad sobre si los hogares aterrizan en el “web-based prototype”. La métrica correspondiente al envío de newsletters para su seguimiento es:
 - a. Recipients (Destinatarios). El número de contactos a los que se envió la campaña.
 - b. Público. A qué público pertenecen los destinatarios.
 - c. Subject (Asunto). La línea de asunto de correo electrónico.

- d. Delivered (Entregada). La fecha y hora en que los servidores de “Mailchimp” terminaron de enviar la campaña.
- e. Open rate (Tasa de apertura). El porcentaje de campañas entregadas correctamente que se registraron como aperturas. También se muestra la tasa de apertura promedio correspondiente al público.
- f. Click rate (Índice de clicks). El porcentaje de campañas entregadas correctamente que registraron un clic. También mostramos la tasa de clics promedio correspondiente a tu público.
- g. Opened (Abrieron). El número de destinatarios que abrieron la campaña cualquier número de veces.
- h. Clicked (Hicieron click). El número de destinatarios que hicieron clic en cualquiera de los vínculos rastreados en esta campaña.
- i. Bounced (Rebotados). El número de destinatarios registrados como un rebote duro o suave.
- j. Unsubscribed (Dados de baja). El número de destinatarios que decidieron darse de baja de los correos electrónicos mediante el enlace para cancelar la suscripción en esta campaña.
- k. Total opens (Aperturas totales). El número total de veces que los destinatarios abrieron la campaña. Este recuento incluye varias aperturas de destinatarios individuales.
- l. Successful deliveries (Entregas correctas). El número de destinatarios que no provocaron un rebote duro o suave en esta campaña.
- m. Clicks per unique opens (Clicks por aperturas únicas). El porcentaje de destinatarios que se registraron como un apertura y que también hicieron click en un vínculo de la campaña.
- n. Total clicks (Clics totales). El número total de veces que los destinatarios hicieron click en los vínculos rastreados. Este recuento incluye múltiples clicks de destinatarios individuales.
- o. Forwarded (Reenvíos). El número de veces que reenviaron la campaña mediante el formulario Forward to a Friend (Reenviar a un amigo). Esta estadística tiene en cuenta únicamente los reenvíos efectuados a través del formulario “Reenviar a un amigo”. No es capaz de detectar si un destinatario reenvía una campaña desde su programa de correo electrónico.
- p. Forward opens (Reenvíos abiertos). El número de veces que la campaña fue abierta por alguien al que se le había reenviado la campaña mediante el formulario “Reenviar a un amigo”.
- q. Abuse reports (Denuncias de abuso). El número de destinatarios que denunciaron el correo electrónico como spam. A los contactos que denuncian una campaña como spam se les cancela automáticamente la suscripción a tus correos electrónicos.
- r. Last opened (Última apertura). Momento más reciente en que un destinatario abrió la campaña.
- s. Last clicked (Último click). El momento más reciente en que un destinatario hizo clic en un vínculo seguido en la campaña.
- t. 24-hour performance (Rendimiento en 24 h). Un gráfico que detalla las aperturas y los clicks de los destinatarios durante las primeras 24 horas posteriores al envío de la campaña.

- u. Top links clicked (Clics en principales enlaces). Las URL en las que más se hizo click en la campaña.
 - v. Subscribers with most opens (Suscriptores con más aperturas). Los destinatarios que abrieron la campaña más veces.
 - w. Social performance (Rendimiento en redes sociales). Proporciona una vista rápida de cómo está yendo la campaña en las diferentes redes sociales.
 - x. Top locations (Principales ubicaciones). Utiliza la geolocalización para mostrar en qué parte del mundo abren las campañas los destinatarios.
7. Software de análisis de trazabilidad de uso e impacto del “web-based prototype” por parte de los hogares de Huelva, mediante la herramienta “Google Analytics”.
 8. Smart meters y lectura manual de los consumos de agua de los hogares de Huelva.
 9. Premios como incentivos económicos para los hogares del cluster 2 de Huelva.

Respecto a la metodología utilizada en este bloque, los pasos han sido:

1. Búsqueda sistemática en webs especializadas de artículos científicos de impacto sobre la temática a desarrollar.
2. Un análisis en profundidad de las fuentes y referencias, los objetivos a conseguir, los factores, estructura metodológica de investigaciones similares de los distintos materiales antes mencionados.
3. Análisis comparado de los puntos anteriores entre los casos internacionales y nacionales documentados que fundamentara la propuesta de aplicación al caso de la ciudad de Huelva.
4. Entrevistas y reuniones con distintos profesionales responsables de Aguas de Huelva para la preparación de los experimentos.
5. Reuniones con la empresa de Marketing encargada del diseño del “web-based prototype” para adecuarlo al contenido.
6. Diseño de los contenidos de los experimentos para interaccionar y medir los hábitos cotidianos de los hogares de Huelva respecto del agua.
7. Diseño y contenido concreto del primer experimento.
8. Diseño y validación del “web-based prototype”.
9. Iteración, rediseño y adaptación de los contenidos a los experimentos 2 y 3 en función de la respuesta al experimento 1.

4.5. Materiales y métodos para pasos futuros post-doctorado: propuesta de estrategias y tecnologías para un escalado del prototipo “web-based” para todos los hogares de Huelva.

He considerado interesante incluir este apartado, pues actualmente nos hallamos realizando el bloque 4 con Aguas de Huelva, y está previsto concluir el proyecto con este apartado. Los materiales con los que se pretende contar son bibliográficos y de trabajo de campo:

1. La bibliografía disponible en revistas científicas relativa a propuestas de modelos para conseguir una mejora del uso del agua por parte de los hogares.
2. Selección y análisis en profundidad de los casos internacionales similares y con aplicación al caso de la ciudad de Huelva.
3. La bibliografía disponible en revistas científicas relativa al diseño y gestión de talleres participativos de hogares basados en “Design Thinking”. Especialmente aquella

centrada en “Service Design Thinking” e “Innovación Social”. El objetivo es obtener información cualitativa directa de los hogares, que complemente a los datos sobre el uso del “web-based prototype” del bloque anterior.

4. Experiencias anteriores de talleres con hogares realizadas por Aguas de Huelva.
5. Iteración y rediseño de una versión nueva del “web-based prototype” basada en los datos obtenidos de la experiencia de uso de los tres experimentos.
6. Bibliografía en revistas científicas sobre el escalado de pilotos a ciudades enteras con gran número de hogares mediante distintas soluciones tecnológicas: Big Data, Blockchain, IA...

En este bloque se va a utilizar una metodología descrita como:

1. Búsqueda sistemática en webs especializadas de artículos científicos de impacto sobre la temática a desarrollar.
2. Un análisis en profundidad de las fuentes y referencias, los objetivos a conseguir, los factores, estructura metodológica de investigaciones similares de los distintos materiales antes mencionados.
3. Análisis comparado de los puntos anteriores entre los casos internacionales y nacionales documentados que fundamentara la propuesta de aplicación al caso de la ciudad de Huelva.
4. Entrevistas y reuniones con distintos profesionales responsables de Aguas de Huelva para la preparación de la estructura tecnológica y humana que permita el escalado de la experiencia para la ciudad de Huelva.
5. Propuesta de estrategias y tecnologías para el escalado del prototipo “web-based” en la ciudad de Huelva.

Resultados y discusión

5. Resultados y discusión.

Aunque los resultados obtenidos para cada uno de los tres primeros bloques aparecen recogidos en los tres artículos publicados y adjuntos a esta tesis doctoral, me ha parecido interesante resaltar los que considero más sobresalientes respecto a estos, e incluir algunos no publicados y pertenecientes al bloque 3 (parcialmente) y 4.

5.1. Resultados y discusión del bloque 1: Water Sensitive City y su análisis a través del comportamiento público del ciudadano de Huelva.

Los resultados obtenidos del análisis aplicando el marco metodológico utilizado sobre las ciudades de Andalucía, están descritos en el artículo adjunto primero en esta tesis. Para ello se escogieron las ciudades adjudicatarias de los EDUSI de la primera convocatoria, correspondiente a octubre 2016.

Los planes EDUSI presentados debían de implementar al menos dos de los objetivos temáticos (OT) del Eje Urbano del Programa Operativo de Crecimiento Sostenible (POCS) siguientes:

1. OT2: Mejorar el acceso, el uso y la calidad de las tecnologías de la información y la comunicación. Comprendía entre el 10 y el 20 % de la ayuda total.
2. OT4: Favorecer el paso a una economía de bajo nivel de emisión de carbono en todos los sectores. Entre el 20 y el 30 % de la ayuda total.
3. OT6: Conservar y proteger el medio ambiente y promover la eficiencia de los recursos. Entre el 25 % y el 35 % de la ayuda total.
4. OT9: Promover la inclusión social y luchar contra la pobreza. Entre el 25 % y el 35 % de la ayuda total.

Para las actuaciones en el ámbito del agua dentro de la ciudad, es decir de la relación del agua con cada uno de estos cuatro OT's, el objetivo temático más directamente aplicable es el OT6, con la salvaguarda de que "la dotación de equipamiento de las dependencias municipales, en particular del equipamiento relacionado con la red de saneamiento de agua y con los residuos, será accesoria y estará supeditada a su necesidad para la puesta en marcha de estrategias de desarrollo urbano integrado en áreas urbanas que se hayan identificado. La simple dotación de equipamiento no será financiable".

En el caso del agua urbana, el OT6 podría reflejar la promoción y adopción real de tecnologías alternativas de suministro y uso eficiente del agua dentro de una filosofía "fit-for-purpose", más conectadas a los intereses de los ciudadanos. En ese sentido, el OT6 podría reflejar el interés real de la ciudadanía, en el despliegue de nuevos desarrollos dentro de los EDUSI, como sistemas de uso del agua de lluvia.

Pero, además, hay que resaltar que el OT2 recoge la dotación tecnológica que faciliten las plataformas de gestión que contribuyan a que la ciudad sea inteligente, lo que se ha venido en llamar "Smart City" dentro de las estrategias de desarrollo urbano sostenible. Esto entronca con lo que se ha venido a denominar "Water Smart Cities".

En el OT4, a efectos del agua urbana, quedarían recogidas todas aquellas acciones que supusieran impacto del nexus energía-agua.

Finalmente, el OT9 reflejaría aquellas estrategias más ligadas al aspecto social y económico del agua urbana del contrato hidrosocial de la ciudadanía.

Por otra parte, las necesidades sociales respecto del agua no están aisladas, sino que se dan en un contexto de ciudad determinado, dónde el ciudadano las satisface o no en función de los servicios de agua que la ciudad implementa. Una clasificación del estado de evolución de la inteligencia de la ciudad respecto del agua, es la propuesta por Brown et al [22], basada en investigaciones sobre ciudades australianas. El marco es válido también, en mayor o menor medida, para el caso de las ciudades europeas y españolas, pues los servicios de agua urbana australianos tienen su origen en el modelo británico de implementación de los mismos por motivos históricos y culturales.

Este marco metodológico, de manera resumida, se compone de un continuo de estados, con fronteras no estancas entre ellos, y con mezcla de elementos de unos y otros. Brown et al. identifica seis posibles estados de ciudad:

1. Ciudad suministradora de agua (Water Supply City): su origen está en torno a 1800. El contrato hidrosocial implícitamente promete la entrega de volúmenes de agua ilimitados, seguros y baratos desde un medio ambiente benigno a una población urbana que crece rápidamente.
2. Ciudad con alcantarillado y saneamiento (Sewered City): hacia 1890, se establecen los primeros mecanismos de protección de la salud, a través de servicios de saneamiento que dirigen los flujos de residuos hacia un medio ambiente benigno. La estructura del contrato hidrosocial permanece sin cambios, con la suma de una nueva infraestructura de saneamiento como elemento novedoso.
3. Ciudad con drenaje (Drained City): hacia 1950, después de la 2ª Guerra Mundial, se despliegan los primeros servicios de protección frente al agua de tormenta para proteger la ciudad frente a inundaciones. La estructura del contrato permanece sin cambios, con la expansión de las funciones de entrega de servicios en manos de autoridades e instituciones de corte centralizado. Pero poco a poco se va involucrando progresivamente a los gobiernos locales, según las áreas urbanas son establecidas para liderar en una transición estable hacia un contrato hidrosocial más complejo que involucra a múltiples proveedores de servicios urbanos.
4. Ciudad con vías de agua (Waterway City): aparición de la corriente social del “medioambientalismo” (“environmentalism”) para la protección del medio ambiente, sobre la década de 1960. Se toman medidas para reducir la entrada de contaminación en las distintas vías de agua y recursos hídricos. Se regulan las descargas de las plantas de tratamiento de residuos y los procesos industriales, y se sustituyen las fosas sépticas por sistemas de alcantarillado centralizados. La ciencia calibra el impacto de la contaminación de las aguas de tormenta como fuente difusa de contaminación, y se empiezan a desarrollar nuevas tecnologías como “humedales” y sistemas de “bio-filtración” para proteger las vías de agua receptoras de agua contaminada. Sin embargo, no se gestiona de manera masiva la calidad de las aguas de tormenta. A niveles cognitivos y normativos, la contaminación por agua de tormenta es un problema difuso que no puede ser resuelto por tecnologías centralizadoras ni por los mecanismos de control gubernamental que fueron adoptados en el contrato hidrosocial previo. Este estado adolece de falta de un modelo de financiación adecuado y un plan de gestión y operación de tecnologías descentralizado.
5. Ciudad basada en el ciclo del agua (Water Cycle City): aceptación normativa creciente de la necesidad de una mayor sostenibilidad social, económica y del medio ambiente. Aproximación hacia una gestión del ciclo integral del agua, que conlleva conservación del agua y suministro diverso de agua ajustado al propósito de su utilización. Esta idea

implica utilizar fuentes de agua de distinta calidad: agua de lluvia, agua de tormenta, de alcantarillado, agua de mar... Cada una para el uso más apropiado (potable, irrigación, industria, hogares) en distinto rango de escalas, con sensibilidad hacia los ciclos de la energía y los nutrientes y contingente en la protección de la salud de las distintas vías de agua. Este alcance complementa los objetivos de seguridad de suministro y protección de las distintas vías, dónde las fuentes de agua están alcanzando los límites de la explotación sostenible. La dimensión regulativa conllevará la co-gestión del ciclo del agua entre negocios, comunidades y gobierno con la compartición de riesgo e instrumentos diversificados entre iniciativa privada y pública. Cognitivamente, los actores se implicarán en aprendizajes interdisciplinarios y de multi-agentes para entregar soluciones diversas y flexibles. En esta fase se da un debate respecto al rol del suministro centralizado o descentralizado del agua reciclada, y sus distintos escenarios de aplicación. La administración y gobiernos optan por responder a la sequía con la expansión de sistemas centralizados, con los controles y promesas implícitos en el antiguo contrato; más que por apoyar la co-existencia de sistemas centralizados y descentralizados y nuevas formas de co-gestión con la comunidad y sectores privados.

6. Ciudad sensible al agua (Water Sensitive City): actualmente no hay ejemplos de este modelo. El contrato hidrosocial integraría aquí los valores normativos de reparación y protección del medio ambiente, seguridad en el suministro, control de inundaciones, salud pública, ocio, habitabilidad y sostenibilidad económica. Las comunidades serán lideradas por los valores normativos de protección intergeneracional de equidad respecto a los recursos naturales y la integridad ecológica, así como por la preocupación de que la comunidad y el medio ambiente sean resilientes al cambio climático. El capital social será favorable a reflejar una comunidad comprometida con un estilo de vida sostenible. Tecnologías, infraestructura y formas urbanas serán diversas y flexibles, diseñadas para reforzar las prácticas sostenibles y el capital social, reconociendo la unión implícita entre sociedad y tecnología.

Figura 1. Evolución de las necesidades de agua urbana y continuum de estados. Tomado de [22]

Centrándonos en el caso de Huelva, ciudad intermedia (entre 50000 y 1 millón de habitantes) de 147212 habitantes, su plan recibió una adjudicación de 14.976.552 euros dentro del plan presentado EDUSI Huelva PVPS. En este caso, los resultados del análisis de su EDUSI fueron:

1. El alcance del plan no era toda la ciudad, sino el barrio Perez Cubillas; con el nombre de proyecto "Pulmón verde de la ciudad".
2. El OT objeto del plan era prácticamente único, y correspondía al OT6 y pretendía mejoras en el barrio Pérez Cubillas sobre las siguientes áreas de actuación:
 - a. Pocas zonas verdes de esta barriada.
 - b. Problemas de habitabilidad, con viviendas poco adecuadas.
 - c. Promover eficiencia de recursos.
3. Respecto del agua, los problemas que el EDUSI presentado identifica, son:
 - a. Viviendas sin saneamiento, ni agua corriente.
 - b. Riesgo de contaminación del agua por vertidos industriales.

4. En el nexus del agua con energía y comida, sólo menciona el impacto del agua en la industria de la ciudad y el puerto; pero sin entrar a analizar las sinergias entre los tres factores. Especialmente importante, es el impacto de la industria química, gran consumidora de agua. No hay conexión entre energía y agua, ni ninguna acción que trate este nexus.
5. El entorno natural de la ciudad relacionado con el agua presenta los siguientes elementos a tener en cuenta:
 - a. El puerto.
 - b. La desembocadura de los ríos Tinto y Odiel.
 - c. Parque natural de Marismas del Odiel.
 - d. Problemas de balsas de fosfoyesos debido a la industria química.
 - e. Lluvias escasas.

Sin embargo, tampoco aparece ninguna acción para mejorar estos dichos entornos acuáticos.

6. El plan presenta acciones de creación de espacios verdes sin tener en cuenta el aumento del consumo de agua y cómo se va a solucionar.
7. Finalmente, aunque en el EDUSI se declara la relación, tanto ambiental como económica y social con otros ayuntamientos como Ayamonte, Palos de la Frontera, Moguer, Punta Umbría y Lepe, adjudicatarios también de fondos EDUSI, no existe ninguna acción común entre ellos.

Existe un hueco (“gap”) que se produce entre lo que el EDUSI de Huelva declara como necesidad social y retos del agua, respecto de las acciones que finalmente se eligen como estratégicas y se dotan presupuestariamente para llevarse a cabo. Esto es aplicable a otras ciudades de Andalucía adjudicatarias también de fondos. Destacan como más notorios:

1. La falta de planes concretos dedicados especialmente para educación de la ciudadanía sobre el agua, información sobre gestión del ciclo integral del agua y acciones para reducir el consumo del agua.
2. Ligado con este punto, se echa en falta la utilización de nuevas tecnologías ICT para la información y educación de la ciudadanía respecto del agua. Sí que aparecen planes distintos al EDUSI, para monitorizar el agua en la ciudad en distintas áreas (riego inteligente, estado de las redes de agua...), pero no aparecen planes concretos que pongan de una manera inteligente (“Smart”) este conocimiento para que los ciudadanos utilicen de una forma más eficiente el agua. Especialmente, no existen planes de despliegue de contadores inteligentes en hogares que informen al ciudadano y visualicen cómo se está utilizando el agua. Quizás, porque los propios ayuntamientos consideren que dicho despliegue entra más en el área de la compañía de aguas como parte de su proceso de digitalización de la facturación al hogar.
3. Renovación de equipamiento en los edificios para una mayor eficiencia en el consumo del agua y reducción de pérdidas.
4. Acciones que pongan en evidencia el impacto del ciclo del agua sobre el consumo energético de la ciudad y la emisión de gases de efecto invernadero.
5. Tampoco aparecen planes destacados para combatir las olas de calor, frecuentes en una región como Andalucía, a través del uso de soluciones basadas en el agua y en la vegetación. Esto además reduciría el consumo energético que se produce por el

aumento del uso de aire acondicionado. Tampoco se ha tenido mayoritariamente aquí en cuenta este nexus agua-energía.

6. Planes para reducir la contaminación que pueda producir la agricultura ni la industria (la química, especialmente) sobre el agua superficial o acuíferos. A pesar, del carácter mixto urbano-agrario de estas ciudades intermedias no se recogen planes específicos que controlen y monitoricen dicha posible contaminación sobre las fuentes de las que bebe la ciudad.
7. La falta de planes conjuntos entre ciudades que comparten el agua como activo natural, como puedan ser ríos y zonas costeras. Si bien es verdad que los ríos son competencia de las cuencas hidrográficas y no de las ciudades, se echan en falta estudios de impacto que tengan en consideración una mayor coordinación de acciones entre ciudades.

Esto sitúa a Huelva, de acuerdo al modelo de Brown et al [15], en un estado evolutivo de nivel 3 como “Water Drained City”, con algunos elementos de gestión de ciclo integral del agua, pero sin acciones declaradas de protección medioambiental del agua, ni considerar el agua como medio de conexión social. Claramente no alcanza el estadio de “Water Sensitive City”.

Un primer punto de discusión en este apartado, es el alcance del concepto de desarrollo sostenible. La definición de “desarrollo sostenible” es un tanto difusa, y así aparece contemplado en la literatura científica, de acuerdo con de Haan et al. [66], podemos convenir de forma general, que la “sostenibilidad” viene definida como “el desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la posibilidad de satisfacer las necesidades futuras de las generaciones venideras” (Brundtland [67]).

Por lo tanto, la noción de “desarrollo sostenible” funciona como un marco normativo y directivo para iniciar una transición hacia un nuevo modelo que dé respuesta a los tres anteriores retos. En la literatura científica de acuerdo con Milne [68], hay 3 enfoques sobre el concepto:

1. Satisfacción de necesidades humanas: visión antropocéntrica.
2. Desarrollo sostenible: visión tecnocéntrica.
3. Sostenibilidad ecológica: visión ecocéntrica.

La presente tesis, toma como base la visión antropocéntrica del desarrollo sostenible, más unido a las propias ciudades, que son esencialmente “concentradores antropológicos”, dónde el ciudadano debería ser el objetivo central de toda acción, y dónde su papel es crítico en su relación con el agua, como agentes principales y primigenios de dicha transición hacia este nuevo modelo. Pero, en cualquier caso, este es uno de los puntos abiertos a debate.

Además, como discusión central, creemos que los posibles puntos y acciones recomendadas que permitirían acercar a Huelva hacia un estado de ciudad “Water Sensitive City” podrían ser:

1. Una mayor presencia del agua como foco de los planes de desarrollo sostenido de Huelva.
2. Un mayor nexus entre agua-ICT por parte de la ciudad, que ayude a visibilizar el agua, y no dejar ésta como responsabilidad exclusiva de la compañía gestora del agua. La tecnología y soluciones ICT deben contribuir a una mayor inteligencia de la ciudad.
3. Una posible “calificación de agua” de los edificios, a imagen y semejanza de la calificación energética de los mismos. De esta manera se premiaría la responsabilidad de los hogares en el uso eficiente del agua y una visibilización de la importancia de la

misma entre la ciudadanía. Además, se podría acometer una calificación integral como “edificio inteligente” (“Smart Building”). Esto va en línea con lo sugerido por otros proyectos como WISDOM [55] que promueve el concepto de “water performance certification”.

4. Acciones que traten de forma conjunta la relación clara entre el nexus agua-comida. Llama la atención en una región evidentemente agrícola como Huelva. Hay una desconexión entre el carácter urbano y agrícola de esta ciudad, como dos esferas totalmente separadas en la gestión de la ciudad.
5. No está recogida la vertiente energética del impacto del tratamiento integral del agua. El nexus energía-agua no aparece visibilizado.
6. Se echa en falta una mayor valorización del agua por parte de los ciudadanos. Políticas de educación de la ciudadanía respecto al uso eficiente del agua y su impacto económico y medioambiental en el futuro de la ciudad son claves para lograr un mayor desarrollo sostenible de la misma.
7. No se tratan las olas de calor, tan típicas en Andalucía por su climatología, con soluciones basadas en el uso eficiente y ecológico del agua.
8. El posible aumento del consumo de agua por aumento de zonas verdes, declarado como objetivo en el EDUSI. Deberían aparecer soluciones que tengan en cuenta dicho impacto.
9. Se precisa una mejora de la red de pluviales, con un posible tratamiento diferenciado de la red de saneamiento de la ciudad, que evite inundaciones y malos olores.
10. Mejora de la permeabilización de los suelos por medio de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), que incrementan el confort climático del espacio urbano y mitigan las inundaciones.
11. Existe una vulnerabilidad residencial y pobreza frente a inundaciones en zonas concretas de la ciudad.
12. Existe un aumento de los costes de la red de agua por su antigüedad, lo que complica el desarrollo económico sostenible de la infraestructura de agua de la ciudad. Se echa en falta un nexus más claro entre agua-planeamiento de la ciudad, lo que implica abordar un “contrato hidrosocial” más claro con la ciudadanía.
13. El agua sigue siendo invisible para algunos servicios que recibe el ciudadano. Parece que el agua sólo es un problema de la compañía de aguas, no una responsabilidad de la ciudad.
14. Aunque en el EDUSI aparecen reflejadas medidas para el criterio de sostenibilidad del metabolismo urbano (consumo de aguas, energía, residuos, CO₂, calidad del aire), no hay una aproximación holística a su gestión, conectando todos los parámetros.
15. Relacionado con el punto anterior, el EDUSI adolece de una falta de enfoque integral sobre el impacto que distintos sectores económicos, claves para el desarrollo económico de la ciudad, puedan tener en la lucha por el uso del agua. Estamos hablando del compromiso que tendrán que lograr en sus políticas de necesidades humanas, agricultura, turismo, energía y medio ambiente por el reparto del agua.

5.2. Resultados y discusión del bloque 2: Marco metodológico “Design Thinking”.

Aunque los resultados obtenidos en este bloque están descritos en el segundo artículo adjunto en esta tesis, me ha parecido útil dar más detalles sobre este punto. Por ello, en este apartado se describe el reto que el grupo Suez definió para la alianza de universidades de ingeniería UP4, que es lograr un “uso sostenible del agua” en los hogares. La respuesta a dicho reto fue en gran medida el desarrollo de los contenidos de esta tesis. Como resultado dio lugar al framework presentado en este punto basado en metodologías DT, aprobado por el grupo Suez para ser llevado a cabo en su compañía participada “Aguas de Huelva”. Este apartado muestra los resultados y los hitos más importantes realizados hasta el momento para lograr un uso más sostenible del agua en el hogar, mediante la aplicación de metodologías DT.

Como decía anteriormente, el objetivo principal es el de impulsar el uso eficiente y sostenible del recurso agua a partir de la información, comunicación y concienciación de la ciudadanía. El proyecto se centra por lo tanto en entender, dentro del ciclo del agua, cuales son los factores, elementos y datos que generan un mayor impacto y entendimiento de los retos en los que nos enfrentamos en cuanto a gestión del recurso agua, pudiendo así generar una reflexión del consumidor hacia un cambio cultural, hacia una mejora del “contrato hidrosocial” vigente en la ciudad.

Los objetivos concretos son:

1. Evaluar el grado de conocimiento de los consumidores sobre los retos asociados al uso sostenible del agua.
2. Identificación de sus necesidades como consumidores.
3. Determinar y prototipar soluciones que ayuden a concienciar y valorar la sostenibilidad del uso del agua, proponiendo acciones concretas a los consumidores que aborden a la vez parte de sus necesidades.
4. Lograr el “engagement” del ciudadano respecto a un uso más eficiente del agua a través de las acciones cotidianas en el hogar (comportamiento privado).

A priori no se quiso fijar un ámbito concreto del ciclo integral del agua y se buscó una explotación, fijada por el grupo Suez, en la que se implementara el ciclo completo. En dicha explotación se dividiría por área dicho ciclo integral, y se empezarían a plantear elementos, datos e información que se pudiera proporcionar al consumidor. A partir de entonces se evaluaría con los mismos consumidores finales cuáles son los elementos que más impactos les generan, los datos que más les preocupan, etc.

El resultado de dicha elección fue la red de agua urbana de “Aguas de Huelva”, compañía participada por el grupo Suez.

Una vez se determina el punto de entrada para generar una reacción por parte del consumidor, se profundiza para los ámbitos seleccionados, en los aspectos que nos permitan relacionar directamente su comportamiento en el día a día, con la sostenibilidad de la gestión integral del agua.

En cuanto a temas “Smart”, el proyecto no se ha centrado tanto en las tecnologías de comunicaciones, sino en cómo se genera y alimenta esa plataforma social alrededor de una

comunidad de consumo sostenible del agua a través de “facilitadores” tecnológicos (Smart meters, dispositivos inteligentes de ahorro de agua...).

A partir de los objetivos concretos ya descritos, el presente proyecto trata de determinar una solución que tenga un impacto en el consumidor final para que este conozca los retos asociados al agua y qué puede hacer en el día a día para contribuir a un uso sostenible del agua, comprendiendo el valor de sus acciones. La solución busca poner en valor un bien público (como es el agua) basado en el “acceso para todos”, pero bajo el prisma de un uso responsable. De esta manera, se pretende promover un cambio de comportamiento de los consumidores, que, junto a los esfuerzos de los gestores del ciclo urbano del agua, llevara a un uso más eficiente y la mejor protección de los recursos actuales y futuros. Por tanto, el objetivo final de este proyecto desde el punto de vista de la compañía de aguas, es mejorar la gestión de la demanda de agua que se produce en los hogares, enriqueciendo la interacción que se tiene con el cliente final, para lograr un mayor “engagement” del mismo, o incluso evolucionándolo hacia un nuevo modelo relacional que permita una mayor trazabilidad del cliente. Todo ello, sin que el consumidor sufra merma sobre la calidad del servicio de agua recibido.

Así pues, se trata de, a partir de una visión “human centered” (el ciudadano como centro de todo), lograr entender a qué motivaciones (intrínsecas, extrínsecas) atiende un hogar para que valore el agua, qué tramos/elementos del ciclo integral del agua impactan más en el cliente, relacionándonos con él a través de tecnologías digitales facilitadoras.

Figura 2. Metodologías Human Smart City. Tomado de [77]

En la revisión de las herramientas tecnológicas que se pudieran utilizar para desarrollar una solución que sirviera de vehículo “conseguidor del engagement” de los hogares, destacaba una que utilizaba entre otras una plataforma “web-based”. Se trata del proyecto europeo iWIDGET [56]. Pero el coste de algo similar a la plataforma iWIDGET excedía los límites del proyecto de “Aguas de Huelva”. Por este motivo, además de no disponer de toda la infraestructura tecnológica necesaria (AMI) en los hogares y la visión “human centered”, se decidió implementar una metodología DT, que por medio de un “web-based prototype” pudiera implementar funcionalidades similares y entender el impacto de uso en los hogares a un precio

muy bajo; una estrategia “low-cost” típica de los proyectos de metodología ágil, rápida implementación y “human-centered”.

Por tanto, la metodología DT sirve como marco de referencia en esta tesis. En concreto se ha aplicado el modelo DT “Stanford ME310”, siguiendo los pasos:

1. Define.
2. Needfinding.
3. Synthesis.
4. Ideation.
5. Prototyping.
6. Testing.

DT es una familia de metodologías, que como se describe en el segundo artículo publicado, presenta más de 172 modelos. Para elegir el más apropiado para esta tesis me he basado en los siguientes criterios:

1. Mi propia experiencia profesional aplicando metodologías DT desde el año 2000.
2. La revisión bibliográfica de los métodos elegidos en investigaciones científicas similares a la mía.
3. Las restricciones de tiempo impuestas por el grupo Suez, condicionadas en gran medida por los tiempos necesarios para acceder a los hogares y el encaje con otros proyectos “vivos” dentro de Aguas de Huelva.
4. Las restricciones de costes.
5. Las restricciones logísticas para realizar talleres preliminares con los hogares, que no permitían un estudio cualitativo previo soporte para la elaboración de la encuesta.

En definitiva, se propuso al grupo Suez y a Aguas de Huelva el siguiente método que dio como resultado un modelo con las siguientes etapas:

1. Define: para establecer claramente el alcance del reto a conseguir, además de basarnos en el propio reto definido por el grupo Suez a través de UP4, se completó con técnicas “Desk Research” y “Trend research”.
2. Needfinding:
 - a. Se siguió el método de “interviewing”. Se realizaron entrevistas en profundidad con distintos especialistas de Aguas de Huelva, para recoger la visión de la compañía sobre el alcance. Entre ellos destacamos las entrevistas a la directora de innovación y responsabilidad corporativa, al director comercial y al director general. Se enviaron las encuestas a los hogares para determinar el punto de inicio, base del diseño del primer “web-based prototype”.
 - b. Se contempló una etapa posterior de refinamiento de este primer prototipo, que permitiera la construcción de un segundo, con alcance masivo para todos los hogares clientes de Aguas de Huelva mediante la técnica de “Shadowing” por medio del seguimiento de uso que hicieran los hogares de este primer “web-based prototype”. Además, se ha previsto completarlo con un estudio cualitativo a través de talleres con los hogares participantes aplicando la técnica “Persona”.

3. Synthesis: a través del análisis estadístico de los resultados de las respuestas de los hogares a la encuesta, se aplicó el método estadístico de “Clustering” para agrupar los hogares por afinidades.
4. Ideation:
 - a. En la primera fase, correspondiente al primer “web-based prototype” se siguió la técnica de “brainstorming” con expertos de Aguas de Huelva, del grupo Suez y de la agencia especializada en diseño web para marketing digital.
 - b. En la segunda fase de prototipado masivo, se va a utilizar el feedback de los hogares dados en los talleres y los datos de trazabilidad de uso del primer prototipo.
5. Prototyping:

Para la construcción de los prototipos se contrató a una agencia especializada en diseño web y marketing digital. El alcance de su trabajo es el diseño gráfico de los mails a enviar a los hogares y la construcción de la landing page (web) con los contenidos para lograr un mayor “engagement” de los hogares. Los contenidos propuestos aparecen en los puntos subsiguientes de esta tesis.
6. Testing: utilizaremos las técnicas de “Feedback Capture Grip” (a través de talleres) y “Usability Testing”.

Se ha considerado clave el diseño del “web-based prototype” que debe permitir realizar “user cases” o experimentos con el objetivo de medir la sensibilidad (objetivos concretos, medibles y alcanzables) de los hogares a distintas propuestas que tratarán de determinar las motivaciones de los consumidores, sean éstas de índole económica (por ejemplo, nueva tarificación), informativo-educacional, social, ligadas a objetivos de sostenibilidad local de ciudad/barrio (interacción con “smart cities”), etc. Estos experimentos van a comenzar su fase de implementación en los hogares de Huelva a partir de octubre de 2020 y se prolongarán hasta diciembre de 2020; en total, tres meses de duración. Las conclusiones de dichos experimentos deberían poder arrojar luz sobre:

1. El peso de las motivaciones de los hogares (perfil motivacional) hacia un nuevo modelo de relación con el agua (contrato hidrosocial).
2. Identificación de barreras para lograr el nuevo “contrato hidrosocial”.
3. Perfil de eficiencia del hogar en el uso del agua, a partir del perfil actual consumidor.
4. Herramientas y acciones en las que apoyar dicho objetivo.

El diseño de los experimentos se ha centrado en medir el impacto (numérico, pero también cualitativo) de regulación de los hábitos de los hogares sobre aquellas acciones que más consumen agua en el hogar: cisterna (alrededor del 30% del consumo), duchas (en torno a un 40%), electrodomésticos (lavavajillas, lavadoras; en torno a un 10%).

Para ello se seleccionó inicialmente una muestra aleatoria estratificada, con un objetivo de lograr una horquilla entre 200 y 300 hogares, para los experimentos, que representaban distintos tipos de hogares en función de su nivel económico, número de personas por hogar, edad, propiedad de la vivienda, distrito de la ciudad...

La investigación ha partido de una encuesta inicial con preguntas/respuestas que seguirán una escala de Likert (escala 5), que mide el conocimiento general de los hogares sobre el ciclo

integral del agua, su consumo de agua, su valorización y necesidades respecto del agua y su voluntad de acción declarada hacia una mayor sostenibilidad de los hogares de Huelva.

Una vez determinado ese punto de partida, se han clusterizado con técnicas de análisis estadístico los hogares, diseñándose los citados experimentos a medida para cada grupo en función de lo declarado en la encuesta. Esa clasificación busca ser un medio más efectivo para poder medir el efecto (sensibilidad) de las propuestas y acciones para cambiar el comportamiento de los hogares, que realizar campañas masivas iguales para todos los hogares.

Para lograr un cambio de comportamiento de los hogares hacia un uso más eficiente del agua, es necesario lograr que éstos presenten un grado real de compromiso (“engagement”) respecto de dicho recurso; conjugando necesidades cubiertas y por cubrir a través de los servicios del agua con habitabilidad (aspiración a nivel de calidad de vida y bienestar) y sostenibilidad (conservación de los recursos a medio y largo plazo) de la ciudadanía.

En este proyecto se han seguido los fundamentos de la teoría de la “Psicología educativa”, que propone un marco metodológico desarrollado en el contexto socio-cultural, al trabajar tres pilares de compromiso del ciudadano respecto al agua de su ciudad:

1. Entender el agua y su contexto. Es decir, el conocimiento que se tenga sobre el agua.
2. Valorar el agua a través de las emociones y el desarrollo de actitudes positivas, como pueden ser:
 - a. Soporte a fuentes alternativas del agua.
 - b. Actitud proambiental: “identidad medioambiental del hogar”.
3. Apoyar el comportamiento cotidiano más inteligente respecto del agua en distintas esferas
 - a. Pública:
 - i. A través de la influencia en los procesos políticos.
 - ii. Soporte y presión para reparar la infraestructura de agua.
 - b. Privada:
 - i. Mediante el ahorro y el uso eficiente del agua.
 - ii. Utilización de dispositivos de ahorro de agua.
 - iii. Reducir la contaminación del agua.

Para los propósitos de este proyecto, sólo se contemplará la esfera privada del comportamiento de los ciudadanos. La esfera pública ya ha sido analizada y desarrollada en el primer bloque de esta tesis, y en el primer artículo publicado y adjunto a partir del análisis del plan EDUSI de la ciudad de Huelva. Dicho comportamiento cotidiano tiene una relación directa con el hábito creado en la utilización diaria del agua en los hogares para satisfacer las necesidades más arriba mencionadas. El hábito se da en un contexto social y de acuerdo a un capital acumulado de conocimiento y riqueza material de los hogares. Esta idea entronca con el marco metodológico de la “psicología educativa”, que, a través de los pilares de conocimiento y valorización, busca cambiar dicho hábito. Este no es algo inmutable, y menos en las sociedades actuales dónde se producen cambios constantemente; pero el hábito sí que tiene un límite interno en su propia estructura original, dentro de unos contornos de continuidad que le permiten variar hasta ciertos límites. La propuesta investigadora de este proyecto, también pretende determinar la eficacia de estrategias y herramientas tecnológicas para, o bien cambiar hábitos, o bien llevar los hábitos actuales dominantes hasta sus propios límites. Además, como parte de ese capital

acumulado de los hogares, están las tecnologías domésticas y los dispositivos con los que interactúan para cubrir sus necesidades.

Dicho hábito guía los comportamientos de confort e higiene, que son los que más consumo de agua interno tienen en los hogares. Es decir, el hábito de consumo que forma parte de la vida diaria doméstica de los hogares tiene un impacto muy alto en el recurso agua.

Además, se está produciendo en el mundo occidental un aumento de las expectativas de confort e higiene. Aumento que tensiona el equilibrio entre habitabilidad y sostenibilidad, entre necesidad real y/o percibida y recursos necesarios para satisfacerla, y que va a condicionar el compromiso real del ciudadano. Gestionar las expectativas y el comportamiento diario del ciudadano respecto al agua, forma parte de las estrategias de gestión de la demanda de agua.

Estas estrategias se pueden ver potenciadas a través de la tecnología, que bien utilizada actuará como herramienta de empoderamiento y aumento del compromiso de los ciudadanos con la utilización de los recursos, en nuestro caso, el agua.

La ciudad de Huelva tiene aproximadamente unos 140000 habitantes. Aguas de Huelva tiene alrededor de 52000 clientes, la mayoría de los cuales son hogares. Dichos clientes están repartidos en 6 distritos de la ciudad que presentan homogeneidad social. De los 52000 clientes, 9350 de ellos reciben factura digital, de lo que se puede deducir que están acostumbrados a manejar herramientas tecnológicas ICT, como correo electrónico, SMS, APPs, Smart phones, navegación por web... y cuentan con la suficiente infraestructura tecnológica (ordenadores, tablets, Smart phones, conectividad de Telecomunicaciones) para comunicarnos con ellos mediante canales digitales.

Los hogares que han participado en el proyecto lo han hecho en ambas fases; es decir, han respondido a la encuesta y van a participar en los experimentos. Inicialmente, se ha tratado de tener la mayor representatividad posible de los hogares participantes en el proyecto, estratificándolos aleatoriamente conforme a los siguientes criterios:

1. Asegurar que tenemos la misma cantidad aproximada de los hogares participantes por cada uno de los 6 distritos.
2. Todos los hogares participantes tienen correo electrónico y/o SMS para poder relacionarnos con ellos en la segunda fase del proyecto.
3. Hay una cantidad aproximada de hogares participantes en función de su rango de consumo de agua:
 - a. Consumo bajo: de 6 a 13 m³ de agua al bimestre.
 - b. Consumo medio: de 14 a 25 m³ de agua al bimestre.
 - c. Consumo alto: de 26 a 40 m³ de agua al bimestre.
4. Se ha intentado que al menos haya 120 hogares que tengan Smart meters. Estos hogares pertenecen todos al mismo distrito, al haberse concentrado todo el despliegue de Smart meters en un solo distrito.

Para asegurar que los modelos estadísticos y el procesado matemático se puede aplicar con garantías en el proyecto, es preciso aleatorizar la toma de datos, es decir, asegurar que se minimizan los sesgos en las dos fases del proyecto, especialmente en la selección aleatoria de los hogares participantes en cada rango de consumo y por cada uno de los seis distritos, en la selección aleatoria de los hogares con Smart meters y en la recogida de las respuestas de las

encuestas. Esto, tiene que ser compatible con tener la mayor representatividad posible conforme a los anteriores criterios.

De la estratificación y aleatorización de los hogares, tomando como universo de hogares aquellos de los que se dispone de datos personales electrónicos como e-mail y/o número de móvil, la muestra participante en las dos fases del proyecto, se ha compuesto inicialmente de 360 hogares. Se tuvo en cuenta una muestra adicional de otros 180 hogares que no participan en ninguna de las dos fases del proyecto y que sirve como grupo de control para descontar posibles efectos de variación en el consumo de agua, debido a factores estacionales relacionados con causas meteorológicas, económicas, comerciales...

Sobre el universo de 360 hogares potenciales participantes en este estudio, Aguas de Huelva procedió al envío de esta encuesta por medio de un link de correo electrónico. Previo a dicho envío, se elaboró por parte de Aguas de Huelva, una carta de presentación del proyecto solicitando la autorización de los hogares para participar en este estudio. Además, en paralelo, se impartió formación al personal de Aguas de Huelva encargado de recoger las autorizaciones de los hogares, dentro de la selección aleatoria de participantes.

También, se realizó una campaña informativa de difusión del proyecto a través de redes sociales, web corporativa y oficinas comerciales de la compañía de Aguas de Huelva.

Todas estas acciones se realizaron durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2018. Finalmente, se consiguió el compromiso de participación de 120 hogares.

Redacté las preguntas de la encuesta que fueron revisadas por 15 expertos de Aguas de Huelva, realizándose distintas modificaciones y eliminándose alguna de las preguntas originales propuestas, hasta la aprobación definitiva del modelo de encuesta que aparece en el anexo de esta tesis. Esto fue realizado durante el mes de septiembre de 2018.

En ese momento, Aguas de Huelva empezó a trabajar en un diseño gráfico de encuesta tipo web para hacer llegar a los hogares; trabajo que se culminó en noviembre de 2018.

En diciembre de 2018, se lanzó la encuesta via mail con un link hacia las preguntas a los 120 hogares participantes.

Las preguntas de la encuesta aparecen en el apéndice 1 de esta tesis.

A finales de enero de 2019 sólo se habían obtenido 18 respuestas de los 120 hogares participantes. A finales de marzo 2019, Aguas de Huelva volvió a enviar un recordatorio a los hogares participantes para obtener respuesta a las encuestas, reforzándolo con acciones de llamadas de soporte telefónico para ayudar a los hogares a rellenar la encuesta, consiguiendo a mediados de abril tener 42 respuestas. Finalmente, a mediados de mayo de 2019, se cerró el proceso de recogida de respuestas a la encuesta con un total de 105 respuestas de los hogares participantes.

No todas las respuestas a la encuesta eran completas, por lo que se procedió a recuperar por parte de Aguas de Huelva, una serie de hogares que no habían respondido a alguna pregunta, o bien que alguna respuesta presentaba alguna anomalía.

Todo este proceso se llevó a cabo durante el mes de mayo. En total, de las 105 respuestas obtenidas, algunas de ellas presentaban defectos de forma, con lo que procedimos a eliminar algunas de ellas. En total, en esta etapa se consiguieron 99 hogares cuyas respuestas se consideraron válidas para su codificación y posterior procesamiento estadístico.

En el mes de junio de 2019, se empezó a preparar la tabla de respuestas a las encuestas, con la codificación oportuna para su procesamiento estadístico. Durante esta etapa, se volvieron a eliminar dos hogares más (52 y 69) por presentar algún campo incompleto o erróneo para su procesamiento estadístico. Es decir, se consiguieron 97 respuestas válidas, que fueron las que se procesaron estadísticamente durante el mes de junio (y cuyo detalle se puede ver en el punto siguiente).

En esta etapa de codificación se añadieron a la tabla de respuestas los siguientes campos proporcionados por Aguas de Huelva:

1. Zona de Huelva a la que pertenece el hogar: 6 posibles que corresponden a los distritos sociales que el Ayto. de Huelva aplica a la ciudad.
2. Consumo medio por persona dentro del hogar: l/persona/día. Corresponden a la media del último año 2018.
3. Rango de consumo de cada hogar, de acuerdo a esta clasificación:
 - a. Menos de 100 l/persona/día es un consumo bajo.
 - b. Entre 100 y 130 litros/persona/día es un consumo medio.
 - c. Más de 130 litros/habitante/día es consumo elevado.

El rango de consumo se fijó tomando en cuenta que:

1. La media de consumo histórico por habitante día en los hogares gestionados por Aguas de Huelva es de 126,5 l/habitante/día.
2. El mínimo consumo vital de agua recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 100 l/habitante/día.

Como discusión en este punto, me ha parecido interesante reseñar los siguientes aspectos:

1. Las estrategias para empoderar a los ciudadanos y cambiar sus hábitos diarios sobre el uso del agua en el hogar, requieren de un esfuerzo sostenido a lo largo del tiempo. Sin embargo, en este caso no vamos a poder alargar más allá de los tres meses, la duración del proyecto. En cualquier caso, el objetivo del Proyecto era desarrollar un prototipo de solución que se pudiera escalar posteriormente. En este sentido, considero que los tres meses, a pesar de ser un tiempo corto, puede proporcionar pistas suficientes de las motivaciones, entre los distintos perfiles de hogar, válidas para lograr su “engagement”. Más allá de estas restricciones temporales, siempre habrá una discusión en este tipo de proyectos sobre cómo lograr un equilibrio entre el corto y el largo plazo.
2. También es interesante para discutir el compromiso al que hay que llegar entre fidelidad del diseño final de la herramienta “web-based”, el tiempo del proyecto, la inversión requerida, la logística y otros factores adicionales, que hacen que el prototipo no sea un producto acabado, listo para el mercado. Requiere una etapa posterior de producción que eleve la calidad del producto final; aunque esta barrera es fácilmente salvable debido a la velocidad de programación de este tipo de herramientas “web-based”. Es decir, es fácilmente transformable en un producto-servicio final para el mercado.
3. También es discutible, las limitaciones prácticas con las que me he encontrado respecto al número de hogares participantes. Es difícil lograr un conjunto suficiente de hogares participantes, y que sean en cierto sentido usuarios comprometidos para probar dicha herramienta. Pero, en cualquier caso, es ese el sentido final de la “web-based prototype”: lograr el “engagement” del ciudadano a través de que la herramienta le resulte

suficientemente atractiva para que éste la utilice. Creo que la participación final de los 97 hogares, minimiza el riesgo de la incertidumbre, y de las preferencias personales de cada hogar, los posibles errores en la obtención de los datos de los hogares, los malentendidos provocados por el lenguaje y el estilo de comunicación utilizados y otro tipo de inconsistencias. Por otro lado, en una fase posterior a este Proyecto, se pretende continuar con la escalada del mismo a todos los hogares de Huelva, mediante distintas técnicas ICT, Big Data y técnicas de inferencia del comportamiento futuro de los hogares como puede ser la Inteligencia Artificial.

5.3. Resultados y discusión del bloque 3: Comportamiento privado del ciudadano de Huelva respecto del agua.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico de las respuestas a las encuestas que describen el punto inicial del conocimiento sobre el ciclo integral del agua, los valores y necesidades respecto al uso del agua, así como la predisposición hacia dispositivos inteligentes en el hogar y adopción de tecnologías de regeneración de agua, de los hogares de Huelva se hallan descritos en el tercer artículo adjunto en esta tesis. Sin embargo, por limitaciones propias de espacio, dichos artículos no recogen todos los resultados. A fin de que se pueda entender de manera completa, y aún a riesgo de solapar algunos resultados con respecto a los que aparecen en los artículos, me ha parecido interesante incluir en esta tesis aquellos que no aparecen en ellos, para que se tenga una idea nítida de la esfera privada del ciudadano de Huelva respecto del agua.

Estos resultados forman parte de las tres primeras etapas del modelo DT “Stanford ME310”, es decir, corresponden a las etapas de Define, Needfinding y Synthesis.

Las preguntas de la encuesta objeto de este análisis estadístico, aparecen en el apéndice 1 de esta tesis.

Para la elaboración de las preguntas, se han tenido en cuenta, además de la revisión de los artículos científicos que describen proyectos similares al de esta tesis, la teoría del comportamiento ERG de Alderfer y los drivers principales (directos e indirectos) que condicionan el comportamiento de los hogares respecto del agua [33]:

1. Drivers Directos:
 - a. Variabilidad climática.
 - b. Incentivos / Penalizaciones económicas.
 - c. Regulaciones y ordenanzas.
 - d. Características de la vivienda.
 - e. Características de la persona: conocimiento, actitudes, comportamiento.
2. Drivers Indirectos:
 1. Características de la persona.
 2. Confianza hacia las instituciones.
 3. Confianza interpersonal.
 4. Justicia y equidad en los asuntos alrededor del agua.
 5. Valores medioambientales y actitudes conservacionistas.
 6. Factores socio-económicos.

5.3.1. Conocimiento de los hogares

Las preguntas de la encuesta que miden el conocimiento de los hogares sobre los retos del uso sostenible del agua son las 10 preguntas que van desde la número 20 a la número 29, y cada una de ellas cubre un aspecto del ciclo integral del agua.

A cada respuesta acertada se le dio un valor de 1, y a cada respuesta incorrecta un valor de 0. La puntuación máxima, por tanto, que se podía obtener era de 10 puntos. Al mismo tiempo, y a la espera de los resultados clasificatorios generados en una posterior clusterización, se adoptó el siguiente criterio de rangos:

1. Rango de conocimiento bajo: puntuaciones menores a 4.
2. Rango de conocimiento medio: puntuaciones entre 4 y 6.
3. Rango de conocimiento alto: puntuaciones iguales o superiores a 7.

Los resultados que se obtuvieron fueron por cada etapa del ciclo integral del agua:

1. Captación: preguntas 20 (14 hogares responden correctamente) y 21 (17 respuestas acertadas).
2. Tratamiento: pregunta 22 (69 respuestas correctas).
3. Distribución: pregunta 23 (38 respuestas correctas).
4. Redes de alcantarillado: preguntas 24 (8 respuestas correctas) y 25 (71 respuestas correctas).
5. Depuración: preguntas 26 (48 respuestas correctas) y 27 (18 respuestas correctas)
6. Regeneración y uso sostenible: preguntas 28 (46 respuestas correctas) y 29 (84 respuestas correctas).

Tomando la puntuación global sobre 10 puntos posibles, y la clasificación de rango anterior, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Rango de conocimiento bajo: 30 hogares.
2. Rango de conocimiento medio: 57 hogares.
3. Rango de conocimiento alto: 10 hogares.

Observamos que, sobre 10 puntos posibles, la media de conocimiento total, arroja una puntuación de 4,2577 lo que indica un grado de conocimiento del ciclo integral del agua próximo al aprobado, es decir, un grado de conocimiento medio, pero aún deficiente sobre algunas de las etapas del mismo.

Resumiendo, las acciones recomendadas serían:

1. Campaña educativa sobre la etapa de captación y depuración, especialmente sobre el impacto del uso del agua en las fuentes (origen) y en la depuración (vertido). Habría que destacar la relación entre la ciudad y su entorno natural más próximo.

2. Campaña educativa con un enfoque técnico del recorrido del agua en los distintos bloques que componen la red de aguas y su impacto sobre el consumidor.
3. Se recomienda seguir el estilo de comunicación seguido en la campaña del uso de toallitas en el hogar llevada a cabo por Aguas de Huelva en el pasado. El estilo era claro, sencillo y muy fácil de comprender.

5.3.2. Necesidades, valores e identidad de los hogares

La pregunta de la encuesta que mide las necesidades, valores e identidad respecto del agua es la pregunta 14 de la encuesta.

Para extraer información útil de los datos de esta pregunta es preciso reducir el número de variables a manejar que nos facilite una interpretación más sencilla de los estadísticos calculados. Para ello, se ha procesado por bloques, aplicando a cada uno de ellos el análisis factorial por máxima verosimilitud. Este análisis permite pasar a un nuevo conjunto de variables, las componentes principales, combinación lineal de las originales, que gozan de la ventaja de estar incorreladas entre sí y que, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que lleva incorporada.

En función de los pesos de cada variable en los factores se puede determinar que cada componente obtenido, explica de alguna manera aspectos del agua que valoran los hogares. Así, podemos denominar a cada uno de los factores por:

1. Componente 1= “Calidad del servicio/salud”. El peso se da más en aspectos relacionados con la calidad del agua y su impacto en la salud. Esta es la componente que tiene mayor varianza, y por lo tanto, explica lo que valoran más los hogares.
2. Componente 2= “Calidad de la infraestructura”. Recoge información sobre valorización de aspectos relacionados con la calidad de la infraestructura de la red de agua.
3. Componente 3= “CRM”. Expresa el valor de la relación del hogar con la compañía de aguas. Presenta la menor varianza.

Las interpretaciones que se pueden hacer son:

1. En general, los hogares serán más proclives a valorar positivamente acciones que mejoren la “calidad del servicio/salud”; entendiendo el servicio como servicio percibido (visualizable) en forma de calidad percibida del agua y ausencia de problemas en el servicio entregado al hogar. Dentro de este grupo la variable “Invertir en depurar y recoger agua” está menos relacionada con el resto de variables de este componente principal.
2. En segundo lugar, valorarán tener una buena calidad de la infraestructura de la red de aguas.
3. Finalmente, valoran la información proveniente de la compañía de aguas y cómo ésta se relaciona con los hogares.

5.3.3. Actitudes respecto del agua

Los resultados de la encuesta permiten evaluar las actitudes respecto a distintos aspectos del agua:

1. Actitud respecto a la eficiencia en el consumo del agua: dada por los datos de la pregunta 16.
2. Actitud respecto a la adopción de dispositivos tecnológicos en el hogar relacionados con el agua: extraída de los datos de la pregunta 17.
3. Actitud respecto al agua regenerada en el hogar: nos los dan los datos de las preguntas 18 y 19.

Una vez más, para extraer información útil de los datos de estas preguntas es preciso reducir el número de variables a manejar que nos facilite una interpretación más sencilla de los estadísticos calculados. Para ello, procesaremos por bloques, aplicando a cada uno de ellos el análisis factorial por máxima verosimilitud.

5.3.3.1. Análisis factorial de actitud respecto a la eficiencia en el consumo del agua

Como en el punto anterior, la explicación de los resultados, lleva a considerar que los dos componentes principales obtenidos, explican la actitud respecto a la mejora de la eficiencia en el uso del agua en el hogar, pues la varianza explicada es del 66%.

Aunque poner etiquetas a la interpretación en este caso no es tan fácil, podemos decir que los hogares muestran una actitud más favorable a la mejora en el uso del agua, agrupando acciones en torno a dos grupos:

1. Componente 1= “Uso eficiente general”. Existe una asociación de variables que explicarían una utilización general (o cajón desastre) dónde mejorar la eficiencia del agua en el hogar.
2. Componente 2= “Uso eficiente limpieza”. Aquí claramente, aparece un grupo asociado a un campo de mejora sobre la utilización del agua en tareas de limpieza personal o del hogar.

Las interpretaciones que podemos hacer son:

1. En general, los hogares son conscientes y están dispuestos a aplicar estrategias de mejor uso del agua en una combinación entre acciones sobre uso del inodoro, limpieza del hogar y cocina. Estas tres variables están altamente asociadas siendo recogidas en el componente principal “Uso eficiente general”. En menor medida, lo está la variable sobre un mejor uso eficiente de la “lavadora”.

5.3.3.2. Análisis factorial de actitud respecto a la adopción de dispositivos tecnológicos en el hogar

La medida de dicha actitud viene representada por los datos de la pregunta 17. Se procede a aplicar análisis factorial o de componentes principales, obteniendo:

Al componente obtenido le denominaremos:

1. Componente 1= “Dispositivos de ahorro de agua”. Contendrá todas las variables excepto “Limitadores de caudal en grifos”. Es decir, esta variable no es significativa.

La posible interpretación a este resultado sería que los hogares no aceptarían el incorporar limitadores de caudal en grifos, quizás, por su implicación en la invasión de su poder de decisión o en coartar su libertad. En cualquier caso, parece claro que limitadores acústicos y contadores inteligentes que son dispositivos que les pueden aportar información sobre su consumo serían bien valorados.

5.3.3.3. Análisis factorial de actitud respecto al agua regenerada en el hogar

La actitud respecto al agua regenerada en el hogar nos la da el análisis de las respuestas a las preguntas 18 y 19.

Los datos de la pregunta 19, no admiten análisis factorial, pues la pregunta no fue diseñada con un escalado en sus posibles respuestas (escala Likert).

Por tanto, aplicamos análisis factorial a la pregunta 18, obteniendo los siguientes resultados:

La varianza explicada es del 63%, con dos grupos de variables significativas a través de dos componentes principales:

1. Componente 1= “Agua regenerada para Lavadora, Inodoro, Jardín y Ningún caso”
2. Componente 2= “Todos los casos anteriores a menor precio”

Aunque el test de Bartlett es aceptable, la prueba de KMO da un resultado bajo (0,595), aunque válido (próximo a 0,6), lo que empuja a buscar mejorar el análisis factorial con la introducción de los componentes extraídos que miden la actitud de los hogares; por si el KMO mejorara con todos ellos. Es decir, se ha introducido todos los factores/componentes que resumen la actitud descrita en la pregunta 16 (“Uso eficiente general”, “Uso eficiente limpieza”), 17 (“Dispositivos de ahorro de agua”) y de la propia pregunta 18 (“Agua regenerada para Lavadora, Inodoro, Jardín y Ningún caso”, “Todos los casos anteriores a menor precio”), obteniendo los siguientes resultados:

Como se podrá observar, la prueba de KMO, da un resultado muy bajo (0,363), a todas luces insuficiente (por debajo de 0,5); lo que indica que el modelo de extracción de componentes no es válido en este caso (con todos los componentes/factores) y no registra una relación válida entre los factores introducidos.

Por lo tanto, para la pregunta 18, nos quedamos con los dos componentes principales extraídos “Agua regenerada para Lavadora, Inodoro, Jardín y Ningún caso”, “Todos los casos anteriores a menor precio”. La conclusión que podemos sacar de la misma, es que los hogares tienen una actitud mayoritariamente favorable al uso del agua regenerada para Lavadora, Inodoro y Jardín, pero siempre que sea a menor precio del que pagan actualmente por dicha agua. El factor económico es un componente de peso en la posible aceptación de tecnologías de regeneración de agua en el hogar para los usos descritos (lavadora, inodoro, jardín).

Respecto a los resultados obtenidos de la pregunta 19:

1. 26 hogares les resultaba indiferente tener un sistema PROPIO de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad, con las máximas garantías técnicas de calidad y seguridad

2. 6 hogares no aceptarían utilizar agua regenerada en su hogar/comunidad.
3. 43 hogares sí que aceptarían utilizar agua regenerada para lavadora, inodoro y riego.
4. 22 hogares sí que aceptarían utilizar agua regenerada para también otros usos del hogar.

Como conclusión principal es que hay una inmensa mayoría (65 hogares de 97) que sí que aceptaría tener un sistema propio regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad. Además, lo más destacado es que apenas hay oposición (sólo 6 hogares sobre 97) a tener un sistema propio de regeneración de agua lluvia, lo que abre un campo a la introducción de este tipo de tecnologías en los hogares servidos por Aguas de Huelva.

5.3.4. Generación de clusters de hogares

Finalmente, se ha procedido a una clusterización de los hogares (agrupación de datos con características similares). El objetivo es poder llevar a cabo estrategias diferenciadas y diseñadas “ad-hoc” hacia cada tipología de hogar (clúster) para cambiar, reforzar o eliminar actitudes y comportamientos reales de los hogares en el uso eficiente del agua. Se persigue conseguir un mayor compromiso de los hogares (“engagement”) respecto del agua. Se han tenido en cuenta los siguientes factores para la clusterización elegida:

1. Rango de conocimiento.
2. Factores o componentes principales de necesidades y valores.
3. Factores o componentes principales de actitud respecto a la eficiencia en el consumo del agua.
4. Factores o componentes principales de actitud respecto a la adopción de dispositivos tecnológicos en el hogar relacionados con el agua.
5. Factores o componentes principales de actitud respecto al uso del agua regenerada en el hogar.

Estadísticamente, se han tomado las siguientes variables para el procesado:

- a. Puntuación obtenida en las 10 preguntas que van desde la número 20 a la número 29.
- b. De la pregunta 14 (necesidades y valores):
 - a. Componente 1= “Calidad del servicio/salud”.
 - b. Componente 2= “Calidad de la infraestructura”.
 - c. Componente 3= “CRM”.
- c. De la pregunta 16 (actitud frente a la eficiencia en el consumo del agua):
 - a. Componente 1= “Uso eficiente difuso”.
 - b. Componente 2= “Uso eficiente limpieza”.
- d. De la pregunta 17 (actitud frente a la adopción de dispositivos tecnológicos en el hogar relacionados con el agua):
 - a. Componente 1= “Dispositivos de ahorro de agua”.
- e. De las preguntas 18 y 19 (actitud frente al uso del agua regenerada en el hogar).
 - a. Componente 1= “Agua regenerada para Lavadora, Inodoro, Jardín y Ningún caso” (pregunta 18).
 - b. Componente 2= “Todos los casos anteriores a menor precio” (pregunta 18).

c. Codificación de las opciones de la pregunta 19.

Los anteriores clústeres generados se han cruzado con las variables definidas a continuación que caracterizan a los hogares:

1. Bloque de características demográficas:
 - a. Datos de las preguntas de la encuesta de la 1 a la 5.
 - b. Pregunta 8 eliminada del procesamiento.
2. Bloque de características del hogar:
 - a. Datos de las preguntas de la 6 a la 10.
 - b. Pregunta 8 eliminada del procesamiento.
 - c. Rango de consumo: proporcionados por Aguas de Huelva.
 - d. Zona o distrito de Huelva: proporcionados por Aguas de Huelva.
3. Bloque de experiencias de vida y factores psicosociales:
 - a. Datos de las preguntas 11, 12, 13 y 15.

Antes de pasar al análisis detallado de los resultados de la clusterización, querría llamar la atención sobre varios hechos, que actúan a modo de algunas conclusiones importantes:

1. Más allá de la interpretación de los resultados de la clusterización; si nos centramos sólo en el análisis de los propios factores o componentes de las variables aquí expuestos, ya se puede extraer conocimiento e imaginar posibles acciones a llevar a cabo (estrategias) en futuros experimentos de campo para “provocar” cambios reales en los resultados medidos por dichas variables.
2. Se han procesado varias veces los datos, obteniendo distintos números de clústeres en cada procesado, todos ellos válidos. Se ha escogido finalmente el que aquí se propone más adelante, siguiendo el criterio de equilibrar entre tener un alto número de clústeres que permitiera acciones de campo (experimentos) muy dirigidas a segmentos muy particulares de hogares (y por consiguiente con mayor eficacia de resultados) pero que complicara en exceso el trabajo de campo de relación con los hogares (incrementando el coste y el tiempo de ejecución de los experimentos); y tener un bajo número de clústeres (dos) que apenas discriminase y que fuera más fácil de realizar el trabajo posterior de campo con los hogares, pero fuera menos eficaz en sus resultados. Creo que se ha optado por la opción mejor, de selección de 3 clústeres, que discrimina lo suficiente y facilita la posterior interacción con los hogares. Además, este número de clústeres está en línea con el de otros trabajos similares en otras partes del mundo.
3. El rango de conocimiento que se estableció arbitrariamente en un rango de puntuación entre alto, medio y bajo (conocimiento) en el punto 7.1 de este documento, no coincide exactamente con los rangos establecidos por el propio software de procesado estadístico aquí utilizado en la clusterización (agrupación de datos), pero se aproxima claramente (ver Tabla de “Resumen de casos”); validando la elección de rangos inicial.
4. Las variables que miden los factores psicosociales correspondientes a “Actividades sociales alrededor del agua” y “Participación en organizaciones sociales” (preguntas 11 y 12) no son significativas. Es decir, no explican, no discriminan, no caracterizan a los hogares participantes en esta encuesta. En conclusión, son totalmente prescindibles.
5. Se ha intentado una clusterización en función de los distritos de Huelva, y tampoco se ha logrado una clara diferenciación. Lo máximo obtenido fueron dos clústeres con los

datos muy agrupados entre ellos, que aportaban poco conocimiento real. Esto ha permitido certificar lo que ya adelantó Aguas de Huelva en reuniones previas, la gran homogeneidad social entre las distintas zonas/distritos de la ciudad. Es decir, el distrito al que pertenece el hogar no es determinante, ni explica las preguntas que la investigación trata de responder.

6. Se ha estudiado la influencia de los componentes y variables independientes en los distintos rangos de consumo. Se ha introducido variable a variable (y componente) para estudiar su influencia (individual y conjunta) en el consumo. Del análisis cabe concluir que la actitud positiva hacia la mejora de un uso más eficiente del agua predice el rango de consumo de los hogares. En concreto, es la componente 2 (“Uso eficiente limpieza”) sobre tareas de limpieza personal o del hogar la que mejor predice el rango de consumo. Estrategias que mejoren la eficiencia de uso del agua en baños y duchas, lavadora y lavavajillas tendrán a priori más posibilidades de éxito.
7. También, cuando se introduce la variable cuantitativa que mide el “Conocimiento” de los hogares sobre aspectos del agua, se obtiene explicación significativa de las categorías de consumo. Es decir, la variable “Conocimiento del agua” explica y puede pronosticar el rango de consumo del hogar. Por lo tanto, si se quiere cambiar el comportamiento de los hogares en cuanto al consumo del agua (uso eficiente del agua) habría que actuar con estrategias que aumenten el “Conocimiento de los hogares” respecto del agua.
8. Sólo se han tenido en cuenta resultados que añaden información válida, más allá de la información obtenida del puro ejercicio estadístico, agregando y tratando todas las variables y componentes descritos arriba.

El método seguido de clusterización es jerárquico (distancia euclídea al cuadrado y método Ward), obteniéndose tres clústeres caracterizados por:

1. Clúster 1:
 - a. Conocimiento Alto sobre el agua.
 - b. Valoran tener una buena calidad de la infraestructura de la red de aguas.
 - c. No valoran especialmente el resto de los otros dos factores del análisis.
 - d. Actitud moderada respecto a mejorar la eficiencia en el consumo del agua, en relación con el uso de inodoro, limpieza del hogar y cocina. No creen que en el resto de usos puedan conseguir mayor eficiencia (bañera, lavadora, lavavajillas).
 - e. Actitud positiva hacia el uso de dispositivos de ahorro de agua. La mayoría opta por que la compañía de agua se los regale, aunque hay algún hogar que aceptaría gastar hasta 30 euros de límite total.
 - f. Actitud positiva frente al uso del agua regenerada en el hogar (Lavadora, Inodoro, Jardín) siempre que sea a menor precio que el actual para los mismos usos.
 - g. También se muestran con actitud positiva para adoptar algún sistema propio de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad para los usos anteriores, o incluso algún otro uso.
2. Clúster 2:
 - a. Conocimiento Bajo sobre el agua.
 - b. Valoran moderadamente un buen servicio percibido (visualizable), en forma de calidad percibida del agua y ausencia de problemas en el servicio de aguas entregado al hogar.
 - c. Valoran tener una buena calidad de la infraestructura de la red de aguas.

- d. Actitud negativa a conseguir mejorar la eficiencia en el consumo del agua, en relación con el uso de inodoro, limpieza del hogar y cocina. Tampoco creen que en el resto de usos puedan conseguir mayor eficiencia (bañera, lavadora, lavavajillas).
 - e. Actitud negativa hacia el uso de dispositivos de ahorro de agua.
 - f. Actitud negativa frente al uso del agua regenerada en el hogar (Lavadora, Inodoro, Jardín).
 - g. Sin embargo, son muy sensibles al precio del agua y a su posible bajada.
 - h. Actitud moderada/indiferente para adoptar algún sistema PROPIO de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad para los usos de lavadora, inodoro o jardín.
3. Clúster 3:
- a. Conocimiento Medio sobre al agua.
 - b. Valoran positivamente un buen servicio percibido (visualizable), en forma de calidad percibida del agua y ausencia de problemas en el servicio de aguas entregado al hogar.
 - c. Valoran positivamente tener información proveniente de la compañía de aguas y cómo ésta se relaciona con los hogares.
 - d. Actitud positiva para conseguir mayor eficiencia en el uso del agua en bañera, lavadora, lavavajillas. No creen que puedan conseguir mejorar la eficiencia en el consumo del agua, en relación con el uso de inodoro, limpieza del hogar y cocina.
 - e. Actitud negativa hacia el uso de dispositivos de ahorro de agua en el hogar.
 - f. Actitud positiva frente al uso del agua regenerada en el hogar (Lavadora, Inodoro, Jardín). Independientemente de que se consiga una mejora del precio del agua.
 - g. Actitud indiferente para adoptar algún sistema PROPIO de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad para los usos de lavadora, inodoro o jardín.

Los hogares pertenecientes al Clúster 1 son 45 hogares, identificados por su ID:

De los hogares 1 al 13 (ambos inclusive), h16, h17, h19, h21, h22, h24, h25, h26, h28, h31, de los hogares 34 al 37 (ambos inclusive), h39, h41, h43, h45, h47, h51, h53, h54, h55, h61, h72, h74, h79, h81, h96, h98, h104 y h105.

Los hogares pertenecientes al Clúster 2 son 21 hogares, identificados por su ID:

H14, h15, h18, h23, h27, h29, h30, h32, h38, h42, h44, h49, h50, h62, h77, h78, h82, h87, h88, h95, h100.

Los hogares pertenecientes al Clúster 3 son 31 hogares, identificados por su ID:

H33, h46, h48, de los hogares 56 al 59 (ambos inclusive), h60, de los hogares 63 al 68 (ambos inclusive), h71, h73, h75, h76, de los hogares 83 al 86 (ambos inclusive), de los hogares 89 al 93 (ambos inclusive), h97, h101, h102, h103.

De forma gráfica se puede ver la agrupación seguida por proceso iterativo (jerárquico), en el siguiente dendrograma (se corta en tres ramas, en el nivel 15):

Figura 3: Dendrograma de clusterización. Elaboración propia

Se verifica la adecuación del modelo de clusterización aplicado a la muestra de datos. Es decir, se va a verificar si los clústeres obtenidos discriminan suficientemente bien. Para ello realizamos un análisis de la varianza a través de ANOVA, utilizando los resultados de las preguntas de conocimiento sobre la red de distribución, saneamiento y red de alcantarillado, obteniendo:

En los tres casos, se obtiene F suficientemente altas y significación menor a 0,05 lo que indica que los resultados de clusterización obtenidos discriminan bien y por lo tanto son válidos.

Se realiza a continuación pruebas de regresión logística multinomial, para saber si el modelo obtenido tiene capacidad explicativa, es decir, si es estadísticamente significativo y puede ser utilizado para predecir “la clasificación” de un futuro dato en los clústeres definidos. Los estadísticos obtenidos en distintas pruebas, son:

1. Bondad de Ajuste.
2. Pseudo R cuadrado.
3. Pruebas de razón de verosimilitud.
4. Estimaciones de parámetros de los 3 clústeres (dos a dos).

Los resultados de Chi-cuadrado (elevada), Pseudo R cuadrado (<1), significativas y estimaciones de parámetros dos a dos, dan por bueno el modelo obtenido en cuanto a predicción de clasificación de nuevas muestras.

5.3.5. Análisis de la importancia de variables sobre el rango de consumo de agua de los hogares en Huelva (comportamiento declarado de los hogares)

Se ha analizado la influencia de las distintas variables y componentes/factores sobre los rangos de consumo de los hogares (alto, medio, bajo). Para ello se ha utilizado una herramienta estadística que son los “árboles de decisión” mediante el algoritmo CART (“árboles de clasificación” o “regresión”) con validación cruzada, para saber qué variables/factores/componentes independientes son los decisivos respecto a la predicción del consumo de agua (como expresión del comportamiento real de los hogares en el uso eficiente del agua). La variable cualitativa dependiente es el rango de consumo, construida a partir de la variable independiente de consumo agua por hogar (dato de Aguas de Huelva).

El procedimiento seguido es analizar los bloques de componentes uno a uno, para obtener la jerarquía de ellos respecto al rango de consumo de agua de los hogares. Los bloques considerados son valores/necesidades, actitudes, y conocimiento sobre el ciclo integral del agua. Finalmente se han introducido todos ellos juntos para ver el efecto conjunto sobre el rango de consumo de los hogares.

Para ello, se ha comenzado viendo la influencia de los componentes que miden lo que valorizan los hogares respecto del agua (pregunta 14). Es decir, sólo se han considerado los valores y necesidades de los hogares para intentar predecir si se trata de un hogar con consumo medio, bajo o alto (no consideramos ni actitudes, ni conocimiento):

1. Componente 1= “Calidad del servicio/salud”.
2. Componente 2= “Calidad de la infraestructura”.
3. Componente 3= “CRM”.

Resumen del modelo

Especificaciones	Método de crecimiento	CRT
	Variable dependiente	Rango
	Variables independientes	Calidad del servicio salud, Calidad infraestructura, CRM
	Validación	Ninguna
	Máxima profundidad del árbol	5
	Casos mínimos en nodo padre	10
	Casos mínimos en nodo hijo	5
Resultados	Variables independientes incluidas	Calidad infraestructura, CRM, Calidad del servicio salud
	Número de nodos	3
	Número de nodos terminales	2
	Profundidad	1

Tabla 2: Resumen del algoritmo CART sobre la influencia de los valores y necesidades de los hogares para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

En este caso, el algoritmo no discrimina basándose en esos factores y, por tanto, no se obtiene árbol. Por lo tanto, no se puede predecir el rango de consumo de agua de los hogares sólo considerando las necesidades y valores de los hogares.

Analizando sólo los componentes que miden las actitudes (sin considerar valores/necesidades, ni conocimiento) sobre su influencia en los rangos de consumo de los hogares:

1. De la pregunta 16 (actitud frente a la eficiencia en el consumo del agua):
 - a. Componente 1= "Uso eficiente general".
 - b. Componente 2= "Uso eficiente limpieza".
2. De la pregunta 17 (actitud frente a la adopción de dispositivos tecnológicos en el hogar relacionados con el agua):
 - a. Componente 1= "Dispositivos de ahorro de agua".
3. De las preguntas 18 y 19 (actitud frente al uso del agua regenerada en el hogar).
 - a. Componente 1= "Agua regenerada para Lavadora, Inodoro, Jardín y Ningún caso" (pregunta 18).
 - b. Componente 2= "Todos los casos anteriores a menor precio" (pregunta 18).

c. Codificación de las opciones de la pregunta 19.

Resumen del modelo

Especificaciones	Método de crecimiento	CRT
	Variable dependiente	Rango
	Variables independientes	Uso eficiente difuso, Uso eficiente limpieza, Dispositivos de ahorro agua, agua regenerada Lavadora, inodoro, jardín, (Ningún caso), agua regenerada a menor precio
	Validación	Ninguna
	Máxima profundidad del árbol	5
	Casos mínimos en nodo padre	10
	Casos mínimos en nodo hijo	5
Resultados	Variables independientes incluidas	agua regenerada a menor precio, agua regenerada Lavadora, inodoro, jardín, (Ningún caso), Uso eficiente general, Dispositivos de ahorro agua, Uso eficiente limpieza
	Número de nodos	15
	Número de nodos terminales	8
	Profundidad	5

Tabla 3: Resumen del algoritmo CART sobre la influencia de los componentes que miden las actitudes de los hogares para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

El componente de actitud que mejor discrimina para predecir el futuro rango de consumo de los hogares de Huelva es la actitud positiva de los mismos hacia “Uso eficiente limpieza”.

Si ahora, analizamos de forma conjunta valores/necesidades y actitudes, obtenemos estos el siguiente árbol jerárquico:

segundo lugar por la misma componente. La importancia de cada componente se puede ver en la siguiente tabla 4:

Independent Variable	Importance	Normalized Importance
Efficient use in cleaning	0.052	100.0%
Quality of infrastructure	0.008	15.6%
CRM	0.007	13.1%
Reclaimed water for washing machine, toilet, garden, and no case	0.006	11.5%
Quality of service/health	0.005	10.3%

Tabla 4: Importancia de la variable independiente de valores/necesidades y actitudes conjuntamente para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

La actitud discrimina mejor que los valores y necesidades respecto a predecir el rango de consumo de los hogares de Huelva.

Finalmente, si analizamos de forma conjunta el conocimiento sobre el agua (variable “Puntuación Global”), valores/necesidades y actitudes de los hogares, obtenemos el siguiente árbol jerárquico de la figura 5:

Figura 5: Árbol de clasificación (CART) sobre la influencia conjunta de conocimiento, valores/necesidades y actitudes para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

Para caracterizar el conocimiento del ciclo integral del agua, se va a utilizar la variable cuantitativa independiente que el resultado del conocimiento global de la encuesta (puntuación máxima 10). Como se puede observar, el árbol es el mismo que el que se ha obtenido en la figura 4. Esto nos lleva a concluir que, de nuevo, es la componente de actitud positiva “Uso eficiente limpieza”, el factor que mejor predice el rango de consumo de los hogares. Lo que sí que cambia es el peso de importancia de los factores y componentes, como podemos ver en la tabla 5:

Independent Variable	Importance	Normalized Importance
Efficient use in cleaning	0.052	100.0%
Knowledge Global Score	0.018	33.7%
Quality of infrastructure	0.008	15.6%
CRM	0.007	13.1%
Reclaimed water for washing machine, toilet, garden, and no case	0.006	11.5%
Quality of service/health	0.005	10.3%

Tabla 5: Importancia de la variable independiente de conocimiento, valores/necesidades y actitudes conjuntamente para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

Analizando la importancia de las variables y factores, podemos ver que como segunda variable aparece el conocimiento sobre el ciclo integral del agua, con una importancia normalizada del 33.7%. Esto nos sugiere poner el foco también en educar a los hogares sobre aspectos del ciclo del agua. En este sentido, para confirmar realmente el peso del conocimiento sobre el ciclo urbano del agua, hemos vuelto a repetir el análisis anterior, pero añadiendo el nivel educativo, variable cualitativa independiente, y la ocupación profesional, variable cualitativa independiente, a las variables y factores que ya teníamos, y que eran conocimiento, valores/necesidades y actitudes. El árbol obtenido es el mismo de la figura 5, siendo el factor “Uso eficiente limpieza”, el que predice el rango de consumo del hogar. Pero ahora analizando la importancia de dichas variables y factores, podemos ver en la tabla 6, que el peso del nivel educativo refuerza a la variable del conocimiento sobre el ciclo integral del agua. Esto indica la importancia de los aspectos asociados a la educación, formación y conocimiento sobre el agua:

Independent Variable	Importance	Normalized Importance
Efficient use in cleaning	0.052	100.0%
Knowledge Global Score	0.018	33.7%
Education	0.014	26.6%
Quality of infrastructure	0.008	15.6%
CRM	0.007	13.1%
Reclaimed water for washing machine, toilet, garden, and no case	0.006	11.5%
Quality of service/health	0.005	10.3%

Tabla 6: Importancia de la variable independiente de conocimiento, valores/necesidades, actitudes y ocupación laboral conjuntamente para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

En la misma línea, se ha repetido el análisis anterior, pero suprimiendo la variable ocupación profesional (no aparece en la tabla 6 de importancia), y añadiendo el rango de ingresos del hogar, variable cualitativa independiente, a las variables y factores que ya teníamos. Estas eran nivel educativo, conocimiento, valores/necesidades y actitudes. El árbol obtenido es el mismo de la figure 5, siendo el factor “Uso eficiente limpieza”, el que predice el rango de consumo del hogar. Analizando la importancia de dichas variables y factores, se repite exactamente con los mismos valores que en la tabla 6, que el peso del nivel educativo refuerza a la variable del conocimiento sobre el ciclo integral del agua.

En resumen, tomando conjuntamente el conocimiento, valores/necesidades y actitudes de los hogares, la variable que mejor discrimina el rango de consumo de los mismos es la actitud positiva hacia la mejora de hábitos de limpieza personales y del hogar. Sin embargo, también hay que considerar la importancia sobre la predicción del rango de consumo, que representa el conocimiento sobre el ciclo integral del agua en los hogares de Huelva.

Como puntos de discusión e interpretación de todo el análisis de las variables y componentes/factores que influyen en los rangos de consumo de los hogares se puede afirmar que (“engagement de comportamiento”):

1. La actitud positiva hacia la mejora de hábitos en la limpieza personal y hogar explica y predice el rango de consume de agua. Estrategias que mejoren la eficiencia en este aspecto, especialmente aquellas que hagan referencia a la componente 2, serán bien recibidas por estos. La componente 2 describe el uso del agua en Baño & Ducha, Lavadora y Lavavajillas, como se puede apreciar en la tabla 7.

Componentes		
	1	2
Baño & Ducha		0.717
Lavadora	0.520	0.704
Lavavajilla		0.765
Toilet	0.830	
Limpieza del hogar	0.818	
Cocina	0.795	

Tabla 7. Matriz de componentes rotados de la actitud hacia la eficiencia en el consume de agua, con dos componentes: Componente 1 (“Uso eficiente general en el hogar”) y Componente 2 (“Uso eficiente limpieza en aseo personal y hogar”). Elaboración propia

2. Segunda en la jerarquía predictiva, estarían las componentes asociadas a la educación y conocimiento sobre el ciclo integral del agua. Especialmente importantes son las variables puntuación sobre el conocimiento del ciclo integral del agua y nivel educativo como se puede ver en la tabla 6. Se recomienda poner en juego, estrategias dirigidas a aumentar el conocimiento sobre el ciclo integral del agua y su uso eficiente.
3. El resto de componentes y variables que caracterizan al resto de actitudes y valores/necesidades que declaran los hogares de Huelva, tienen jerarquía similar e importancia para predecir el rango de consumo de los hogares, según se puede ver en la tabla 6.

4. Hay que destacar el hecho del nulo peso de las características de comportamiento social de los hogares (pertenencia a organizaciones sociales, actividades sociales) sobre el rango de consumo de los mismos. No se aconsejan acciones que potencien o utilicen estas palancas.
5. No existe un peso sobre el consumo por distritos o cualquier otra variable demográfica (homogeneidad de los hogares en Huelva). No tendría sentido estrategias diferenciadas por distritos en Huelva o por cualquier otra característica demográfica del hogar.

A la vista del análisis estadístico de los resultados obtenidos, los drivers que mejor pueden actuar para un uso más eficiente del agua, traducido en una reducción del consumo de agua en el hogar, serían estrategias de información WDM sobre el ciclo integral del agua urbana para cambiar hábitos (mediante la mejora del conocimiento y la educación) y estrategias sobre cómo mejorar la eficiencia del uso del agua en Baño & Ducha, Lavadora y Lavavajillas. Estas estrategias pueden ir en la línea de aconsejar, es decir, de nuevo en la línea educativa, y/o bien en la línea de estrategia WDM de mejora tecnológica de consumo de lavadoras y lavavajillas. La actitud positiva hacia el uso de agua regenerada para lavadora, toilet y jardín, reflejada en la importancia normalizada de este componente que aparece en la tabla 6, ayudaría también a proponer estrategias a los hogares en la adopción de soluciones tecnológicas que las facilitarían.

5.3.6. Análisis de la importancia de variables sobre el rango de conocimiento de los hogares en Huelva sobre el ciclo integral del agua.

Me ha parecido interesante añadir un análisis sobre la influencia de las distintas variables y componentes/factores sobre el rango de conocimiento de los hogares (alto, medio, bajo) respecto del ciclo integral del agua. Para ello he vuelto a utilizar la herramienta estadística que son los “árboles de decisión” mediante el algoritmo CART (“árboles de clasificación” o “regresión”) con validación cruzada, para saber qué variables/factores/componentes independientes son los decisivos respecto a la predicción del rango de conocimiento. La variable cualitativa dependiente es el rango de conocimiento sobre el ciclo integral del agua, construida a partir de la variable independiente de puntuación obtenida en la encuesta sobre el conocimiento del ciclo integral del agua.

El procedimiento seguido es analizar los bloques considerados que son las variables independientes demográficas, como la edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional, según podemos ver en la tabla 8:

Resumen del modelo		
Specifications	Growing Method	CRT
	Dependent Variable	Degree_Knowledge
	Independent Variables	Edad, Genero, Educación, Ingresos/anuales, Ocupación
	Validation	Cross Validation
	Maximum Tree Depth	5
	Minimum Cases in Parent Node	50
	Minimum Cases in Child Node	10
Results	Independent Variables Included	Ingresos/anuales, Ocupación, Edad, Educación
	Number of Nodes	5
	Number of Terminal Nodes	3
	Depth	2

Tabla 8: Resumen del algoritmo CART sobre la influencia de los componentes que miden las actitudes de los hogares para predecir el tipo de consumo del hogar. Elaboración propia

Como podemos ver en la figura 6, obtenemos un árbol de regresión que empieza en el nodo 0. Este nodo refleja la variable dependiente, rango de conocimiento de los hogares, en su estado original, tal y como fue creada. El 30.9% de las muestras tienen bajo rango de conocimiento, el 58.8% presentan un rango de conocimiento medio y el 10.3% un rango de conocimiento alto.

Figura 6: Árbol de clasificación (CART) sobre la influencia conjunta de edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional para predecir el rango de conocimiento del hogar.
Elaboración propia

El algoritmo CART realiza una primera partición a través de la variable ingresos anuales. Se obtiene el nodo 1 que contiene el 44.2% de hogares con un rango de conocimiento medio, lo que causa que no se vuelva a dividir. También se obtiene el nodo 2, que contiene el 70.4% de los hogares también con un rango de conocimiento medio.

Desde el nodo 2, el algoritmo realiza otra jerarquización dónde el componente más influyente es el nivel educativo. Esto significa, que este componente será el segundo en orden de importancia de las variables estudiadas. Se obtienen también los nodos 3 y 4. Ambos señalan la categoría de rango de conocimiento medio.

Como conclusión, se puede decir que el efecto conjunto de las variables de edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional para predecir el rango de conocimiento del hogar sobre el ciclo integral del agua de los hogares, la jerarquía refleja que es el componente de los ingresos del hogar la que mejor predice, seguida en segundo lugar por el nivel educativo. Esto está en línea con lo obtenido en distintas investigaciones en otros lugares del mundo,

referenciadas en la bibliografía de esta tesis. La importancia de cada componente se puede ver en la siguiente tabla 9:

Independent Variable	Importance	Normalized Importance
Ingresos/anuales	,026	100,0%
Educación	,016	62,6%
Edad	,009	35,0%
Ocupación	,003	12,2%

Tabla 9: Importancia de las variables independientes de edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional conjuntamente para predecir el rango de conocimiento del hogar sobre el ciclo integral del agua. Elaboración propia

5.4. Resultados y discusión del bloque 4: propuesta de estrategias y tecnologías a través del prototipado de soluciones “web-based” para la mejora del uso del agua por parte del ciudadano de Huelva.

A la vista del análisis estadístico de los resultados obtenidos, las palancas de acción que a priori mejor pueden actuar sobre un uso más eficiente del agua, traducido éste en una reducción del consumo de la misma por parte del hogar, son la información sobre el ciclo del agua (conocimiento) y la actitud positiva hacia la mejora de hábitos en la limpieza personal y hogar.

En nuestro caso, el precio parece ser una variable que no explica el rango de consumo de agua de los hogares. Tampoco es una variable que pueda ser regulada a corto plazo y de una manera rápida por las constricciones legales que existen a nivel nacional y local. Sin embargo, sí que podemos proponer acciones que tengan una traducción económica, bien en forma de premio material tipo “regalo”, bien en forma de descuento o bonificación puntual sobre la factura del agua.

En otros estudios llevados a cabo en todo el mundo, existían otras palancas que influían en el comportamiento de los hogares respecto al agua, como podía ser el comportamiento social, las características demográficas o la zona en la que se encontraba el hogar dentro de la propia ciudad. Pero esto no parece que se dé en el caso de Huelva. Por lo que, se puede deducir que la propuesta de acciones que exploren estas líneas no tendrían mucho sentido. Es decir, el abanico de experimentos queda muy reducido.

Por otro lado, la mayoría de los estudios académicos sobre estrategias que exploran la variación del comportamiento de los hogares, toman un período de tiempo medio alrededor de un año, yendo la horquilla desde los 6 meses mínimos a los dos años. De esta forma se ha podido comprobar el impacto de las acciones sobre el compromiso del hogar en el comportamiento respecto al uso eficiente del agua. Menos tiempo, no permite concluir nada sobre la eficacia de estas estrategias más allá de un impacto a muy corto plazo nada explicativo.

Además, en muchos de los ensayos académicos se cuenta con el despliegue ya existente en los hogares de Smart meters, y dispositivos de ahorro de agua. O sea, existe una infraestructura

tecnológica ya disponible (AMI) que permite “jugar” con más acciones y estrategias para intentar influir en el comportamiento en el hogar respecto al agua. Pero en muchos casos, esta AMI no está muy implementada en las compañías de aguas. Uno de los motivos de no disponer de un despliegue tan masivo estriba en los costes totales de los Smart meters. Un buen estudio en este campo se puede encontrar en la compañía “Aguas de Alicante” [51]. Estima los siguientes costes:

1. Sustitución de los viejos medidores por los nuevos Smart meters (CAPEX): unos 80 euros, dependiendo del fabricante y modelo. La sustitución de unos 200000 contadores, elevaría la inversión hasta los 16 millones de euros.
2. Operación y Mantenimiento de los nuevos contadores (OPEX): unos 2,5 euros al año por smart meter.

Por el contrario, el despliegue de los 200000 contadores supondría un ahorro neto sobre el antiguo sistema de entre 160000 y 190000 euros en 10 años (vida útil de los contadores).

En el caso de “Aguas de Huelva”, no se cuenta con una gran infraestructura de Smart meters desplegados por la ciudad, siendo finalmente sólo 9 los hogares con Smart meters que participan en este proyecto.

Sin embargo, “Aguas de Huelva” cuenta ya con una “web-based platform” integrada en su web de información general, para informar a los hogares con Smart meters, en cuasi-tiempo real de su consumo de agua. Pero más allá de la factura del agua y los litros consumidos en función de la franja horaria, la solución no va más allá. Existen otras experiencias similares, pero más evolucionadas tecnológicamente que integran también la lectura conjunta de la electricidad asociada al agua consumida en el hogar, como es el proyecto iWIDGET [56]. Está basado en use case de los consumidores y la existencia de Smart meters, dispositivos de eficiencia de uso del agua, sistemas de recogida de agua de lluvia, sistemas de tratamiento de aguas grises, sistemas avanzados de riego inteligente... Además, esta solución proporciona los consumos por los distintos usos de higiene y confort (baño, cocina, inodoro, etc...), propone acciones de mejora y consejos de uso del agua a medida del hogar, compara consumos con vecinos, permite “jugar” con distintas tarifas, proporciona datos de la red de aguas, etc... todo ello soportado con una arquitectura distribuida, un servidor y una potente base de datos, una estructura ICT desplegada en el hogar y un software con capacidad de gestión de previsiones meteorológicas.

Además, esta solución proporciona una API para que de manera externa se pueda implementar web services por desarrolladores independientes [57]. Otra de sus ventajas es que está integrada con una herramienta on-line de e-Learning en el entorno Moodle, que proporciona herramientas educativas para que el hogar entienda cómo consume el agua y cómo puede mejorar.

El coste de algo similar a la plataforma iWIDGET excedía los límites del proyecto de “Aguas de Huelva”. Por este motivo, además de no disponer de toda la infraestructura tecnológica necesaria (AMI) en los hogares, entre otras razones, se decidió implementar una metodología DT, que por medio de un “web-based prototype” pudiera implementar funcionalidades similares y entender el impacto de uso en los hogares a un precio muy bajo; una estrategia “low-cost” típica de los proyectos de metodología ágil, rápida implementación y “human-centered”.

Existen aún otras experiencias con alcance tecnológico más ambicioso, como el proyecto europeo WISDOM [55] que integran soluciones ICT para cambiar el comportamiento del consumidor mediante incentivos con precios variables y adaptativos (estructuras de precios adaptativos). Esta estrategia está soportada por una infraestructura tecnológica que recibe el

nombre de Integrated Water Resources Management (IWRM), compuesta básicamente por los siguientes bloques de elementos descritos en [53]:

1. Smart meters y dispositivos inteligentes.
2. Red de telecomunicaciones.
3. Infraestructura de gestión y tratamiento de datos e información.

Esta estructura pretende integrar la información de la red de aguas a lo largo de toda la cadena de valor de la misma (water value chain), desde un punto de vista holístico, gestionando dispositivos inteligentes y sensores tanto en los hogares, como en edificios y en la red de aguas, variaciones de precios en función de disponibilidades de agua, información en tiempo real sobre el consumo de agua en hogares y edificios, etc... Esto conlleva retos de gestión de inmensas cantidades de datos, de distintos tipos (BIM, GIS...), que requieren altas capacidades de procesamiento de información en la nube, lo que eleva el coste de este tipo de soluciones de gestión de la demanda que quedan fuera del alcance de este proyecto. Sirva como ejemplo, la planta piloto AQUASIM [55] en Nantes (Francia, 2009).

Otra experiencia digna de mención es de WATERNOMICS [58], que aprovecha las mejores prácticas aprendidas del mercado de la energía en la utilización de herramientas ICT; campo en el cuál el agua va a rebufo de la energía. ISS-EWATUS [59] es otro proyecto en la ciudad polaca de Sosnowiec (2013) que sigue esta línea, pero poniendo el énfasis en el interfaz de los hogares con la tecnología y en la aplicación de herramientas de la Sociología y Antropología para cambiar prácticas y hábitos domésticos, más que primar la pura información numérica de consumo del agua proporcionada por los Smart meters hacia el hogar.

Numerosos ejemplos de proyectos internacionales de despliegues de Smart meters se pueden encontrar en [37].

La utilización de este tipo de plataformas y arquitectura de comunicaciones presenta dos tipos de retos a resolver:

1. El detalle de los datos de consumo a informar al hogar.
2. La gestión de datos BD y los servicios de análisis a implementar.

Por lo tanto, este tipo de soluciones derivan en un problema de gestión de ingentes cantidades de datos y de análisis de los mismos, pues se tienen tres fuentes posibles generadoras de los mismos:

1. Smart meters.
2. Dispositivos inteligentes en el hogar y en la red de aguas: sensores y redes de comunicación M2M [62].
3. Información bidireccional (del y hacia) el cliente.

Estos puntos son tratados en el proyecto DAIAD [60], que también se focaliza en la importancia de la transparencia y accesibilidad de las herramientas de monitorización para el hogar, su participación en este tipo de experiencias y el papel de la innovación social. Todo ello puede llevar a nuevas formas de explotación y oferta tecnológica como son modelos software SaaS y a

las plataformas abiertas ICT que faciliten la colaboración entre distintos servicios, como pueden ser energía y agua [61].

La flexibilidad del diseño de las plataformas también es otro de los puntos a tener en cuenta, pues ha de adaptarse a las particularidades de cada región o ciudad que presentan distintos modelos de gestión del agua, reguladores, stakeholders y retos y problemas particulares. La plataforma UrbanWater ICT [61] ha jugado con este concepto de adaptabilidad.

Todas estas soluciones suponen un reto para las compañías de aguas pues conllevan desarrollar cuatro procesos internos clave, que tienen un gran impacto económico y organizativo [37], y que hay que integrar en la “information supply chain”:

1. Medida.
2. Transferencia de los datos.
3. Procesado y análisis de los datos.
4. Feedback a los hogares de la utilización del agua.

Respecto al consumo de agua interno en los hogares, son los comportamientos de confort e higiene los que más elevan la cantidad consumida. Dependiendo del estudio, las cifras varían ligeramente de unos a otros, pero podemos tomar los datos de Knoeri [71] que indica que en el Reino Unido, el agua utilizada en el interior de los hogares se va mayoritariamente a servicios de higiene, dónde el 33% del agua es para aseo personal (baños, duchas, limpieza de manos), un 30% para descargas del inodoro, y un 13 % para limpieza de ropa. Es decir, el hábito de consumo que forma parte de la vida diaria doméstica de los hogares tiene un impacto muy alto en el recurso agua.

Gestionar las expectativas y el comportamiento diario del ciudadano respecto al agua, forma parte de las estrategias de gestión de la demanda de agua.

Estas estrategias se pueden ver potenciadas a través de la tecnología, que bien utilizada actuará como herramienta de empoderamiento y aumento del compromiso de los ciudadanos con la utilización de los recursos, en nuestro caso, el agua. En este sentido, existe numerosos estudios que así lo señalan Arroyo et al. [72], Chetty [73], Intille [74], Lockwood et al. [75] y Takayama et al. [76].

Además del papel central de los “Smart meters” como herramienta tecnológica principal, elemento central de la digitalización de la red de agua [51], hay que resaltar el posible impacto sobre el uso del agua en el hogar que podrían tener otros dispositivos inteligentes como los displays visuales con alarma (“alarming visual display monitors”). Estos se pueden instalar tanto en ducha, como en grifos y otra “fuentes internas” de agua. Tienen dos claras ventajas:

1. Ayudan a regular el consumo de agua en el mismo momento que la persona en el hogar hace uso de la misma. El “feedback” que proporciona al hogar es en “tiempo real”. Por lo tanto, su impacto en crear hábito es mayor.
2. Además, pueden ayudar a regular al mismo tiempo el consumo de energía, pues hay estudios que estiman que el 73,1% del agua utilizada en la ducha es agua caliente [54]. Por lo tanto, el impacto en la sostenibilidad del hogar es doble, agua y energía.

Estudios como el elaborado por Willis [54] demuestran que los ahorros alcanzados a través de este tipo de dispositivos inteligentes pueden ser de unos 15,4 l por ducha. Tomando una media de 2,65 duchas por hogar y día, da una media de ahorro de unos 40,85 litros/hogar/día, es decir, alrededor de un 27% del agua. El coste de un dispositivo de este tipo puede estar en torno a los 60 euros. Tomando un coste de instalación de 50 euros; el coste total sería entre 100 y 110 euros por dispositivo. Habría que añadirle los costes de mantenimiento, como el cambio de batería. El tiempo de recuperación de la inversión en ellos, depende de los precios de agua y energía, pero puede ser bastante menor a 2 años.

Aunque otros estudios elevan la reducción a 200 litros/hogar/día combinando distintos tipos de dispositivos de alta eficiencia de ahorro de agua, además de los displays visuales con alarma [52]. Esto lleva a alcanzar reducciones del 35% en consumo de agua en el hogar. Los dispositivos de alta eficiencia que potencian el ahorro de agua en el hogar, están categorizados y medidos por el potencial de ahorro. Estas soluciones aparecen bajo la denominación de “Water Sense”, y para ello deben ser en torno al 20% más eficientes que las soluciones estándar. Las siguientes figuras muestran la eficiencia de estos dispositivos:

Shower Taps & Mixers	Flow Rates Requirements		Potential savings
	> 7 to 9 litres/min	—
	> 5 to 7 litres/min	25% (compared to 1-tick)
	5 litres/min or less	38% (compared to 1-tick)

Figura 7. Eficiencia comparada de cabezales de ducha y baño (Water Sense). Tomado de [22]

Basin Taps & Mixers	Flow Rates Requirements		Potential savings
	> 4 to 6 litres/min	—
	> 2 to 4 litres/min	40% (compared to 1-tick)
	2 litres/min or less	60% (compared to 1-tick)
Sink/Bib Taps & Mixers	Flow Rates Requirements		Potential savings
	> 6 to 8 litres/min	—
	> 4 to 6 litres/min	29% (compared to 1-tick)
	4 litres/min or less	43% (compared to 1-tick)
Flushing Cisterns (Per Flush)	Flow Rates Requirements		Potential savings
	Dual Flush > 4 to 4.5 litres (full flush) > 2.5 to 3 litres (reduced flush)	—
	Dual Flush > 3.5 to 4.0 (full flush) > 2.5 to 3 litres (reduced flush)	12% (compared to 1-tick)
	Dual Flush 3.5 litres or less (full flush) 2.5 litres or less (reduced flush)	18% (compared to 1-tick)
Urinal Flush Valve & Waterless Urinals (Per Flush)	Flow Rates Requirements		Potential savings
	> 1 to 1.5 litres	—
	> 0.5 to 1 litres	40% (compared to 1-tick)
	0.5 litres or less or waterless urinals	60% (compared to 1-tick)
Clothes Washing Machines (Per Wash Load)	Wash Volume Requirements		Potential savings
	> 9 to 12 litres/kg	—
	> 6 to 9 litres/kg	29% (compared to 2-tick)
	6 litres/kg or less	43% (compared to 2-tick)

Figura 8. Eficiencia comparada de distintos dispositivos de agua (Water Sense). Tomado de [22]

Las utilizaciones de estas estrategias tecnológicas están potenciadas con programas económicos incentivadores (descuentos, puntos de canje por estos dispositivos...) para la sustitución de los dispositivos estándar por estos dispositivos de alta eficiencia [52].

El impacto en el ahorro de consumo de agua, que estas soluciones tecnológicas, como herramientas de acceso cuasi en tiempo real de datos de consumo, junto a una presentación de información relevante y fácilmente comprensible por los hogares, se puede ver potenciada en combinación con estrategias basadas en el precio.

Análisis empíricos han demostrado que, países de la OCDE como Canadá, USA, Australia, UK e Israel, presentan una elasticidad al precio del agua en los hogares, entre un -0,3 y -0,7. Esto significa que doblando el precio del agua se reduciría su consumo entre un 30% y un 70% [37]. Esto va en línea con otros estudios [32], que vinculan el aumento de precios del agua con un descenso del consumo hídrico, especialmente ligado a los hogares con rentas bajas; pues los hogares con rentas más altas tienen una elasticidad menor frente al precio [42]. Las políticas basadas en el precio tienen una limitación como reguladores del consumo de agua, pues no se puede aumentar éste indefinidamente, pues el agua es un bien de primera necesidad, lo que generaría problemas sociales.

Como destaca Strengers [34], estas aproximaciones siempre han seguido más la lógica de la gestión del recurso racional, tecnológico y económico, sin tener en cuenta el peso de factores menos racionales, que forman parte de los hábitos de la vida diaria doméstica.

Por otro lado, de acuerdo a los resultados estadísticos los hogares de Huelva valorarían positivamente el utilizar agua regenerada siempre que su precio fuera menor al que pagan actualmente por su agua. Esto va en línea con lo detectado en otros estudios internacionales como el llevado a cabo en la región de Greater Adelaide (Australia) [15]. Aquí, los hogares mostraban preferencias por tener incentivos para reducir el uso del agua, con precios menores para el agua reciclada, subsidios para comprar dispositivos de ahorro de agua y facturas con mayor énfasis en el consumo del agua más que en la conexión al servicio. Sobre este último factor, los hogares demandaban una estructura tarifaria que primara el uso alternativo de fuentes de agua y el ahorro de la misma. Por todos estos motivos, en el “web-based prototype” aparece un apartado importante focalizado en la regeneración del agua y en la explicación de los bloques que aparecen en la factura de los hogares de Huelva.

Especial cuidado se ha tenido en el diseño de la información a transmitir a los hogares sobre su consumo de agua para generar conocimiento entre los mismos. Existe bastante literatura científica que recoge distintas estrategias de diseño de programas de feedback al hogar. Entre ellas se puede destacar las propuestas de Liu et al. En [37], [40], [43], [44], [69]; y también las de Seyranian et al. [70] y Sønderslund et al. [45]. De acuerdo a todos ellos, estos mensajes deberán contener información con parámetros entendibles por parte de los ciudadanos, menos técnicos, pero con significancia e impacto sobre el hábito de consumo del hogar. El mismo principio deberá seguirse, respecto a los consejos y objetivos de ahorro de agua. Todo ello permitirá alertar a los hogares de la diferencia que tienen entre el consumo percibido y el consumo real de agua que realizan.

Respecto a ejemplos concretos de “educación sobre el agua” (Water literacy), el proyecto “Home Water Update”, sobre 68 hogares en dos ciudades pequeñas de Australia (Tea Gardens y Hawks Nest) utilizaba el papel como medio para transmitir feedback, por parte de la compañía de aguas, a los hogares [40]. La estrategia que seguía era tipo “push”. El formato gráfico se puede ver a continuación:

Welcome to your 1st Home Water Update

Summer 2012/13

Congratulations! You've been selected to receive your very own Home Water Update. Your Home Water Update provides you with detailed info on your household's water use. You can see where water is used in your home and how you compare with your neighbours. We've also included some practical tips on how you might save. This update is made possible thanks to advanced water metering technology fitted to your home. You may learn something new. We'd also love to hear what info you find the most helpful. P.S. Want to know more about your water use in the Winter? Look for more in your second Home Water Update which we'll be trialling later in the year.

Questions or comments?
homewater@midcoastwater.com.au

Where is water used in your home?

How does your daily water use compare with your neighbours?

*based on a 2 person household

You use 54 buckets daily.

Your home

This info comes from smart technologies which estimated water used throughout your home during one month in the summer. Are these results what you'd have expected?

Tips to save water

It appears that the biggest part of your household's usage is outdoors. Here are some customised tips to save water in your home and garden.

- 1 Shorten outdoor uses by 5 mins each time and you might save over 200 litres a week. That's 20 buckets!
- 2 Check for leaks. A leak of 97 litres per day adds up to 35,000 litres a year! Seek help from a plumber if needed.
- 3 Don't leave taps running. Turn them off when you can. Every minute can save you around 2 litres!

For more tips on how to save water, visit www.savewater.com.au

Figura 9: Home Water Update. Tomado de [40]

También aparecen ejemplos que utilizan un portal on-line como medio para dar feedback cuasi en tiempo real. Es el caso de “My Home Our Water”, sobre una muestra de 120 hogares, en la población australiana de Greater Taree [40]. En ambos casos, se combinó con encuestas y entrevistas para medir el impacto real sobre los hogares. En este caso, la estrategia seguida con los hogares era de tipo “pull”, pues los hogares accedían al portal a través de introducir su login. Se adjunta un pantallazo de dicho portal:

Figura 10: My Home Our Water. Tomado de [40]

En ambos casos, el marco metodológico utilizado era el siguiente [40]:

Figura 11: Marco Metodológico. Tomado de [40]

En la siguiente tabla se puede ver una comparación del impacto obtenido en ambos casos:

Impact	HWU – paper- based end-use breakdown	MHOW – online total water use (near) real-time
Program reach (i.e. % receiving the HWUs; or % that logged on to the MHOW portal, respectively)	100%	30 %
Reported awareness (i.e. % agreeing or strongly agreeing to having:		
• Awareness of their household's water use	86%	73%
• Awareness of their household's end-uses of water	82%	82%
• Awareness of their household's highest use of water	100%	91%
• The feeling of being informed about their water use	91%	91%
Behaviour change (% reporting changes)	38%	50%
Water-using infrastructure changes (% reporting changes in terms of):	10%	33%
• Efficient shower heads	1	3
• Water-efficient toilets	1	1
• Water-efficient washing machines	0	2
• Leak repairs	3	7
Appeal (i.e. % that found the information interesting)	80-90%	90%

Water consumption savings (intervention group relative to the control group)	8%*	4.2%†
Willingness to pay in Australian Dollars (AUD) (per HWU report; or for one years' access to the MHOW portal, respectively)		
• Average	AUD 2.50	AUD 5.75
• Range	AUD 0.50 – AUD 10.00	AUD 1.00 – AUD 20.00

Tabla 10: Comparación de los impactos obtenidos en Home Water Update y My Home Our Water. Tomado de [40]

Del análisis de todos ellos, parece que una buena estrategia sería combinar una aproximación “push” que dirigiera a los hogares hacia el feedback, junto con una estrategia “pull” que permitiera a los hogares elegir la información de su interés. La estrategia “push” se puede implementar a través del envío de emails hacia los hogares, como sugiere [45], con el enlace hacia la plataforma “web-based” dónde se encontrará el detalle del feed-back. La estrategia “pull” estará basada pues, en esta plataforma “web-based” dónde el hogar podrá navegar a su gusto, seleccionando la parte del feed-back que más le interese. Esta aproximación es la que se ha seguido en esta tesis y la que aparece descrita más adelante.

Además, se puede acceder a un estudio comparativo de distintos proyectos a lo largo del mundo, con su impacto en los distintos componentes del marco metodológico [40].

Existen desarrollos basados en plataformas web-based focalizados en proveer de conocimiento a los hogares sobre agua y su tecnología asociada. El objetivo es permitir a los hogares una mejor comprensión y gestión del perfil de consumo del hogar sin que suponga una restricción a su calidad de vida. La plataforma Moodle de [41] desarrolla un concepto de eLearning basado en una aplicación “open source web” para desarrollar programas de educación y training sobre agua. Contiene herramientas como foros de discusión, preguntas, wikis, diccionarios y compartición de ficheros. El programa de educación que ofrece a los hogares se basa en un cuestionario de calidad sobre el conocimiento que los hogares tienen sobre el mundo del agua, similar al desarrollado en esta tesis. Dicho cuestionario fue preparado a partir de la realización de 19 entrevistas semi-estructuradas a hogares en Atenas (Grecia), poniendo especial énfasis en el modo preferido por los hogares para recibir feed-back sobre su consumo de agua. Se les preguntó por la forma visual de la información, el tipo de consejos que querían recibir, el material interactivo (juegos, cuestionarios...) y la narrativa a utilizar para generarles conocimiento [41]. Mostraron preferencia por gráficos, tablas y figuras comprensibles, videos y animaciones, empleo de imágenes y sketches y mensajes cortos frente a narrativas largas.

Dos de las aplicaciones de esta plataforma eLearning más interesantes son:

1. La calculadora de agua-Water sense que facilita la comprensión del consumo del hogar, mediante la introducción de las características del hogar y sus hábitos diarios.
2. El planificador de agua que permite entender el impacto de utilización de dispositivos eficientes e inteligentes en el hogar y de soluciones técnicas para el reciclaje del agua, comparando tres escenarios de configuración del hogar y las condiciones climáticas de la localidad:

- Sin dispositivos de ahorro ni tecnología de regeneración de agua.
- Introduciendo un sistema de recolección de agua de lluvia.
- Con sistema de recolección de agua de lluvia y sistema de reutilización de aguas grises.

La calculadora de agua-Water sense está basada en estas fórmulas [41]:

- Bath = 80 L/use $\times$ Weekly_baths_in_residence_per_person/7 $\times$ occupancy
- Shower = 6 L/min $\times$ Average_shower_time $\times$ Weekly_showers_per_person/7 $\times$ occupancy
- Toilet = Average_number_of_daily_flushes_per_person $\times$ Flush_volume $\times$ occupancy
- Faucet = 4 L/min $\times$ Average_daily_uses_per_person $\times$ Average_use_duration $\times$ occupancy
- Dishwasher = 30 L/use $\times$ Times_washed_by_hand_weekly/7 +
Dishwasher_loads_per_week/7 $\times$ Water_usage_per_load_
- Laundry = Loads_of_laundry_per_week/7 $\times$ Water_usage_per_load_(L)
- Lawn = 5 L/min $\times$ Lawn_watering_per_week/7 $\times$ Watering_duration_(min)
- Outdoor = 3 L/min $\times$ Outdoor_uses_duration_(min/week)/7

Figura 12: Parámetros de la calculadora y Resultados de la calculadora Water Sense. Tomado de [41]

También se ha cuidado especialmente la imagen de marca de la compañía de aguas, Aguas de Huelva, pues la confianza de los hogares en la autoridad del suministrador del servicio es clave para que el “feedback” impacte sobre el ciudadano [33]. En este sentido, las estrategias de

comunicación y marca de la compañía respecto de los hogares son claves para generar cooperación y confianza entre éstos.

También han demostrado tener impacto las estrategias de “feedback” que proveen información del consumo de agua del hogar respecto a sus vecinos, proporcionando una posición en el ranking de hogares respecto a este parámetro. La utilización de emoticonos sobre el uso de agua en el hogar, más que la información puramente basada en el texto, también ha presentado ventajas, sobre todo entre los hogares de alto consumo de agua, como recoge un estudio realizado en Tokio (Japón) [42]. Este tipo de presentación de feedback apela más a las emociones y al sentimiento que al lado racional del ciudadano.

Un buen resumen de los parámetros a controlar en el feed-back a dar a los hogares lo podemos encontrar en [44]. Liu et al. presentan un marco dónde se recoge aspectos a tener en cuenta del feed-back como son el propio contenido, el medio por el que lo hacemos llegar a los hogares, la frecuencia de envío, la duración de la campaña y el contexto. De una forma gráfica queda resumido en:

Figura 13: Parámetros del feed-back hacia los hogares. Tomado de [44]

Por lo tanto, en el caso de este proyecto con un horizonte temporal de finalización en enero 2020 (tres meses de interacción con el hogar) la estrategia propuesta a seguir en los experimentos respecto a los hogares, basada en los elementos teóricos tomados de las referencias expuestas previamente en esta tesis, sería:

1. Estrategia “low-cost”: sólo se incidirá con estrategias sobre la demanda de agua del hogar sin despliegue técnico adicional sobre la infraestructura de la operadora de agua.

2. La duración de los experimentos será de tres meses. La propuesta es comenzar en noviembre 2019 y terminar en enero 2020 (ambos meses incluidos).
3. El objetivo de los experimentos será diseñar un prototipo de estrategia de “feedback” respecto al hogar con contenido, medio de comunicación, formato y frecuencia diferenciado para cada cluster obtenido del análisis estadístico previo. Dicho prototipo debe servir de base para extender el experimento a una posterior etapa de al menos de un año de duración con más hogares implicados que en la muestra actual.
4. Para ello se medirá cada mes, o cada quince días el consumo de agua en los hogares parte del experimento. Esto dará información cuantitativa sobre el impacto de las acciones de los experimentos.
5. Los experimentos se complementarán con talleres/conjunto de entrevistas semi-estructuradas con los hogares, diferenciadas para cada cluster, dónde se permita complementar la información cuantitativa obtenida sobre el comportamiento respecto al consumo del agua, con información más cualitativa directamente transmitida por los hogares. Esta información cualitativa debe ayudar a entender mejor cómo prefieren los hogares el “feedback” que reciben (contenido, formato, frecuencia, medio), y el modo en que estos usan el agua en el hogar.
6. El contenido debe ser lo más claro y conciso posible, con métricas fáciles de entender por los hogares y que les impacten en su consumo.
7. El formato debe ser lo más visual posible, utilizando gráficas sencillas de barras y/o emoticonos, entre otras posibilidades.
8. La frecuencia será mensual o quincenal. Independiente de la factura habitual que emite Aguas de Huelva. Se trata de intentar acotar la elasticidad de los hogares a la frecuencia de recepción del “feedback”.
9. El medio de comunicación elegido para transmitir el “feedback” a los hogares será un medio electrónico; bien correo electrónico, bien whatsapp.
10. Estrategia de “feedback” sobre el consumo de agua hacia el hogar. Las métricas serán motivadoras en función de la pertenencia del hogar a cada cluster. Se considera clave fijar objetivos realistas de ahorro de consumo de agua a conseguir por parte de los hogares, como así lo demuestran numerosos estudios [50].
11. Estrategia de distinta frecuencia de feedback en cada cluster, dividiendo cada cluster en dos grupos:
 - a. Feedback mensual (3 impactos totales por hogar).
 - b. Feedback quincenal (6 impactos totales por hogar).
12. En función de la pertenencia de los hogares a cada tipo de cluster, es decir, de los “drivers” que dirigen su relación con el agua:
 - a. Estrategia complementaria de “feedback” con educación sobre el ciclo integral del agua de acuerdo al nivel de conocimiento mostrado y el impacto del hogar sobre el mismo. Educación que lleve a la acción en forma de “consejos sobre una mejor eficiencia” en función de la actitud mostrada. Contenidos diferenciados para cada uno de los 3 clusters.
 - b. Estrategia complementaria de premio con impacto económico sobre el cluster 2.
 - c. Para el cluster 1, dos estrategias con medio de relación diferenciado:
 - i. Los hogares con Smart meters (acceso al portal), se seguirá una estrategia “pull”, pasiva, es decir, se avisará al hogar para que entre en el portal a visionar su consumo de agua.

- ii. Para el resto de hogares del cluster 1, se les presentará el “feedback” por medio electrónico. Es decir, la compañía de aguas será proactiva, siguiendo una estrategia “push”.

Por clusters las acciones propuestas son:

1. Cluster 1: son 45 hogares.
 - a. Grupo 1: un primer grupo que son los hogares que cuentan con Smart meters, que son: H6, H8, H9, H13, H17, H34, H37, H61, H104. Son 9 hogares.
 - b. Grupo 2: son los 36 restantes.
 - c. Feedback sobre consumo del agua (independiente de la facturación):
 - i. Al grupo 1, se les enviará todas las semanas (lunes) un enlace, via e-mail, para que entren en el portal a ver su consumo semanal. Si es posible se medirá el comportamiento del hogar dentro de la web de información del consumo de “Aguas de Huelva” (número de clicks, tiempo de permanencia, información visitada...).
 - ii. Al grupo 2, se les enviará información por mail sobre su consumo del agua mensualmente (tres veces en total):
 1. Media mensual de litros/día/persona.
 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 5. Gasto mensual en euros por persona.
 6. Gasto mensual en euros por hogar.
 7. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
 - d. Feedback sobre educación respecto al ciclo integral del agua:
 - i. En ambos grupos, campaña educativa sobre la etapa de captación y depuración, especialmente sobre el impacto del uso del agua en las fuentes (origen) y en la depuración (vertido). Especialmente, reseñando varios aspectos:
 1. Como un menor consumo del agua en el hogar reduce en una menor contaminación en el vertido.
 2. Como un menor consumo de agua reduce en tener una mejor calidad del sistema de red de aguas.
 3. Tecnologías de regeneración del agua posibles en el hogar.
 4. Tecnologías de control del consumo de agua en el hogar (Smart meters, visualizadores/acústicos de consumo, etc...).
 - e. Consejos prácticos sobre cómo mejorar la eficiencia del uso del agua, especialmente en las áreas donde se produce un mayor gasto, como son lavadora y lavavajillas, ducha.
 - f. Fijar objetivo de consumo realista a conseguir con ejemplos claros de ahorro de agua en el uso de cada apartado anterior.
 - g. Explicar cómo impacta en términos económicos el objetivo de ahorro/consumo propuesto.
2. Cluster 2: son 21 hogares.
 - a. Grupo 1: a la mitad de los hogares se les enviará información por e-mail cada quince días (6 veces en total).
 - b. Grupo 2: a la otra mitad de los hogares, se les enviará información una vez al mes (3 veces en total)

- c. Feedback sobre consumo del agua (independiente de la facturación):
 - i. Media mensual de litros/día/persona.
 - ii. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 - iii. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 - iv. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 - v. Gasto mensual en euros por persona.
 - vi. Gasto mensual en euros por hogar.
 - vii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
 - d. Feedback sobre educación respecto al ciclo integral del agua:
 - i. En ambos grupos, campaña educativa sobre todas las etapas del ciclo integral del agua, de forma fácil y clara sobre
 - 1. Como un menor consumo del agua en el hogar reduce en una menor contaminación en el vertido.
 - 2. Como un menor consumo de agua reduce en tener una mejor calidad del sistema de red de aguas.
 - 3. Información sobre la calidad del agua captada en Huelva.
 - 4. Tecnologías de regeneración del agua posibles en el hogar.
 - e. Consejos prácticos sobre cómo mejorar la eficiencia del uso del agua, especialmente en las áreas donde se produce un mayor gasto, como son lavadora y lavavajillas, ducha.
 - f. Fijar objetivo de consumo/ahorro realista a conseguir con ejemplos claros de ahorro de agua en el uso de cada apartado anterior.
 - g. Explicar cómo impacta en términos económicos el objetivo de ahorro/consumo propuesto.
 - h. Premiar bien con un regalo, bien con un descuento en la factura el conseguir el ahorro.
 - i. Premiar al hogar más ahorrador dentro de este cluster con un regalo especial o bonificación especial.
3. Cluster 3: son 31 hogares.
- a. Grupo 1: a la mitad de los hogares se les enviará información por e-mail cada quince días (6 veces en total).
 - b. Grupo 2: a la otra mitad de los hogares, se les enviará información una vez al mes (3 veces en total)
 - c. Feedback sobre consumo del agua (independiente de la facturación):
 - i. Media mensual de litros/día/persona.
 - ii. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 - iii. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 - iv. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 - v. Gasto mensual en euros por persona.
 - vi. Gasto mensual en euros por hogar.
 - vii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
 - d. Feedback sobre educación respecto al ciclo integral del agua:
 - i. En ambos grupos, campaña educativa sobre todas las etapas del ciclo integral del agua, de forma fácil y clara sobre
 - 1. Como un menor consumo del agua en el hogar reduce en una menor contaminación en el vertido.
 - 2. Como un menor consumo de agua reduce en tener una mejor calidad del sistema de red de aguas.
 - 3. Información sobre la calidad del agua captada en Huelva.
 - 4. Tecnologías de regeneración del agua posibles en el hogar.

- e. Consejos prácticos sobre cómo mejorar la eficiencia del uso del agua, especialmente en las áreas dónde se produce un mayor gasto, como son lavadora y lavavajillas, ducha.
- f. Feedback sobre las distintas campañas que Aguas de Huelva ha llevado a cabo para cuidar el servicio de agua a los hogares. El objetivo es reforzar/aprovechar la imagen de Aguas de Huelva como prescriptor de uso eficiente del agua.
- g. Fijar objetivo de consumo/ahorro realista a conseguir con ejemplos claros de ahorro de agua en el uso de cada apartado anterior.
- h. Explicar cómo impacta en términos económicos el objetivo de ahorro/consumo propuesto.

La novedad de los experimentos propuestos estriba entre otras en:

1. Comprobar si tiene efectos en la reducción del consumo de los hogares, las estrategias de “feedback” y gestión de la demanda de los hogares, en período no estival (finales de otoño, principios de invierno) dónde no se produce percepción de escasez de agua.
2. La efectividad del “feedback” con estrategias en paralelo “push” y “pull”, a través de medios electrónicos como e-mail y plataforma “web-based”.
3. La efectividad de estrategias de “feedback”, tipo “low cost”, frente a grandes despliegues de infraestructura en la red de aguas o en los hogares (Smart meters, dispositivos de avisos de consumo en tiempo real en los hogares...).
4. La efectividad de estrategia de “feedback” diferenciadas por cada una de las tipologías de cliente detectadas (3 clusters), conectando cada una de ellas con la educación, valorización, hábitos (confort, limpieza/higiene) y actitudes de los hogares respecto del agua.
5. La efectividad de la estrategia de “feedback” por medios visuales (emoticonos, gráficas fáciles...).
6. La preferencia de los hogares por el dispositivo electrónico dónde se consulta el feed-back, Smart phone u ordenador (lap-top).

La propuesta de nombre del programa de experimentos, como reclamo publicitario de anuncio hacia los hogares podría ser: “Hacia un hogar azul: navegando hacia un uso sostenible del agua”.

El mensaje fuerza sobre una mejor eficiencia en el uso del agua podría ser: consigue las 3R’s Reduce, Reemplaza y Reutiliza.

Cada uno de los mails podría llevar un link a la página web de “Aguas de Huelva”, dónde existiera un repositorio con información online de recursos, publicaciones, consejos (tips) e información de la red de Huelva (ciclo integral del agua), dónde el hogar pueda ampliar la información (se pueden medir entradas a web, zonas más consultadas, tiempo de permanencia...).

Uno de los objetivos de los talleres finales podría ser la publicación con participación de los hogares de una especie de manual tipo “Guía de mejores prácticas para la eficiencia en el uso del agua en los hogares”.

5.4.1. Experimentos Cluster 1

Para el cluster 1 las acciones propuestas para todos los hogares son:

1. Acción 1:

a. Consumo de agua mensual (**Reduce**) para el grupo “SIN Smart meters”:

i. Reparto Uso General del agua:

Figura 14: Consumo de agua en una vivienda sin jardín (consumo interior). Elaboración propia

ii. Consumo de agua:

1. Media mensual de litros/día/persona.
2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
5. Gasto mensual en euros por persona.
6. Gasto mensual en euros por hogar.

iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).

- b. Mail semanal con link al portal de Aguas de Huelva para consulta con información sobre consumo de agua mensual (**Reduce**) para el grupo “CON Smart meters”.
- c. Educación sobre el ciclo integral del agua: descripción de los contadores inteligentes en la red y su impacto en el hogar

Figura 15: Ejemplo de información hacia el hogar sobre las ventajas de los Smart meters.
Tomado de la web

- d. Consejo sobre un mejor uso del agua en el aseo personal (ducha, inodoro y lavabo), tipo check list: **Reemplaza el hábito.**
- e. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.

f. **Reutiliza** el ahorro en comprar dispositivo del hogar: Propuesta.

2. Acción 2:

a. Consumo de agua mensual (**Reduce**) para el grupo “SIN Smart meters”:

i. Reparto Uso General del agua:

ii. Consumo de agua:

1. Media mensual de litros/día/persona.
2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
5. Gasto mensual en euros por persona.
6. Gasto mensual en euros por hogar.

iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).

b. Mail semanal con link al portal de Aguas de Huelva para consulta con información sobre consumo de agua mensual (**Reduce**) para el grupo “CON Smart Meters”.

c. Educación sobre el ciclo integral del agua: descripción de cabezales de ducha (rociadores) y grifos (perlizadores) inteligentes

Figura 16: Fotografías reales de ejemplos de dispositivos de reducción del consumo de agua en el hogar. Tomado de distintas páginas webs

Figura 17: Ejemplo de información hacia el hogar sobre la facilidad de instalación de dispositivos de ahorro de agua en el hogar. Tomado de distintas páginas webs

- d. Consejo sobre un mejor uso del agua en la limpieza del hogar (lavadora, lavavajillas), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
- e. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.
- f. **Reutiliza** el ahorro en comprar dispositivo del hogar (bolsa de dinero): Propuesta.

3. Acción 3:

- a. Consumo de agua mensual (Reduce) para el grupo "SIN Smart meters":

- i. Reparto Uso General del agua.
- ii. Consumo de agua:
 - 1. Media mensual de litros/día/persona.
 - 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 - 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 - 4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 - 5. Gasto mensual en euros por persona.
 - 6. Gasto mensual en euros por hogar.
- iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
- b. Mail semanal con link al portal de Aguas de Huelva para consulta con información sobre consumo de agua mensual (**Reduce**) para el grupo “CON Smart Meters”.
- c. Educación sobre el ciclo integral del agua: descripción de sistemas de regeneración de agua (recogida de aguas grises y pluviales)

Figura 18: Fotografías reales de ejemplos de sistemas de regeneración de agua en el hogar.
Tomado de distintas páginas webs

- d. Consejo sobre un mejor uso del agua en la cocina (grifos, pila), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
- e. Check list final de hábitos pequeños.
- f. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.
- g. **Reutiliza** el ahorro en comprar dispositivo del hogar (bolsa de dinero): Propuesta.

5.4.2. Experimentos Cluster 2

Para el cluster 2 las acciones propuestas para todos los hogares son:

1. Acción 1 (se repite a los 15 días para el grupo de hogares que recibe dos impactos; con otro contenido de la misma temática):
 - a. Consumo de agua mensual (**Reduce**):
 - i. Reparto Uso General del agua:
 - ii. Consumo de agua:
 1. Media mensual de litros/día/persona.
 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 5. Gasto mensual en euros por persona.
 6. Gasto mensual en euros por hogar.
 - iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
 - b. Educación sobre el ciclo integral del agua:
 - i. Las captaciones de agua se hacen evitando la sobreexplotación de ríos y acuíferos.
 - ii. El tratamiento de potabilización.
 - iii. Distribución.
 - iv. ¿Qué parte de su factura (variable) corresponde a este paso del ciclo integral del agua?

Figura 19: Fotografía real del embalse de Beas (Huelva). Tomado de la web de Aguas de Huelva

- c. Consejo sobre un mejor uso del agua en el aseo personal (ducha, inodoro y lavabo), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
 - i. En vez de tablas con consumo en litros, tablas traduciendo el ahorro en litros en ahorro en dinero por cada dispositivo en el hogar.
 - d. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.
 - e. Posible premio o descuento por conseguir objetivo/ser el hogar más ahorrador. **Reutiliza tu esfuerzo ahorrador.**
2. Acción 2 (se repite a los 15 días para el grupo de hogares que recibe dos impactos; con otro contenido de la misma temática):
- a. Consumo de agua mensual (**Reduce**):
 - i. Reparto Uso General del agua:
 - ii. Consumo de agua:
 - 1. Media mensual de litros/día/persona.
 - 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 - 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.

4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 5. Gasto mensual en euros por persona.
 6. Gasto mensual en euros por hogar.
- iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
- b. Educación sobre el ciclo integral del agua:
 - i. Saneamiento.
 - ii. Alcantarillado.
 - iii. ¿Qué parte de su factura (variable) corresponde a este paso del ciclo integral del agua?

Figura 20: Fotografía real de una sala de control de la red de aguas de la ciudad de Huelva.
Tomado de la web de Aguas de Huelva

- c. Consejo sobre un mejor uso del agua en la limpieza del hogar (lavadora, lavavajillas), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
 - i. En vez de tablas con consumo en litros, tablas traduciendo el ahorro en litros en ahorro en dinero por cada dispositivo en el hogar.
- d. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.

- e. Posible premio o descuento por conseguir objetivo/ser el hogar más ahorrador. **Reutiliza tu esfuerzo ahorrador.**
3. Acción 3 (se repite a los 15 días para el grupo de hogares que recibe dos impactos; con otro contenido de la misma temática):
- a. Consumo de agua mensual (**Reduce**):
 - i. Reparto Uso General del agua.
 - ii. Consumo de agua:
 - 1. Media mensual de litros/día/persona.
 - 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 - 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 - 4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 - 5. Gasto mensual en euros por persona.
 - 6. Gasto mensual en euros por hogar.
 - iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
 - b. Educación sobre el ciclo integral del agua:
 - i. Depuración.
 - ii. Cogeneración.
 - iii. ¿Qué parte de su factura (variable) corresponde a este paso del ciclo integral del agua?

Figura 21: Fotografía real de la estación de bombeo “Muelle del Tinto” de la red de aguas de la ciudad de Huelva. Tomado de la web de Aguas de Huelva

- c. Consejo sobre un mejor uso del agua en la cocina (grifos, pila), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
- d. Check list final de hábitos pequeños.
- e. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.
- f. Posible premio o descuento por conseguir objetivo/ser el hogar más ahorrador. **Reutiliza tu esfuerzo ahorrador.**

5.4.3. Experimentos Cluster 3

Para el cluster 3 las acciones propuestas para todos los hogares son:

- 1. Acción 1 (se repite a los 15 días para el grupo de hogares que recibe dos impactos; con otro contenido de la misma temática):
 - a. Consumo de agua mensual (**Reduce**):
 - i. Reparto Uso General del agua
 - ii. Consumo de agua:
 - 1. Media mensual de litros/día/persona.

2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
5. Gasto mensual en euros por persona.
6. Gasto mensual en euros por hogar.
- iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
- b. Educación sobre el ciclo integral del agua:
 - i. El embalse de Beas: ¿cómo Aguas de Huelva capta el agua?
 - ii. El ETAP de El Conquero: ¿cómo Aguas de Huelva potabiliza?
 - iii. El Centro de Control Operativo de Aguas de Huelva: distribución del agua hasta el hogar.
 - iv. ¿Quiénes son las personas de Aguas de Huelva responsables de estas etapas?
 - v. Información sobre programa social de Aguas de Huelva relacionado con esta etapa; **como Aguas de Huelva reutiliza tu esfuerzo de ahorro de agua:**
 1. Cuidado del medio ambiente (incide sobre la calidad de las aguas).
 2. Bonificación social: garantía de mínimo vital (agua para todos).
- c. Consejo sobre un mejor uso del agua en el aseo personal (ducha, inodoro y lavabo), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
- d. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.
2. Acción 2 (se repite a los 15 días para el grupo de hogares que recibe dos impactos; con otro contenido de la misma temática):
 - a. Consumo de agua mensual (**Reduce**):
 - i. Reparto Uso General del agua.
 - ii. Consumo de agua:
 1. Media mensual de litros/día/persona.
 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.

4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
5. Gasto mensual en euros por persona.
6. Gasto mensual en euros por hogar.
- iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
- b. Educación sobre el ciclo integral del agua:
 - i. La red de saneamiento de Aguas de Huelva.
 - ii. La red de alcantarillado de Aguas de Huelva.
 - iii. ¿Quiénes son las personas de Aguas de Huelva responsables de estas etapas?
 - iv. Información sobre cómo Aguas de Huelva evita las inundaciones en la ciudad; **como Aguas de Huelva reutiliza tu esfuerzo de ahorro de agua.**
- c. Consejo sobre un mejor uso del agua en la limpieza del hogar (lavadora, lavavajillas), tipo check list: **Reemplaza** el hábito.
- d. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.
3. Acción 3 (se repite a los 15 días para el grupo de hogares que recibe dos impactos; con otro contenido de la misma temática):
 - a. Consumo de agua mensual (**Reduce**):
 - i. Reparto Uso General del agua
 - ii. Consumo de agua:
 1. Media mensual de litros/día/persona.
 2. Cifra anterior equivalente a cubos de agua.
 3. Gasto medio en euros diario de agua por persona.
 4. Litros mensuales por hogar y su equivalencia en cubos de agua.
 5. Gasto mensual en euros por persona.
 6. Gasto mensual en euros por hogar.
 - iii. Emoticono que defina su gasto respecto a la media de consumo de Aguas de Huelva (126,5 l/día/persona).
 - b. Educación sobre el ciclo integral del agua:
 - i. Las estaciones de bombeo de la ciudad.
 - ii. La depuradora de la ciudad de Huelva.

- iii. Cogeneración: ¿cómo Aguas de Huelva contribuye a la sostenibilidad de la ciudad? **Como Aguas de Huelva reutiliza los residuos del proceso de depuración.**
 - iv. ¿Quiénes son las personas de Aguas de Huelva responsables de estas etapas?
 - v. Información sobre cómo el uso no apropiado de las toallitas higiénicas perjudica la red. **Recicla apropiadamente los residuos generados en el hogar.**
- c. Consejo sobre un mejor uso del agua en la cocina (grifos, pila), tipo check list: **Reemplaza el hábito.**
 - d. Check list final de hábitos pequeños.
 - e. Objetivo de reducción de consumo de agua basado en los hábitos propuestos e impacto económico.

Respecto a los puntos abiertos a discusión, cabe destacar el papel que podrían jugar los “Smart meters” como herramientas tecnológicas de información en tiempo real hacia los hogares como medio de gestión de la demanda de agua. La medida de la eficacia de los mismos se convierte en punto clave pues, entre otras cosas, permitiría realizar una selección del despliegue de contadores inteligentes en función del ahorro de agua conseguido por tipología de hogar, basándose en un puro análisis coste-beneficio económico de eficacia de gestión de la demanda siguiendo al análisis explicado por March et al. [51]; sin tener en cuenta otros beneficios de los contadores inteligentes para la ciudad y el operador, como ahorros producidos en la operación y mantenimientos de las redes de agua de la ciudad, etc...

Respecto al ahorro de agua por la utilización de contadores inteligentes, numerosas experiencias llevadas a cabo hasta la fecha, y recogidas en distintos artículos como los de Boyle et al. [37], Gangale et al. [63], Giurco et al. [49], Krishnamurti et al. [64], miden y documentan su impacto en los hábitos de consumo de agua en los hogares; y prevén unos resultados de ahorro de agua en una horquilla que va desde apenas un 3% hasta un 53%, lo que da una variabilidad muy grande, dependiendo de las condiciones de las investigaciones llevadas a cabo. Sønderlund et al. [45] da una media de ahorro de un 20 %.

También, se espera comprobar que una mayor frecuencia de mensajes informativos sobre el consumo de agua en el hogar, es decir, diarios y semanales frente a mensuales, supongan un mayor ahorro de agua. Esto unido a otros factores, según describe Liu et al. en [40], y Jorgensen et al. [33]. De esta manera, también se puede calibrar la importancia de disponer de contadores inteligentes en los hogares, pues una frecuencia alta de mensajes informativos implica la implantación de éstos en la red de agua, dado que de forma manual no se podrían realizar dichas lecturas.

En el caso de disponer de despliegue de dispositivos de ahorro de agua y de avisadores de consumo en el hogar, combinados con los contadores inteligentes, y teniendo en cuenta la investigación de Lee et al. [52], se podría esperar obtener resultados de ahorro por encima de la media estimada por Sønderlund et al. [45], es decir, por encima del 20%.

También, se prevé obtener resultados de compromiso de los ciudadanos mayores empleando estrategias de información premiando la consecución del objetivo de ahorro por parte del hogar, lo que demostraría la utilidad de combinar estrategias puramente educativas con estrategias incentivadoras como demuestra Anda et al. [65].

Dado que no hay una relación causa-efecto directa entre actitud y comportamiento real [33], de los experimentos se podrían deducir los límites para cambiar hábitos, o bien para sin cambiarlos ni desligarlos de su contexto cotidiano de vida en el hogar, definir sus límites para conseguir una mayor eficacia en la utilización del agua.

Finalmente, se espera que el conocimiento de los hogares sobre el ciclo integral del agua, así como su valorización del agua hayan aumentado, una vez se hayan llevado a cabo las estrategias educativas de la investigación. Esto debe aparecer reflejado en la diferencia de resultados que se produzca entre la encuesta final y la inicial.

Falta en el proyecto saber el cómo, cuándo y el dónde del consumo de agua [60]. Es decir, se precisa una mayor granularidad de la información. Para ello necesitaríamos disponer de un software de análisis “trace flow”, es decir, de un software que a partir de los tiempos y patrones de consumo de agua permita deducir si el consumo viene de un grifo, ducha, inodoro... [44]. O bien, disponer de dispositivos inteligentes en el hogar, que registren el consumo de agua por tipo de uso. Como no es posible disponer de estas herramientas tecnológicas, se ha previsto en el proyecto, obtener una idea aproximada de estos datos a través de los talleres posteriores y entrevistas en profundidad con los hogares de Huelva. Un ejemplo del tipo de cuestiones a preguntar, se puede obtener de [44].

Los experimentos de campo con los hogares de Huelva, nos permitirán obtener la combinación óptima de los distintos parámetros del “feed-back” según el modelo propuesto por [44].

En nuestro caso, no se ha podido contar en el proyecto con dispositivos inteligentes como los displays visuales con alarma (“alarming visual display monitors”). La influencia de emplear estos dispositivos en el ahorro de agua de una ciudad de 200000 hogares se estima en torno al 3%, mientras que el ahorro de energía debido a su uso (ahorro en agua caliente) es del 2,4%. La realidad del alcance de ambas cifras, es un asunto a debatir.

Conclusiones

6. Conclusiones.

Aunque los resultados obtenidos por cada uno de los tres primeros bloques aparecen recogidos en los tres artículos publicados y adjuntos a esta tesis doctoral, me ha parecido interesante resaltar los que considero más sobresalientes respecto a estos, e incluir algunos no publicados y pertenecientes al bloque 3 (parcialmente) y 4. En la esfera pública, estas conclusiones son aplicables a todos los planes EDUSI analizados para las ciudades intermedias de Andalucía de la primera convocatoria, especialmente para Huelva. En la esfera privada, sólo son válidas para el caso de la ciudad de Huelva. No es posible extrapolarlas a otras ciudades intermedias, aun perteneciendo a Andalucía, por lo que se recomienda aplicar la misma metodología para llegar a conclusiones válidas en otras ciudades. Según el orden del índice de esta tesis, las conclusiones son:

1. Se echa en falta una mayor valorización del agua por parte de los ciudadanos de Huelva, aunque es trasladable a la mayoría de las ciudades con EDUSI. Especialmente, la falta de planes concretos dedicados para educación de la ciudadanía sobre el agua, información sobre gestión del ciclo integral del agua y acciones para reducir el consumo del agua.
2. Ligado con este punto, sería necesario una mayor utilización de nuevas tecnologías ICT para la información y educación de la ciudadanía respecto del agua.
3. Se necesita una renovación de equipamiento en los edificios para una mayor eficiencia en el consumo del agua y reducción de pérdidas.
4. En la misma línea, serían necesarias la renovación de los equipamientos de la propia ciudad respecto del agua, como pueden ser un mejor sistema de evacuación del agua, sistemas de drenaje más ecológicos, etc... Una consecuencia de esto, es que existe una vulnerabilidad residencial y pobreza frente a inundaciones en zonas concretas de la ciudad. Otra consecuencia es que existe un aumento de los costes de la red de agua por su antigüedad, lo que complica el desarrollo económico sostenible de la infraestructura de agua de la ciudad.
5. Los EDUSI adolecen de una falta de enfoque integral sobre el impacto que distintos sectores económicos, claves para el desarrollo económico de la ciudad, puedan tener en la lucha por el uso del agua. Estamos hablando del compromiso que tendrán que lograr en sus políticas de necesidades humanas, agricultura, turismo, energía y medio ambiente por el reparto del agua.
6. Esto sitúa a Huelva, de acuerdo al modelo de Brown et al [15], en un estado evolutivo de nivel 3 como “Water Drained City”, con algunos elementos de gestión de ciclo integral del agua, pero sin acciones declaradas de protección medioambiental del agua, ni considerar el agua como medio de conexión social. Claramente no alcanza el estadio de “Water Sensitive City”, lo que hace que esté aún lejos de ser considerada una “Water Smart City”.
7. En suma, es necesario desarrollar políticas públicas que permitan un nexus más claro entre agua-planeamiento de la ciudad, lo que implica abordar un “contrato hidrosocial” más claro con la ciudadanía.
8. Respecto a la metodología elegida DT, las razones que me impulsaron a elegirla residen en:
 - a. No se disponía de toda la infraestructura tecnológica necesaria de Smart meters (AMI) en los hogares.
 - b. La propia filosofía de definición del reto de UP4 y el grupo Suez se basaba en una visión “human centered”.
 - c. El desarrollo de un “web-based prototype” que pudiera implementar funcionalidades similares y entender el impacto de uso en los hogares a un precio

- muy bajo; una estrategia “low-cost” típica de los proyectos de metodología ágil, rápida implementación y “human-centered”.
- d. La idoneidad del modelo DT “Stanford ME310”, que con su estructuración permite seguir los pasos:
- i. Define.
 - ii. Needfinding.
 - iii. Synthesis.
 - iv. Ideation.
 - v. Prototyping.
 - vi. Testing.
9. Se ha considerado clave el diseño del “web-based prototype” que debe permitir realizar “user cases” o experimentos con el objetivo de medir la sensibilidad (objetivos concretos, medibles y alcanzables) de los hogares a distintas propuestas que tratarán de determinar las motivaciones de los consumidores.
10. En este proyecto se han seguido los fundamentos de la teoría de la “Psicología educativa”, que propone un marco metodológico desarrollado en el contexto socio-cultural, al trabajar tres pilares de compromiso del ciudadano respecto al agua de su ciudad:
- a. Entender el agua y su contexto. Es decir, el conocimiento que se tenga sobre el agua.
 - b. Valorar el agua a través de las emociones y el desarrollo de actitudes positivas, como pueden ser:
 - i. Soporte a fuentes alternativas del agua.
 - ii. Actitud proambiental: “identidad medioambiental del hogar”.
 - c. Apoyar el comportamiento cotidiano más inteligente respecto del agua en distintas esferas
 - i. Pública:
 1. A través de la influencia en los procesos políticos.
 2. Soporte y presión para reparar la infraestructura de agua.
 - ii. Privada:
 1. Mediante el ahorro y el uso eficiente del agua.
 2. Utilización de dispositivos de ahorro de agua.
 3. Reducir la contaminación del agua.
11. La media de conocimiento sobre el ciclo integral del agua, que presentan los hogares de Huelva, arroja una puntuación de 4,2577. Esto indica un grado de conocimiento del ciclo integral del agua próximo al aprobado, es decir, un grado de conocimiento medio, pero aún deficiente sobre algunas de las etapas del mismo.
12. Para la mejora del conocimiento del ciclo integral del agua en los hogares de Huelva, se recomienda implementar estrategias de “feedback” en el “web-based prototype” centradas en:
- a. La etapa de captación y depuración, especialmente sobre el impacto del uso del agua en las fuentes (origen) y en la depuración (vertido). Habría que destacar la relación entre la ciudad y su entorno natural más próximo.
 - b. Explicar con un enfoque técnico del recorrido del agua en los distintos bloques que componen la red de aguas y su impacto sobre el consumidor.
 - c. Se recomienda seguir el estilo de comunicación seguido en la campaña del uso de toallitas en el hogar llevada a cabo por Aguas de Huelva en el pasado. El estilo era claro, sencillo y muy fácil de comprender.

13. Respecto a lo que valoran los hogares de Huelva, a partir del análisis factorial por máxima verosimilitud adoptado sobre las variables de la encuesta, se obtienen tres componentes principales que nos permiten concluir que:
- En general, los hogares serán más proclives a valorar positivamente acciones que mejoren la “calidad del servicio/salud”; entendiendo el servicio como servicio percibido (visualizable) en forma de calidad percibida del agua y ausencia de problemas en el servicio entregado al hogar.
 - En segundo lugar, valorarán tener una buena calidad de la infraestructura de la red de aguas.
 - Finalmente, valoran la información proveniente de la compañía de aguas y cómo ésta se relaciona con los hogares.
14. La actitud que demuestran los hogares de Huelva respecto a los distintos aspectos que recoge la encuesta se pueden resumir en:
- En general, los hogares son conscientes y están dispuestos a aplicar estrategias de mejor uso del agua en una combinación entre acciones sobre uso del inodoro, limpieza del hogar y cocina. Estas tres variables están altamente asociadas siendo recogidas en el componente principal “Uso eficiente general”. En menor medida, lo está la variable sobre un mejor uso eficiente de la “lavadora”.
 - Los hogares no aceptarían el incorporar limitadores de caudal en grifos. En cualquier caso, parece claro que limitadores acústicos y contadores inteligentes que son dispositivos que les pueden aportar información sobre su consumo serían bien valorados.
 - Los hogares tienen una actitud mayoritariamente favorable al uso del agua regenerada para Lavadora, Inodoro y Jardín, pero siempre que sea a menor precio del que pagan actualmente por dicha agua. El factor económico es un componente de peso en la posible aceptación de tecnologías de regeneración de agua en el hogar para los usos descritos (lavadora, inodoro, jardín).
 - Hay una inmensa mayoría (65 hogares de 97) que sí que aceptaría tener un sistema propio regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad. Además, lo más destacado es que apenas hay oposición (sólo 6 hogares sobre 97) a tener un sistema propio de regeneración de agua lluvia, lo que abre un campo a la introducción de este tipo de tecnologías en los hogares servidos por Aguas de Huelva.
15. Con las conclusiones del análisis estadístico, se ha procedido a realizar una clusterización de los hogares de Huelva teniendo en cuenta los siguientes factores:
- Rango de conocimiento.
 - Factores o componentes principales de necesidades y valores.
 - Factores o componentes principales de actitud respecto a la eficiencia en el consumo del agua.
 - Factores o componentes principales de actitud respecto a la adopción de dispositivos tecnológicos en el hogar relacionados con el agua.
 - Factores o componentes principales de actitud respecto al uso del agua regenerada en el hogar.
16. Todo ello permite obtener una clusterización de los hogares de Huelva, mediante el método jerárquico (distancia euclídea al cuadrado y método Ward), obteniéndose tres grupos caracterizados por:
- Clúster 1:
 - Conocimiento Alto sobre el agua.

- ii. Valoran tener una buena calidad de la infraestructura de la red de aguas.
- iii. No valoran especialmente el resto de los otros dos factores del análisis.
- iv. Actitud moderada respecto a mejorar la eficiencia en el consumo del agua, en relación con el uso de inodoro, limpieza del hogar y cocina. No creen que en el resto de usos puedan conseguir mayor eficiencia (bañera, lavadora, lavavajillas).
- v. Actitud positiva hacia el uso de dispositivos de ahorro de agua. La mayoría opta por que la compañía de agua se los regale, aunque hay algún hogar que aceptaría gastar hasta 30 euros de límite total.
- vi. Actitud positiva frente al uso del agua regenerada en el hogar (Lavadora, Inodoro, Jardín) siempre que sea a menor precio que el actual para los mismos usos.
- vii. También se muestran con actitud positiva para adoptar algún sistema PROPIO de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad para los usos anteriores, o incluso algún otro uso.

b. Clúster 2:

- i. Conocimiento Bajo sobre el agua.
- ii. Valoran moderadamente un buen servicio percibido (visualizable), en forma de calidad percibida del agua y ausencia de problemas en el servicio de aguas entregado al hogar.
- iii. Valoran tener una buena calidad de la infraestructura de la red de aguas.
- iv. Actitud negativa a conseguir mejorar la eficiencia en el consumo del agua, en relación con el uso de inodoro, limpieza del hogar y cocina. Tampoco creen que en el resto de usos puedan conseguir mayor eficiencia (bañera, lavadora, lavavajillas).
- v. Actitud negativa hacia el uso de dispositivos de ahorro de agua.
- vi. Actitud negativa frente al uso del agua regenerada en el hogar (Lavadora, Inodoro, Jardín).
- vii. Sin embargo, son muy sensibles al precio del agua y a su posible bajada.
- viii. Actitud moderada/indiferente para adoptar algún sistema PROPIO de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad para los usos de lavadora, inodoro o jardín.

c. Clúster 3:

- i. Conocimiento Medio sobre el agua.
- ii. Valoran positivamente un buen servicio percibido (visualizable), en forma de calidad percibida del agua y ausencia de problemas en el servicio de aguas entregado al hogar.
- iii. Valoran positivamente tener información proveniente de la compañía de aguas y cómo ésta se relaciona con los hogares.
- iv. Actitud positiva para conseguir mayor eficiencia en el uso del agua en bañera, lavadora, lavavajillas. No creen que puedan conseguir mejorar la eficiencia en el consumo del agua, en relación con el uso de inodoro, limpieza del hogar y cocina.
- v. Actitud negativa hacia el uso de dispositivos de ahorro de agua en el hogar.

- vi. Actitud positiva frente al uso del agua regenerada en el hogar (Lavadora, Inodoro, Jardín). Independientemente de que se consiga una mejora del precio del agua.
 - vii. Actitud indiferente para adoptar algún sistema PROPIO de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad para los usos de lavadora, inodoro o jardín.
17. Se ha analizado la influencia de las distintas variables y componentes/factores sobre los rangos de consumo de los hogares (alto, medio, bajo). Para ello se ha utilizado una herramienta estadística que son los “árboles de decisión” mediante el algoritmo CART, siendo la variable dependiente el rango de consumo. Las conclusiones son:
- a. La actitud positiva hacia la mejora de hábitos en la limpieza personal y hogar explica y predice el rango de consumo de agua. Estrategias que mejoren la eficiencia en este aspecto, especialmente aquellas que hagan referencia al uso del agua en Baño & Ducha, Lavadora y Lavavajillas.
 - b. Segunda en la jerarquía predictiva, estarían las componentes asociadas a la educación y conocimiento sobre el ciclo integral del agua. Especialmente importantes son las variables puntuación sobre el conocimiento del ciclo integral del agua y nivel educativo. Se recomienda poner en juego, estrategias dirigidas a aumentar el conocimiento sobre el ciclo integral del agua y su uso eficiente.
 - c. El resto de componentes y variables que caracterizan al resto de actitudes y valores/necesidades que declaran los hogares de Huelva, tienen jerarquía similar e importancia para predecir el rango de consumo de los hogares.
 - d. Hay que destacar el hecho del nulo peso de las características de comportamiento social de los hogares (pertenencia a organizaciones sociales, actividades sociales) sobre el rango de consumo de los mismos. No se aconsejan acciones que potencien o utilicen estas palancas.
 - e. No existe un peso sobre el consumo por distritos o cualquier otra variable demográfica (homogeneidad de los hogares en Huelva). No tendría sentido estrategias diferenciadas por distritos en Huelva o por cualquier otra característica demográfica del hogar.
18. También se ha analizado el efecto conjunto de las variables de edad, género, educación, ingresos anuales y ocupación profesional para predecir el rango de conocimiento del hogar sobre el ciclo integral del agua de los hogares. La jerarquía refleja que es el componente de los ingresos del hogar la que mejor predice, seguida en segundo lugar por el nivel educativo. Esto está en línea con lo obtenido en distintas investigaciones en otros lugares del mundo, referenciadas en la bibliografía de esta tesis.
19. A la vista del análisis estadístico de los resultados obtenidos, los drivers que mejor pueden actuar para un uso más eficiente del agua, traducido en una reducción del consumo de agua en el hogar, serían estrategias de información WDM sobre el ciclo integral del agua urbana para cambiar hábitos (mediante la mejora del conocimiento y la educación) y estrategias sobre cómo mejorar la eficiencia del uso del agua en Baño & Ducha, Lavadora y Lavavajillas. Estas estrategias pueden ir en la línea de aconsejar, es decir, de nuevo en la línea educativa, y/o bien en la línea de estrategia WDM de mejora tecnológica de consumo de lavadoras y lavavajillas. La actitud positiva hacia el uso de agua regenerada para lavadora, toilet y jardín, ayudaría también a proponer estrategias a los hogares en la adopción de soluciones tecnológicas que las facilitaran.

20. Atendiendo a razones económicas vs infraestructura ICT a desplegar en el hogar, habría que realizar un análisis detallado en profundidad de los costes asociados directamente a los hogares, referidos al despliegue de tecnología frente a otras estrategias de gestión de la demanda. Pero a priori, parece que el despliegue ICT no compensaría el ahorro de agua producido en los hogares. Otra cuestión, son ahorros producidos por este despliegue tecnológico sobre la gestión de la propia infraestructura de la red de aguas, pues mejoraría la predicción de los consumos y, por tanto, se podrían conseguir ahorros en toda la red, con un impacto importante sobre la energía requerida en el ciclo integral del agua. Téngase en cuenta que el despliegue de ICT en el hogar, comprende al menos la instalación de sensores y dispositivos inteligentes, arquitectura de comunicaciones, arquitectura de software y smart meters.
21. Especialmente importante en la fase de experimentación (aún pendiente de realización) es medir el estilo de reporting/comunicación hacia los hogares. Esto requiere un análisis del impacto de métricas relevantes y entendibles para el hogar y los KPI's a medir, junto con su frecuencia de comunicación al hogar.
22. Referente a la manera de relacionarse con los hogares, más cercana a la disciplina del Marketing, se recomienda experimentar con una mezcla de estrategias "pull" y "push". El equilibrio entre ambas se puede medir en la fase de experimentación, por medio de la utilización de las herramientas tecnológicas de la plataforma "web-based" y el envío de emails con el enlace hacia dicha plataforma. Las herramientas software disponibles facilitan la evaluación de dicho punto de equilibrio.
23. Relacionado con el punto anterior, se recomienda la aplicación de herramientas de otras disciplinas científicas como la Sociología y Antropología para cambiar prácticas y hábitos domésticos. El objetivo sería primar otros aspectos diferentes a la pura información numérica de consumo del agua proporcionada por los Smart meters e ICT hacia el hogar. Además, de su filosofía "low cost" y su rapidez y facilidad de implementación.
24. Marcos metodológicos como "Design Thinking", utilizados en esta tesis, así como otros también de filosofía "ágil" como Lean Start up, se sitúan en la encrucijada entre la pura ingeniería técnica y la Sociología/Antropología.
25. Quizás la solución más acertada sería buscar un equilibrio entre tecnología ICT, Sociología y Antropología, a través de la innovación social para diseñar nuevas soluciones que involucren al ciudadano en su comportamiento público y privado. Pero no solamente al ciudadano, sino también a otros stakeholders de la ciudad, como son la industria y los negocios locales, especialmente la comunidad de desarrolladores de software y servicios.
26. A nivel sistema ICT, este tipo de soluciones pasan por estar basadas en plataformas abiertas que permitan una gestión efectiva de la cadena de valor del agua (water supply chain). Nuevas tecnologías como Blockchain parece que abrirían la puerta a este tipo de objetivo. Por lo tanto, la experimentación de esta tecnología, al igual que la de la Inteligencia artificial y el Big Data se pueden ver como pasos naturales sucesivos a partir de las conclusiones obtenidas en el tipo de investigaciones "low cost" propuestas en esta tesis.
27. Se requeriría tener un modelo de certificación de dispositivos utilizados en el hogar para el agua, que permitiera a éste poder entender la eficiencia de uso del agua del equipamiento de la medida. De esta manera, se podrían proponer modelos tarifarios que incentivaran el uso de tecnologías enfocadas en el ahorro de agua.
28. Del mismo modo, habría que ensayar la posibilidad de tener nuevos modelos de gestión del agua entre la administración pública (ayuntamientos) y las empresas operadoras del agua, que incentiven la mejora de la gestión y los procesos enfocados de estas para conseguir

mayores ahorros de agua. Esto pasa por diseñar nuevos incentivos hacia la operadora, en vez de que esta base sus ingresos en que los hogares consuman mayor cantidad de agua.

29. Un objetivo importante en la implementación de estrategias de gestión de la demanda en el hogar, es conseguir tener granularidad de la información de consumo por cada servicio del agua dentro de la casa. Ello pasa por diseñar soluciones tecnológicas que proporcionen los consumos por los distintos usos de higiene y confort (baño, cocina, inodoro, etc...), proponga acciones de mejora y consejos de uso del agua a medida de cada servicio de agua y de cada hogar. Además, dicho “feedback” debería tener el carácter de la inmediatez para que fuera efectivo. Pero al mismo tiempo, debería estar basado en dispositivos no intrusivos en el hogar.
30. Por último, sería recomendable tener una aproximación hacia los hogares más holística, más cercana hacia lo que es el servicio completo que se presta a través de la utilización del agua. Independientemente que dicho servicio se realice por medio de dos compañías distintas. Una de las referencias más claras es el servicio de higiene y confort de la ducha en el hogar. Alrededor de un 73,1% del agua de la ducha es agua caliente [54]. Por lo tanto, sería recomendable utilizar una estrategia de gestión de la demanda, conjunta de agua y energía, con un “feedback” hacia el hogar que comprenda la monitorización y comunicación del consumo de ambas fuentes (agua y energía).
31. Hay que resaltar el hecho del interés existente en el mundo científico sobre el acceso a los datos, investigaciones y conclusiones sobre la temática de esta tesis, en las áreas de bajo stress hídrico como Huelva, tal y como se recoge en [45].

Bibliografia

7. Bibliografía.

La bibliografía principal utilizada para cada uno de los tres primeros bloques aparece recogida en los tres artículos publicados. En cualquier caso, he creído conveniente incluir más bibliografía que he consultado, y que no viene referenciada en los artículos porque no contribuía al discurso narrativo de los mismos. Sin embargo, es bibliografía que me ha servido para entender mejor los objetivos de esta tesis y el alcance de los conceptos, base de desarrollos posteriores.

En este apartado, por no repetir y no hacer más extenso el mismo, no incluyo la bibliografía utilizada en los artículos, que puede consultarse al final de los mismos.

Los artículos complementarios al bloque 1, Water Sensitive City y su análisis a través del comportamiento público del ciudadano de Huelva, más destacados son:

1. Chelleri, L.; Kua, H.W.; Rodríguez Sánchez, J.P.; Nahiduzzaman, K.M.; Thondhlana, G. Are People Responsive to a More Sustainable, Decentralized, and User-Driven Management of Urban Metabolism? Sustainability 2016, 8, 275.
2. Han, S.; Hwang, H.; Kim, S.; Baek, G.S.; Park, J. Sustainable Water Infrastructure Asset Management: A Gap Analysis of Customer and Service Provider Perspectives. Sustainability 2015, 7, 13334-13350.
3. Palme, U. On Prerequisites for the Application of Sustainable Development Indicators in Urban Water Management. Sustainability 2010, 2, 92-116.
4. Gandy, M. Rethinking urban metabolism: Water, space and the modern city. City, vol. 8, no. 3, december 2004
5. Jalilov, S.-M.; Kefi, M.; Kumar, P.; Masago, Y.; Mishra, B.K. Sustainable Urban Water Management: Application for Integrated Assessment in Southeast Asia. Sustainability 2018, 10, 122.
6. Lieberherr, E.; Green, O.O. Green Infrastructure through Citizen Stormwater Management: Policy Instruments, Participation and Engagement. Sustainability 2018, 10, 2099.
7. Adam C. Castonguay, Christian Urich, Md Sayed Iftekhar, Ana Deletic. Modelling urban water management transitions: A case of rainwater harvesting. Environmental Modelling & Software, Volume 105, 2018, Pages 270-285, ISSN 1364-8152.
8. W. Rauch, C. Urich, P.M. Bach, B.C. Rogers, F.J. de Haan, R.R. Brown, M. Mair, D.T. McCarthy, M. Kleidorfer, R. Sitzenfrie, A. Deletic. Modelling transitions in urban water systems. Water Research, Volume 126, 2017, Pages 501-514, ISSN 0043-1354.
9. Flörke, M., Schneider, C. & McDonald, R.I. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. Nat Sustain 1, 51–58 (2018).
10. Sofoulis, Z., & Allon, F. (2006) Everyday Water: cultures in transition, Australian Geographer, 37:1, 45-55.
11. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible (2007). Ministerio de Transición Ecológica. Gobierno de España: https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-espanola-desarrollo-sostenible/EEDSnov07_editdic_tcm30-88638.pdf (acceso el 24 de agosto 2020).
12. La tendencia inteligente de las ciudades en España. COIT/AEIT: <https://www.coit.es/informes/la-tendencia-inteligente-de-las-ciudades-en-espana> (acceso el 24 de agosto 2020).
13. Ciudades del mañana. Retos, visiones y caminos a seguir (Octubre 2011). Unión Europea. Política Regional:

- https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/citiesoftomorrow/citiesoftomorrow_final_es.pdf (acceso el 24 de agosto 2020).
14. Sheffield Waterways Strategy:
<https://www.sheffield.gov.uk/content/dam/sheffield/docs/planning-and-development/conservation/Sheffield%20Waterways%20Strategy.pdf> (acceso el 24 de agosto 2020).
 15. Leonard, Rosemary; Walton, Andrea; Green, Melissa; Koth, Barbara; Spinks, Anneliese; Myers, Baden; Mankad, Aditi; Chacko, Priya; Sharma, Ashok; Pezzaniti, David. Community Acceptance of Water Sensitive Urban Design: Six case studies. Adelaide: Goyder Institute for Water Research; 2014.
<http://hdl.handle.net/102.100.100/94838?index=1> (acceso el 24 de agosto 2020).
 16. Dolman N., Savage A., Ogunyoye F. Water-sensitive urban design: learning from experience. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer 2013 166:2, 86-97.
 17. Sharma, A.K.; Pezzaniti, D.; Myers, B.; Cook, S.; Tjandraatmadja, G.; Chacko, P.; Chavoshi, S.; Kemp, D.; Leonard, R.; Koth, B.; Walton, A. Water Sensitive Urban Design: An Investigation of Current Systems, Implementation Drivers, Community Perceptions and Potential to Supplement Urban Water Services. Water 2016, 8, 272.
 18. Ma, X.C.; Xue, X.; González-Mejía, A.; Garland, J.; Cashdollar, J. Sustainable Water Systems for the City of Tomorrow—A Conceptual Framework. Sustainability 2015, 7, 12071-12105.
 19. Ghosh, R.; Kansal, A.; Venkatesh, G. Urban Water Security Assessment Using an Integrated Metabolism Approach—Case Study of the National Capital Territory of Delhi in India. Resources 2019, 8, 62.
 20. Brown R.R., Rogers B.C., Werbeloff L. (2018) A Framework to Guide Transitions to Water Sensitive Cities. In: Moore T., de Haan F., Horne R., Gleeson B. (eds) Urban Sustainability Transitions. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer, Singapore.
 21. Wong, T., & Brown, R. R. (2008). Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience through a new Hydro-Social Contract. In R. Ashley (Ed.), Conference Proceedings: 11th International Conference on Urban Drainage (pp. CD Rom - CD Rom). Iwa Publishing.
 22. Brown, R. R., Keath, N., & Wong, T. (2008). Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical Current and Future Transition States. In R. Ashley (Ed.), Conference Proceedings: 11th International Conference on Urban Drainage (pp. CD Rom - CD Rom). Iwa Publishing.
 23. Bell, S. Renegotiating urban water (2015). Progress in Planning, Volume 96, 2015, Pages 1-28, ISSN 0305-9006.
 24. Water Security: The Water-Energy-Food-Climate Nexus. The World Economic Forum Water Initiative: <https://www.weforum.org/reports/water-security-water-energy-food-climate-nexus> (acceso el 24 de agosto 2020).
 25. Buurman, J. The Value of Integrating Water Management and Urban Infrastructure. Vietnam Water Cooperation Initiative Special Session: Urban Innovations for Resilience Cities VACI -UIC, 4 October 2016, Danang, Vietnam.
 26. Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

27. Galaitsi, S., Veysey, J. and Huber-Lee, A. (2018). Where is the added value? A review of the water-energy-food nexus literature. SEI working paper. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

Los artículos adicionales al bloque 2, Marco metodológico “Design Thinking”, son:

28. Kostoska, O.; Kocarev, L. A Novel ICT Framework for Sustainable Development Goals. Sustainability 2019, 11, 1961.
29. Sjøkvist, N.M., Kjørstad, M. Eliciting Human Values by Applying Design Thinking Techniques in Systems Engineering. 29th Annual INCOSE international symposium. Orlando, FL, USA. July 20-25, 2019.

Con respecto al bloque 3, Comportamiento privado del ciudadano de Huelva respecto del agua, las referencias que también contribuyen a la realización de esta tesis son:

30. Fielding, K, van Kasteren, Y, Louis, W et al. (3 more authors) (2016) Using individual householder survey responses to predict household environmental outcomes: The cases of recycling and water conservation. Resources, Conservation and Recycling, 106. 90-97. ISSN 0921-3449.
31. Dean AJ, Fielding KS, Newton FJ. Community Knowledge about Water: Who Has Better Knowledge and Is This Associated with Water-Related Behaviors and Support for Water-Related Policies?. PLoS One. 2016;11(7):e0159063. Published 2016 Jul 18.
32. Morote Seguido A.F. Factores que inciden en el consumo de agua doméstico. Estudio a partir de un análisis bibliométrico. Estudios Geográficos, Vol. LXXVIII, 282, pp. 257-281, enero-junio 2017, ISSN: 0014-1496.
33. Jorgensen, B.; Graymore, M.; O'Toole, K. Household water use behavior: an integrated model. Elsevier Ltd, Oxford, UK, Journal of Environmental Management, 2009, Vol.91, No. 1, pp. 227-236.
34. Sofoulis, Z. Strengers, Y. Healthy engagement: Evaluating models of providers and users for cities of the future (2011). Proceedings of Australia's National Water Conference and Exhibition (OZWater'11). Australian Water Association. Adelaide, Australia. 9-11 May 2011.
35. Newton, P.; Meyer, D. Exploring the Attitudes-Action Gap in Household Resource Consumption: Does “Environmental Lifestyle” Segmentation Align with Consumer Behaviour? Sustainability 2013, 5, 1211-1233.
36. Willis R.M., Stewart R.A., Giurco D.P., Talebpour M.R, Mousavinejad A.. End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. Journal of Cleaner Production, Volume 60, 2013, Pages 107-115, ISSN 0959-6526.

El bloque 4, Propuesta de estrategias y tecnologías a través del prototipado de soluciones “web-based” para la mejora del uso del agua por parte del ciudadano de Huelva, no ha sido desarrollado en forma de artículos publicados en revistas científicas (aunque se hará a corto plazo) por falta de tiempo, pero sí que ha habido un trabajo extenso de recopilación de información que ha quedado plasmado en las siguientes referencias:

37. Boyle, T.; Giurco, D.; Mukheibir, P.; Liu, A.; Moy, C.; White, S.; Stewart, R. Intelligent Metering for Urban Water: A Review. *Water* 2013, 5, 1052-1081.
38. Nguyen, K.A., Stewart, R.A., Zhang, H. et al. An adaptive model for the autonomous monitoring and management of water end use. *Smart Water* 3, 5 (2018).
39. Monks, I.; Stewart, R.A.; Sahin, O.; Keller, R.; Low Choy, S. Expert Opinion Valuation Method to Quantify Digital Water Metering Benefits. *Water* 2020, 12, 1436.
40. Ariane Liu, Damien Giurco, Pierre Mukheibir, Stuart White. Detailed water-use feedback: A review and proposed framework for program implementation. *Utilities Policy*, Volume 43, Part B, 2016, Pages 140-150, ISSN 0957-1787.
41. P. Kossieris, Panayiotakis, K. Tzouka, E. Rozos, and C. Makropoulos, An e-Learning approach for improving household water efficiency, *Procedia Engineering*, WDSA 2014, Bari, Italy, Water Distribution Systems Analysis, 2014.
42. Otaki Y., Ueda K., Sakura O. Effects of feedback about community water consumption on residential water conservation, *Journal of Cleaner Production*, Volume 143, 2017, Pages 719-730, ISSN 0959-6526.
43. Liu A., Giurco D., Mukheibir P. Urban water conservation through customised water and end-use information. *Journal of Cleaner Production*, Volume 112, Part 4, 2016, Pages 3164-3175, ISSN 0959-6526.
44. Liu A., Giurco D., Mukheibir P. Motivating metrics for household water-use feedback. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 103, 2015, Pages 29-46, ISSN 0921-3449.
45. Snderlund A.L., Smith J.R., Hutton C., Kapelan Z. Using Smart Meters for Household Water Consumption Feedback: Knowns and Unknowns. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 990-997, ISSN 1877-7058.
46. Willis R.M., Stewart R.A., Panuwatwanich K., Williams P.R., Hollingsworth A.L. Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management*, Volume 92, Issue 8, 2011, Pages 1996-2009, ISSN 0301-4797.
47. Beal C.D., Flynn J. Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs. *Utilities Policy*, Volume 32, 2015, Pages 29-37, ISSN 0957-1787.
48. Joachain H., Klopfert F. Smarter than metering? Coupling smart meters and complementary currencies to reinforce the motivation of households for energy savings. *Ecological Economics*, Volume 105, 2014, Pages 89-96, ISSN 0921-8009.
49. Giurco D.P., White S.B, A. Stewart R.A. Smart Metering and Water End-Use Data: Conservation Benefits and Privacy Risks. *Water* 2010, 2, 461-467;
50. Anda M., Temmen J. Smart metering for residential energy efficiency: The use of community based social marketing for behavioural change and smart grid introduction. *Renewable Energy*, Volume 67, 2014, Pages 119-127, ISSN 0960-1481.
51. March, H., Morote, ., Rico, A., & Saur, D. (2017). Household Smart Water Metering in Spain: Insights from the Experience of Remote Meter Reading in Alicante. *Sustainability*, 9.
52. Lee M., Tansel B., Balbin M. Urban Sustainability Incentives for Residential Water Conservation: Adoption of Multiple High Efficiency Appliances. May 2013. *Water Resources Management* 27(7):1-10.
53. Fres Lima C.A., Jos Ricardo Portillo Navas J.R. Smart metering and systems to support a conscious use of water and electricity. *Energy*, Volume 45, Issue 1, 2012, Pages 528-540, ISSN 0360-5442.

54. Willis R.M., Stewart R.A., Panuwatwanich K., Jones S., Kyriakides A. Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households. *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 54, Issue 12, 2010, Pages 1117-1127, ISSN 0921-3449.
55. A. Zarli, Y. Rezgui, D. Belziti, E. Duce. Water Analytics and Intelligent Sensing for Demand Optimised Management: The WISDOM Vision and Approach. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1050-1057, ISSN 1877-7058.
56. P. Kossieris, S. Kozanis, A. Hashmi, E. Katsiri, L.S. Vamvakieridou-Lyroudia, R. Farmani, C. Makropoulos, D. Savic. A Web-based Platform for Water Efficient Households. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1128-1135, ISSN 1877-7058.
57. M.G. Barry, M.E. Purcell, B.J. Eck, J. Hayes, E. Arandia. Web Services for Water Systems: The iWIDGET REST API. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1120-1127, ISSN 1877-7058.
58. E. Clifford, D. Coakley, E. Curry, V. Degeler, A. Costa, T. Messervey, S.-J. Van Andel, N. Van de Giesen, C. Kouroupetroglou, J. Mink, S. Smit. Interactive Water Services: The WATERNOMICS Approach, *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1058-1065, ISSN 1877-7058.
59. E. Magiera, W. Froelich. Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management (ISS-EWATUS), *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1066-1072, ISSN 1877-7058.
60. S. Athanasiou, T. Staake, T. Stiefmeier, C. Sartorius, J. Tompkins, E. Lytras. DAIAD: Open Water Monitoring. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1044-1049, ISSN 1877-7058.
61. A. Rodríguez, A. Cisneros. Challenges and Benefits of an Open ICT Architecture for Urban Water Management. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1073-1079, ISSN 1877-7058.
62. K. Thompson, R. Kadiyala. Making Water Systems Smarter Using M2M Technology. *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 437-443, ISSN 1877-7058.
63. Gangale, F., Mengolini, A. & Onyeji, I. (2013), Consumer engagement: An insight from smart grid projects in Europe. *Energy Policy* 60(2013)621–628.
64. Krishnamurti, T., Schwartz, D., Davis, A., Fischhoff, B., de Bruin, W.B., Lave, L. & Wang, J. (2012), Preparing for smart grid technologies: A behavioral decision research approach to understanding consumer expectations about smart meters. *Energy Policy* 41 (2012) 790–797.
65. Martin Anda, Justin Temmen (2014), Smart metering for residential energy efficiency: The use of community based social marketing for behavioural change and smart grid introduction. *Renewable Energy* 67 (2014) 119-127.
66. F.J. de Haan , B. C. Ferguson, R. C. Adamowicz, P. Johnstone, R. R. Brown and T.H.F. Wong, 2014, "The needs of society: A new understanding of transitions, sustainability and liveability" *Technological Forecasting & Social Change*, 85, pp. 121-132.
67. G.H. Brundtland, Our common future, World Commission on Environment and Development (WCED), 1987.
68. M.J. Milne, C. Byrch, Sustainability, environmental pragmatism and the triple bottom line: good question, wrong answer? 10th CSEAR Australasian Conference, Launceston, 6–8 December 2011, 2011, p. 2011.
69. Liu, A., Giurco, D. & Mukheibir, P. (2017), "Advancing household water-use feedback to inform customer behaviour for sustainable urban water", *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY-WATER SUPPLY*, vol. 17, no. 1, pp. 198-205.

70. Seyranian, V., Sinatra, G.M. & Polikoff, M.S. (2015), Comparing communication strategies for reducing residential water consumption. *Journal of Environmental Psychology* 41 (2015) 81e90.
71. Knoeri, C, Steinberger, JK and Roelich, K. (2016) End-user centred infrastructure operation: Towards integrated end-use service delivery. *Journal of Cleaner Production*, 132. pp. 229-239.
72. Arroyo, E., Bonanni, L. & Selker, T. (2005) 'Waterbot: exploring feedback and persuasive techniques at the sink', paper presented to CHI 2005, Portland, Oregon [USA].
73. Chetty, M., Tran, D. & Grinter, R.E. (2008) 'Getting to green: understanding resource consumption in the home', paper presented to UbiComp'08, Seoul [Korea], September 21-24.
74. Intille, S.S. (2002) 'Designing a home of the future', *Pervasive Computing*, vol. 1, no. 2, pp. 76-82.
75. Lockwood, M. & Murray, R. (2005) RED Future Currents: Designing for a changing climate (work in progress), Design Council, UK.
76. Takayama, C. & Lehdonvirta, V. (2008) 'Ecoisland: a system for persuading users to reduce CO2 emissions', paper presented to Green Pervasive Workshop at Pervasive Persuasive 2008, Sydney, NSW, 19 May.
77. Oliveira, Á., Campolargo, M., & Martins, M., Human smart cities: a human-centric model aiming at the wellbeing and quality of life of citizens. In *eChallenges e-2014*, 2014 Conference, pp. 1-8, (2014).
78. Fletcher, T.D.; Shuster, W.; Hunt, W.F.; Ashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Trowsdale, S.; Barraud, S.; Semadeni-Davies, A.; Bertrand-Krajewski, J.L.; et al. SUDS, L.I.D., BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Rev. Urban Water J.* 2014, 12, 7.

Nomenclatura

8. Nomenclatura.

Los acrónimos utilizados en esta tesis, además de los que aparecen en los artículos son (por orden alfabético):

AEIT: Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación.

AMI: Advanced Metering Infrastructures.

ANOVA: Analysis of Variance.

API: Application Programming Interfaces.

BD: Big Data.

BIM: Building Information Modelling.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

COIT: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

CRM: Customer Relationship Management.

CART: Classification and Regression Trees.

EDUSI: Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenido Integral.

ERG: Existence, Relatedness, Growth.

GIS: Geographical Information System.

IA: Inteligencia Artificial.

ICT: Information and Communication Technologies.

IE: Instituto de Empresa Business School.

IWRM: Integrated Water Resources Management.

KMO: Kaiser-Meyer-Olkin.

M2M: Machine-to-Machine.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

OT: Objetivos Temáticos del POCS.

POCS: Programa Operativo de Crecimiento Sostenible.

SaaS: Software-as-a-Service.

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition.

SME: Small Medium Enterprise.

UK: United Kingdom.

UP4: Alianza de universidades españolas formada por Universitat Politècnica de Catalunya, Universidad Politécnica de Madrid, Universitat Politècnica de València, Universidad Politécnica de Cartagena.

UPM: Universidad Politécnica de Madrid.

WDM: Water Demand Management.

WSUD: Water Sensitive Urban Design.

Apéndice 1 - Encuesta

Apéndice 1

Preguntas de la encuesta enviada a los hogares de Huelva

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

1. Edad
 - (a) De 18 a 30 años
 - (b) De 30 a 40 años
 - (c) De 40 a 50 años
 - (d) De 50 a 65 años
 - (e) Más de 65 años

2. Género
 - (a) Masculino
 - (b) Femenino

3. Educación
 - (a) Sin estudios
 - (b) Estudios Básicos
 - (c) Formación Profesional/Bachillerato
 - (d) Estudios universitarios

4. Ingresos anuales por hogar
 - a) Menos de 10.302 € brutos anuales
 - b) De 10.302 a 25.000 € brutos anuales
 - c) De 25000 € a 50000 € brutos anuales
 - d) De 50000 € a 100000 € brutos anuales
 - e) Más de 100000 € brutos anuales

5. Ocupación
 - a) En paro

- b) Trabajo por cuenta ajena
- c) Trabajo por cuenta propia
- d) Estudiante
- e) Jubilado/Pensionista

CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR

- 6. Número de personas en el hogar (incluidos niños)
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4
 - e) 5 ó más personas

- 7. Niños en el hogar (hasta 14 años)
 - a) 0
 - b) 1
 - c) 2
 - d) 3 ó más niños

- 8. Equipación adicional de la vivienda
 - a. Chalet con Jardín/Huerto propio
 - b. Chalet con Jardín en la urbanización
 - c. Piso / apartamento con Jardín en la urbanización
 - d. Chalet con Piscina propia
 - e. Chalet con Piscina en Urbanización
 - f. Piso / apartamento con Piscina en Urbanización
 - g. Ninguna de las anteriores

- 9. Metros cuadrados de vivienda (hogar)
 - a) Menos de 60

- b) De 60 a 120
- c) De 120 a 180
- d) De 180 a 300
- e) Más de 300

10. Antigüedad de la vivienda (hogar)

- a) Menos de 10 años
- b) Entre 10 y 30 años
- c) Más de 30 años

CARACTERÍSTICAS DE ESTILO DE VIDA

11. ¿Realiza algún tipo de actividad alrededor del agua de su ciudad? (señale todas aquellas opciones que cumpla):

- a) Pesca
- b) Baño en espacio público (en río, mar, piscina...)
- c) Deportes acuáticos (navegación, ski acuático, surf...)
- d) Jardín propio (jardinería) / Huerto
- e) Otra actividad
- f) Ninguna actividad alrededor del agua

12. ¿Participa en alguna organización social de forma activa? (señale todas aquellas opciones que cumpla):

- a) Club deportivo
- b) Asociación de padres de alumnos
- c) Asociación vecinal
- d) Asociación profesional/sindicato
- e) Asociación cultural
- f) Asociación ecologista
- g) ONG's
- h) Entidad religiosa
- i) Partidos políticos
- j) Otros

- k) En ninguna organización de forma activa

13. ¿Ha sufrido alguna restricción de agua alguna vez?

- a) Nunca
- b) Sí, en Huelva
- c) Sí, en otra localidad distinta de Huelva

NECESIDADES, VALORES E IDENTIDAD RESPECTO DEL AGUA

14. ¿Cómo valora usted los siguientes aspectos?:

Por favor, valore cada ítem utilizando la siguiente escala:

- 1. Totalmente en desacuerdo
 - 2. Parcialmente en desacuerdo
 - 3. Me es indiferente
 - 4. Parcialmente de acuerdo
 - 5. Totalmente de acuerdo
- a) Recibir más información respecto al servicio de Aguas (Marque alguna de las opciones anteriores: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - b) Tener mayor conocimiento acerca de las bonificaciones sociales de las que dispone mi servicio de Aguas (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - c) Que el origen natural del agua sea de buena calidad (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - d) Tener más posibilidades de ocio y de relación social alrededor del agua en Huelva (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - e) Que el Agua de Huelva tenga buen sabor (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - f) Disponer de agua saludable (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - g) Reducir el número de cortes de suministro de agua (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - h) Recibir avisos de posibles fugas de agua en casa (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - i) Que el agua llegue con mayor presión a mi vivienda (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - j) Minimizar los efectos de las inundaciones en Huelva (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - k) Asegurar que las aguas vertidas por los hogares no son contaminantes (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
 - l) Garantizar un Mínimo Vital de agua para todos los hogares con bajos ingresos económicos (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).

- m) Invertir en soluciones naturales para recoger y depurar las aguas residuales y pluviales (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).

15. ¿Cree que consume más agua que sus vecinos?

- a) No es importante para mí saberlo
- b) Consumo más o menos la misma cantidad de agua que mis vecinos
- c) No, consumo menos que mis vecinos
- d) No, consumo mucho menos que mis vecinos
- e) Sí, consumo más que mis vecinos
- f) Sí, consumo mucho más que mis vecinos

16. ¿En qué uso del agua podría reducir su hogar el consumo de la misma (según objetivo alcanzable por usted)?:

Por favor, valore cada ítem utilizando la siguiente escala:

- 1. Imposible reducirlo
- 2. Podría reducirlo un poco
- 3. Podría reducirlo mucho
- 4. Podría reducirlo muchísimo
- 5. Me es indiferente reducirlo

- a) Jardín / Huerto (sólo conteste si lo tiene). (Marque alguna de las opciones anteriores: 1, 2, 3, 4 y 5).
- b) Ducha / Bañera (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- c) Lavadora (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- d) Lavavajilla (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- e) Inodoro (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- f) Limpieza general del hogar (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- g) Agua para cocinar y lavar alimentos (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).

17. ¿Cuánto invertiría en los siguientes dispositivos para el ahorro del agua en su hogar?

Por favor, valore cada ítem utilizando la siguiente escala:

- 1. No los instalaría en mi hogar en ningún caso

2. No invertiría nada; sólo los instalaría si la compañía de agua me los diera gratis
 3. Hasta 30 € en total.
 4. De 30 € a 50 € en total.
 5. De 50 € a 100 € en total.
 6. Más de 100 € en total.
- a) Cabezales de ducha (Marque alguna de las opciones anteriores: 1, 2, 3, 4, 5 y 6)
- b) Limitadores de caudal en grifos (Opciones: 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
- c) Avisadores acústicos (Opciones: 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
- d) Contadores inteligentes con aviso diario de consumo de agua (Opciones: 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
- e) Sistema de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad (Opciones: 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
- f) Otros dispositivos (indicar cuál) (Opciones: 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

18. Pensando en usted y en su hogar, ¿aceptaría utilizar el agua regenerada en general, con las máximas garantías técnicas de calidad y seguridad?:

Por favor, valore cada ítem utilizando la siguiente escala:

1. Totalmente en desacuerdo
 2. Parcialmente en desacuerdo
 3. Me es indiferente
 4. Parcialmente de acuerdo
 5. Totalmente de acuerdo
- a) Para su inodoro (Marque alguna de las opciones anteriores: 1, 2, 3, 4 y 5)
- b) Para su lavadora (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- c) Para el riego de su jardín o el de su urbanización (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- d) En todos los casos anteriores, al mismo precio que la que pago ahora (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- e) En todos los casos anteriores, siempre que se reduzca mi factura del agua (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).
- f) En ningún caso utilizaría agua regenerada para mi hogar (Opciones: 1, 2, 3, 4 y 5).

19. ¿Tendría usted algún sistema **PROPIO** de regeneración de agua de lluvia en su hogar/comunidad, con las máximas garantías técnicas de calidad y seguridad?:
- a) Me es indiferente.
 - b) No, no aceptaría utilizar agua regenerada en mi hogar/comunidad.
 - c) Sí, sólo aceptaría utilizar agua regenerada para lavadora, inodoro y riego.
 - d) Sí, aceptaría utilizar agua regenerada para también otros usos del hogar.

CONOCIMIENTO RESPECTO DEL AGUA

CAPTACIÓN

20. ¿Cuántas fuentes naturales origen de agua tiene la ciudad de Huelva?:
- a) 0.
 - b) 1.
 - c) 2.
 - d) Más de 3.
 - e) No lo tengo claro.
21. En general, el agua que reciben los hogares ¿puede venir de?:
- a) Fuentes naturales superficiales (ríos, lagos, embalses...)
 - b) Agua de manantiales, subterránea y/o acuíferos.
 - c) Agua de lluvia.
 - d) Plantas desalinizadoras de agua de mar.
 - e) Plantas potabilizadoras y de regeneración de agua.
 - f) Todas las anteriores.
 - g) Ninguna de las anteriores.
 - h) No lo tengo claro.

TRATAMIENTO

22. ¿Sabe usted lo que es una Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)?:
- a. Sí, el agua que se capta en el medio natural pasa por una serie de reactores en los que se trata de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

- b. Sí, el agua que se capta en el medio natural pasa por una serie de reactores en los que se trata para devolverla al medio natural en perfectas condiciones.
- c. No lo tengo claro.

DISTRIBUCIÓN

23. ¿Sabe usted lo que es el sistema de distribución de agua?:

- a) Sí, es un sistema de tuberías por el que el agua potabilizada se distribuye a los hogares.
- b) Sí, es un sistema de tanques de almacenamiento, bombeos y tuberías que distribuyen agua potable a los hogares.
- c) No lo tengo claro.

SANEAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES

REDES DE ALCANTARILLADO

24. ¿Sabe usted lo que es un sistema de saneamiento de agua?:

- a) Sí, es un sistema de tuberías y bombeos por el que el agua sucia que vertemos al alcantarillado se recoge y se limpia antes de ser devuelta al medio natural.
- b) Sí, es un sistema de tanques de almacenamiento, bombeos y tuberías que distribuyen agua potable a los hogares.
- c) No lo tengo claro.

25. ¿Sabe dónde pueden ir las aguas recogidas por el alcantarillado?:

- a) A un tanque de tormenta.
- b) Al río.
- c) Al mar.
- d) Al campo.
- e) A una Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).
- f) A una Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR).
- i) Todas las anteriores.
- j) Ninguna de las anteriores.
- k) No lo tengo claro.

DEPURACIÓN

26. ¿Sabe usted lo que es una Estación de Depuración de Aguas Residuales (EDAR)?:

- a) Sí, una tecnología que depura el agua para que los hogares la puedan beber directamente.
- b) Sí, una instalación que recibe las aguas residuales impulsadas por las estaciones de bombeo y que dan el tratamiento necesario al agua para ser vertidas al mar en las condiciones higiénico-sanitarias que establece la legislación vigente.
- c) Sí, una tecnología compleja que siempre debería ser responsabilidad de los ingenieros.
- d) No lo tengo claro.

27. ¿Sabe usted dónde se puede verter el agua depurada?:

- a) Al río.
- b) Al mar.
- c) Al campo.
- d) Todas las anteriores.
- e) Ninguna de las anteriores.
- f) No lo tengo claro.

REGENERACIÓN/USO

28. ¿Conoce usted alguno de estos sistemas de regeneración de aguas?:

- a) Agua regenerada de EDAR.
- b) Agua de planta desalinizadora.
- c) Sistemas de regeneración de agua de lluvia.
- d) Otros sistemas.
- e) Todos los anteriores.
- f) Ninguno de los anteriores.
- g) No lo tengo claro.

29. ¿Sabe usted qué se puede hacer con las toallitas una vez utilizadas?

- a) Las toallitas se pueden tirar por el inodoro
- b) Solo se pueden tirar las que sean biodegradables (lo indica en el paquete)

- c) Se tiran a la basura, en ningún caso se pueden tirar toallitas por el inodoro. No son biodegradables aunque lo ponga en el paquete.

Apéndice 2 – Artículos publicados

Article

Sustainability and Water Sensitive Cities: Analysis for Intermediary Cities in Andalusia

Gustavo Bermejo-Martín and Carlos Rodríguez-Monroy *

Department of Industrial Organization, Business Administration and Statistics, E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), calle José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, Spain

* Correspondence: carlos.rodriguez@upm.es

Received: 30 July 2019; Accepted: 24 August 2019; Published: 28 August 2019

Abstract: There is currently a phenomenon of global urbanization, where in Europe intermediary cities play a major role by concentrating more than 40% of the European urban population. These types of cities have specific challenges regarding their sustainability and are key to meeting the objectives set out in the UN 2030 Agenda (United Nations, UN), due to their local character and proximity to the citizen. The intermediary cities of Andalusia in Spain, its urban sustainable development and its relationship with water are the object of analysis in this article. They are analyzed through the winning plans in the first call of the Spanish “Integrated Sustainable Urban Development Strategy” (ISUDS). In this process, the citizens are the main actors through their participation in the elaboration of the ISUDS, in which they express the scope of the “hydrosocial contract” of citizenship. The research presented in this article analyzes the latter through a methodological framework applied to the ISUDS, which shows the unequal interest of Andalusian intermediary cities when integrating water into their sustainable development. The article ends with a series of recommendations that make it possible to bring these cities closer to the “water sensitive cities” stage.

Keywords: sustainability; integrated sustainable urban development strategy (ISUDS); societal urban water needs; hydrosocial contract; medium cities; water sensitive cities

1. Introduction

This article focuses on the relationship between four areas of interest regarding sustainability, such as:

1. Intermediary cities and their impact on global sustainability.
2. Water in cities, as a natural asset limiting their growth, also has a crucial impact on sustainability, and its relationship (nexus) with other urban assets such as energy and food.
3. The role of people as active agents in the good achievement of sustainability policies, with their needs to be met. Especially of interest in its relationship with urban water.
4. The region of Andalusia, with its particular geographical context and impact in Spain.

The importance of the research lies in the contribution of knowledge about the current condition of the relationship of citizens with water in the intermediate cities of Andalusia, measured through tools and sources of information that appear therein. We will detail each of the previous points, with a bibliographic review and the context in which they occur.

Concerning cities, currently, more than 55% of the world population lives in cities and many scientific publications predict that the number will exceed 6 billion people in 2050, more than 66% of the world population [1]. For the first time in history, more people will live in cities than in rural areas. This urban population is responsible for more than 70% of the world’s GDP and generates more than 80% of the total of high value-added jobs [1].

This population movement makes cities central elements of academic interest; given the numerous new management challenges they face. Among these challenges, the high pressure that will be exerted on the limited natural resources such as water, food, and energy stand out. These three elements have a clear nexus to each other [2]. They are joined by the challenge of management of climate change, since cities have a great impact on it as, by way of example, cities consume 70% of the world's energy and produce 70% of all emissions of greenhouse gases (GHG) [1].

In addition, water is the only natural restriction to the expansion of cities and appears as the only natural limit to their growth and economic development [3]. Greater economic development will involve an increase in the demand for water, food, and energy separately, in addition to a feedback effect between them by the nexus that relates them. This article will focus on urban water as a key element in cities, focusing on what in the scientific literature appears as "Sustainable Urban Water Management" (SUWM) [4]. This concept of SUWM is an integral approach to the water challenge in cities. It is related to other concepts such as "Water Sensitive City" (WSC), "Integrated Urban Water Management, Green Infrastructure, and Water Urbanism" [5]. They are approximations that consider the "entire urban water cycle" and integrate water into the design of solutions for the sustainable development of cities. The framework of "Water Sensitive City" reflects the central role of the citizen in the design of these solutions, and explains how it relates to water, expressing itself through the so-called "hydrosocial contract" [5]. The hydrosocial contract is understood as the values and, often, implicit agreements between communities, governments, and businesses on how water can be used. Physically, they are represented by the infrastructure of water systems [5].

However, not all cities or areas in the world face these challenges in the same way, nor does it affect them with the same intensity. Keep in mind that the greatest urbanization is going to occur in emerging and developing countries. Meanwhile, in developed countries, the percentage of the urban population in most cities is stabilized and, in some places, there is demographic stagnation and a slight setback [1].

There are currently 34 megalopolises (settlements of more than 10 million inhabitants) in the world, of which there is one, Tokyo, that has more than 30 million inhabitants and another eight whose population exceeds 20 million (New Delhi with 25 million stands out). It is expected that in 2030 there will be 41 megacities. At the same time, the number of intermediary cities increases (between 50,000 and one million inhabitants). According to the report, focusing on our closest Western environment, Europe, North America, Eurasia and the region of the Middle East and Western Asia together account for 28% of the world's urban population (10%, 7%, 5% and 6% respectively) and concentrate 30% of both the metropolitan areas and the intermediary cities of the world [6].

Cities can be classified according to factors such as size, functionality, geographical location, services, and economy among others, but for the purpose of this research here we found it appropriate to follow the classification of the Gold IV report [7], which follows the quantitative population criterion (number of inhabitants), defining ranges that allow classifying with sufficient flexibility both Asian cities and European cities, according to their particular idiosyncrasies. The intermediary and small cities (less than 50,000 inhabitants) in Europe contain more than 70% of the urban population in this region [6]. The same happens anywhere in the world, where only intermediary cities represent at least half of the world's urban population. Therefore, given the critical mass of the population and physical space occupied, any policy that aims to be successful in the face of urban challenges must take into account these intermediary cities. That is, it must present a markedly local character, especially when we consider urban water.

On the other hand, "around 40% of the urban population living in intermediary cities live in strips that extend up to 100 or 150 km from the coast, a situation that has a decisive influence on urban development processes" [7]. Therefore, the presence of water in the city's environment takes on special relevance.

The value of intermediary cities stands out as a condition of intersection spaces between the rural and the urban habitats [8], where the water, energy, and food nexus have a major influence, [2].

These urban poles have a high impact on how supply chains of products are established, from rural areas to the coast, to metropolises and peripheries and, therefore, are the local patterns of consumption and production that are decisive for achieving sustainable urban development. That is, its citizens play a decisive role because the resilience of this type of city is based on the strength of its identity, its culture, and its defense of diversity. Therefore, sustainable development and the role of the citizen in its achievement, are presented as one of the key nexuses for this type of city.

Another fact to be considered is that the population growth in this type of city in Europe, specifically in those with less than 300,000 inhabitants, has been 0.24% between 2000 and 2015, and it is expected that it will be 0.01% between 2015 and 2030 [9]. They present practically no growth so that the pressure on natural resources will not have a demographic cause. In fact, one of the challenges of this type of city will be to avoid the migration of young people to large cities, to try to avoid the aging of the population, and the loss of economic dynamism. One of the pillars to retaining young people is offering a higher quality of life, a factor that is directly related to the city's livability [10]. In addition, they need job opportunities, which implies a good economic situation in the city. That is, they need economic development that they will have to combine with the sustainability of their natural and environmental assets, reaching a balance between sustainability and habitability [11].

An important aspect of intermediary cities is that they tend to present deficits in their infrastructure and services related to water, sanitation, electricity, and urban and interurban mobility [7], due in part to the marginalization in the budgetary transfers suffered by their local governments against other state or autonomous administrations. Therefore, they present a deficit of economic resources and financing that conditions their development and that any strategy of sustainable development must take into account.

Another of the focus of the article is in the geographical context of the region of Andalusia, in Spain, from which we reflect the following data of interest for our study [2].

For all these reasons, this typology of cities presents enough challenges to attract our interest and focus this article on the study of the role of urban water in the sustainable development plans of the intermediary cities of the region of Andalusia, in Spain:

1. This zone represents an important part of the critical mass of the country's population. Andalucía has 8.4 million inhabitants, 18% of the total Spanish population, the most populated region of Spain [2].
2. It is the second in extension with 87,600 km², which represents 17.3% of the national territory.
3. They have strong rural-urban intersection nature, with a clear nexus between water, energy, and food. The Andalusian agricultural sector accounted for 5.1% of GDP (Gross Domestic Product) in 2016.
4. Agriculture is highly dependent on water, given that there are one million hectares (about 4.4 million in total in the region) devoted to irrigated agriculture in Andalusia, which is 29.3% of the total irrigated land in Spain. However, it is very concentrated around the Guadalquivir basin, which accounts for 86% of the irrigated land in Andalusia.
5. In addition, irrigated agriculture brings together 63% of Andalusian agricultural employment, which has a great social and economic impact.
6. Andalusia has a very important share of Spain's coastal kilometers, with many cities located on the coast or nearby, and an economy very linked to this geographical situation, through tourism, fishing, or trade.
7. Water has been very present in their culture.
8. Andalusia has been the first region to receive funds from the assigned "Integrated Sustainable Urban Development Strategy" (ISUDS) plans.

Therefore, due to economic impact, extension, demography, presence of water in its economic activity, Andalusia is a focus of first level interest regarding sustainability.

We maintain that, in Spain, one of the mechanisms that best reflect the expression of citizens' public behavior regarding sustainable urban development is the ISUDS. The ISUDS follow the line of involving citizens in the identification of local problems and involving them in their resolution, in a "bottom-up" approach, improving "citizen engagement" [12].

These ISUDS plans present public participation that covers the stage of information to the citizens, the consultation to them and an active implication in participating in the decision-making process and public control of the latter [13]. Through the analysis of the ISUDS, we can obtain a picture of the value and commitment of citizens towards the water of their city [14].

This methodological framework, in a summarized way, is composed of a continuum of stages, with non-watertight borders between them, and with a mixture of elements of each other. There are six possible city stages with different evolution of hydrosocial contract [15]:

1. Water supply city: its origin is around 1800. The hydrosocial contract implicitly promises the delivery of unlimited, safe, and cheap water volumes from a benign environment to a rapidly growing urban population.
2. The city with sewerage and sanitation (Sewered City): by 1890, the first mechanisms of health protection were established, through sanitation services that direct waste streams towards a benign environment. The structure of the hydrosocial contract remains unchanged, with the addition of new sanitation infrastructure.
3. The city with drainage (Drained City): around 1950, after the second World War, the first protection services against storm water were deployed to protect the city against floods. The structure of the contract remains unchanged, with the expansion of service delivery functions in the hands of centralized authorities and institutions. However, little by little, local governments were progressively involved, as urban areas were established to lead a stable transition to a more complex hydrosocial contract involving multiple urban service providers.
4. The city with waterways (Waterway City): the appearance of the social current of "environmentalism" for the protection of the environment, in the 1960s. Measures were taken to reduce the entry of pollution into different waterways and water resources. Discharges from waste treatment plants and industrial processes were regulated, and septic tanks were replaced by centralized sewerage systems. Science calibrates the impact of storm water pollution as a diffuse source of pollution, and new technologies such as "wetlands" and "bio-filtration" systems were being developed to protect receiving waterways from contaminated water. However, the quality of storm water is not managed in a massive way. At cognitive and normative levels, storm water pollution is a diffuse problem that cannot be solved by centralizing technologies or by the government control mechanisms that were adopted in the previous hydrosocial contract. This stage suffers from a lack of an adequate financing model and of a decentralized technology operation and management plan.
5. The city based on the water cycle (Water Cycle City): increasing regulatory acceptance of the need for greater social, economic, and environmental sustainability. The approach towards management of the integral water cycle, which involves water conservation and diverse water supply adjusted to the purpose of its use. This idea involves using water sources of different quality: rainwater, storm water, sewage, seawater etc. Each one for the most appropriate use (potable, irrigation, industry, homes) in a different range of scales, with sensitivity towards the cycles of energy and nutrients and contingent on the protection of the health of the different waterways. This scope complements the objectives of security of supply and protection of the different ways, where water sources are reaching the limits of sustainable exploitation. The regulatory dimension will entail the co-management of the water cycle between businesses, communities, and government with the sharing of risk and diversified instruments between private and public initiatives. Cognitively, the actors will be involved in interdisciplinary and multi-agent learning to deliver diverse and flexible solutions. In this phase, there is a debate regarding the role of centralized or decentralized supply of recycled water and its different

application scenarios. The administration and governments choose to respond to the drought with the expansion of centralized systems, with the controls and promises implicit in the old contract; more than to support the co-existence of centralized and decentralized systems and new forms of co-management with the community and private sectors.

6. Water sensitive city: there are currently no examples of this model. The hydrosocial contract would integrate here the normative values of repair and protection of the environment, security of supply, flood control, public health, leisure, habitability, and economic sustainability. The communities will be led by the normative values of intergenerational equity protection with respect to natural resources and ecological integrity, as well as the concern that the community and the environment are resilient to climate change. The social capital will be favorable to reflect a community committed to a sustainable lifestyle. Technologies, infrastructure, and urban forms will be diverse and flexible, designed to reinforce sustainable practices and social capital, recognizing the implicit link between society and technology.

The ISUDS, must be understood within a framework of action with three levels [16]: local, national, and global. These levels are articulated in the following public instruments, all of them interrelated:

1. Agenda 2030: Sustainable Development Goals (SDG) of the UN.
2. Europe 2020 strategy, for smart, sustainable, and inclusive growth.
3. New Urban Schedule (NUS) and Spanish Urban Agenda (SUS).
4. Urban Axis within the Sustainable Growth Operative Program (SGOP) 2014–2020.
5. ISUDS Programs: calls for October 2016 (first), May 2017 (second), and May 2018 (third, in the final resolution phase).

In September 2015, the Sustainable Development Summit took place, within the framework of the United Nations (UN), where the Agenda 2030 was approved). This Agenda contains 17 universally applicable goals to achieve a sustainable world by 2030. The 2030 Agenda is the UN roadmap towards sustainable development, while the Paris Agreement is on climate change [1]. This Agenda reflects the centrality of water in achieving sustainable development and reserves SDG 6 for its treatment. Although the achievement of SDG 6 is linked to other objectives, in this article we highlight its alignment with SDG 11, which seeks to “make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable.”

On the cities, in a more concrete way, the New Urban Agenda (NUS) materialized emerging after the agreement reached on the SDG. Its application is considered essential for the success of the 2030 Agenda. The NUS [1] extols the dimension of the 2030 Agenda and is based on five axes, of which axis 3 “Environmental Sustainability and Sustainable Urban Development” is the one with the greatest impact, due to the focus it places on consumption and production patterns, pollution, and natural disasters and climate change. All of them are of special relevance in the case of urban water management. At a global level, the NUS was adopted in October 2016, in Habitat III, the Third United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development [6].

The 2030 Agenda and the NUS collect a global perspective. It is necessary to land both in a more local context, to be successful, mobilizing local energies and resources. The Spanish Ministry of Public Works is working on this task, which, focusing on the SDG11, has developed the Spanish Urban Schedule (SUS).

In addition, Spain is integrated into the European Union and as such, it must host the closest level of global action expressed in the Europe 2020 Strategy, which includes the importance of sustainable urban development and the contribution of cities to smart, sustainable, and inclusive growth in the European Union, whose financial support will be made through the European Structural and Investment Funds (ESIF), providing more than 5% of the resources of the European Regional Development Fund (ERDF).

This has translation at the Spanish level through the General Directorate of Community Funds of the Ministry of Finance and Public Administrations, which has programmed an Urban Axis within the Sustainable Growth Operative Program (SGOP) 2014–2020, dedicated in its entirety to financing

lines of action for Sustainable and Integrated Urban Development. The Urban Hub has been endowed with 1,012,754,015 euros of ERDF aid for the entire period and has been directed to municipalities or groups of municipalities that constitute an urban functional area, with a population of more than 20,000 inhabitants. All this can be seen in detail on the basis of the first call for the selection of Sustainable and Integrated Urban Development Strategies (ISUDS), as it is included in Order HAP/2427/2015 [17].

The ISUDS plans are instruments of strategic development of the city in the style of the recommendations of UN [18] and are the expression of the level of Spanish local action and contemplate the following five challenges: economic, environmental, climatic, demographic, and social, which favor Sustainable and Integrated Urban Development. In addition, they put special emphasis on articulating mechanisms of citizen participation and social agents. This last point is in line with the global Charter-agenda of human rights in the city [19], which takes up the idea of a new social contract between citizens and public institutions, based on two related pillars: “the right to the city” and the “co-production of the city.”

The ISUDS plans focus on the intermediary cities, and in that sense also follow the wake of the general objectives pursued in the declaration of [8], although the ISUDS are prior to it. To frame in the general context of the needs of sustainable development, the financial effort involved in the ISUDS plans is a worthwhile first approximation, although not enough [20].

In the first call, October 2016, the ISUDS put attention in “cities or functional areas larger than 50,000 inhabitants with a maximum aid to allocate for operations to co-finance 15 million euros. For cities or functional areas larger than 20,000 and smaller than 50,000 inhabitants, the maximum aid is 5 million euros” [17].

In addition, the submitted ISUDS plans had to implement at least two of the following Thematic Goals (TG) of the following SGOP:

1. TG2: Improve the access, use, and quality of information and communication technologies. Between 10% and 20% of the total aid.
2. TG4: Encourage the transition to a low-carbon economy in all sectors. Between 20% and 30% of the total aid.
3. TG6: Conserve and protect the environment and promote the efficiency of resources. Between 25% and 35% of total aid.
4. TG9: Promote social inclusion and fight against poverty. Between 25% and 35% of total aid.

In the case of actions in the field of water within the city, the most directly applicable thematic objective is the TG6 [17]. In the case of urban water, the TG6 could reflect the promotion and real adoption of alternative technologies for the supply and efficient use of water within a “fit-for-purpose” philosophy, more connected to the interests of citizens [21]. In that sense, the TG6 could reflect the real interest of citizens in the deployment of new developments, within the ISUDS, such as rainwater use systems. It would be closer to the citizen’s engagement than to the simple perception [22].

However, in addition, it is necessary to highlight that the TG2 collects the technological endowment that facilitates the management platforms that contribute to the city being intelligent, what has come to be called “Smart City” within the strategies of sustainable urban development. This is related to what has come to be called “Water Smart Cities” [23] or to the concept of “Smart Water Management” [24], relating water to “Information and Communication Technology” (ICT).

In TG4, for the purposes of urban water, all the actions that supposedly impact the energy-water nexus would be collected [2]. Finally, the TG9 would reflect those strategies more linked to the social and economic aspect of urban water of the hydrosocial contract of citizenship [25].

In the first call, October 2016, Andalusia was the Spanish region with the most ERDF help, with a total of 240,992,000 euros, which represented 32.97% of the total. In the second call, Andalusia was again the Spanish autonomous region with more help, with a total of 103,282,000 euros, that is, 36.64% of the total. The same situation was repeated in the last call, still in the process of the final resolution, Andalusia appears endowed with 189,315,061 euros, which amounts to 53.56%.

2. Materials and Methods

The methodology followed consisted of the bibliographic review of the different ISUDS plans submitted by the municipalities of the Andalusian region to the Spanish administration, and which have been selected in the first round of adjudication, which corresponds to the call of October 2016. Neither the second (May 2017) nor the third call (May 2018) were analyzed. The same methodology could be used to analyze these last two calls and perform a comparative analysis between the three calls. All winning national ISUDS plans are available on the Urban Initiatives Network (UIN) website [26]. In addition, the public documents collected in the State Official Gazette (SOG) where the adjudications of the funds ISUDS for these cities are announced [27,28] were also analyzed.

Although there are other plans in Spain and Andalusia that also include public action regarding water, the ISUDS are the ones that are most directly applicable to the cities, since they are elaborated and given in a local direct context, the other plans being more linked to regional, national, European, and international levels elaborated by the different governments, but without direct participation by citizens. The ISUDS rely on different plans previously prepared by the cities, among which we highlight Agenda21 [29].

All the ISUDS documents analyzed have a similar structure, based on a methodology for the development of the strategy that the municipalities have followed, based on the “Guidelines” offered by the Urban Initiatives Network [26]. Mainly the elaboration process presents two phases.

At first, they all start from the main problems detected and challenges; they carry out an integrated analysis (physical environment, climate, energy, economy, and demography among others) where their main strengths, weaknesses, opportunities, and threats are determined, and from whose final diagnosis strategic challenges arise, which will be faced thanks to the main assets of the city (historical, urban, cultural, and natural heritage).

Based on these principles, the second phase of elaboration is entered, where a strategic vision for the scope of action is determined and the implementation strategy is configured in an integrated manner with a goal of balancing between investment in urban infrastructure with a perspective of sustainable and efficient growth and services for the socio-economic development of the population (employability and entrepreneurship).

The strategy is concretized through a Strategy Implementation Plan (SIP) that contains at least: (a) the typology of lines of action to be carried out to achieve the defined strategic objectives; (b) a schedule, which includes the temporary orientation planning of the actions to be carried out during the period of validity of the Strategy; (c) a budget, which includes indicatively the different sources of financing that are contemplated to implement the strategy designed; and (d) productivity indicators and online monitoring with the SGOP.

Both stages were designed with the participation of all urban actors, an inescapable circumstance in a truly strategic urban process, such as political parties with municipal representation, municipal technical teams, social and economic agents and citizenship, especially neighborhood, cultural, social, educational, and sports organizations, among others. The participation of each social agent (stakeholder) followed similar patterns, and they usually entered both phases. In the process, different techniques and tools for communication and dissemination of similar ISUDS were used for each municipality:

1. Personalized interviews with those responsible for the area and other actors involved in each town hall.
2. Sectoral tables with different interest groups and activity sectors (commerce, culture, mobility, environment, tourism, ICT, etc.), either through open workshops or through the sector councils of each city.
3. Cross-sectional tables, with interest groups from different sectors for the identification of synergies and general city councils, such as the social council, territorial councils (districts of each city), professional and neighborhood associations, trade unions, businessmen, etc.

4. On-line surveys that will allow conducting opinion polls to all citizens and key agents. The survey was sent through new channels/communication tools, such as social networks and WhatsApp.
5. Meetings of the High-Level Committee for strategic decision making. It is made up of those responsible for the City Council.
6. Ad-hoc tables by the line of action, designed for information and decision making that have to do with the implementation of each line of action of ISUDS.
7. Broadcast portals, through the City Council website and social networks, which also enabled direct access to the different participation processes that were launched.

Regarding the sources of data on which the town halls have been based, to analyze and identify the challenges, potentials, and assets in order to connect this planning background with the thematic objectives financed by the European Regional Development Fund (ERDF) and in line with the specific investment priorities of the SGOP, they have been basically of two types:

- a. Primary sources: from the administration itself at different levels (national, regional, local) such as cadastre data, economic and demographic data of population, income, etc.
- b. Data sources prepared and processed previously by the municipalities or municipal companies (water companies, electricity, external services, etc.).

In addition, for the preparation of the ISUDS, documentation has been prepared by the administrative bodies themselves, companies, and different stakeholders involved in the process. Among these documents, we highlight the Territorial Planning Plans of Andalusia, the Strategic plans of each province, the urban planning plans of the city, the Agenda 21 of the city, and thematic plans such as sustainable urban mobility and sustainable energy.

That is, the data used is fully valid, given that its origin was the administration itself and specialized agencies in each subject, certified by the local authorities themselves and participating stakeholders.

The two general objectives were, in the first place, to determine to what extent water has been considered in the sustainable development plans of the intermediary cities of Andalusia, reflected in the ISUDS, that is, the relationship between sustainability and water as well as the nexus with other factors (food, energy, tourism). Second, to what degree do citizens express their public commitment to water through the hydrosocial contract. This will be expressed through the actions and practices carried out in the ISUDS regarding water and the aspiration of citizens to obtain results in order to achieve an evolution towards a higher stage of “Water Sensitive City” [15].

In a more concrete way, the methodology followed was inspired by using all or part of some of the tools developed and available in the scientific literature to evaluate qualitatively or quantitatively if any of the three general objectives described above appear on the agenda of the ISUDS plans winners. These tools are based on the development of indices that allow comparing different aspects of sustainability, water uses, resilience, governance, habitability, etc., at a local or global scale.

The most appropriate reference indexes for the subject of this article were found. They are the following: The Water Sensitive Cities Index (WSC Index) of the Cooperative Research Center for Water Sensitive Cities (CRCWSC) [30], the City Blueprint Approach (CBA) of the EIP Water Action Group [31] and the Principles for Water Sensitive Cities of the International Water Association (IWA) [32]. With special care, the application of the CBA to the case of the city of Cape Town was reviewed [33]. We also reviewed the WSC Index application [34].

Likewise, methodologies such as the Multi-Pattern Approach (MPA) were also studied, focusing more on the dynamics of systems analysis and temporary components in transitions towards sustainability, which are beyond the scope of this article. In any case, a good description can be found in [35].

Methodological proposals which focus on the development of a framework to identify the sociological roles of water in cities, with the aim of supporting new ways of managing projects and programs around urban water, were also analyzed [36].

Finally, the WSC Index was selected as a basic tool since it provides a general framework for analysis that evaluates three areas regarding urban water [34], with indicators in the three visions closest to the general objectives listed to answer:

1. The stage of the city in the continuum [15].
2. Set of practices as a transition to a “Water Sensitive City” described by Chesterfield et al. [34]:
 - (a) Cities as “captors” of water.
 - (b) Cities as providers of ecosystem services.
 - (c) Cities with citizens and communities that are aware of water.
3. Results to produce improvements in the city regarding:
 - (a) Sustainability [37].
 - (b) Habitability [10].
 - (c) Resilience [38].
 - (d) Productivity [34].

The tool presents 34 indicators gathered around seven thematic objectives that represent important attributes of what would be a water sensitive city from the areas of social, technical, and ecological action. Each indicator is evaluated qualitatively in a range of 1 to 5 according to the current situation of the city that best fits the description [34]. The objectives of the tool for which it was designed are to support the strategic planning processes and the decisions to be made, to promote inter-city learning and to enable national governments to evaluate the trajectories of urban water management in the different cities allowing benchmarking [32].

On the other hand, it is not intended to apply and give a score to each indicator of the WSC Index on the winning ISUDS plans [32], since it would require a research strategy with questionnaires and interviews and subsequent joint meetings with the stakeholders of each city, which is beyond the reach of the research team of this article. The reasons are in the fact that the ISUDS were awarded in October 2016, in which the execution of many of them started at the end of 2016 or the beginning of 2017, and that the end of the execution period is delimited by the end of the year 2020 (in some cases even by 2022). It was not considered appropriate to organize any workshop or to send a survey to check the results and interpretation of this article, leaving for further study this line of field research, once the execution of the ISUDS is finished and its real efficiency can be verified. Therefore, the outcomes of the “water sensitive cities” model reflect, in this article, the aspirations of the results to be achieved that will depend on the efficiency in the execution of the ISUDS themselves. In any case, as explained in previous points, the ISUDS themselves were prepared and are being executed and monitored by the stakeholders themselves in different modes of participation, which can ensure that the thematic goals (TG), lines of action, and projects that appear there are those agreed between the different stakeholders based on their interests, dynamics, and bargaining power, and whose most quantitative and objective expression are the different budgets of the Strategy Implementation Plan (SIP) with which urban water has been endowed against other sources of citizen interest regarding its sustainable development as a city. This budget includes both the ERDF funds received by the municipalities, as well as the budget that the municipality itself commits within the ISUDS. Therefore, we also used the budget dedicated to water that appears in the ISUDS themselves as a quantitative tool for measuring the city’s commitment to water. We believe that the results obtained through the methodology, tools, data, and sources of information are used to reflect the current status of the hydrosocial contract and the aspiration of each citizen regarding the relationship they want to have with their urban water.

However, we intended to analyze the presence of data and information in the ISUDS plans referring to the WSC Index indicators, which allowed us to detect which of the seven objectives were reflected in the ISUDS and which indicators appear more frequently, as a means to reflect the interest of cities for concrete actions.

Finally, based on the perception of the stakeholders of the cities, collected in the ISUDS itself, we analyzed which are the main key drivers' actuators of the link with respect to urban water [2]. Especially, if the reduction of diffuse pollution (diffuse emissions) in agriculture with nexus with water appears in the ISUDS plans. Or if there are joint actions between water and factors such as food production, irrigated agriculture, the cost of energy, various socioeconomic factors, the conservation of the environment, and indicators of agricultural performance. It is especially important in intermediary cities where there is an overlap between rural and urban character to determine if all these nexuses exist.

3. Results

In the first call of the ISUDS, in October 2016, the Ministry selected as winning cities in the region of Andalusia those that appear in Table 1 below:

Table 1. Winning cities in Andalusia for Integrated Sustainable Urban Development Strategy (ISUDS) 2016. (Source: Authors).

City	Project	Province	ISUDS ERDF (€)	Population
Baza	Baza Sostenible 2020	Granada	5,000,000	20,644
Málaga	Perchel-Lagunillas	Málaga	15,000,000	572,267
Moguer	ISUDS Moguer2020	Huelva	5,000,000	21,302
El Ejido	El Ejido Sostenible 2020	Almería	10,000,000	84,144
Martos	Progresía Martos 2020-6791	Jaén	5,000,000	24,562
La Rinconada	Ciudad Única Rinconada 22	Sevilla	5,000,000	37,755
Algeciras	Algeciras Puerta a Europa	Cádiz	15,000,000	117,964
Conil de la Frontera	Revitaconil	Cádiz	5,000,000	22,063
Huelva	ISUDS Huelva PVPS	Huelva	14,976,552	147,212
Nerja	Nerja Adelante!	Málaga	5,000,000	20,649
Sevilla	ISUDS Norte Sevilla	Sevilla	15,000,000	696,676
Úbeda	UB/BZ 2020	Jaén	10,000,000	51,392
Estepona	Jardín Costa del Sol	Málaga	10,000,000	66,566
Linares	ISUDS Linares Progresía	Jaén	10,000,000	60,290
Diputación Provincial de Málaga	ISUDS Caminito del Rey	Málaga	10,000,000	59,695
Adra	ISUDS Adra	Almería	5,000,000	24,782
San Fernando	La Ciudad Parque Natural	Cádiz	10,000,000	96,335
Puerto de Santa María	ISUDS El Puerto	Cádiz	10,000,000	88,700
Motril	Motril 2020 Motril SI2	Granada	10,000,000	60,870
Jerez de la Frontera	ISUDS Jerez 2022	Cádiz	15,000,000	215,180
Sanlúcar de Barrameda	ISUDS Sanlúcar	Cádiz	10,000,000	67,433
Granada	De Tradición a Innovación	Granada	15,000,000	237,540
Línea de la Concepción	Cosido Urbano de La Línea	Cádiz	10,000,000	63,352
Córdoba	ISUDS Córdoba	Córdoba	15,000,000	327,362

As can be seen in the table of the 24 winning projects, 17 correspond to intermediary cities, according to the typological classification of the Gold IV report [7], which represents 70.8% of the total winning cities. Of these 17 projects, only 11 of them have considered urban water as a factor to be developed in one or another aspect within the ISUDS, which implies 64.7% of the total of intermediary city projects.

The 11 projects of intermediary cities that have taken into account to greater or lesser extent policies and actions regarding urban water in their ISUDS were analyzed from the public documentation provided on the Urban Initiatives Network (UIN) website [20]. Applying the methodology described in the previous point, we used the following tools to obtain results:

1. The water challenges to be solved declared in the ISUDS.
2. The social needs of urban water, declared explicitly or implicitly [11].
3. The main actions to be implemented in the city regarding urban water, framed in one of the TG.

4. If the connection of water with other factors of the economic environment in the sustainable development of the city has been considered.
5. The possible affected WSC Index.
6. The practices developed in the ISUDS that bring the city closer to a “Water Sensitive City”.
7. The results and the factors in which the city wants to produce improvement with respect to urban water. They are citizenship aspirations; efficiency results to be achieved, but they are not the final result that can only be measured at the end of the ISUDS implementation (between the end of 2020 and 2022).
8. A budget of the Strategy Implementation Plan (SIP) by activity sectors: where the relative weight of money to invest in action lines in urban water compared to other sectors or assets of the city can be seen.

Table 2 shows the results of the analysis of the 11 intermediary city projects.

Table 3 shows the SIP budget by sectors and the relative weight of water actions in ISUDS. The table shows the expression “Water included” to indicate that in this sector there are lines of action related to water, and therefore, there is nexus between the two.

Table 4 gives the ranking towards “Water Sensitive City” of the winning intermediary cities in Andalusia for ISUDS 2016, from analysis of the former results showed in the rest of the tables, from highest to lowest order.

Table 2. Urban water analysis of the winning intermediary cities in Andalusia for ISUDS 2016. (Source: Authors).

City	Project	Water Challenges	Social Urban Water Needs	Main Actions	Factor Nexus	WSC Index	Practices	Outcomes
Málaga	Perchel-Lagunillas	Floods. Old sewerage network: water overflow. Heat waves.	Flood protection. Water-supported thermal protection. Healthy ecosystems.	Water distribution and sewerage Network remote reading in city. Sewage water depuration. Building retrofitting: water leakage reduction.	Water-Air quality. Water-ICT (Smart City).	2.4, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 7.3, 7.4, 7.6	Ecosystem Services	Livability Resilience Sustainability
Sevilla	ISUDS Norte Sevilla	Old water distribution and sewerage network. Bad smells related to sewage treatment plant. Heat waves. Water demand reduction. Potable water distribution lacks in “El Vacie” district (30% without potable water).	Potable water. Sanitation. Water-supported thermal protection. Healthy ecosystems. Equitable access to water services.	Grey water reuse in buildings. Bad smell reduction in sewage treatment plant.	Water-Poverty. Water-Air Quality.	3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2, 7.1, 7.2, 7.4, 7.6	Catchment Ecosystem services	Livability Sustainability
Úbeda	UB/BZ 2020	Water pollution related to agriculture waste. Citizens water literacy. Water and waste reduction in agriculture.	Healthy ecosystems. Water literacy. Water system knowledge.	Hot water from biomass compounds. ICT to monitor and control public buildings (water). Improve water networks.	Water-Energy. Water-Agriculture. Water-ICT (Smart city).	2.2, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 7.3, 7.6	Catchment Water-conscious citizens	Livability Sustainability
Estepona	Jardín Costa del Sol	Potential Floods. High water consumption. Water reuse for golf pitch and green areas. Drought for animals. Citizens water literacy. Uncontrolled sewage waste.	Flood protection. Water literacy. Water system knowledge. Healthy ecosystems. Water-supported public spaces. Enjoyment of water. Aesthetic urban environment.	Citizens’ environment literacy. River park construction for leisure and social interactions: green and blue zones. Water channel for canoeing.	Water-Tourism.	2.1, 2.2, 2.4, 4.1, 4.3, 4.5, 5.1, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.2	Catchment Ecosystem services Water-conscious citizens	Livability Resilience Sustainability Productivity

Table 2. Cont.

City	Project	Water Challenges	Social Urban Water Needs	Main Actions	Factor Nexus	WSC Index	Practices	Outcomes
Linares	ISUDS Linares Progresas	Black water reduction. Sewerage construction to reduce inflow water in sewage treatment plant. Flood and pollution risks: Arroyo Periquito Melchor.	Flood protection. Water literacy. Water system knowledge. Healthy ecosystems. Aesthetic urban environment. Equitable access to water services.	Citizens water literacy: water saving. Water reuse in gardens. Soil recovery to reduce pollution. Water treatment reduction. ICT to monitor and control public buildings (water). Improve water networks. Water sewerage and rain networks separation. Water catchment sewer system.	Water-Energy-GHG. Water-Soil Degradation-City pollution. Water-Health. Water-ICT (Smart city).	2.1, 2.2, 2.4, 4.1, 4.2, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1, 7.3, 7.4, 7.6	Catchment Ecosystem services Water-conscious citizens	Livability Resilience Sustainability Productivity
San Fernando	La Ciudad Parque Natural	Flood risks. Old sewerage network: pollution due to water overflow. Water sport city as reference to canoeing, kayaking, etc.	Flood protection. Water literacy. Water system knowledge. Healthy ecosystems. Water-supported public spaces. Enjoyment of water. Aesthetic urban environment. Equitable access to water services.	Parque Natural Bahía de Cádiz recovery for leisure and social interactions: green and blue zones. Building retrofitting to reuse rain water in “La Almadra” city district.	Water-Health-Environment (pollution). Water-Tourism. Water-Energy.	2.1, 2.2, 3.2, 4.1, 4.3, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.3, 7.1, 7.4	Catchment Ecosystem services	Livability Resilience Sustainability Productivity
Puerto de Santa María	ISUDS El Puerto	Water leakage (above 20%). Sewage water depuration close to limit capacity. Old water networks. Water reuse. Uncontrolled sewage waste reduction.	Healthy ecosystems. Water-supported public spaces. Enjoyment of water. Aesthetic urban environment. Water-based culture and identity.	River recovery and integration in city for leisure and social activities. Aesthetic improvement.	Water-Culture. Water-Energy. Water-Tourism.	2.2, 4.2, 4.3, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.3, 7.4	Catchment Ecosystem services	Livability Resilience Sustainability Productivity

Table 2. Cont.

City	Project	Water Challenges	Social Urban Water Needs	Main Actions	Factor Nexus	WSC Index	Practices	Outcomes
Motril	Motril 2020 Motril SI2	Old sewerage network recovery: overload and flood risks. Water demand reduction. Water pollution. Overloaded sewage treatment plant. Uncontrolled sewage waste. Water leakage. Soil recovery to reduce water pollution. Aquifers salinization risk.	Water literacy. Water system knowledge. Healthy ecosystems. Enjoyment of water. Water-based culture and identity.	Water demand reduction. Motril patrimonio natural: green and blue zones recovery. Improve bathing water quality. Water-ICT (Smart City): garden irrigation smart management.	Water-Environment (sea level augmentation). Water-Energy. Water-Tourism. Water-ICT (Smart City).	2.1, 2.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.3, 7.1, 7.3, 7.4, 7.6	Catchment Ecosystem services Water-conscious citizens	Livability Resilience Sustainability Productivity
Jerez de la Frontera	ISUDS Jerez 2022	Water leakage (above 20%). High water consumption. Water reuse for golf pitch and agriculture.	Water literacy. Water system knowledge. Water-based culture and identity.	Citizens water literacy: water as key cultural pillar. Public and private building retrofitting: hot water from renewal energy sources.	Water-GHG. Water-Energy. Water-Tourism.	2.1, 2.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 7.4, 7.6	Catchment Water-conscious citizens	Livability Sustainability Productivity
Línea de la Concepción	Cosido Urbano de La Línea	Integrated Water cycle management. Floods. Old sewerage network: water overloaded and leakage (above 22%). Water pollution. Water robbery. Uncontrolled sewage waste. Beach recovery. Water environment preservation.	Flood protection. Water literacy. Water system knowledge. Healthy ecosystems. Water-supported public spaces. Enjoyment of water.	Water actions will be funded by water utility company, not by ISUDS. Hot water from renewal energy sources (solar panels). Integrated water cycle management improvement (especially sewerage network).	Water-Energy.	2.2, 4.1, 4.3, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 7.1, 7.2, 7.4, 7.6	Catchment Ecosystem services	Livability Sustainability

Table 2. Cont.

City	Project	Water Challenges	Social Urban Water Needs	Main Actions	Factor Nexus	WSC Index	Practices	Outcomes
Córdoba	ISUDS Córdoba	Reuse water for agriculture and garden irrigation. Integrated water cycle management improvement. High water consumption. High energy consumption in water treatment related to pumps.	Water literacy. Water system knowledge.	Water distribution and sewerage network remote reading.	Water-Energy. Water-ICT (Smart city)	4.1, 4.2, 4.4, 7.3, 7.6	Catchment	Sustainability

Table 3. Strategy Implementation Plan Budget by sectors of the winning intermediary cities in Andalusia for ISUDS 2016. (Source: Authors).

City	Project	SIP (€)	SIP Water (€)	SIP Water/Total (%)	Smart Cities TG2 (€)	Energy Efficiency TG4 (€)	Tourism and Culture TG6 (€)	Public Spaces TG6 (€)	Environment Quality TG6 (€)	Building and Public Equipment TG9 (€)
Málaga	Perchel-Lagunillas	25,000,000	1,042,000	4.17%	699,750 (Water included)	3,577,724	950,000	7,057,750	342,250 (Water included)	2,000,000
Sevilla	DUSI Norte Sevilla	18,750,000	1,124,000	5.99%	750,000	3,337,000	4,326,500	624,000 (Water included)	500,000 (Water included)	4,800,000
Úbeda	UB/BZ 2020	18,750,000	4,663,080	24.87%	787,280	1,892,280 (Water included)	2,232,000	Included in Culture	2,770,800 (Water included)	6,430,280
Estepona	Jardín Costa del Sol	17,919,200	2,100,000	11.72%	3,200,000	1,500,000	1,100,000	3,100,000 (Water included)	1,150,000	1,400,000

Table 3. Cont.

City	Project	SIP (€)	SIP Water (€)	SIP Water/Total (%)	Smart Cities TG2 (€)	Energy Efficiency TG4 (€)	Tourism and Culture TG6 (€)	Public Spaces TG6 (€)	Environment Quality TG6 (€)	Building and Public Equipment TG9 (€)
Linares	EDUSI Linares Progresas	18,750,000	9,489,527	50.61%	1,500,000 (Water included)	821,384	312,500	788,530 (Water included)	5,000,080 (Water included)	2,200,917 (Water included)
San Fernando	La Ciudad Parque Natural	18,750,000	6,438,600	34.34%	918,000	4,284,000	Included in Public Spaces and Environment Quality	4,488,000 (Water included)	1,020,000 (Water included)	930,600 (Water included)
Puerto de Santa María	EDUSI El Puerto	18,750,000	6,500,000	34.67%	1,352,000	1,950,000	1,750,000	Included in Environment Quality	6,500,000 (Water included)	4,000,000
Motril	Motril 2020 Motril SI2	18,750,000	3,010,800	16.06%	1,346,800 (Water included)	1,766,000	2,288,000	2,524,000	166,4000 (Water included)	3,266,000
Jerez de la Frontera	EDUSI Jerez 2022	18,750,000	1,133,500	6.05%	1,692,500	1,133,500 (Water included)	3,200,000	Included in Environment Quality	2,150,000	1,260,000
Línea de la Concepción	Cosido Urbano de La Línea	18,000,000	1,242,000	6.90%	1,818,000	1,242,000 (Water included)	2,400,000	2,800,000	1,100,000	4,159,500
Córdoba	EDUSI Córdoba	18,750,000	618,750	3.30%	618,750 (Water included)	1,968,750	3,960,000	840,000	1,200,000	840,000

Table 4. Ranking towards “Water Sensitive City” of the winning intermediary cities in Andalusia for ISUDS 2016. (Source: Authors).

City	Project
Linares	ISUDS Linares Progres
Motril	Motril 2020 Motril SI2
Estepona	Jardín Costa del Sol
Úbeda	UB/BZ 2020
Puerto de Santa María	ISUDS El Puerto
San Fernando	La Ciudad Parque Natural
Jerez de la Frontera	ISUDS Jerez 2022
Línea de la Concepción	Cosido Urbano de La Línea
Sevilla	ISUDS Norte Sevilla
Málaga	Perchel-Lagunillas
Córdoba	ISUDS Córdoba

4. Discussion

Before beginning the analysis of the results obtained, we would like to write a brief comment on the structure of the ISUDS in which they are sustained. They all have the same structure, which facilitates the comparison between different cities and data extraction. However, on the contrary, although the chapter of analysis of the problem of the city follows a holistic, integrated perspective of all the areas (demography, economy, environment, etc.) where the environmental and climatic area has an important weight, the same does not happen in the proposed Strategy Implementation Plan (SIP). We detect a gap between the declared aspirations of the city and the actions to be carried out in many of the areas included in the SIP. In this plan, a nexus between the actions, a holistic action of all the conditioning factors of sustainability are not contemplated in most cases. In addition, the structure of TG facilitates some tight compartmentalization of these actions. We also clearly detect that the actions towards the area of energy and mobility prevail in the objectives to be covered by the ISUDS. The holistic perspective in the implementation of the plans would be something to improve.

From the analysis of the results shown in the previous tables, considering the documents published in their ISUDS and analyzing TG of the ISUDS, the closest objective by theme to urban water is the TG6, many of the actions of the city interest towards a “water sensitive city” should be embedded in this area. The majority TG6 in the 11 intermediary cities is to have more green areas, either in the form of gardens or in the form of urban gardens. The objective is to achieve 10–15 m² of green areas per inhabitant as recommended by the World Health Organization (WHO) since it will result in greater health of citizens. However, the ISUDS have not taken into account, in a way stated in the plan, the impact that the development of more green areas could mean on greater water consumption and, therefore, greater pressure on the availability of water. No numerical study of its impact appears. Only the plans of Linares and Motril expressly include the reuse of water for irrigation and gardens, as well as intelligent irrigation control systems to support the development of more green areas for the city, but without any calculation of water impact.

Given the coastal and/or fluvial nature of most of the Andalusian intermediary cities, the recovery of river banks and beaches also appears in said TG6. The plans of Estepona, Motril, San Fernando, and Puerto de Santa María stand out.

In total, of the 11 ISUDS plans, all except the Córdoba and La Línea de la Concepción plans collect actions on urban water under the umbrella of TG6.

Regarding the “Water Smart City” character of the city, collected in the development of TG2, only the plans of Malaga, Úbeda, Linares, Motril, and Córdoba highlight specific actions of ICT

technologies application on urban water management, monitoring, and control. Málaga on the entire city; Córdoba on its water distribution and sanitation networks; Úbeda, and Linares on water inside public buildings; and Motril with its intelligent irrigation system.

The actions regarding water that impact the development of TG4, are those that apply to the generation of hot water and, therefore, thermal comfort from alternative energy sources (solar panels, biomass) in public buildings. The plans of Úbeda, Jerez de la Frontera, and La Línea de la Concepción stand out in this field. On the contrary, these plans do not consider the possible risk that there is a triggering effect of increased water consumption, because citizens perceive that hot water is “free” or “very cheap” by self-generating the energy that the produces. Tensions can arise between “habitability” and “sustainability” due to the search for greater comfort on the part of citizens. A holistic approach based on obtaining an overall efficiency of provision of “end-use services” (hygiene, thermal comfort) to the citizen has not been taken into account [39].

In an outstanding way, within this area of TG4, Linares presents the only plan with actions to reduce energy consumption in the integral water cycle and, therefore, the reduction of the emission of “greenhouse gases” in the urban water management. It is true that the El Puerto de Santa María plan also includes a good calculation of CO₂ emissions by the integral water cycle but does not detail actions that reduce it.

Finally, the ISUDS plans that have actions on the TG9, are those of Málaga, Sevilla, Linares, and San Fernando. These are plans that either attack the aging of water and energy infrastructures on old buildings or improve the pavement of impoverished areas of the city that cause flooding and pollution due to the poor condition of the sanitation and permeabilization network. These problems are clearly linked to the economic sustainability of the city, which either do not present economic growth that allows the renewal of the equipment of the urban furniture, or they present drastic economic inequalities between different areas of the city. All this translates into deficiencies for saving water and leaks.

As can be seen, as a conclusion of the analysis of the TGs, it can be said that most cities tackle several TGs simultaneously with respect to urban water, which is consistent with the philosophy of the general allocation criteria of the ISUDS to achieve greater synergies.

Regarding the social needs of water, expressed through the challenges included in the ISUDS, it should be noted that most of them emphasize the need for greater education of citizens (“water literacy”) regarding water and greater knowledge of water management systems (“water system knowledge”), in the sense of a greater understanding of the integral water cycle. This appears in the plans of Úbeda, Linares, San Fernando, Motril, Jerez, Línea de la Concepción, and Córdoba. Some of them had already launched informative plans for citizens on water before the ISUDS proposal. In addition, in a parallel and connected sphere, the plans of Puerto de Santa María and Motril put water on the forefront as a central element of the culture of the city.

It also highlights the fact that in almost all the plans they need to have healthy environments with water as a central element appearing explicitly. It is this connection between water-environment-health which constitutes an important nexus that perhaps can be exploited to lean on other elements to make water more visible within the citizenship.

Aspects related to habitability, such as aesthetics, comfort, leisure and sports factors, are also reflected as needs in the plans of Sevilla, Estepona, Linares, San Fernando, Puerto de Santa María, Motril, and Línea de la Concepción. One of the explanations could be that these localities have tourism as an engine of economic development, and water is part of the natural asset that serves as an attraction for this market.

It should be mentioned that protection against floods appears as a social need in an area of Spain that does not stand out due to the frequency of rainfall. The reason lies in the age of the sanitation networks, the sharing of networks between rainwater and the black and grey waters that cause frequent overflows in the network as soon as there is rainfall and operation almost to the limit of its capacity of water purification stations. In addition, the pavement of the street is in poor condition, which hinders

the drainage of water and diffuse pollution by dragging dirt. In other words, there is a perception among citizens of the need to renew the water infrastructure in the city due to aging or obsolescence.

In conclusion of the analysis of the social needs of water, we can say that citizens are connected to water through culture, but need more education about aspects related to it to understand the impact of its use on the life of the city.

In the section on water challenges that cities face, they follow the aforementioned lines of the social needs of water. Regarding the latter, and as more concrete elements, the resolution of the problems of bad odors due to the water treatment plants and/or the poor condition or overflow of the sewage networks stand out. In addition, one of the important challenges that appear is the pollution produced by agriculture on water. This makes sense in these types of intermediary cities that are a link between the urban and the rural, especially in a typically agrarian region such as Andalusia.

The main challenge is the reduction of drinking water consumption in households, which in most cases is far from the sustainability recommendation of 100 liters/inhabitant/day. This is a fundamental factor, especially in a region of low rainfall and with agriculture based on irrigation, which therefore adds extra pressure on the water resource. As a factor in favor of keeping consumption under control is the fact that many of the population centers present a vegetative population growth. Although, it is true that most of them are tourist destinations that add a factor of seasonal demographic pressure that makes the management of the integral water cycle difficult. As a positive element, many of these cities declare their intention to implement water reuse plans for irrigation, garden, and golf course irrigation and the implementation of intelligent systems to control the use of water in the city (basically public gardens and buildings).

However, one of the most mentioned challenges is the reduction of water losses in water distribution systems, with more than 20% losses. Both in the public network and in the obsolete equipment of buildings. This requires strong investments in the city's sanitation and distribution networks, which fall under the umbrella of other plans that are not the goal of the ISUDS.

In conclusion, it can be found that the biggest challenge regarding water is to make the city use it more efficiently. For this, greater investment in the water sector is needed.

Analyzing the links that are declared in the ISUDS, between water and other factors, we highlight that although most cities are points of interconnection with agrarian zones, only the city of Úbeda proposes a direct connection and tackles water in a holistic way regarding agriculture. However, the majority deals with the water-energy connection, although with the aim of solving a greater thermal comfort (hot water) using new energy sources that suppose an energy-saving and a lower emission of GHG. Only the Linares project addresses energy consumption within the integral water cycle. It also highlights the relationship between water and the environment that ISUDS collects, in its derivative of impact on health, which makes more sense with respect to TG6.

The project of the city of San Fernando explicitly considers water as one of the pillars of the city's culture, which we consider one of the most effective strategies to make water visible among citizens. All the plans link water and tourism because citizens clearly understand water as an economic asset of sustained development for the future of the city. In this line are the projects of Estepona, San Fernando, Puerto de Santa María, Motril, and Jerez de la Frontera.

In conclusion of our analysis of water-binding nexus with other factors, we can conclude that cities understand the pollution that agriculture produces on water sources, but not its mechanism to stop it. They do not quite understand the water-energy nexus, where the latter's reduction plans prevail even at the cost of increased water consumption. They do understand, however, the water-tourism-culture nexus.

If we analyze the WSC indexes that would allow us to monitor progress towards a new stage of "water sensitive city" we see that there would be some of them that, due to the ISUDS methodology, would always appear and, therefore, have not been included in the table as differentiating elements between the different cities. They are all the indexes of objective 1, index 2.3 and 2.5. We did not try to measure these indexes, as it would require a methodology with the development of workshops and

surveys among the main stakeholders of the city, but only to detect which indexes are present to be able to establish the basis, to carry out future field research, once all ISUDS have been executed.

Of the rest of the WSC indexes, we observed that the indexes that, if applied, would appear as measurements, would be indexes 2.1 and 2.2 that show the concern to advance towards a greater education of the citizens and a greater connection with water. Indexes 4.1, and 4.2 also stand out, and 4.3 which highlight a concern for greater efficiency in the use of water in the city. Objective 5 would also appear reflected with all its indexes as an aspiration to achieve a higher quality of life and health within the city. The massive appearance of indexes 7.1 “Diversify self-sufficient fit-for-purpose water supply” and 7.3. “Integration and intelligent control” denote a concern for achieving a complete water cycle with a greater intelligence of the infrastructures and water systems for the city, that is, a clear aspiration towards a “Water Smart City”.

From the perspective of “Practices” that cities to evolve to a higher city stage, we see that the one that dominates the most is “Catchment”, followed by “Ecosystem”, with most cities addressing both areas jointly. Only three cities that address the three areas together to advance, which are Estepona, Linares, and Motril, stand out. The social contract most reflected in the awareness part of citizenship (“Water-conscious citizens”) is a minority and appears linked to a holistic orientation or related to “Catchment”.

In any case, to have an accurate diagnosis it would be convenient to wait for the execution of the ISUDS to conclude around 2020, to see the true effectiveness of these practices in their aspirations. This places most cities, positioning themselves with the expectation to achieve in an evolutionary stage of cities “Waterway cities” (stage 4), with the objective of environmental protection and water axis as a means of social connection, or even “Water Cycle cities” (stage 5), with the aim of having a comprehensive water cycle management [15]. However, they also appear in different areas of some of the cities, many of them impoverished neighborhoods, the stated objective of improving the drainage systems of the same, which comes to place the city in an evolving stage of 3 “Water Drained city”. None of the cities have reached the stage of “Water Sensitive city”.

Finally, in the analysis, the results that the cities hope to obtain in the ISUDS with respect to water have as a common denominator the possibility to conjugate sustainability and habitability, that is, make compatible the short-term welfare with the sustainability of the model in the medium and long term. On the other hand, we want to highlight the fact that one half of the cities have aspirations to obtain results in the four areas, which denotes a concern for the adaptation of the city to a changing environment regarding water (“Resilience”) linked to of climate change and a greater interest in the economic implications of the efficient use of water (“Productivity”) in relation to the sustained economic development of the city.

Taking into account all the results obtained, reflected in Tables 2 and 3, we found it interesting to make a ranking of the cities that positions them towards their aspiration for “Water Sensitive City”. In order to elaborate this ranking, we considered that although the budget dedicated to actions around water is important, it is necessary to consider whether such expenditure is produced in a sealed, isolated way, or seeks the leverage effect with other factors. Thus, we gave priority to those cities with important actions that are aimed at the “Water conscious citizen” because they are the ones that allow us to advance in the hydrosocial contract of the citizenship, key for the city to be sustainable and move towards a new stage of “Water Sensitive City.” Other decision factors were also considered, such as the number of areas where results are expected (“Outcomes”), the number of “Practices”, and the number and importance of the nexus with other factors that consider the holistic vision of the sustainability. This is how the ranking was valued, from highest to lowest aspiration towards a “Water Sensitive City” model.

As a main conclusion, from the analysis of all the results obtained, we believe that it is necessary to move towards a greater development of the hydrosocial contract, through greater education of citizens in aspects related to water that make it more visible between it, and a greater connection (nexus) with other factors (energy, food) that allow global and connected actions to make the city more sustainable.

A greater deepening of this contract would have a positive impact on the evolution of the city towards the ideal of “Water Sensitive City”. Likewise, greater investment in urban water actions is required in the sustainability plans of the cities, which are very low compared to other sectors.

We detected issues that we missed in the ISUDS and the possible points and recommended actions that would make it possible to bring the intermediary cities of Andalusia closer to the stage of “Water Sensitive City” [15] through further development of the hydrosocial contract. To achieve this, our recommendations would be:

1. A greater presence of water as a focus of the sustainable development plans of cities. We detected that the presence of water in the city’s sustainability plans is not enough.

2. The technology and ICT solutions that could contribute to a greater city intelligence regarding water are not sufficiently represented, especially when the construction of the ISUDS makes it worthwhile for the cities to have or implement Smart City plans. The use of new ICT technologies for information and education of citizens regarding water could be a good tool, as well as a tool to reduce water consumption and more efficient water use.

3. A possible “water qualification” of buildings, in the image and likeness of their energy rating. In this way, the responsibility of households in the efficient use of water and visibility of the importance of it among citizens will be rewarded. In addition, an integral qualification, linking water and energy use, could be undertaken as an “intelligent building”.

4. The ISUDS do not collect actions that treat together the clear relationship between the water-food nexus. It draws attention in an obviously agricultural region like Andalusia. There is a disconnection between the urban and agricultural character of these types of cities, as two totally separate spheres in the management of the city. Plans to reduce the pollution that agriculture can produce on surface waters or aquifers are needed. This should be complemented with citizen literacy about the water-food nexus and its impact on pollution.

5. The energy aspect of the impact of the integral treatment of water is not collected. The energy-water nexus is not visible in the plans. An energy budget of water treatment is needed to quantify its impact on GHG production and put in practice plans to reduce it.

6. There is a lack of greater appreciation of water by citizens. Citizen education policies regarding the efficient use of water and its economic and environmental impact on the future of the city are key to achieving greater sustainable development of the same.

7. Heat waves, so typical in Andalusia due to its climate, are not treated with solutions based on the efficient and ecological use of water. “Integrated Urban Water Management, Green Infrastructure, and Water Urbanism” actions are required [5].

8. The possible increase in water consumption due to the increase in green areas declared as an objective in most ISUDS. Solutions should appear that consider this impact.

9. The possible increase in the consumption of hot water (sports and municipal facilities) due to greater thermal comfort due to energy savings achieved with new forms of sustainable energy (use of solar panels) has not been taken into account. The holistic and linking vision between water and energy is required.

10. Many of the water treatment plants are on the verge of over-accumulation. Although they are not within the scope of the ISUDS, they should declare the impact they could have on the sustainable development of the city. Investment in water infrastructure is required.

11. An improvement of the rainwater network is needed, with a possible differentiated treatment of the city’s sanitation network. Investment in water infrastructure is required.

12. Improvement of soil permeability through sustainable urban drainage systems (SUDS), which increase the climatic comfort of the urban space and mitigate flooding.

13. There are residential vulnerability and poverty against floods in specific areas of the city.

14. Many of the cities declare that they have bad odors due to water, which indicates a need for improvement of the “sewage treatment plant” and the city’s sanitation network. Investment in water infrastructure is required.

15. There is an increase in the costs of the water network due to the low densification of some cities, which complicates the sustainable economic development of the city's water infrastructure. There is a need for a clearer nexus between water-planning of the city, which implies a clearer "hydrosocial contract" with citizens.

16. Water remains invisible for some services that the citizens receive. It seems that water is only a problem of the water company, not the responsibility of the city. Coordinated plans between water utility companies and city politicians are needed.

17. Although in the ISUDS there are reflected measures for the criterion of sustainability of the urban metabolism (water consumption, energy, waste, CO₂, air quality), there is no holistic approach to its management, connecting all the parameters.

18. Related to the previous point, the ISUDS suffer from a lack of integral focus on the impact that different economic sectors, key for the economic development of the city, may have in the struggle for the use of water. We are talking about the commitment that many cities will have to achieve in their policies of human needs, agriculture, tourism, energy, and environment for the distribution of water.

As future lines of research we propose to perform a comparative analysis in Andalusia with respect to the other two calls of the ISUDS, the second call in May 2017 and the third call in May 2018, to detect if there have been advances between calls on urban water, and to detect common patterns and links with other factors of urban development. The research can also be extended to other Autonomous Regions in Spain, to detect similarities and differences between geographical areas.

On the other hand, it would be interesting to use a numerical score for each WSC Index indicator on the winning plans, with the precise methodology [32,40]. This would require fieldwork with workshops, questionnaires, and face-to-face interviews with the city's stakeholders that evaluated said score. Regarding this step, we believe that it would be relevant to do it once the execution of the different ISUDS is completed, which, depending on the plans, end between 2020 and 2022. In this way, we could see the efficiency between what has been intended to be achieved (expressed in the ISUDS themselves) and what has been really executed.

The analysis could be completed by crossing the results of this research on the public behavior of citizens with respect to their private behavior in the use of water in homes. Private behavior would measure the social needs of citizens [41]; placing special emphasis on real habits of comfort and cleanliness [42]. This would give us a picture of the common patterns and coherences between these two spheres of the citizen, public and private [14]. To carry out such research, it would be necessary to count on the water company, which is the entity that interacts most directly and most frequently with citizens. It would be interesting to have "Smart meters" as a measuring tool and means of education on the efficient use of water in the home.

5. Conclusions

By way of conclusion, we would like to emphasize that none of the medium-sized cities in Andalusia that have received funds to develop ISUDS have reached the "Water Sensitive City" status. However, some of them have begun to implement projects and programs that bring them closer to that level, initiating a transition where water will play an important role in the sustainability of the city. We must wait to see how these plans are implemented to know their efficiency and conclude with an accurate diagnosis of the evolution of the hydrosocial contract and its nexus with the status of "Water Sensitive City". A subsequent evaluation of the stakeholders of the cities of the measures and results obtained would be interesting.

We want to send a positive message regarding the role of urban water because in many cities this has been considered from an "entire urban water cycle" approach with its integration in the design of solutions for the sustainable development of cities.

Author Contributions: Both authors participated directly in this research. G.B.-M. as a doctoral student in Industrial Management gathered and processed the relevant data and wrote the original draft. C.R.-M., as thesis director, designed and supervised the research project. Conceptualization, G.B.-M. and C.R.-M.; Data Curation, G.B.-M.; Formal Analysis, G.B.-M.; Investigation, G.B.-M. and C.R.-M.; Supervision, G.B.-M. and C.R.-M.; Writing—Original Draft, G.B.-M.; Writing—Review and Editing, G.B.-M. and C.R.-M.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Nomenclature

CBA	City Blueprint Approach
CRCWSC	Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities
ERDF	European Regional Development Fund
GDP	Gross Domestic Product
GHG	Greenhouse Gases
ICT	Information and Communication Technology
ISUDS	Integrated Sustainable Urban Development Strategy
IWA	International Water Association
NGO	Non-governmental organizations
NUS	New Urban Schedule
SDG	Sustainable Development Goals
SGOP	Sustainable Growth Operative Program
SIP	Strategy Implementation Plan
SOG	State Official Gazette
SUS	Spanish Urban Schedule
SUWM	Sustainable Urban Water Management
TG	Thematic Goals
UIN	Urban Initiatives Network
UN	United Nations
WHO	World Health Organization
WSC	Water Sensitive City
WSCI	Water Sensitive Cities Index

References

1. Workshop Sustainable Development Goals and New Urban Schedule: Together in Action. 25 January 2017. Available online: <https://www.pactmundial.org/2017/01/los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-y-la-nueva-agenda-urbana/> (accessed on 28 March 2019). (In Spanish).
2. Martinez, P.; Blanco, M.; Castro-Campos, B. The Water–Energy–Food Nexus: A Fuzzy-Cognitive Mapping Approach to Support Nexus-Compliant Policies in Andalusia (Spain). *Water* **2018**, *10*, 664. [CrossRef]
3. The World Economic Forum Water Initiative. Available online: <https://www.weforum.org/projects/global-water-initiative> (accessed on 28 March 2019).
4. Brown, R.; Keath, N.; Wong, T. Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience through a new Hydro-Social Contract. In Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 31 August–5 September 2008.
5. Fletcher, T.D.; Shuster, W.; William, F.H.; Ashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Trowsdale, S.; Barraud, S.; Semadeni-Davies, A.; Bertrand-Krajewski, J.-L.; et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Rev. Urban Water J.* **2014**, *12*, 7.
6. Habitat III. The United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development. Available online: <https://unhabitat.org/habitat-iii> (accessed on 28 March 2019).
7. Fourth Global Report on Decentralization and Local Democracy. Co-Creating the Urban Future the Agenda of Metropolises, Cities and Territories 2016. Available online: https://www.gold.uclg.org/sites/default/files/GOLDIV_ENG.pdf (accessed on 28 March 2019).

8. Chefchaouen Declaration-Charter of the Intermediary Cities of the World. 1st World Forum Intermediary Cities. Chefchaouen, Morocco, 25 July 2018. Available online: https://intermediarycities.uclg.org/sites/intermediarycities.uclg.org/files/2018-07/EN_Declaration%20Charter%20of%20Intermediary%20Cities%20of%20the%20World.pdf (accessed on 28 March 2019).
9. United Nations. DESA/Population Division. World Urbanization Prospects, 2014, F17d, Key Demographic Indicators for Each Development Group, Income Group, Region, Subregion and Country or Area for Selected Periods or Dates within 1950–2100. Available online: <https://population.un.org/wpp/> (accessed on 28 March 2019).
10. Veenhoven, R. Happy life-expectancy. *Soc. Indic. Res.* **1996**, *39*, 1–58. [CrossRef]
11. De Haan, F.J.; Ferguson, B.C.; Adamowicz, R.C.; Johnstone, P.; Brown, R.R.; Wong, T.H.F. The needs of society: A new understanding of transitions, sustainability and liveability. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* **2014**, *85*, 121–132. [CrossRef]
12. Head, B. Community Engagement: Participation on Whose Terms? *Aust. J. Political Sci.* **2007**, *42*, 441–454. [CrossRef]
13. Carr, G. Stakeholder and public participation in river basin management—An introduction. *Wiley Interdiscip. Rev. Water* **2015**, *2*, 393–405. [CrossRef]
14. Dean, A.J.; Lindsay, J.; Fielding, K.S.; Smith, L.D.G. Fostering water sensitive citizenship—Community profiles of engagement in water-related issues. *Environ. Sci. Policy* **2016**, *55*, 238–247. [CrossRef]
15. Brown, R.R.; Keath, N.; Wong, T.H.F. Urban water management in cities: Historical, current and future regimes. *Water Sci. Technol.* **2009**, *59*, 847–855. [CrossRef] [PubMed]
16. The Bogotá Commitment and Action Agenda. Bogotá, 15 October 2016. Available online: https://www.bogota2016.uclg.org/sites/default/files/bogota_commitment.pdf (accessed on 28 March 2019).
17. State Official Gazette. Number 275, Tuesday 17 November 2015, Sec. III. Page 108082. Available online: www.boe.es (accessed on 27 August 2019).
18. United Nations-Habitat, Planning Sustainable Cities. Available online: <https://unhabitat.org/> (accessed on 28 March 2019).
19. Global Charter-Agenda for Human Rights in the City. Available online: https://www.uclg-cisd.org/sites/default/files/CISDP%20Carta-Agenda_ENG_0.pdf (accessed on 28 March 2019).
20. Cities Climate Finance Leadership Alliance. *The State of City Climate Finance*; CCFLA: New York, NY, USA, 2015; p. 14.
21. Farrelly, M.A.; Brown, R.R. Making the implicit, explicit: Time for renegotiating the urban water supply hydrosocial contract? *Urban Water J.* **2014**, *11*, 392–404. [CrossRef]
22. Ward, S.; Barr, S.; Memon, F.A.; Butler, D. Rainwater harvesting in the UK: Exploring water-user perceptions. *Urban Water J.* **2012**, *10*, 112–126. [CrossRef]
23. Van Hattum, T.; Blauw, M.; Jensen, M.B.; de Bruin, K. *Towards Water Smart Cities*; Wageningen Environmental Research (Alterra): Wageningen, The Netherlands, 2016.
24. International Telecommunication Union. ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities (FG-SSC). Focus Group Technical Report “Smart Water Management in Cities”. October 2014. Available online: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx> (accessed on 28 March 2019).
25. Wong, T.H.; Brown, R.R. The water sensitive city: Principles for practice. *Water Sci. Technol.* **2009**, *60*, 673–682. [CrossRef] [PubMed]
26. Urban Initiatives Network. Available online: <http://www.rediniciativasurbanas.es/convocatoria-de-ayudas/estrategias-dusi> (accessed on 28 March 2019).
27. State Official Gazette. Number 239. Monday 3 October 2016. Sec. III. Page 70761. Available online: www.boe.es (accessed on 27 August 2019).
28. State Official Gazette. Number 121. Monday 22 May 2017. Sec. III. Page 41660. Available online: www.boe.es (accessed on 27 August 2019).
29. Agenda 21. United Nations. Available online: <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21> (accessed on 28 March 2019).
30. Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities (CRCWSC). Available online: <https://watersensitivecities.org.au> (accessed on 28 March 2019).
31. International Water Association. Available online: <http://www.iwa-network.org/> (accessed on 28 March 2019).

32. Chesterfield, C.; Urich, C.; Beck, L.; Burge1, K.; Castonguay, A.C.; Brown, R.R.; Dunn, G.; de Haan, F.; Lloyd, S.; Rogers, B.C.; et al. A Water Sensitive Cities Index—Benchmarking cities in developed and developing countries. In Proceedings of the International Low Impact Development Conference, Beijing, China, 26–29 June 2016; pp. 26–29.
33. Madonsela, B.; Koop, S.; van Leeuwen, K.; Carden, K. Evaluation of Water Governance Processes Required to Transition towards Water Sensitive Urban Design—An Indicator Assessment Approach for the City of Cape Town. *Water* **2019**, *11*, 292. [[CrossRef](#)]
34. Chesterfield, C.; Rogers, B.C.; Beck, L.; Brown, R.R.; Dunn, G.; de Haan, F.; Lloyd, S.; Urich, C.; Wong, T. A Water Sensitive Cities Index to support transitions to more liveable, sustainable, resilient and productive cities. In Proceedings of the Singapore International Water Week, Singapore, 10–14 July 2016; pp. 11–14.
35. De Haan, F.J.; Rogers, B.C. The Multi-Pattern Approach for Systematic Analysis of Transition Pathways. *Sustainability* **2019**, *11*, 318. [[CrossRef](#)]
36. Buurman, J.; Padawangi, R. Bringing people closer to water: Integrating water management and urban infrastructure. *J. Environ. Plan. Manag.* **2017**, *61*, 2531–2548. [[CrossRef](#)]
37. Brundtland, G.H. Our Common Future, World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. Available online: https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/152/WCED_v17_doc149.pdf?sequence=1 (accessed on 28 March 2019).
38. Ferguson, B.C.; Frantzeskaki, N.; Brown, R.R. A strategic program for transitioning to a Water Sensitive City. *Landsc. Urban Plan.* **2013**, *117*, 32–45. [[CrossRef](#)]
39. Knoeri, C.; Steinberger, J.; Roelich, K. End-user centred infrastructure operation: Towards integrated end-use service delivery. *J. Clean. Prod.* **2016**, *132*, 229–239. [[CrossRef](#)]
40. Beck, L.; Brown, R.R.; Chesterfield, C.; Dunn, G.; de Haan, F.; Lloyd, S.; Rogers, B.C. Christian Urich, Tony Wong. Beyond benchmarking: A water sensitive cities index. *OzWater* **2016**, *16*, 10–12.
41. Alderfer, C.P. An empirical test of a new theory of human needs. *Organ. Behav. Hum. Perform.* **1969**, *4*, 142–175. [[CrossRef](#)]
42. Strengers, Y. Smart Metering Demand Management Programs: Challenging the Comfort and Cleanliness Habitus of Households. In Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat, Cairns, Australia, 8–12 December 2008.

© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Article

Design Thinking Methodology to Achieve Household Engagement in Urban Water Sustainability in the City of Huelva (Andalusia)

Gustavo Bermejo-Martín and Carlos Rodríguez-Monroy *

Department of Industrial Organization, Business Administration and Statistics, ETS Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 28040 Madrid, Spain; gustavo.bermejo.martin@gmail.com

* Correspondence: carlos.rodriguez@upm.es

Received: 27 May 2020; Accepted: 6 July 2020; Published: 8 July 2020

Abstract: To advance to water sensitive cities (WSC) it will be necessary to achieve the commitment of the citizens, involving them in this transition. Citizen participation is considered essential, and one of the possible approaches to achieve this is through Design Thinking (DT), a human-centered methodology that allows creating a framework to develop the hydrosocial contract. The Suez group proposed the challenge of collecting initiatives to achieve more efficient use of urban water in homes, by conducting a pilot in one of its investee companies, Aguas de Huelva. Our research proposal, selected by the Suez group, to achieve greater engagement of households regarding efficient water use, was to develop a web-based prototype applying DT methodologies, which would allow us to generate new messages and meanings regarding water, producing an innovation of meaning that would enable tracking the progress of the results. This article describes the approved framework to carry out the pilot experience in the homes of the city of Huelva in Andalusia, Spain.

Keywords: Design Thinking; hydrosocial contract; human smart city; web-based prototype; engagement; design for behavior; ICT technologies; household; sustainable urban water management; social innovation

1. Introduction

This article will focus on urban water as a critical element in intermediary cities. The “entire urban water cycle” should be considered, and water integrated into the design of solutions for the sustainable development of cities. This paper aims to propose a framework that reflects the central role of citizens in the design of these solutions and explains how it relates to water, expressing itself through the private behavior of households.

Previously, we made an x-ray of how and to what extent investments in water had been taken into account for integrated sustainable urban development and the needs of citizens, from the different public administrations, analyzing the approved Integrated Sustainable Urban Development Strategy (ISUDS) plans and endowed with funds in the first round of financing in the Andalusian region [1]. The citizens are the main actors through their participation in the elaboration of the ISUDS. In a way, these plans are expressions of citizens’ public behavior concerning water, their values, and their needs. People’s role as active agents is crucial in the good achievement of sustainability policies, and their needs should be met.

This first analysis should be completed by crossing the results of this previous research on the public behavior of citizens concerning their private behavior in the use of water in households. Private behavior would measure citizens’ social needs [2], placing a particular emphasis on real habits of comfort and cleanliness [3]. This would give us a picture of the common patterns and coherences between these two spheres of the citizen, public, and private [4]. To carry out such research, it would

be necessary to count on each city's water company with ISUDS, which is the entity that interacts most directly and most frequently with citizens. It would be interesting to have Information and Communication Technologies (ICT) facilitators as a measuring tool and means of education on the efficient use of water in the home, as a first step to initiate a transition where water will play an essential role in the sustainability of the city. The purpose of this paper is to propose applying Design Thinking (DT) methodology to achieve household engagement in urban water sustainability.

To develop it, we take the Huelva city case, which has an ISUDS analyzed in [1]. Huelva is an intermediary city (between 50,000 and one million inhabitants) in Andalucía (Spain). It presents practically no population growth. One of the challenges of this type of city will be to avoid the migration of young people to larger cities, the aging of the population, and the loss of economic dynamism. It has four main urban challenges that affect water, demographic stagnation, social diversity, climate change, and unstable and unpredictable water social needs [5].

Water in Huelva has a crucial impact on sustainability and its relationship (nexus) with other urban assets such as energy and food. The value of an intermediary city such as Huelva stands out as a condition of intersection spaces between the rural and the urban habitats [6], where the water, energy, and food nexus have a significant influence [7]. This type of urban pole has a high impact on how supply chains of products are established, from rural areas to the coast, to metropolises and peripheries and, therefore, are the local patterns of consumption and production that are decisive for achieving sustainable urban development.

The ISUDS of Huelva does not collect actions that treat the clear relationship between the water-food nexus. It draws attention to an agricultural region such as Huelva. There is a disconnection between the urban and agricultural characters, as two separate spheres in the city's management. Plans to reduce the pollution that agriculture can produce on surface waters or aquifers are needed. This is one of the future social-ecological challenges of urban and peri-urban agriculture (UPA) in Huelva. As explained in [8], highlighting UPA depends strongly on the effective recycling of wastewater and water-efficient use by citizens. On the contrary, water quality depends on nutrients recycling and other residues of agricultural production. Other similar insights into these socio-ecological production systems along urban value chains is found in [8].

The population of Huelva does not increase due to migration from the rural environment, and it does not have pressure on scarce land and water resources, as occurs in other mid-sized cities [9]. UPA should play an essential role in balancing landscape transformation processes, income generation (tourism, agricultural products), food security, and recycling waste (pollution). It is needed to broaden citizen literacy about the water-food nexus, and its impact on pollution; additionally, as [9] proposes, new options for non-traditional sources of water and land are needed.

We concluded that Huelva did not take into account a more significant water presence as a focus of its ISUDS [1]. There is a lack of a more significant appreciation of water by citizens. Citizen education policies regarding the efficient use of water and its economic and environmental impact on the city's future are crucial to achieving greater sustainable development. Citizen literacy and new sources of water services are vital parts of the framework developed in this paper.

To respond to these challenges, the concept of sustainable development and its management appears, which, applied to water, is mentioned in the scientific literature as Sustainable Urban Water Management (SUWM) [10]. This concept of SUWM is an integral approach to the water challenge in cities. It is related to other concepts such as Water Sensitive City (WSC) or Water Smart City and explains how it relates to water, expressing itself through the so-called hydrosocial contract [11].

The hydrosocial contract [11] is understood as the values and, often, implicit agreements between communities, governments, and businesses on how water can be used. This hydrosocial contract will reflect citizens' practice and behavior in water use within the city and the needs and mechanisms used to satisfy them.

We believe that in Huelva, it is necessary to move towards a more significant development of the hydrosocial contract, through better education of citizens in aspects related to water that make it more visible and allowing global and connected actions to make the city more sustainable [1].

The problem is that unlike other areas of the world where there is a shortage of water [12], and the citizen can perceive it, it does not occur in Huelva. The city's water reserves could supply households for three years. The main problem is that water remains invisible for some services that citizens receive and this expresses the disconnection of citizens regarding the impact of their actions on the sustainable development of their city. It seems that water is only a problem for the water company, not the city's responsibility. One of the possible solutions to make water more visible, as suggested in [12] for the people living in Jordan, improving people's understanding of an issue guides their actions towards finding and implementing appropriate solutions around water. Furthermore, educational actions on water would also improve citizens' education on the city's environmental sustainability [12]. As reported [13], the main objectives of such activities would be to build trust and improve citizens' understanding of environmental issues.

Moreover, the previous needs are not isolated, but instead, they occur in a specific city context, where the citizen satisfies them or do not depend on the water services that the city implements. According to the needs covered by the services already deployed, depending on the existing hydrosocial contract and the relationship between habitability [14] (aspiration to quality of life level and wellbeing) and sustainability [15] (conservation of resources in the medium and long term) of the citizens, a roadmap can be designed to advance to WSC. For this, it will be necessary to achieve the citizens' commitment (engagement), involving them in this transition.

This is aligned with the more general concept of Human Smart Cities (HSC), which seeks to improve the quality of life of citizens, and where they, and not technology, are the center of urban intelligence [16].

Citizen participation is considered essential, and one of the possible approaches to achieve this is through Design Thinking (DT), a human-centered methodology [17,18]. This methodology, combined with other HSC methodologies, allows creating a framework to develop the hydrosocial contract. Among these methodologies, we can also highlight Urban Living Labs (ULL) and Gamification [19], as shown in Figure 1.

Figure 1. Human Smart Cities (HSC). Methodologies. Adapted from [19].

Municipal water services, the direct public responsibility of each city council, are carried out in most Spanish cities through a water utility, which is either entirely private or of mixed public-private ownership. The latter is the case of the water company of the city of Huelva (Andalusia), Aguas de Huelva, where 51% belongs to the Huelva city council and 49% belongs to the Suez group [20].

The tool by which this public service is provided is commissioning. Commissioning focuses on the challenges of front-line delivery as opposed to focusing on policy or budgetary levers. Often, commissioning involves engagement with, or delegation to, a third party to undertake a defined task [21]. The government does not provide the service directly. It is an enabler that picks up the needs of citizens and assesses the outcomes delivered by commissioned services. In this case, the commissioner is the utility Aguas de Huelva.

As highlighted [21], the commissioner has two characteristics [21]:

1. “Commissioners should have a clear sense of the needs of a defined population and seek to procure services that match these needs.
2. Commissioners should possess the technical and managerial skills needed to assess the vulnerability and resilience of the services being commissioned.”

Therefore, if we analyze the behavior of households in Huelva regarding water use, we will have a photograph of their individual behavior, and therefore, a complementary analysis to that obtained through the analysis of the ISUDS of the city of Huelva. To do this, we needed the collaboration of Aguas de Huelva to access client households and obtain data on the use that these households make of water.

Moreover, Design Thinking encourages end-users, policy designers, central departments, and line agencies to work collaboratively and iteratively [22,23]. There are cases of public service commissioning where the application of DT methodology has improved the implementation of services. A description of its application can be found in [21] for the case of charter schools in the United States.

Additionally, the Suez group proposed the challenge of collecting initiatives to achieve more efficient use of urban water in homes, which was in line with social innovation with other programs carried out by Aguas de Huelva. Social innovation is one of the most critical factors in the Corporate Social Responsibility (CSR) strategy. Social innovation aims to improve citizens’ quality of life by maximizing social value, not economic value. This creates a paradox for companies, in line with what was indicated by Altuna et al. [24], especially in the case of water companies, which maximize their income with higher water consumption by citizens. However, at the same time, they must conserve natural sources, the origin of water itself, and its ethical commitment to the community where they provide their service. Therefore, sustainability becomes a critical factor in ensuring the future existence of the water company and citizens’ quality of life.

One of the methodologies that best develop social innovation is DT. We could highlight that DT delves into the user experience, “of what users experience or develop when accessing and interacting with a product or service” [25]. There is no explicit agreement on the definition of DT, and different interpretations are given [26]. DT would be more like a collection of methods. Among them, we can highlight that “The Design Council introduced the Double Diamond approach [27]. Stanford School developed the five-stage approach [28] and Liedtka and Ogilvie their Designing for Growth approach” [29]. In Hehn et al. [30], some 172 methods in total are identified, of which 59 would be relevant for service innovation. In Table 1, a top-five ranking method used in service firms is shown for every step in the DT process.

Table 1. Use Ranking Design Thinking (DT) methods. Adapted from [30].

Phase	Method Name	Final Rank	Phase	Method Name	Final Rank
Define	Stakeholder Map	1	Ideation	“How might we” Questions	1
	Desk Research	2		Brainstorming	2
	Framing & Reframing	3		Brainwriting	3
	Trend Research	4		Idea Napkin	4
	Mindmap	5		Reverse Brainstorming	5
Needfinding	Interviewing	1	Prototyping	Paper Prototype	1
	Observation	2		Role-Playing	2
	Active Listening	3		(Experience Prototype)	3
	Expert interviews	4		Sketches & Scribbles	4
	Immersion	5		Mock-ups	4
Synthesis	Clustering	1	Test	Critical Function Prototype	5
	Storytelling	2		Feedback Capture Grid	1
	Insight Formulation	3		Usability Testing	2
	Pattern Recognition	4		Role Playing	3
	Point of View (Statement)	5		I like I wish	4
				Focus Group	5

However, not only is there an enormous diversity among DT methods, but there is also a variety of classifications in the phases that make up any DT method. One of the most used is the one that includes five phases with iteration between them [31]: empathize, define, devise, prototype, and test.

Although other authors [32] include the previous stages in three main steps/phases that constitute the iterative (circular) process of DT that seems more appropriate for social innovation:

1. Observation-Inspiration-Synthesis: definition of the problem by iteration; discovery of user needs. Usually through ethnographic techniques.
2. Ideation: search for the solution by generating ideas and selecting the most appropriate ones. This is the creative stage.
3. Implementation (Prototyping-Testing-Communication): Evaluate the proposed solution through the construction of prototypes and the users’ engagement in the tests to obtain the necessary feedback to refine the solution.

DT’s priorities are visualized in the concept “Three Lenses of Human-Centered Design”, which integrates, in each solution reached, uniquely, three key aspects [33]:

1. Desirability: how the market, and in particular users and potential clients, connect emotionally with the solution.
2. Viability: relative to the business model, in financial aspects, and market reach.
3. Feasibility: regarding the technological potential and the technical implementation of the solution.

Furthermore, Shapira et al. [26] added a new key aspect: the solution must be sustainable. In the same line, it was expressed by Yan, and Roggema [34], for whom “design solutions will be transferred to action programs for the UN Sustainable Development Goals (SDGs) with the cooperation of producers that aim for the balance of beneficial economic effects and the environment, citizens in search of a better living environment, and governments that seek to provide efficient public services.” Additionally, Pruneau et al. [35] showed DT’s use by numerous leaders in sustainable development.

Design with users, design by users, or design for users is popularly advocated within areas such as innovation and product development [36,37]. However, how to sustainably involve stakeholders, especially over the long term, is not easy for any participatory project. Engaging citizens in design tasks is a difficult challenge.

In the case of urban water, there are multiple examples of DT and ULL use, including workshops to achieve citizen engagement in the public sphere of water management in the city, as mentioned in [34]. Of particular relevance is the case of the city of Doha (Qatar) in its project, The Urban Water Machine.

Service Design Thinking (SDT) or design for services emerges from DT, to develop innovative services tailored to customer needs as suggested [38,39]. According to Clatworthy [40], SDT is defined

as: “Designed offerings to provide experiences that happen over time and across different touch-points.” Clatworthy [40] continues delimiting that “the time aspect is described as a customer journey, and along this journey, the customer interacts with the touch-points of a service. Touch-points are often tangible or human, such as a building or a service assistant, but can also be intangible such as the smell of coffee at a coffee bar.” That is, they can be from material artifacts, environments, or interpersonal encounters. They can originate both from the organization (internal) and the clients (external), and they can be before the purchase, during the purchase, or after it.

Therefore, SDT appears as an exploratory process that creates new types of value through the interrelation of different actors (value ecology [41]) within a socio-material configuration [42]. A vital relationship occurs between touch-points, value-created/value-in-use [43], and customer experience.

A customer can use different touch-points as part of their customer journey, in different combinations each time they use a service. Touch-points are where value is exchanged between the customer and the service company. Consequently, they are a critical part of the service design [40]. Touch-points are tangible evidence of services as part of what is called service blueprinting [44].

Therefore, service design is based on the choice of the most relevant touch-points. This opens a wide range for different opportunities for innovation through touch-points [45]:

1. Creating consistency across touch-points.
2. Introducing new touch-points.
3. Replacing touch-points.
4. Optimizing individual touch-points.
5. Expanding the service journey by adding touch-points at earlier or later phases of the journey.

In the case of SDT, the service provides an offering that is intangible and difficult to describe, and that is perceived and experienced before, during, and after using it. It is an extension of the brand, expressing benefits at the functional, emotional, self-expressive, and idealistic levels [39]. Trust is the central part of the service brand. There is a precise alignment between the offering and service brand.

The solution is designed with two perspectives: “a zoomed-out perspective (the offering) and a zoomed-in perspective (the interactions) to create the link between these, that is, between the high-level offering and the experience of use” [39]. This approach differentiates it from the traditional scientific approach based on deduction and induction. DT is “abductive, in the sense that it entails a divergent, broadening phase of unexpected idea gathering, followed by a convergent phase in which the most promising ideas are selected and put into practice . . . abductive reasoning as an alternative approach that entails imagining what might be, rather than the analysis of what is, to create new knowledge and insights” [46].

The use of DT provides a systematic approach and a variety of techniques that can be adapted to the needs of the challenges to be solved [47]. All of them aim to achieve a deep understanding of the values, motivations, barriers, and behaviors of the users of a product or service. Observational techniques inspired or derived from anthropology and ethnography are also a differential characteristic of DT, which allows inferring the actual behavior of users. New ICT technologies (mobiles, websites, etc.) and social media that allow real-time interaction with the user are useful tools to infer such behavior, especially in those contexts and private spaces, such as the home, and they are excellent support for such observational techniques. In this way, a differential advantage can be achieved compared to other research techniques such as surveys or focus groups, where there can always be a gap between what the participants declare to do and the real behavior that they have in their daily situations [48].

The different types of design results that DT can produce can be categorized concerning the sustainability of the designed product or service [49]:

1. Eco-design: material efficiency, environmentally sustainable materials, efficiency in use, and design to allow recycling and durability/longevity.
2. Design for a purpose: that meets the needs of users.

3. System design: design as a whole, taking into account the whole context, product service systems (PSS), design for organizations.
4. Design for behavior: design that influences user behavior towards more sustainable use.

In the first three types of results, DT reflects the user's behavior regarding the design of the product or service. The fourth type (design for behavior) is the design of the product or service that influences the user's behavior. The first three reflect either a market-pull approach or a technology-push approach, while the fourth reflects a design-push approach [50]. The latter "innovation where the novelty of message and design language are significant and prevalent compared to novelty of functionality and technology" [51]. In our case, to achieve greater engagement of households regarding the efficient use of water, it is necessary to generate new messages and meanings regarding water, acting in the semantic dimension, perhaps combined to a greater or lesser extent acting in the functional dimension (technology) around water [50].

We pretend to produce an innovation of meaning, a novel purpose, a new how, a new why, and a new perspective of what has meaning for people [46]. The market does not require new meanings, but they are gifted by organizations responsible for interpreting what is good and what is bad [46]. The goal is to create a radical vision, a new strategic direction that is powerful, robust, and meaningful.

This approach interprets humans as gift recipients. Meanings cannot be outsourced: while users can be particularly valuable in providing inspirations for new solutions, their contribution is less effective in supporting the development of new meanings. People are gifted by organizations with new meanings [46].

It should be noted that also of special interest is the type of design produced by PSS, which emphasizes a paradigm shift in the perception of wellbeing by the user, going from a design that produces a sense of wellbeing based on product ownership, to a design based on the freedom of access to the service that the good produces for the user (access-based wellbeing) [52]. The service provider is the owner of the products that facilitate such service. The interest in increasing the efficiency, durability, and reuse of the materials involved in its provision is aligned with the economic benefit of the service provider. Therefore, this model change produced by DT aligns PSS with sustainability.

As highlighted by Goodspeed et al. [53], the choice of available DT methods and their scope "can vary widely, since it depends on the complexity of the tool, availability of existing inputs, and availability and costs of technical and human resources. The most significant additional expense of the design methods is associated with the logistics of stakeholder participation, which may include travel, staff time to attend events and analyze the feedback, and staff time associated with other forms of stakeholder communication such as interviews, surveys, and emails. The hard costs of tool development—software, servers, and programming—are likely to be somewhat similar for either method, since most software is developed through iterative methods and similar technical skills are needed for both approaches."

2. Materials and Methods

This article presents a research proposal to verify the effectiveness of getting household engagement about urban water efficiency use, by combining two elements: methods/strategies of water demand management and facilitating technologies. All of these elements belong to the DT universe.

As highlighted [54], Horst Rittel already in 1960 underlined the usefulness of HSC methodologies to solve "wicked problems", understood as a class of social system problems that are ill-formulated, where the information is confusing, where there are many clients and decision-makers with conflicting values, and where the ramifications in the whole system are thoroughly confusing [55].

This type of HSC methodologies provides advantages over the typical purely scientific approach, based on inductive and deductive reasoning. In the scientific approach, problem-solvers are distanced from the object of study. However, when solving complex problems such as identifying climate change adaptation strategies, it is necessary to add another competence: abductive thinking, which consists of imagining things that could work. Design Thinking, during which the problem-solvers immerse

themselves in the object of the study's environment, calls upon inductive, deductive, and abductive reasoning. It would be productive in situations where there is uncertainty [56].

We want to highlight that there are other methodologies that are not purely DT, but that place people as active agents that contribute decisively in making sustainability issues visible, as an important part of the community's agenda. This is the case of [12], which uses educational strategies by introducing content about water scarcity in Jordan in students' textbooks, to influence the perception that students and teachers have of this challenge. Textbooks are the tool of choice to make the water problem visible. This strategy also follows a principle of water demand management, which is completed with a follow-up through semi-structured interviews of how the students can lead their daily lives, aiming to change their behaviors in their water-related lifestyle. The objective was also to suggest that "students use water more efficiently and reduce the waste of water at the domestic level as well as in gardening and farming practices" [12]. In the latter case, the sphere of action is public. The proposal we make in this paper takes place in the private sphere, through the relationship established through the public water service between the water company and households.

The case of utility companies such as water, gas, or electricity presents a special complexity compared to other non-commodity industries [57]:

1. They cannot adjust the characteristics of the water, since it is a highly standardized product, as companies that manufacture a purely industrial product can.
2. They do not have many opportunities to generate engagement or have close or constant customer relationships (touch-points). In fact, they lack in-depth knowledge of their clients' needs to develop a more effective service.

Therefore, it seems clear that adopting a human-centered perspective, such as that provided by DT, can provide them with a variety of effective techniques to meet the needs of their clients. The prototype created using SDT can use, in different phases, complementary techniques such as service blueprints [58] to create process diagrams of the front-end and back-end activities necessary to provide the service. The method Service Blueprinting is the visualization of all touch-points and processes aligned to the user experience above and below the line of visibility to the user [30], but it is usually used in later stages of the innovation process.

The case of the Austrian gas company Redgas, a subsidiary of Linz AG, is an example of SDT's application to the case of a utility [57]. To achieve greater engagement from its customers, this company especially reviewed, among other things, the processes where the touch-points were produced with its customers through "service safaris" or "customer journey". This was part of the exploration stage within the SDT. Likewise, they paid particular attention to the website [59], seeking clarity, ease of use, trustworthiness, and attractive visualization, since the web allowed them to expand touch-points with their clients, and therefore, better opportunities to achieve greater engagement with them. Moreover, they reviewed other industries for solutions. In our case, we did the same, highlighting in our search the website of a local savings bank in Andalusia, Caja Rural del Sur, focused on the education of its customers in sustainability (especially in the calculation of the carbon footprint) [60].

DT has also been experimented with in smart cities initiatives in Brazilian cities [54] and South African cities [61]. Furthermore, particularly in the case of water management, it has been used for the development of water treatment and purification products and for the design of water management after environmental disasters [62]. Moreover, DT has been used through the support of ICT and social media, such as the use of tablets and Facebook, to locally manage by a community of women the problems derived from climate change that cause floods and poor water quality in Morocco [56]. This approach allowed them to improve their water consumption habits.

ICT and social media have been used within DT in several of its stages: "to share opinions and information about a situation (Stormboard, Narrative Clip); to summarize information (Popplet); to consult experts (Skype); to propose and comment on ideas (Padlet); to vote (choose among ideas, Loomio); to sketch prototypes (iDroo); to plan (Wrike); and, to communicate (Facebook, Glogster)" [63].

Here, we define “prototype” as anything that a user can interact with, stimulating discussion and facing problems from different perspectives. A prototype may be developed even when the problem is not yet well defined, getting stakeholders involved in the project development. The prototype allows for understanding the feasibility of an idea.

Furthermore, following the recommendations of Meyer and Tucker [64], in the case of Redgas, qualitative techniques were used, and 57 in-depth interviews were conducted with their clients to understand their needs and behavior better. With the conclusions of these interviews, they created four “people” that reflect the clustering of four customer segments, with distinctive needs, values, and behaviors.

In the creation stage, they generated three value propositions in the form of concepts or “service prototypes” with clear audiovisual content. These prototypes were made using simple mock-ups, not complex or elaborate, with a low-cost philosophy. In our case, in addition to collecting these experiences, we follow three principles [65]:

1. Fast: that it allowed a fast interaction and feedback.
2. Available: minimum, that only the idea to be communicated is expressed and nothing else.
3. Focused: focusing on the most important things to check.

In the reflection phase, they collected customer feedback, from the four people archetypes to the proposed prototypes. They used the technique of “storytelling” to explain these service prototypes through a compelling and clear narrative, through personal interviews and three focus group sessions. They also used “desktop walkthroughs” to check the web usability using prototypes made with PowerPoint.

Finally, in the implementation phase and with the lessons learned from the previous stages, they refined communication to clients, making it more effective. Communication became a crucial issue in order to achieve customer engagement. This argument led us, in our case, to hire for this project an agency specialized in digital marketing [66], to develop our visually more attractive “service prototypes” to achieve more effective communication.

In our case, to achieve higher engagement of households regarding the efficient use of water, it is necessary to generate new messages and meanings regarding water, acting in the semantic dimension, perhaps combined to a greater or lesser extent acting in the functional dimension (technology) around water [50]. In a way, we are approaching a radical design-driven innovation [67], since changing people’s behavior is a very complex challenge, with interdependent habits and practices, as well as symbolic and functional factors that influence individual consumption patterns. It is the weight of the semantic dimension in our project that has led us to contract an agency specialized in web design to generate our prototype with which to interact with households (web-based prototype) [58], since the graphic part and the web customer relationship interface are critical. Wicked problems are too abstract; therefore, they are difficult to communicate with words. Having a good graphical interface is essential for the success of the project. Furthermore, as Dell’Era et al. [50] pointed out, “rather than investing in a few core technologies, design-driven companies need to investigate different technologies to propose new interpretations of product languages. Consequently, they need to form several collaborations and partnerships with external suppliers that manage different technologies.”

There are three primary methodologies for encouraging behavior change through design [68]:

1. Scripts and behavior steering: products or systems that contain scripts or prescriptions that try to express the designer’s intentions.
2. Eco-feedback: those methodologies inform users of their impact to try to persuade them to modify their behavior.
3. Intelligent products and systems: those methods that, to a greater or lesser degree, transfer the power of decision to an intelligent product that mitigates, controls, or blocks the behavior to be changed.

In our case, for our research, we will use the three methodologies. For eco-feedback, “smiley faces” have been used effectively to represent energy consumption compared to existing social norms [69].

We have also proposed to use other HSC methodologies, such as gamification [19], to encourage and reward household engagement. Moreover, it is intended to work the part of trust, through the “service brand” [39]. Trust, together with the improvement of the sustainability challenge’s understanding, is a critical factor in the educational activities carried out in other projects for its success [13]. Therefore, it seems clear that actions must be brought into play that improve the perception of the “service brand” by households to increase household trust in the proposed actions. Concrete actions will be designed to enhance the “Aguas de Huelva” brand through the web-based prototype as a method to increase the “service brand” among the households participating in the pilot.

Of the 172 DT methods identified [30], and following the stages defined in the Stanford ME310 model [70] as shown in Figure 2, we have chosen the most relevant to our project that coincide with the most used according to the ranking for service companies [30]:

1. Define: we follow the “Desk Research” method, second in the ranking. Previous bibliographic review with similar experiences of “engagement” of homes in other parts of the world. We also follow “Trend research”.
2. Needfinding:
 - a. To carry out the first prototype, we followed the interviewing method, first in the ranking of [30]. We conducted in-depth interviews with different specialists from the company Aguas de Huelva who gave us the vision of the utility: the director of innovation and social responsibility, the commercial director, and the general director. In addition, we sent surveys to households that agreed to participate in the experiments to allow them to know their needs, values, knowledge of the integral water cycle, and water use in the home.
 - b. For the refinement of this first prototype, that is, for the construction of the second, it is intended to use “Shadowing” through tracking on the use of the first web prototype and “Person” (through workshops).
3. Synthesis: we use the Clustering method, first in the ranking of [30]. Using the statistical analysis of the different sections of the survey responses, we tried to obtain different household profiles similar to those obtained in [4], based on knowledge of the integral water cycle, values, needs, and declared uses that households make water.
4. Ideation:
 - a. In the first phase, the brainstorming technique, second in the ranking [30], was used among experts from Aguas de Huelva, the Suez group, UPM (ourselves), and the web design agency. Given the importance of the visual and operational design of the web prototype in achieving household engagement, it was decided to directly hire a web design agency specialized in the subject [65] and with previous experience in sustainability issues [59]. They directly designed and implemented the prototype.
 - b. In a second phase, with feedback from households and traceability data on the use of the first prototype, the objective is to build the second prototype directly by the web design agency.
5. Prototyping:
 - a. Given the costs and the speed with which the first prototype was to be implemented, it was decided, as we said in the previous point, to hire a specialized web design agency. The proposal includes sending emails with links to a landing page (web) that allows us to immerse themselves in the context of households in their daily activities, “without the observer influencing them and collecting information from both their actions such as humor, body language, rhythm or action times, achieving a total image of the world from

the user's point of view" [62]. This technique with the different household profiles is called "shadowing," and it seemed to us the most appropriate to evaluate the effectiveness and impact of the proposed prototype in the day-to-day life of households.

- b. As mentioned in the previous point, the construction of a second prototype by the web marketing agency is planned.
6. Testing: we will use the first two techniques of the ranking [30], "Feedback Capture Grip" (through workshops), and "Usability Testing".

Figure 2. Stanford ME310 model. Adapted from [70].

Details of most of the 172 methods can be accessed in [71]. Among them, the workshops are described. The workshops that are intended to be articulated with the participation of households will be based on a structure like the one proposed [53]:

1. Welcome and introductions.
2. Icebreaker activity to warm up participants.
3. Project overview: explanation of the scope, structure, and objectives of the project.
4. Brainstorming exercise: proposals for improvement of the web-based prototype.
5. Idea voting: the selection of the improvements to introduce.
6. Tool concept development: preliminary graphic design of the improvements to be introduced.
7. Report-out and discussion: summary and selection of households interested in participating in future developments.

As proposed in [53], the workshops' validity will depend on the results achieved through the web-based prototype, based on the relationships established between the different dimensions of the workshop framework, as shown in Figure 3.

Figure 3. Workshop Framework Dimensions. Adapted from [53].

3. Results

From the Food Quality Engineering Research Group (ETSII-UPM), we responded to the challenge for a more efficient and sustainable use of water in homes, which the Suez group defined through the UP4 Solutions program, in collaboration with the UP4 technological universities alliance (Universitat Politècnica de Catalunya, Universidad Politécnica de Madrid, Universitat Politècnica de València, Universidad Politécnica de Cartagena) [72].

In this section, we describe this challenge to which we responded and which, as a result, gave rise to the framework presented based on DT methodologies, approved by the Suez group to be carried out in its investee company “Aguas de Huelva”. This section is intended to show some results and milestones achieved in this project.

The main objective of the challenge is to promote the efficient and sustainable use of water resources based on information, communication, and awareness of citizens. The project focuses on understanding, within the water cycle, what are the factors, elements, and data that generate the most significant impact and understanding of the challenges faced in terms of water resource management, thus, being able to generate a reflection of households towards a cultural change regarding their use and valorization. For this, within the project, the following specific objectives have been defined:

1. Evaluate the degree of knowledge of consumers about the challenges associated with the sustainable use of water.
2. Identify their needs as consumers.
3. Determine and prototype solutions that help raise awareness and value water use sustainability, proposing specific actions to consumers that address part of their needs at the same time.

These objectives should help to directly relate the day-to-day behavior of Huelva’s households with the sustainability of comprehensive water management. In this way, it is intended to promote a change in consumer behavior, which, together with the efforts of the managers of the urban water cycle (Aguas de Huelva), should lead to more sustainable use and better protection of current and future resources.

Changing people’s behavior is a complex challenge, with interdependent habits and practices, as well as symbolic and functional factors that influence individual consumption patterns. The aim is to calibrate the goodness of the extent to which it is possible to change habits or instead aspire to achieve more efficient water use without changing households’ private daily lives.

The Suez group designated Aguas de Huelva, a company in which the group participates, as the utility to carry out the project in the city of Huelva. The city of Huelva has approximately 140,000 inhabitants. The utility Aguas de Huelva has around 52,000 customers, mainly households.

These customers are distributed in six districts that show social homogeneity. Of the 52,000 customers, 9350 of them received a digital invoice, from which it can be deduced that they are accustomed to using ICT technology tools, such as email, SMS, APPs, and web browsing and have sufficient technological infrastructure (computers, tablets, smartphones, and telecommunications connectivity) to communicate with them through digital channels.

To carry out the project, we designed a response plan based on the DT methodology with the elements described in the previous sections of this article. The Suez group and Aguas de Huelva approved the implementation of this plan, within a time horizon of one year, to avoid the seasonal effect of the natural water cycle in Spain. We defined a goal with a sample of households in a range between 200 and 300 households. The participating households were selected at random, following the stratified sampling technique among the 9350 clients who received a digital invoice, trying to have a representative sample from each of the six sectors of the city, although a priori there were no social differences between households in these sectors. This factor was crucial since the web-based prototype required that the home have a basic ICT infrastructure and be able to receive emails. Moreover, since most households did not have smart meters, too, an attempt was made to have a representative sample of those who did have smart meters. In this way, we ensured in the testing phase that we could measure the influence of giving information in quasi-real-time on consumption to households with smart meters and check the differences in response to the stimulus frequency, compared to households that did not have a smart meter. Households without Smart meters had greater logistical complexity, since they required sending field technicians to do manual meter readings in each of the participating households, every fortnight, which conditioned the frequency of sending information to those households. Therefore, an attempt was made to balance the randomness required in this type of experimentation with logistical, budgetary, management, and time limitations, that do not condition the validity of the framework approved by Aguas de Suez.

This plan was approved in July 2018. The plan contemplates three phases:

1. The measurement of the starting point of households in Huelva regarding the three axes of knowledge, needs, and valuation of water.
2. Proposal for a web-based prototype to measure the impact of actions in the three previous axes (touch-points with households) to increase engagement regarding water.
3. Workshops with households to qualitatively measure their evaluation of the prototype and possible improvements to incorporate into a new prototype, the last one, before the final launch of the web-based solution.

In summary, the plan contemplates a first phase that corresponds to a study of the knowledge that households have of the integral water cycle and of the values and relationship that they have concerning water. These parameters will be measured through a survey, with questions/answers that will follow a five-point Likert scale, associating them with three major factor blocks:

1. Demographic characteristics.
2. Home characteristics.
3. Life experiences and psychosocial factors.

The positive or negative attitudes that households have regarding:

1. Support for alternative sources of water.
2. Pro-environmental attitude: the environmental identity of the home.

A survey with 29 questions was prepared, together with experts from Aguas de Huelva, divided according to the objectives to be measured and the factor blocks. The idea was to have it answered in about 30 min. The survey questions were also reviewed, again, by 15 experts from Aguas de Huelva, making various modifications and eliminating some of the original questions proposed by the UPM

team. This was done during September 2018. The means to make it reach the citizen would be through email with a link to Aguas de Huelva web site where the survey is placed.

The commitment of participation of 120 households was achieved. In December 2018, the survey was launched via email with a link to questions to the 120 participating households. Finally, in mid-June 2019, after several rounds of survey submissions, the survey response collection process was closed with a total of 97 valid responses from participating households.

Surveys have been statistically processed using IBM SPSS v. 25, but the analysis of the results exceeds the purpose of this article and will remain for future publications. As a summary, regarding the mathematical analysis of the data, Dean et al. [4] have proposed the use of statistical classification techniques (clustering) to detect groupings of households with similar patterns of needs, values, and behaviors. This approach allows directing more effective concrete messages to each group, both during the experiments, as well as in the post-research phases, and lessons learned to be implemented.

This type of grouping of households will make it possible to direct strategies for managing demand and the commitment of citizens to water, which are more effective in today's cities, characterized by having very dynamic societies, made up of citizens who have a significant difference and variety of knowledge, values, and behaviors. These would be targeted strategies, more differentiated, and better built according to the households. Such strategies can be facilitated by scaling the research pilot to all homes in the city, using techniques and technologies of Artificial Intelligence (AI) and Big Data, such as machine learning and Artificial Neural Networks (ANN). We will follow this methodology [4] to cluster households, as stated in one of the DT methods.

In the second phase, where we are currently, we are proceeding to design the web-based prototype, which will be the means to increase the touch-points with households through different experiments that allow us to interact with households to measure consumption habits and the possibility of varying or changing them, towards a more sustained use of water. These experiments will be oriented with information tailored to each of the clusters obtained to vary their behavior and achieve higher engagement by increasing the knowledge capital and the accumulated wealth of households [3].

Supporting the web-based prototype, we will use ICT facilitators, as communication and information tools with households:

1. Smart meters, if available, or failing that, manual readings of the existing meters. It will try to measure, from the point of view of household management, how effective this tool is, given the cost of its deployment. An interesting study that reviews the state of said technology can be found in [73].
2. Email as a communication channel with the client.
3. Software such as APPs for mobile phones that allow better interaction and better quality of information with the homes.

Finally, the timing of this second phase, where we will interact with households, has been reduced to three months, due to the current coronavirus pandemic that the world is suffering. It is expected to be launched in September, October, and November 2020.

The third phase, that of the workshops with the participating households, to refine the "web-based" prototype using qualitative information, is scheduled to be carried out in December 2020 once sufficient quantitative information has been obtained by tracing the actual use of the web-based prototype by households.

4. Discussion

One of the issues that we want to point out as a possible point of discussion is the role of ICT as facilitators of household engagement regarding sustainability in the use of urban water. As indicated in [56], there are enough experiences that point to the power of these technological tools. "However, this research reinforces the idea promoted by the International Telecommunication Union (2015): ICTs could facilitate the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs). They could empower

people, particularly women, by reinforcing their capacities to solve their problems and to resist climate change. Facebook is potentially beneficial for interaction, collaboration, information, resource sharing, and problem-solving. Future research should focus on discovering ways to leverage Facebook for other uses linked to problem-solving with DT: summarizing information, consulting experts, voting (choosing among different ideas), and planning tangible on-site adaptation strategies. To increase creativity, other online brainstorming tools (Padlet, Popplet, Mind 42, or Loomio) might be used favorably in solving environmental problems, which was not possible in the current research given the novice ICT abilities of our participants” [56].

We also want to highlight that the project’s timing has been reduced to three months compared to what was originally intended (one year). This reduction has been due to the fact that, as is well known, the scope of the projects depends on multiple factors such as the client’s budget, time, and confidentiality agreements. This may condition the depth of the results obtained, since “Similarly, evaluation of implementation efforts from a short-term perspective can result in their being considered a failure as many intended effects are realized in the long-term. Design Thinking requires time, space, and authorization to operate” [13]. Additionally, “The effectiveness of Design Thinking will depend on the users’ understanding and intent. It is a time-consuming process and should not be undertaken for gains in efficiency” [13].

This is in line with what is suggested in other articles such as [12], where strategies of empowering citizens to become actors of change and modifying their daily water use habits require long-term focus and sustained effort. In this sense, and as part of the empowering people strategy, [13] highlights citizenship education as a tool and a long-term process. However, as the short-term suggests [13], concrete benefits for citizens are essential to get engagement. This is what is pursued with the proposal of this paper: demonstrate short-term benefits to households through the use of the web-based prototype that increases household engagement regarding the more efficient use of water in them. In any case, the project’s duration is a factor to reflect on, a challenge to be resolved between the long-term or short-term focus to be more effective in household engagement.

On the other hand, it must be taken into account that a compromise must be reached between the fidelity of the final design, investment, time, and other factors and that, therefore, the result of the web-based prototype that we obtain is not a market-ready service product. “Once the Design Thinking phase has been completed, the interactive dynamic between users and the design for the most part ends. The design outcome provides an established set of user-facing requirements that need to be implemented and tested to accepted production quality. Given the speed at which prototype code is written, its base may only be partially salvageable. The languages and libraries chosen may have enabled prototyping speed and flexibility. Now knowing what needs to be implemented, the language and library selections may need to be revisited to provide a more manageable, reliable, secure, and computationally efficient foundation” [74]. At any rate, given that in this case, it is a web-based prototype, it is expected that it will be relatively easy and quick to develop it as a final service.

Additionally, we want to point out the limitations regarding the number of participating households, since, as indicated [74], “Design Thinking does not mitigate all the risk of innovation. At times it may appear to make innovation riskier. Locating restless users for your cooperating user pool may not be easy; however, they are extremely helpful. Regular users are needed, as well. A challenge is to find a diverse set of restless users.” However, with the participation of the 105 households that have accepted the invitation to participate in the experiments, we believe that this last point has been achieved, by minimizing the effect of uncertainty, the personal preferences of each household, the possible errors in obtaining household data, misunderstandings in language and communication with households, and inconsistencies, among other. In any case, the experience can be scaled in the future to all households in Huelva, using different ICT solutions, such as Big Data techniques and inference of future behaviors of homes such as through Artificial Intelligence.

Moreover, “user experience” should not be confused with “usability”, since the first “is not limited only to improving performance in the product-user interaction, but seeks to systemically solve the

strategic problems of product utility, the psychology of pleasure and satisfaction of use” [25]. DT covers the end-to-end experience, from the organization of the elements and processes of the organization that provides the service (or manufactures the product) to the user experience when it benefits from the value provided by the organization.

Finally, we want to point out that the conclusions of the 97 valid results of the statistical processing of the surveys, as well as the statistical clustering of households, will be published in future articles, as they exceed the scope of this article.

Author Contributions: Both authors participated directly in this research. G.B.-M. as a doctoral student in Industrial Management gathered and processed the relevant data and wrote the original draft. C.R.-M., as thesis director, designed and supervised the research project. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: This study was partly supported by the Suez group and Aguas de Huelva.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Abbreviations

AI	Artificial Intelligence
ANN	Artificial Neural Networks
CSR	Corporate Social Responsibility
DT	Design Thinking
ETSII	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
HSC	Human Smart Cities.
ICT	Information and Communication Technologies
ISUDS	Integrated Sustainable Urban Development Strategy
PSS	Product Service Systems
SDG	Sustainable Development Goals
SDT	Service Design Thinking
SUWM	Sustainable Urban Water Management
ULL	Urban Living Labs
UP4	Network of Spanish Technical Universities
UPA	Urban and Peri-urban Agriculture
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
WSC	Water Sensitive City

References

1. Bermejo-Martín, G.; Rodríguez-Monroy, C. Sustainability and Water Sensitive Cities: Analysis for Intermediary Cities in Andalusia. *Sustainability* **2019**, *11*, 4677. [\[CrossRef\]](#)
2. Alderfer, C.P. An empirical test of a new theory of human needs. *Organ. Behav. Hum. Perform.* **1969**, *4*, 142–175. [\[CrossRef\]](#)
3. Strengers, Y. Smart Metering Demand Management Programs: Challenging the Comfort and Cleanliness Habitus of Households. In Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat, Cairns, Australia, 8–12 December 2008; pp. 9–16.
4. Dean, A.J.; Lindsay, J.; Fielding, K.S.; Smith, L.D.G. Fostering water sensitive citizenship—Community profiles of engagement in water-related issues. *Environ. Sci. Policy* **2016**, *55*, 238–247. [\[CrossRef\]](#)
5. De Haan, F.J.; Ferguson, B.C.; Adamowicz, R.C.; Johnstone, P.; Brown, R.R.; Wong, T.H.F. The needs of society: A new understanding of transitions, sustainability and liveability. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* **2014**, *85*, 121–132. [\[CrossRef\]](#)
6. Chefchaouen Declaration-Charter of the Intermediary Cities of the World. In Proceedings of the 1st World Forum Intermediary Cities, Chefchaouen, Morocco, 25 July 2018; Available online: https://intermediarycities.uclg.org/sites/intermediarycities.uclg.org/files/2018-07/EN_Declaration%20Charter%20of%20Intermediary%20Cities%20of%20the%20World.pdf (accessed on 28 June 2020).

7. Martinez, P.; Blanco, M.; Castro-Campos, B. TheWater–Energy–Food Nexus: A Fuzzy-Cognitive Mapping Approach to Support Nexus-Compliant Policies in Andalusia (Spain). *Water* **2018**, *10*, 664. [CrossRef]
8. Buerkert, A.; Schlecht, E. Rural–urban transformation: A key challenge of the 21st century. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **2019**, *115*, 137–142. [CrossRef]
9. Riad, P.; Graefe, S.; Hussein, H.; Buerkert, A. Landscape transformation processes in two large and two small cities in Egypt and Jordan over the last five decades using remote sensing data. *Landsc. Urban Plan.* **2020**, *197*, 103766.
10. Wong, T.; Brown, R.R. Transitioning to Water Sensitive Cities: Ensuring Resilience through a new Hydro-Social Contract. In *Conference Proceedings: 11th International Conference on Urban Drainage* (pp. CD Rom - CD Rom); Ashley, R., Ed.; Iwa Publishing: Edinburgh, UK, 2008.
11. Fletcher, T.D.; Shuster, W.; Hunt, W.F.; Ashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Trowsdale, S.; Barraud, S.; Semadeni-Davies, A.; Bertrand-Krajewski, J.L.; et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Rev. Urban Water J.* **2014**, *12*, 7.
12. Hussein, H. A critique of water scarcity discourses in educational policy and textbooks in Jordan. *J. Environ. Educ.* **2018**, *49*, 260–271. [CrossRef]
13. Ide, T.; Tubi, A. Education and environmental peacebuilding: Insights from three projects in Israel and Palestine. *Ann. Am. Assoc. Geogr.* **2020**, *110*, 1–17. [CrossRef]
14. Veenhoven, R. Happy life-expectancy. *Soc. Indic. Res.* **1996**, *39*, 1–58. [CrossRef]
15. Brundtland, G.H. World Commission on Environment and Development (WCED). *Our Common Future* **1987**, *17*, 1–91.
16. Oliveira, Á.; Campolargo, M. From smart cities to human smart cities. In Proceedings of the 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Kauai, HI, USA, 5–8 January 2015; pp. 2336–2344.
17. Kumar, A.; Lodha, D.; Mahalingam, A.; Prasad, V.; Sahasranaman, A. Using ‘Design Thinking’ to enhance urban re-development: A case study from India. *Eng. Proj. Organ. J.* **2016**, 1–11. [CrossRef]
18. IDEO. Human-Centered Design Toolkit. 2015. Available online: <https://www.ideo.com/post/design-kit/> (accessed on 14 May 2020).
19. Oliveira, Á.; Campolargo, M.; Martins, M. Human smart cities: A human-centric model aiming at the wellbeing and quality of life of citizens. In Proceedings of the eChallenges e-2014, 2014 Conference, Belfast, UK, 29–31 October 2014; pp. 1–8.
20. Aguas de Huelva. Available online: <https://www.aguashuelva.com/-/retos-sociales-retos-compartidos/> (accessed on 14 May 2020). (In Spanish).
21. Mintrom, M.; Thomas, M. Improving commissioning through Design Thinking. *Policy Des. Pract.* **2019**. [CrossRef]
22. Mintrom, M.; Luetjens, J. Design Thinking in Policymaking Processes: Opportunities and Challenges. *Aust. J. Public Adm.* **2016**, *75*, 391–402. [CrossRef]
23. Mintrom, M.; Luetjens, J. Creating Public Value: Tightening Connections between Policy Design and Public Management. *Policy Stud. J.* **2017**, *45*, 170–190. [CrossRef]
24. Altuna, N.; Contri, A.M.; Dell’Era, C.; Frattini, F.; Maccarrone, P. Managing social innovation in for-profit organizations: The case of Intesa Sanpaolo. *Eur. J. Innov. Manag.* **2015**, *18*, 258–280. [CrossRef]
25. Del Giorgio Solfa, F.; Amendolagaine, G.; Alvarado Wall, T.A. Nuevos paradigmas para el diseño de productos. Design Thinking, Service Design y experiencia usuario. *Arte Investig.* **2018**, e012. [CrossRef]
26. Hila Shapira, H.; Ketchie, A.; Nehe, M. The integration of Design Thinking and Strategic Sustainable Development. Blekinge Institute of Technology, 37179 Karlskrona, Sweden. *J. Clean. Prod.* **2017**, *140*, 277–287. [CrossRef]
27. The Double Diamond: A Universally Accepted Depiction of the Design Process. Available online: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/double-diamond-universally-accepted-depiction-design-process/> (accessed on 14 May 2020).
28. Doorley, S.; Holcomb, S.; Kliebahn, P.; Segovia, K.; Utley, J. *Design Thinking Bootleg*; Hasso Plattner Institute of Design at Stanford: Stanford, CA, USA, 2018.
29. Liedtka, J.; Ogilvie, T. *Designing for Growth: A Design Thinking Tool Kit for Managers*; Columbia University Press: New York, NY, USA, 2011.

30. Hehn, J.; Uebernickel, F.; Herterich, M. "Design Thinking Methods for Service Innovation—A Delphi Study—" (2018). PACIS 2018 Proceedings. 126. Available online: <https://aisel.aisnet.org/pacis2018/126> (accessed on 14 May 2020).
31. IDEO. Design Thinking for Educators' Toolkit. 2012. Available online: <http://designthinkingforeducators.com> (accessed on 14 May 2020).
32. Brown, T.; Wyatt, J. Design thinking for social innovation. *Dev. Outreach* **2010**, *12*, 29–43. [[CrossRef](#)]
33. Brown, T. Design Thinking. *Harv. Bus. Rev.* **2008**, *86*, 84.
34. Yan, W.; Roggema, R. Developing a Design-Led Approach for the Food-Energy-Water Nexus in Cities. *Urban Plan.* **2019**, *4*, 123–138. [[CrossRef](#)]
35. Pruneau, D.; Lang, M.; Kerry, J.; Langis, J.; Fortin, G.; Liboiron, L. Leaders of sustainable development projects: Resources used and lessons learned in a context of environmental education. *J. Educ. Sustain. Dev.* **2014**, *8*, 155–169. [[CrossRef](#)]
36. Bjögvinnsson, E.; Ehn, P.; Hillgren, P. Design things and design thinking: Contemporary participatory design challenges. *Technology* **2012**, *28*, 101–116. [[CrossRef](#)]
37. Wahl, D.C.; Baxter, S. The designer's role in facilitating sustainable solutions. *Des. Issues* **2008**, *24*, 72–83. [[CrossRef](#)]
38. Wetter-Edman, K.; Snagorogi, D.; Edvardsson, B.; Holmlid, S.; Grönroos, C.; Mattelmäki, T. Design for value co-creation: Exploring synergies between design for service and service logic. *Serv. Sci.* **2014**, *6*, 106–121. [[CrossRef](#)]
39. Lüders, M.; Andreassen, T.W.; Clatworthy, S.; Hillestad, T. (Eds.) Chapter 11: Service Design Thinking. In *Innovating for Trust*; Edward Elgar Publishing: Cheltenham, UK, 2017.
40. Clatworthy, S. Bridging the gap between brand strategy and customer experience. *Manag. Serv. Qual.* **2012**, *22*, 108–127. [[CrossRef](#)]
41. Vargo, S.; Lusch, R. Evolving to a new dominant logic of marketing. *J. Mark.* **2004**, *68*, 1–17. [[CrossRef](#)]
42. Kimbell, L. Designing for service as one way of designing services. *Int. J. Des.* **2011**, *5*, 41–52.
43. Sandström, S.; Edvardsson, B.; Kristensson, P.; Magnusson, P. Value in use through service experience. *Manag. Serv. Qual.* **2008**, *18*, 112–126. [[CrossRef](#)]
44. Shostack, L. Designing services that deliver. *Harv. Bus. Rev.* **1984**, *62*, 39–133.
45. Clatworthy, S. Service innovation through touch-points: Development of an innovation toolkit for the first stages of New Service Development. *Int. J. Des.* **2011**, *5*, 15–28.
46. Dell' Era, C.; Magistretti, S.; Cautela, C.; Verganti, R.; Zurlo, F. Four kinds of design thinking: From ideating to making, engaging, and criticizing. *Creat. Innov. Manag.* **2020**, 1–21. [[CrossRef](#)]
47. Sato, S. Beyond good: Great innovations through design. *J. Bus. Strategy* **2009**, *30*, 40–49. [[CrossRef](#)]
48. Visser, F.S.; Stappers, P.J.; Lugt, R.V.d. Contextmapping: Experiences from practice. *CoDesign Int. J. CoCreation Des. Arts* **2005**, *1*, 119–149. [[CrossRef](#)]
49. Grant Young, Design Thinking and Sustainability. Available online: <https://zum.io/wp-content/uploads/2010/06/Design-thinking-and-sustainability.pdf/> (accessed on 14 May 2020).
50. Dell' Era, C.; Marchesi, A.; Roberto Verganti, R. Mastering Technologies in Design-Driven Innovation. *Res. Technol. Manag.* **2010**, *53*, 12–23. [[CrossRef](#)]
51. Verganti, R. Design, Meanings, and Radical Innovation: A Metamodel and a Research Agenda. *J. Prod. Innov. Manag.* **2008**, *25*, 434–456. [[CrossRef](#)]
52. Manzini, E. Context-based wellbeing and the concept of regenerative solution: A conceptual framework for scenario building and sustainable solutions development. *J. Sustain. Prod. Des.* **2002**, *2*, 141–148. [[CrossRef](#)]
53. Goodspeed, R.; Riseng, C.; Wehrly, K.; Yin, W.; Mason, L.; Schoenfeldt, B. Applying design thinking methods to ecosystem management tools: Creating the Great Lakes Aquatic Habitat Explorer. *Mar. Policy* **2016**, *69*, 134–145. [[CrossRef](#)]
54. Depiné, Á.; de Azevedo, I.S.C.; Santos, V.C.; Eleutheriou, C.S.T. Smart Cities and Design Thinking: Sustainable development from the citizen's perspective. In Proceedings of the February 2017 Conference: IV Regional Planning Conference, Aveiro, Portugal, 23–24 February 2017.
55. Buchanan, R. Wicked problems in design thinking. *Des. Issues* **1992**, *8*, 5–21. [[CrossRef](#)]
56. Pruneau, D.; El Jai, B.; Khattabi, A.; Benbrahim, S.; Langis, J. Using design thinking and Facebook to accompany women in solving water problems in Morocco. In *Handbook of Sustainability Science and Research*; World Sustainability Series; Filho, W., Ed.; Springer: Berlin, Germany, 2018.

57. Rau, C.; Zbiek, A.; Jonas, J.M. Creating competitive advantage from services. *Res. Technol. Manag.* **2017**, *60*, 48–56. [CrossRef]
58. Collaborative Service Blueprinting for Design Thinking: Evaluation of a Digital Prototype Tobias Potthoff¹, Dominik Siemon², Konstantin Wilms¹, Sascha Möser², Marco Hellmann¹, Stefan Stieglitz¹, Susanne Robra-Bissantz². In Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa Village, HI, USA, 3–6 January 2018; Available online: <http://hdl.handle.net/10125/50467> (accessed on 14 May 2020).
59. Redgas. Available online: www.redgas.at (accessed on 14 May 2020). (In German).
60. Caja Rural del Sur. Available online: <http://crsurcorazonverde.com/> (accessed on 14 May 2020). (In Spanish).
61. Van Waas, R.P. Designing an Integrative Approach to Regional Water Schemes in South Africa. Ph.D. Thesis, TU Delft, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2015.
62. Blanco, T.; Casas, R.; Asensio, A.; Tamargo, A. Diseño de la gestión del ciclo del agua en pequeños núcleos urbanos mediante Design Thinking. *Dyna* **2018**, *93*, 114–119.
63. Pruneau, D.; Langis, J. Design Thinking and ICT to create sustainable development actions. In Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education, Lisboa, Portugal, 23–25 May 2015; Volume 1, pp. 442–446.
64. Meyer, M.H.; Tucker, M.J. Innovating for effectiveness: Lessons from design firms. *Res. Technol. Manag.* **2010**, *53*, 21–28. [CrossRef]
65. Available online: <https://medium.com/capitalonedesign/service-design-tools-methods-6e7f62fcf881> (accessed on 14 May 2020).
66. Enfoque Comunicación. Available online: www.enfoquecomunicacion.com/ (accessed on 14 May 2020). (In Spanish).
67. Verganti, R. Design as brokering of languages: The role of designers in the innovation strategy of Italian firms. *Des. Manag. J.* **2003**, *3*, 34–42.
68. Lilley, D.; Lofthouse, V.; Bhamra, T. Towards instinctive sustainable product use. In Proceedings of the 2nd International Conference: Sustainability Creating the Culture, Aberdeen, UK, 2–4 November 2005.
69. Schultz, P.W.; Nolan, J.M.; Cialdini, R.B.; Goldstein, N.J.; Griskevicius, V. The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms. *Psychol. Sci.* **2007**, *18*, 429–434. [CrossRef] [PubMed]
70. ME310. ME310 Design Innovation at Stanford University. 2010. Available online: https://web.stanford.edu/group/me310/me310_2016/ (accessed on 14 May 2020).
71. Available online: <https://dschool.stanford.edu/resources/the-bootcamp-bootleg/> (accessed on 14 May 2020).
72. Available online: <http://i2t.webs.upv.es/documentos/Reto2SUEZ.pdf> (accessed on 14 May 2020). (In Spanish).
73. Boyle, T.; Giurco, D.; Mukheibir, P.; Liu, A.; Moy, C.; White, S.; Stewart, R. Intelligent Metering for Urban Water: A Review. *Water* **2013**, *5*, 1052–1081. [CrossRef]
74. Tannian, M.F. Embracing Quality with Design Thinking. In *The Future of Software Quality Assurance*; Goericke, S., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 161–174. [CrossRef]

Article

Design Thinking for Urban Water Sustainability in Huelva's Households: Needfinding and Synthesis through Statistic Clustering

Gustavo Bermejo-Martín, Carlos Rodríguez-Monroy * and Yilsy M. Núñez-Guerrero

Department of Industrial Organization, Business Administration and Statistics, E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Calle José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, Spain; gustavo.bermejo.martin@gmail.com (G.B.-M.); ym.nunez@upm.es (Y.M.N.-G.)

* Correspondence: carlos.rodriguez@upm.es

Received: 22 July 2020; Accepted: 1 November 2020; Published: 4 November 2020

Abstract: This article shows the numerical results and the analysis of households' degree of knowledge about the urban water cycle, needs, and values regarding water in an intermediary city with low water stress, such as Huelva (Andalusia, Spain). Results are also presented regarding how households maintain the acceptance of reclaimed water and new technologies to achieve more efficient and sustainable consumption. Surveys were sent to households, and different statistical analysis techniques were applied. The use of clustering as a mathematical tool has served to obtain three clusters of households with similar characteristics with respect to the previous factors. The first cluster corresponded to households with high knowledge of the integral water cycle and positive attitude to smart devices at home. The second cluster showed low knowledge of the integral water cycle and high sensitivity to price. The third one had average knowledge and predisposition to have a closer relationship with the water company. This classification allows implementing different water demand management strategies tailored to each cluster. Applying a Design Thinking methodology, a web-based prototype has been designed as an ICT tool concerning households. The goal is to achieve greater engagement of households concerning water and align citizens with their city's sustainability.

Keywords: Design Thinking; hydrosocial contract; web-based prototype; household engagement; Product Service Systems; clustering; ICT; sustainable use of water; customization

1. Introduction

This article shows the numerical results and the analysis of households' degree of knowledge in an intermediary city such as Huelva (Andalusia, Spain) about sustainable urban water use. Besides, it analyzes the needs and values regarding water and the attitudes that households maintain regarding the acceptance of reclaimed water and new technologies to achieve more efficient and sustainable consumption. It is not a dynamic, forecasting study, just a static, descriptive analysis that is a first approximation to characterize the basis to develop successive steps within the research.

Based on knowledge, values, and needs, the purpose of this research is to achieve a clustering of households. This classification is the essential starting point to build a web-based prototype within a Design Thinking (DT) methodology. This prototype intends to extract learning lessons to implement an effective water demand management (WDM). WDM strategies will be tailored to each cluster.

Within the WDM there are three types of strategies, which can be combined in different proportions and forms [1]:

1. The application of technology.
2. The use of economic levers, basically the price.

3. The promotion of changes in consumer behavior and habits.

Through different experiments, with different proposals per cluster, the most appropriate combination of feedback strategies, price, and the use of technological facilitators will be tested. The goal is to achieve greater engagement of households concerning water and align citizens with sustainability in Huelva.

Regarding the context to be able to apply WDM strategies, one of the novelties of this paper with respect to other similar studies is that it has been carried out in a city like Huelva, of intermediate size, which presents a category of low water stress. Other studies have focused on large cities and megalopolis, which present high water stress or water scarcity. This scarcity of water constitutes a powerful driver to achieve citizen engagement regarding water. However, would it be possible to achieve citizen engagement in a context where there is no water crisis?

On the other hand, the irruption of new technologies and information and communication technologies (ICT) has had an impact on the fact that water, supply, demand, and management are just a click away from smartphones or computers. This opens a new door for what has come to be called the digital citizen, who aspires to live in a smart city. ICTs facilitate citizens' engagement and allow them to interact with institutions and companies through these tools [2].

The scope of household participation in this paper is that of e-consulting. This type of participation is "a limited two-way channel that has the objective of collecting public feedback and alternatives" [3].

Good access to ICT is required for this research and for the subsequent steps derived from it. This is the reason for introducing in this section a brief review on some important aspects of ICT in Spain. On the other hand, regarding technological facilitators, one of the most important is having an adequate telecommunications infrastructure [4]. Besides, the accessibility of households to infrastructure, technology, and services available on said infrastructure and the technological skills for such use are other critical factors [5]. As a summary, the situation in Spain regarding ICT, in July 2019, according to the National Commission for Markets and Competition (CNMC) report [6], was:

1. 67.9% of the telecommunication lines had download speeds higher than 100 Mbps. In Europe, the situation was 33.7% of the lines.
2. Spain ranks fourth in Europe with the highest percentage of lines with high-speed service.
3. Regarding households' particular situation in Spain, the percentage of households with Internet services was 89.7%, and those with fixed broadband represented 82.7% of the total.
4. Approximately 73% of Spaniards connect to the Internet every day, and 48.3% consume online content at least once a week.
5. The mobile telephony park stood at 55.4 million.
6. Mobile telephony reached a penetration rate of 117.9 lines per 100 inhabitants.

In all the previous points, growth was achieved compared to 2018. In Huelva, as in the rest of Spain, there is an optimal situation regarding ICTs and their use by households, which allows the usage of technological facilitators as tools to implement WDM strategies. Therefore, Spain's ICT situation makes it possible to scale this experience to other parts of the Spanish territory.

In addition, there is a firm commitment by the Spanish State to provide Spanish cities with an ICT infrastructure. This is the National Plan for Smart Cities, where there have been several calls to meet the cities' demands. "It constitutes one of the mainstays of the Digital Agenda for Spain and has a budget of 188 million euros. Its objective is to improve the effectiveness and efficiency of local entities in the provision of public services through ICTs and to advance the Smart City and Tourist Destination system. It results in a better quality of life for citizens, a greater interaction of these with the environment and an increase in the saving of energy and environmental resources" [7].

Regarding WDM strategies focused on achieving changes in consumer behavior and habits, this paper considers citizens' central role in designing solutions for sustainable development of cities relating to water, expressing itself through private behavior using water in households. Previously, we analyzed how water was considered for integrated sustainable urban development and citizens'

needs, from the different public administrations, through the approved Integrated Sustainable Urban Development Strategy (ISUDS) plans in the Andalusian region [8]. The citizens are one of the main stakeholders in the elaboration of the ISUDS. “In a way, these plans are expressions of citizens’ public behavior concerning water, their values, and their needs” [9]. The focus of these two analyses would give us a picture of the common patterns and coherences between the two spheres of the citizen, public and private [10]. Private behavior would measure citizens’ social needs [11], focusing on real habits of comfort and cleanliness [12].

To get citizen participation, we use DT, a human-centered methodology that creates a framework to support actions and relationships between the water utility and households. There are some examples of using DT methodology to get engagement, as in the case of the Austrian gas company Redgas, a subsidiary of Linz AG [13]. This company followed the recommendations of Meyer and Tucker [14] to understand better customer needs and behavior.

On the other hand, Yan, and Roggema [15] bet that design solutions reflect action programs for the UN Sustainable Development Goals (SDGs) with the cooperation of producers, citizens, and governments, aligning their respective interests of economic benefit, better living environment, and improvement of efficient public services (in this order). Pruneau et al. [16] showed numerous examples of how DT has been incorporated into producing sustainable solutions that lead to sustainable development.

A key issue in improving the water company’s trust is obtained through the service brand [17]. To support the educational activities carried out in other successful projects [18], trust and the improvement of the sustainability challenge’s understanding, are critical factors. “Therefore, it seems clear that actions must be brought into play that improves the perception of the service brand by households to increase household trust in the proposed future actions” [9].

There is a myriad of DT methodologies [19]. We have used the six stages defined in the Stanford ME310 model [20]. Given this variety of methods, and in order not to dwell on them too much, we have found that it is interesting to introduce a brief summary of the Stanford model in Figure 1. In this way, we clearly delimit the stages covered in this paper. For the goals of this paper, we will focus on:

1. **Needfinding:** The interviewing method has been used. This is the first in the ranking of [19]. “We conducted in-depth interviews with different specialists from the company Aguas de Huelva who gave us the vision of the utility: the director of innovation and social responsibility, the commercial director, and the general manager” [9]. With this feedback, we elaborated a 28-question survey for households to know their needs, values, knowledge of the integral water cycle, and water use in their homes. We sent surveys to households that agreed to participate in the experiments.
2. **Synthesis:** The clustering method was chosen first in the ranking of [19]. Using the statistical analysis of the survey responses, we have tried to obtain different household profiles in the way of those obtained in [10], which allows us to do a sustainable solution customized to each profile.

Figure 1. Stanford ME310 model. Adapted from [20].

The citizens' needs are embedded in a specific city context, where the citizens try to satisfy them through the water company services. Depending on the needs covered by the services already deployed and on the existing hydrosocial contract and the relationship between habitability [21] and sustainability [22], some strategies could be implemented to achieve the citizens' engagement.

"The hydrosocial contract is understood as the values and, often, implicit agreements between communities, governments, and businesses on how water can be used. This hydrosocial contract will reflect citizens' practice and behavior in water use within the city and the needs and mechanisms used to satisfy them" [9].

The hydrosocial contract is expressed on how the environment is organized (de Haan et al. [23]). For the physical environment, technology is required, and the resulting organization is the infrastructure on which the services are provided. The social organization is made through rules, habits, and routines, and its resulting institutions. In society's systems, there is a combination of institutions and infrastructures within the city, which defines their degree of intelligence. In the case of urban water, in addition to the gray infrastructure itself (classical water engineering), natural infrastructures (rivers, lakes) and green infrastructures (wetlands) are included. In these infrastructures, water services are provided in the cities.

Based on the theory of Educational Psychology, Dean et al. [10] propose a methodological framework developed in the socio-cultural context, which elaborates three pillars of the citizens' commitment to their city's water, as can be seen graphically in Figure 2:

Figure 2. Methodological framework to evaluate the commitment regarding water. Adapted from Dean et al. [10].

1. Understand water and its context. That is, the knowledge possessed about water.
2. Value water through emotions and the development of positive attitudes, such as:
 - a. Support for alternative sources of water.
 - b. Pro-environmental attitude: the environmental identity of the home.
3. Support the smartest daily behavior regarding water in different spheres
 - a. Public:
 - i. Through the influence on political processes.
 - ii. Support and pressure to repair damaged waterways.
 - b. Private:
 - i. By saving and using water efficiently.
 - ii. Using of water-saving devices.
 - iii. Reducing water pollution.

For this article's purposes, only the private sphere of citizens' behavior will be considered a research proposal. This daily behavior directly relates to the habit created in the daily use of water in homes to meet the needs mentioned above. Habit, according to Bourdieu [24], occurs in a social context and according to an accumulated capital of knowledge and material wealth of households. Bourdieu's idea connects with the methodological framework of educational psychology, which seeks to change this habit through the pillars of knowledge and valorization. This is not immutable and less in current societies where changes are continually occurring, but the habit does have an internal limit in its original structure within contours of continuity that allow it to vary up to certain limits. Therefore, it is necessary to determine strategies, methods, and technological tools to change habits or bring current dominant habits to their limits. In addition, as part of that accumulated capital of households, there are the domestic technologies and the devices with which they interact to meet their needs. These strategies and methods can be enhanced through technology, which, when used well, will act as a tool for empowerment and increase the commitment of citizens to the use of resources, in our case, water.

This habit guides the behaviors of comfort and hygiene, which are those that consume more water in homes. Depending on the study, the figures vary slightly from one to the other. However, we can take the data from Knoeri et al. [25], which indicate that in the United Kingdom, the water used inside households goes mostly to hygiene services, where 33% of the water is for personal hygiene (bathrooms, showers, hand-washing), 30% for flushing the toilet, and 13% for washing clothes. The habit of consumption that is part of households' domestic daily lives has a very high impact on the water resource.

According to Strengers [12], an increase in comfort and hygiene expectations occurs in the western world. This increase stresses the balance between habitability and sustainability, between real or perceived need and resources needed to satisfy it and condition the citizen's real commitment. Managing the citizens' expectations and daily behavior regarding water is part of the WDM strategies, which should be personalized to each household type.

2. Materials and Methods

Both the scope of the challenge to be solved, and the city chosen to carry it out, determine the materials and methods to be used. The state and deployment of the city's water network infrastructure, the ownership structure of the water company responsible for the service, the available ICTs, the weather, the social composition according to the districts, and the hydrosocial contract from which we start, are factors, among others, that constitute a limiting context for the development of this section of the paper. It is important to describe this context to properly calibrate the possible replication of the research in other parts of the world.

The Suez group through the UP4 Solutions program, in collaboration with the UP4 technological universities alliance (Universitat Politècnica de Catalunya, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Universitat Politècnica de València, Universidad Politécnica de Cartagena) [26] defined a challenge to get a more efficient and sustainable use of water in homes.

"The main objective of the challenge is to promote the efficient and sustainable use of water resources based on information, communication, and awareness of citizens. The project focuses on understanding, within the water cycle, what are the factors, elements, and data that generate the greatest impact and understanding of the challenges faced in terms of water resource management, thus being able to generate a reflection of households towards a cultural change regarding their use and valorization" [9]. Specific goals have been defined:

1. Evaluate the degree of knowledge of consumers about the challenges associated with the sustainable use of water.
2. Identify their needs and values as consumers.
3. Evaluate attitudes towards different aspects of water:

- a. Attitude towards consumption efficiency.
 - b. Attitude towards the adoption of technological devices in the home related to water.
 - c. Attitude towards reclaimed water in the home.
4. Determine prototype solutions that help raise awareness and value water use sustainability, proposing specific actions to consumers that address part of their needs at the same time.

“This should help to directly relate the day-to-day behavior of Huelva’s households with the sustainability of comprehensive water management. In this way, it is intended to promote a change in consumer behavior, which, together with the efforts of the managers of the urban water cycle (Aguas de Huelva), should lead to more sustainable use and better protection of current and future resources” [9].

The Suez group designated Aguas de Huelva as the utility to carry out the project. “The city of Huelva, in Andalucía (Spain), has approximately 140,000 inhabitants (intermediary city). Aguas de Huelva has around 52,000 clients, most of whom are households. These clients are distributed in six districts that show social homogeneity. Of the 52,000 clients, 9350 of them receive a digital invoice, from which it can be deduced that they are accustomed to using ICT tools, such as email, SMS, APPs, and web browsing and have sufficient technological infrastructure (computers, tablets, smartphones, and telecommunications connectivity) to communicate with them through digital channels” [9].

Aguas de Huelva is a company where 51% belongs to the Huelva city council, and 49% belongs to the Suez group [27]. “Urban water services, the direct public responsibility of each city council, in most Spanish cities are carried out through a water utility that is either entirely private through commissioning or mixed public-private ownership” [9].

Huelva has four main urban challenges that affect water: demographic stagnation, social diversity, climate change, and unstable and unpredictable water social needs [23]. They present a high social diversity, which will demand management strategies with very different approaches for their efficiency, according to Dean et al. [10].

In collaboration with Aguas de Huelva, a plan based on DT methodology was approved in July 2018. This methodology constitutes the general model or research framework, where specific methods are developed and applied in each phase. The paper covers the stages of needfinding and synthesis of DT. The time scope was set up for one year to avoid the seasonal effect of Spain’s natural water cycle. Due to many factors to be considered, such as logistics reasons, costs, and time, among others, a sample goal of households in a range between 200 and 300 households was targeted.

“The plan contemplates three phases:

1. Measurement of the starting point of households in Huelva regarding the three axes of knowledge, needs, and water valuation using a survey via email.
2. Proposal for a web-based prototype to measure the impact of actions in the three previous axes (touch-points with households) to increase water engagement.
3. Workshops with households to qualitatively measure their evaluation of the prototype and possible improvements to incorporate into a new prototype, the last one, before the final launch of the web-based solution” [9].

To cover DT’s needfinding phase, feedback from Aguas de Huelva and the Suez group of experts was collected, with which we elaborated a 28-question survey for households to know their needs, values, knowledge of the integral water cycle, and water use in their homes. In addition, the available scientific documentation was reviewed and the model applied in the research by Dean et al. [10] was chosen, as it seemed the most reliable and adapted to the research context, whose focus is to determine the Community profiles of engagement in water-related issues. This model follows a methodology based on the survey questions’ design, the sending of the said survey, and the mathematical analysis of the household survey data. In addition, this model also made it possible to cover the DT synthesis phase by means of clustering groups of households based on needs valorization and similar behaviors. We followed the same methodology as Dean et al. [10] to select the variables and their categorization that allowed to generate and characterize the different clusters. This statistical classification technique

allows extracting common patterns for groups. It could help customize different demand management strategies for each group and convey personalized messages to each group for being more effective in citizen engagement concerning water. This research is not a dynamic, forecasting study. It is just a static, descriptive analysis, a first approximation to characterize the basis for developing successive steps within the research.

Other research projects on household resource consumption follow a similar methodology, highlighting the use of surveys and similar statistical analyses, which confirms the materials and methodology used here. Among them, we can highlight [28] on environmental lifestyle, [29] on community knowledge about water, [30] with the use of mixing quantitative and qualitative research approaches and processes on end-use water consumption in households, [31] on the use of surveys and case studies of an Australian water utility, and [32] regarding individual householder survey responses to predict household environmental outcomes.

Regarding the generation of clusters, there are also studies focused on the end-use of household water consumption such as [33]. It seems appropriate to use the cluster analysis technique, as it is an exploratory data analysis tool to get groups of individuals with similar characteristics. Clustering has been applied in two phases, partitioning and interpretation. “The partitioning stage is the process of determining the number of clusters that may be developed. The interpretation stage is the process of understanding the characteristics of each cluster” [33].

Cluster analysis methods can be divided into hierarchical and non-hierarchical ones. Applying hierarchical methods, clusters can emerge from the data, and it is suitable for limited data available to pre-identify groups. Non-hierarchical methods need to know a priori the number of clusters that will be obtained as result of the analysis [34].

Within the hierarchical methods, one of the most reliable and used tools is Ward’s method. In case studies like ours, where there are no clusters identified a priori, Ward’s method is preferable to other analysis techniques such as non-hierarchical methods. Among the latter, the k-means algorithm and the Expectation Maximization (EM) stand out [34]. This choice of methodology has also been followed in [10]. In this research, Dean et al. chose the hierarchical cluster analysis procedure, using Ward’s method, and squared Euclidean distance. It represents a structure of hierarchically ordered clusters in a treelike structure or dendrogram. It is a very visual tool that gives an approximation of heterogeneity change for all combinations of clusters. “Distances between clusters in this method are determined according to an analysis of variance, which aims to minimize the sum of squares within clusters” [35].

Mathematically, the maximum number of clusters is reached when the different combinations do not produce significant improvements in heterogeneity between clusters. This procedure allows quickly, through the cluster centroids, to describe the general characteristics of a cluster, which explains the homogeneity of the cluster. Centroids are the mean values for each item [33].

The decision on the maximum number of clusters has to take into account the mathematical criteria described. However, other additional factors appear in later phases of the project. These factors can be logistical, operational, and cost restrictions, among others. They appear when field experiments based on WDM strategies are applied to the clusters obtained.

Clustering is a technique that could be more suitable for today’s cities, with very dynamic societies and a broad myriad of knowledge, values, and behaviors. Thus, there is a need to use more targeted strategies, more differentiated, personalized, and better built according to each household profile. Strategies that can be facilitated include scaling the research pilot to all homes in the city, using ICT and mathematical techniques as Artificial Intelligence (AI), Big Data Analytics (BDA) [36], and Artificial Neural Networks (ANN). The availability of these technologies can enhance the scope of this research in other parts of the world and constitute a means of expanding it qualitatively and quantitatively.

Communication is a key issue in achieving customer engagement because it is necessary to generate new messages and meanings regarding water, acting in the semantic dimension, and the functional dimension (technology) of water [37]. Changing people’s behavior is a complex challenge, and it needs a radical design-driven innovation approach [38], managing symbolic and functional

factors that influence individual water use patterns. Hence, our project's semantic dimension is critical to generate our future prototype to interact with households (web-based prototype) [39], since the graphic part and the web-customer relationship interface should be taken care of. This constitutes a key material for other stages of the research, the design of which will be conditioned by the characteristics of the clusters obtained as a result of this article. Therefore, it is a factor to take into account at this stage for later phases, and its importance should be highlighted. Wicked problems are too abstract, difficult to communicate with words, so it is mandatory to have an excellent graphical interface with households [40].

In summary, the plan contemplates a first phase that corresponds to a study of the knowledge that households have of the integral water cycle and the values and relationships concerning water. This is an exploratory and descriptive investigation. These parameters will be measured through a survey with 28 questions to respond by households in about 30 min. "The survey questions were reviewed by 15 experts from Aguas de Huelva, making various modifications and eliminating some of the original questions proposed by the UPM team. This was done during September 2018. The means to make it reach the citizen would be through email with a link to the Aguas de Huelva web site where the survey is placed" [9]. The questions/answers will follow a 5-level Likert scale, associating them with major factor blocks:

1. Demographic characteristics: Collected in the first five questions such as age, gender, education, annual income, and professional occupation.
2. Home characteristics: Number of people in the household, children in the home, surface area, age. These questions go from number 6 to 9 (both included).
3. Life experiences and psychosocial factors: Household activities around the city water, active participation in any social organization, and if they have suffered any water restriction. They are questions 10, 11, and 12.
4. Needs, values, and identity regarding water: The importance of different aspects of water, consumption concerning neighbors, identification of better use of water within the home, the possibility of the investment amount in water-saving devices, and acceptance of water regenerated in the home (support to alternative sources of water). Questions 13 to 18.
5. Knowledge of the home regarding the integral water cycle. The questions are ordered in the following blocks:
 - a. Uptake: Questions 19 and 20.
 - b. Treatment: Question 21.
 - c. Distribution: Question 22.
 - d. Sewerage networks: Questions 23 and 24.
 - e. Purification: Questions 25 and 26.
 - f. Regeneration: Questions 27 and 28.

"The commitment of participation of 120 households was achieved. In December 2018, the survey was launched via email with a link to questions to the 120 participating households. Finally, in mid-June 2019, after several rounds of survey submissions, the survey response collection process was closed with a total of 97 valid responses from participating households" [9].

The responses were coded. In this coding stage, the following fields provided by Aguas de Huelva were added to the response table:

1. Huelva area to which the home belongs: Six possible ones that correspond to the social districts that the Huelva City Council applies to the city.
2. Average consumption per person within the home: Liters/person/day. They correspond to the average of the year 2018.

3. Consumption range of each household, according to this classification agreed with Aguas de Huelva:
 - a. Less than 100 L/person/day is low consumption.
 - b. Between 100 and 130 L/person/day is an average consumption [41].
 - c. More than 130 L/person/day is high consumption.

The consumption range was set, taking into account that:

1. The average consumption per inhabitant per day in households managed by Aguas de Huelva is 126.5 L/inhabitant/day.
2. The minimum vital water consumption set by the World Health Organization is set between 50 and 100 L/inhabitant/day [42].

Surveys have been statistically processed using IBM SPSS v. 25.

3. Results

The analysis of the data obtained through the survey's application that contributes to answering the research objective is presented. Results are structured according to three-factor blocks: Demographic characteristics, household characteristics, life experiences and psychosocial factors.

Concerning the household's knowledge regarding the integral water cycle, each correct answer was given a value of 1, and each incorrect answer value of 0. The maximum score, therefore, that could be obtained was 10 points. These scores were grouped in the following ranges:

1. Low knowledge range: Scores less than 4.
2. Average knowledge range: Scores between 4 and 6.
3. High knowledge range: Scores equal to or greater than 7.

Taking the global score over 10 possible points, and the previous rank classification, the following results were obtained:

1. A low range of knowledge: 30 households.
2. An average range of knowledge: 57 households.
3. A high knowledge range: 10 households.

On 10 possible points, the average of total knowledge gives a score of 4.2577, which indicates a degree of knowledge of the integral water cycle close to that approved, that is, a degree of average knowledge, but still deficient in some of the stages.

Besides, it can be seen that the question that presents the least number of correct answers is the one referring to the sewerage system of the network, question 24, where there are only eight correct answers. However, 71 households correctly answer question 23 about the water sanitation system.

In contrast, the question with the highest number of positive responses is question 28, with 84 correct answers. This question is about using wipes and measuring knowledge about the challenges associated with sustainable use that impact water. It reflects the good results of previous educational campaigns on this aspect that Aguas de Huelva carried out among its client households before the survey [27].

However, we again detect the same trend as in the block on the stage of sewerage networks. The correct answers fall to almost half (46 correct answers) in question 27, which measures water regeneration knowledge compared to question 28.

There is one fact that is striking: The number of correct answers in questions 19, 20, and 26 is of the same order of magnitude (14, 17, and 18 respectively). The first two measure the knowledge of the origin of the water (catchment), while number 26 measures the knowledge of the physical place where sewage is taken (purification).

The water catchment stage presents the least number of correct answers, and therefore, the highest level of ignorance on the part of the households. The stages of treatment and regeneration and use present a higher number of correct responses and a greater knowledge of these stages.

Regarding the needs, values, and identity regarding water, question 13 of the survey reflects the household's state of opinion. To extract useful information from the data in this question, it is necessary to reduce the number of variables to be handled to facilitate their interpretation. For this purpose, a factor analysis by maximum likelihood with the principal components' extraction is applied to each block. This analysis allows us to pass to a new set of variables, which maintains the original variables' full information, which enjoy the advantage of being uncorrelated with each other and can be ordered according to the incorporated information. In all the rotated component matrices that appear in this paper, the following methods have been applied:

1. Extraction method: A principal component analysis.
2. Rotation method: Varimax with Kaiser normalization.

The results obtained are shown in Table 1:

Table 1. Rotated component matrix for question 13. (Source: Authors).

	Components		
	1	2	3
Receive More Information			0.829
Social Bonuses			0.710
Origin of Water	0.885		
Good Taste of Water	0.886		
Have Healthy Water	0.815		
Reduce Number of Service Cuts		0.848	
Receive Water Leak Notices	0.819		
Water Availability With Greater Pressure		0.861	
Minimize Flood Effects		0.857	
Invest in Reclaiming and Harvesting Water	0.523		

The explained variance is 69%, which indicates that the original variables are arranged into three groups represented by the three principal components or factors obtained; and that they do sufficiently explain the needs and values of households. We performed the Kaiser, Meyer, and Olkin (KMO) test to assess whether the factor model (or the extraction of factors) as a whole is significant (high relationship between variables). The KMO obtained is 0.773, which indicates that the relationship between variables is high and, therefore, the factor model is significant.

Bartlett's sphericity test evaluates the applicability of factor analysis of the variables studied. The model is significant if Significance (p -value) < 0.05, indicating that factor analysis can be applied. This is the case.

Based on each variable's weights in the factors, it can be determined that each component obtained, in some way, explains aspects of water that household's value. Thus, we can name each of the factors as follows:

1. Component 1 = Quality of service/health. The weight is given more in aspects related to water quality and its impact on health. This is the component with the highest variance and therefore explains what households value most.
2. Component 2 = Quality of infrastructure. It collects information on the valuation of aspects related to the quality of the water network's infrastructure.
3. Component 3 = Customer Relationship Management (CRM). It expresses the value of the household's relationship with the water company. In some way, it measures the service brand [17] of Aguas de Huelva among households and the importance they give to it, and therefore the trust

they could have in the face of engagement actions to propose to them in later stages of the project. It presents the smallest variance.

The results obtained allow evaluating the individuals' attitudes that make up the sample with respect to different water aspects:

1. Attitude towards water consumption efficiency: Given by the data in question 15.
2. Attitude towards the adoption of technological devices in the home related to water: extracted from the data of question 16.
3. Attitude towards reclaimed water in the home: Given by data from questions 17 and 18.

Once again, to extract useful information from these questions' data, it is necessary to reduce the number of variables to handle to facilitate interpretation. For this purpose, a block processing is applied, applying to each one the factor analysis by maximum likelihood.

The data from question 15 represent the measure of the home improvement attitude regarding its possibility of improvement concerning water consumption. We proceed to apply factor analysis with the extraction of principal components, obtaining the values shown in Table 2.

Table 2. Rotated component matrix for question 15. (Source: Authors).

	Components	
	1	2
Bathtub & Shower		0.717
Washing Machine	0.520	0.704
Dishwasher		0.765
Toilet	0.830	
Household Cleaning	0.818	
Cooking	0.795	

As in the previous point, the explanation of the results shows that the two principal components obtained explain the attitude towards improving water use efficiency in the home since the explained variance is 66%. The resulting KMO is 0.761, and the Bartlett sphericity test is $p = 0.000$ (significant model).

Although putting labels on the interpretation, in this case, is not so simple, it can be said that households show a more favorable attitude towards improving water use, grouping actions around two groups:

1. Component 1 = General efficient use. There is an association of variables that would explain a general use to improve the efficiency of water in the home.
2. Component 2 = Efficient use in cleaning. A group associated with a field of improvement in water use in personal or household cleaning tasks.

When carrying out the KMO contrast (Kaiser, Meyer, and Olkin) and the Bartlett and sphericity test, it is verified that the factorial model as a whole is significant and applicable to the analyzed variables.

The data from question 16 represent the measure of attitude regarding the adoption of technological devices in the home. We proceed to apply factor analysis with the extraction of principal components, obtaining the values shown in Table 3.

Table 3. Rotated component matrix for question 16. (Source: Authors).

Component	
	1
Shower Heads	0.631
Acoustic Warning Devices	0.866
Smart Meters	0.853
Rainwater Regeneration	0.884

In this case, only one principal component was obtained with an explained variance of 65%. To the KMO test (with a value of 0.787) and the Bartlett test with results that validate the model, an additional test has been added, the so-called Cronbach's Alpha test, obtaining a value of 0.825; indicating that the reliability of the measurement scale that we determined a priori is high. The component obtained will be called:

Component 1 = Water saving devices. It will contain all the variables except Faucet flow limiters. This variable is not significant, and therefore, we will not take it into account for our analyses.

The attitude towards reclaimed water in the home is shown by the results obtained from the analysis of the answers to questions 17 and 18.

The data in question 18 do not admit factor analysis since the question was not designed with a scale in its possible answers (Likert scale).

Therefore, we applied factor analysis to question 17, obtaining the results shown in Table 4.

Table 4. Rotated component matrix for question 17. (Source: Authors).

	Components	
	1	2
Reclaimed Water for Toilet	0.875	
Reclaimed Water for Washing Machine	0.631	
Reclaimed Water for Garden Irrigation	0.752	
All Previous Cases at a Lower Price		0.898
No Case	−0.569	

The explained variance is 63%, with two groups of significant variables through two principal components:

1. Component 1 = Reclaimed water for washing machine, toilet, garden, and no case
2. Component 2 = All previous cases at a lower price

Although the Bartlett test is acceptable ($p = 0.000$), the KMO test gives a low result (0.595), although valid (close to 0.6), so another analysis is performed to seek to improve the factor analysis with the introduction of the extracted components that measure the attitude of households; in this case, the KMO improved with all of them. In other words, all the factors/components that summarize the attitude described in question 15 (General efficient use, Efficient cleaning use), 16 (Water saving devices), and question 17 itself have been introduced, (reclaimed water for washing machine, toilet, garden, and no case, all previous cases at a lower price), obtaining the results shown in Table 5.

The KMO test again gives a very low result (0.363), clearly insufficient (below 0.5), indicating that the component extraction model is not valid in this case (with all components/factors) and does not record a valid relationship between the factors entered.

Therefore, for question 17, the two principal components extracted are taken: Reclaimed water for Washing Machine, Toilet, Garden, and No case, All the previous cases at a lower price.

Table 5. Rotated component matrix. (Source: Authors).

	Components		
	1	2	3
General Efficient Use		0.819	
Efficient Cleaning Use			0.879
Water Saving Devices	0.861		
Reclaimed Water for Washing Machine, Toilet, Garden and No Case		−0.711	
All Previous Cases at A Lower Price	0.799		

Regarding the results obtained from question 18:

1. 26 households found it indifferent to have their own rainwater regeneration system in their home/community, with the maximum technical guarantees of quality and safety
2. Six households would not accept to use reclaimed water in their home/community.
3. 43 households would agree to use reclaimed water for washing machine, toilet, and irrigation.
4. 22 households would agree to use reclaimed water for other household uses as well.

Finally, households' clusterization has been carried out (grouping of data with similar characteristics) [10]. The objective is to implement differentiated future strategies, designed and personalized towards each type of household (cluster) to change, reinforce, or eliminate current attitudes and behaviors in efficient water use. To design these strategies, we will use different DT techniques, such as product service systems (PSS) or design for behavior, which ensure the sustainability of the designed product or service [43]. The aim is to achieve a more significant commitment from households (engagement) regarding water. The following factors have been considered for the chosen clustering [10]:

1. Range of knowledge.
2. Principal factors or components of needs and values.
3. Principal factors or components of attitude regarding water consumption efficiency.
4. Principal factors or components of attitude regarding the adoption of technological devices in the home related to water.
5. Principal factors or components of attitude regarding the use of reclaimed water in the home and codification of question 18.

An analysis has been performed taking the previous clusters with the variables defined below that characterize households:

1. Block of demographic characteristics.
2. Block of household characteristics, consumption range, and zone or district of Huelva.
3. Block of life experiences and psychosocial factors:

The clustering method is hierarchical (Euclidean squared distance and Ward method), obtaining three clusters characterized by:

1. Cluster 1:
 - a. High knowledge about the integral water cycle.
 - b. They value having a good quality of the infrastructure of the water network.
 - c. They do not particularly value the rest of the other two factors of the analysis.
 - d. Moderate attitude towards improving water consumption efficiency concerning toilet use, cleaning the home and kitchen. They do not believe that in other uses they can achieve greater efficiency (bath, washing machine, and dishwasher).

- e. Positive attitude towards the use of water-saving devices. Most choose to have the water company give the devices to them, although a household would accept spending up to 30 euros of the total limit.
 - f. Positive attitude towards the use of reclaimed water in the home (washing machine, toilet, and garden) if it is at a lower price than the current price for the same uses.
 - g. They are also inclined to adopt their own rainwater regeneration system in their home/community for washing machines, toilets, or garden uses, or even some other use.
2. Cluster 2:
- a. Low knowledge of the integral water cycle.
 - b. They value a perceived good service moderately, in the form of perceived water quality and the absence of problems in the water service delivered to the home.
 - c. They value having a good quality of the infrastructure of the water network.
 - d. Negative attitude towards improving water consumption efficiency concerning toilet use, cleaning the home, and the kitchen. Nor do they believe that in other uses they can achieve greater efficiency (bath, washing machine, and dishwasher).
 - e. Negative attitude towards the use of water-saving devices.
 - f. Negative attitude towards the use of reclaimed water in the home (washing machine, toilet, garden).
 - g. However, they are very sensitive to the price of water and its possible drop.
 - h. Moderate/indifferent attitude to adopt their own rainwater regeneration system in their home/community for washing machines, toilets, or garden uses.
3. Cluster 3:
- a. Average knowledge of the integral water cycle.
 - b. They value a perceived good service positively, in the form of perceived water quality and the absence of problems in the water service delivered to the home.
 - c. They value positively having information from the water company and how it relates to households.
 - d. Positive attitude to achieve greater efficiency in the use of water in bathtubs, washing machines, dishwashers. They do not believe that they can improve water consumption efficiency, concerning the use of the toilet, cleaning the home, and the kitchen.
 - e. Negative attitude towards the use of water-saving devices in the home.
 - f. Positive attitude towards the use of reclaimed water in the home (washing machine, toilet, garden), regardless of whether a lower price of water is achieved.
 - g. Indifferent attitude to adopt their own rainwater regeneration system in their home/community for washing machines, toilets, or garden uses.

Raw data used to characterize each cluster are too big to include in this paper, so we prefer to include the following case processing summary table (Table 6).

Table 6. Case processing summary (Source: Authors).

		N	% MARGINAL
Clusters	High knowledge	45	46.4
	Low knowledge	21	21.6
	Average knowledge	31	32.0
Age	From 18 to 30 years	4	4.1
	From 31 to 40 years	16	16.5
	From 41 to 50 years	32	33.0
	From 51 to 65 years	39	40.2
	More than 65 years	6	6.2
Gender	Male	66	68.0
	Female	31	32.0
Education	No Studies	2	2.1
	Basic Studies	24	24.7
	Bachelor	35	36.1
	University Studies	36	37.1
Income	Less than 10,302 €/year	20	20.6
	From 10,302 € to 25,000 €/year	43	44.3
	From 25,000 € a 50,000 €/year	26	26.8
	From 50,000 € a 100,000 €/year	8	8.2
Occupation	Unemployed	13	13.4
	Employed	55	56.7
	Self-Employed	15	15.5
	Retired	14	14.4
Children	No Children	57	58.8
	1	24	24.7
	2	16	16.5
Water Consumption	Low	30	30.9
	Average	57	58.8
	High	10	10.3
District	Zone 1	29	29.9
	Zone 2	16	16.5
	Zone 3	13	13.4
	Zone 4	3	3.1
	Zone 5	18	18.6
	Zone 6	18	18.6

In order to keep household confidentiality, an ID to identify each one has been used:

1. Cluster 1, in total, 45 households. They are from h1 to h13 (both included), h16, h17, h19, h21, h22, h24, h25, h26, h28, h31; from h34 to h37 (both included), h39, h41, h43, h45, h47, h51, h53, h54, h55, h61, h72, h74, h79, h81, h96, h98, h104, and h105.
2. Cluster 2, with 21 households. They are h14, h15, h18, h23, h27, h29, h30, h32, h38, h42, h44, h49, h50, h62, h77, h78, h82, h87, h88, h95, and h100.
3. Cluster 3, in total, 31 households. They are h33, h46, h48, from h56 to h59 (both included), h60, from h63 to h68 (both included), h71, h73, h75, h76, from h83 to h86 (both included), from h89 to h93 (both included), h97, h101, h102, h103.

The grouping followed by an iterative process (hierarchical) is shown graphically in the following dendrogram in Figure 3 (it is cut into three branches, at level 15):

Figure 3. Dendrogram. (Source: Authors).

We verify the adequacy of the clustering model applied to our data sample. That is, we are going to verify if the clusters obtained discriminate well enough. For this, we carried out an analysis of variance through ANOVA, using the results of the knowledge questions about the distribution network, sanitation, and sewerage network, obtaining the results shown in Table 7.

Table 7. ANOVA (Source: Authors).

Distribution				
	Sum of Squares	Root Mean Square (RMS)	F	Significance
Among Groups	9.794	4.897	34.561	0.000
Within Each Group	13.319	0.142		
Total	23.113			
Sanitation				
Among Groups	5.681	2.841	20.003	0.000
Within Each Group	13.350	0.142		
Total	19.031			
Sewerage Networks				
Among Groups	0.762	0.381	5.448	0.006
Within Each Group	6.578	0.070		
Total	7.340			

In all three cases, we obtain sufficiently high F and significance less than 0.05, which indicates that the cluster results obtained discriminate well and are therefore valid.

We then carry out multinomial logistic regression tests to determine if the model obtained has the explanatory capacity, that is, if it is statistically significant and can be used to predict “the classification” of future data in the defined clusters. The statistics obtained in different tests are:

1. The goodness of fit.
2. Pseudo R squared.
3. Likelihood ratio tests.
4. Parameter estimates of the three clusters (two-to-two).

The results of Chi-squared (high), Pseudo R squared (<1), significant and two-to-two parameter estimates give the model obtained as good in terms of prediction of classification of new samples.

4. Discussion

We would like to begin this section with a critical analysis of the limitations of this research. A first issue to review is the difficulties we had in achieving a diverse and sufficient number of participating households, since “Locating restless users for your cooperating user pool may not be easy; however, they are extremely helpful. Regular users are needed as well. They are able to share with the team reasonable and useful perspective on what is present in an alternative. However, a restless user will also guide the design team deeper into the problem domain or suggest things not previously considered. A challenge is to find a diverse set of restless users” [44]. However, with the participation of the 97 households which answered the survey, “we believe that this last point has been achieved, by minimizing the effect of uncertainty, the personal preferences of each household, the possible errors in obtaining household data, misunderstandings in language and communication with households, and inconsistencies, among others. In any case, the experience can be scaled in the future to all households in Huelva, using different ICT solutions, such as BDA and inference of future behaviors of homes such as through AI” [9]. The number of households is in line with other research projects [28–33], although we would have liked to have more households. In any case, the project design can be scaled to a greater number of households.

A second point is the limited number of participating households that had Smart meters; only 9 out of 97. We would have liked to have a greater number, but the deployment of Smart meters in

the city of Huelva was limited to only a few hundred. This would have allowed us to compare the proactivity of households when measuring their interest in consulting their consumption on line and on real time.

Besides, we would have liked to include households that had smart and water-saving devices already installed, as in Lee et al. [1]. In this way we could have verified the effectiveness of the WDM strategies against households that did not have them.

Another point to criticize is the order followed when preparing the questionnaire. For logistical, temporary, and organizational reasons of the Aguas de Huelva company, we have been limited to elaborating the questions from the bibliographic review of similar projects and from the opinion of the company's experts. We would have liked to have had a previous workshop with households, where we could have gathered prior qualitative information about their interests, values, and needs. This would have been a previous step that would have improved the quality of the questionnaire, especially in the style of language to be used on the more technical questions about the knowledge of the integral water cycle.

A greater number of indicators could have been included, not only those referring to engagement based on knowledge, values, and needs, but it would have complicated the design and extension of the survey. This extension of the research may be left for future stages.

A critical point to analyze is that the responses to the questionnaire collect attitudes, needs, and values declared by households regarding water. The later stages of the DT methodology, through the implementation of the web-based prototype, should lead us to check whether what the households declare is based on a reality or on a false perception of their relationship with water.

Regarding the analysis of the results that serve as a basis to cover the stages of needfinding and synthesis of the DT framework used [20], we can state the following:

1. Regarding the knowledge that Huelva households have about the integral water cycle, there is a disproportion between the correct answers to questions 23 and 24. There were only eight correct answers for question 24. However, 71 households answered correctly to question 23. The combination of both questions measures the knowledge of the stage of sewerage networks. The disproportion may lie in question 24, which is a question that requires more technical and specific knowledge, while question 23 is more general.

2. The question with the highest number of positive responses is question 28. This question is about using wipes and measuring knowledge about the challenges associated with sustainable use that impact water. It was included at the request of Aguas de Huelva and it reflects the good results of previous educational campaigns that the water company carried out on dates prior to the survey [27]. In light of this past success, it seems logical to think that it can serve as a way forward in implementing subsequent educational campaigns among Huelva's households.

3. Again, there is a disproportion between the correct answers in question 27, which measures water regeneration knowledge, compared to question 28. The correct answers fall by almost half (46 correct answers) in question 27, compared to 84 correct answers in question 28. It seems logical to think again that when questions have a technical content, the number of correct answers is reduced, although they are part of the same block of knowledge, in this case, the block on regeneration and sustainable use.

4. The pattern is repeated with the debugging block (questions 25 and 26), where there is a disparity between the number of correct answers to the two questions that are part of it.

5. On the results of the questions that measure the knowledge of the origin of the water (collection) and of the physical place where the water is poured at the end of the cycle (purification), the number of correct answers is very low (14 and 17) it seems that households do not have sufficient knowledge of where the water they consume comes from and where it goes. To these aspects of the cycle it seems that they give a "magical" character as if the water appeared and disappeared on a whimsical basis. Perhaps it is due to the fact that, in both cases, origin and completion, the physical place occupied by

water, that of the environment of nature, is the furthest from the city, something that is seen as alien from the perspective of the city.

6. It is the catchment stage, which presents the least number of correct answers, and therefore, the greatest ignorance on the part of the households. In line with the previous point, we can propose It would require a more significant effort with educational campaigns on this stage, linked to the natural environment.

7. The stages of treatment and regeneration and use present a greater number of correct responses and, therefore, a better knowledge of these stages. Since there are several studies that link a positive attitude with high prior knowledge about water issues, among them that of Dean et al. [10], we can deduce that the knowledge about these stages can be related as the basis for the good aptitude that Huelva's homes have regarding the use of reclaimed water at home.

8. Regarding the needs and valuation that households have regarding water, from the statistical processing of the data, we can interpret that in general, households will be more likely to positively value actions that improve the quality of service with an impact on health. This is reflected in the factor analysis whose principal Component 1 is Quality of service/health from question 13 (Table 1). We understand the service as a perceived service (visualized) in the form of perceived water quality and absence of problems in the service delivered to the home.

9. They will value having a good quality of the water network infrastructure. According to the values of the principal Component 2 = Quality of infrastructure from question 13 (Table 1).

10. They value the information from the water company and how it relates to households. In other words, in some way, they are qualifying the importance they attach to the company's service brand, and that conditions their trust with respect to it. It follows from the principal Component 3 = Customer Relationship Management (CRM) of question 13 (Table 1).

11. Regarding the aspects of better water use that households detect to improve, we can conclude that, in general, households are aware of and are willing to apply strategies for better water use in a combination of actions on toilet use, home, and kitchen cleaning. These three variables are highly associated being collected in the principal component general efficient use, which is the principal component of question 15 (Table 2). To a lesser extent, the variable on a more efficient use of the washing machine is. It seems that households would favor receiving advice in these areas that would allow them to improve.

12. Regarding the attitude towards the use of reclaimed water in households, reflected by question 17, the conclusion that can be drawn from it is that households have a majority favorable attitude towards the use of reclaimed water for washing machines, toilets, and gardens, but provided it is at a lower price than what they currently pay for said water. The economic factor is an important component in the possible acceptance of water regeneration technologies in the home for the described uses (washing machine, toilet, garden).

13. Regarding the acceptance of new technologies in the home, which help to better use water in it, we can say that it seems that households do not accept the incorporation of flow limiters in taps, perhaps due to their involvement in the invasion of their decision-making power or in restricting their freedom. In any case, it seems clear that acoustic limiters and smart meters that are devices that can provide them with information on their consumption would be highly valued. This follows from the fact that the principal Component 1 = Water saving devices, from question 16 (Table 3) contains all the variables except faucet flow limiters. This variable is not significant, and therefore, we will not take it into account for our analyzes.

14. There is an overwhelming majority (65 households out of 97) who would agree to have its own rainwater regeneration system in their home/community regarding the use of water reuse and regeneration systems. Besides, the most notable is that there is hardly any opposition (only six households out of 97) to having its own rainwater regeneration system, which opens a field for the introduction of this type of technology in the households served by Aguas de Huelva.

15. The data have been processed several times, obtaining different numbers of clusters in each process, all of them valid. The one we propose here has finally been chosen, following the criterion of establishing a trade-off between having a high number of clusters that would allow highly targeted and customized field actions (experiments) to very particular segments of households (and therefore with greater efficacy of results). However, that would complicate the fieldwork related to the households (increasing the cost and the time of execution of the experiments). Considering a lower number of clusters (two), it would be easier to carry out the subsequent fieldwork with the households, but it would be less effective in its results by allowing less customization of subsequent households' actions. We believe that we have chosen the best option of selecting three clusters, which discriminates sufficiently and facilitates subsequent interaction with households. Furthermore, this number of clusters is in line with similar research in other parts of the world [10].

16. A clusterization has been attempted according to Huelva's districts, and a clear differentiation has not been achieved either. The maximum obtained were two clusters with the data very grouped between them, which provided little real knowledge and little discrimination. This has allowed us to confirm what Aguas de Huelva had already told us in previous discussions: The great social homogeneity between the city's different areas/districts. In other words, the district to which the home belongs is not decisive, nor does it explain the questions that this research tries to answer.

17. Beyond the interpretation of the clusterization results, we can extract knowledge and imagine possible actions to be carried out. These actions should be based on DT for future field experiments to provoke real changes through PSS [45] or design for behavior strategies and methods [43].

18. Finally, we have obtained only results that add valid scientific information about this research's objectives, beyond the information obtained from the simple statistical exercise, adding and treating all the variables and components described above.

As future lines of research, we would like to propose a first way, focused on determining the importance of technology in WDM strategies, especially the role of ICT facilitators and its possible impact on household engagement. These tools will be used as support:

- a. If available, smart meters for later stages in DT, especially in the prototype and testing stages [20]. One of its benefits would lie in measuring, from the point of view of household management, the effectiveness of this tool, balancing it with the cost of its deployment. For more information on this technology, see Boyle et al. [46]. In this paper, numerous experiences are collected in different cities of Australia, New Zealand, and different international projects. All of them follow methodologies and scopes similar to those of our research.
- b. A web-based prototype to test true customer behavior to face meanings proposal from the water utility.
- c. Email as an extra communication channel with the client. Its use compared to other more traditional means, such as sending letters and information on paper, is another matter to be debated.
- d. APPs for mobile phones, that allow a semi real-time interaction and better quality of information with the households, especially for consumption feedback.

As a second line of research, and as a continuity of the results published in this article, we are working on the statistical analysis of the data used to analyze the influence of the different variables and components/factors on household consumption ranges (high, medium, low). The statistical tools used are the "decision trees", using the classification and regression trees (CRT) method. This will allow us to know which variables/factors/independent components are the decisive ones regarding water consumption, as a quantitative expression of households' real behavior in efficient water use.

This approach will be complemented with subsequent workshops with households and with the design of a web-based prototype that allows actions to improve their engagement concerning water (experiments), according to the DT-based framework described in [9], which provides a clear idea of the qualitative behavior regarding water.

5. Recommendations

From the points opened in the previous Discussion section, and in relation to improving the knowledge of households in Huelva about the integral water cycle, we can recommend a series of actions that, in some way, the web-based prototype [39] should incorporate such as:

1. Technical but informative and entertaining approach to the water path in the different blocks that make up the integral water cycle and its impact on the consumer. According to what we commented in the Discussion section, regarding the difference in correct answers between the more technical questions and those that, on the same topic, are less technical in writing, it is recommended to use a simpler, less technical language. Besides, whenever possible, visual support should be used to educate households about the integral water cycle, in the implementation of the web-based prototype.

2. Follow the communication style previously used in the campaign for the use of wipes in the Huelva water home [27], which had a positive impact among households, emphasizing the use of more straightforward language and attractive visual support through images or videos that can improve touch-points with households. These are critical elements within the DT where the value created between customers and the service company occurs [47].

3. Household education on the catchment stage, sewage, and purification networks, especially on the impact of water use on sources (source) and purification (discharge). We understand that the focus must be on reviewing Huelva's relationship and the sustainability of its closest natural environment, as other experiences have reviewed [48,49]. It is about replacing the magical character that households seem to give to the water service, with another concept that values more the water service and its connection with the city's environment.

4. Provide households with more information on the quality of the water and the network that supports the service, given the appreciation that households make of both.

5. As households value reclaimed water positively, it is considered that it would be an opportunity to try financing strategies, by Aguas de Huelva, for the installation of reclaimed water technologies in the home that promote their adoption.

6. The semantic dimension in our project is critical, so in the future prototype stage in our DT framework [20], the graphic part and the web-customer relationship interface are critical to generating our web-based prototype, with which to interact with households [39]. Wicked problems are too abstract [40]; therefore, there are many linguistic barriers to be able to communicate with precise words. Having an excellent graphical interface is essential for the success of the project. Therefore, it could be necessary to contract an agency specialized in web design [50].

7. To achieve greater household engagement regarding the efficient use of water, it is necessary to generate new messages and meanings about water combined with technology and ICT facilitators around water [51]. The goal is to create a radical vision about water, a new strategic meaningful direction with a high impact on households' water valorization [52].

8. Since the economic factor is a significant component in the possible acceptance of water regeneration technologies in the home, models based on the type of design produced by PSS should be considered. This can lead households to change their perception of water, going from models of technologies in the home based on device ownership to models based on access to the service that water provides for households (access-based wellbeing) [53]. In this new paradigm, the water company owns the technology that facilitates such service. From the water company's point of view, there would be an economic interest aligned with sustainability [54] in increasing the efficiency, durability, and reuse of the technology and materials involved in water service. This model aligns PSS with sustainability.

6. Conclusions

We would like to draw attention to several facts that act as essential conclusions to improve household engagement:

1. Better knowledge about the integral water cycle of households explains households' positive aptitudes regarding the possibility of being aware of their capacity to improve on the use of water at home. This will also influence the availability of households to receive advice to help them use water more efficiently. Therefore, it is essential to improve household knowledge about the integral water cycle. It is reflected in the households belonging to cluster 1, which have high knowledge and a good attitude.
2. A better knowledge also explains the positive predisposition of households towards reclaimed water. There is willingness to adopt technologies that enable reclaimed water use. This is conditioned to certain uses that represent economic savings in the home. Actions that involve more education on the use of regenerative water at home would help in Huelva so that households could easily adopt these technologies. It should be possible to complement it with financing and economic policies that would encourage their adoption with savings in the price that households pay for water. In line with what was obtained in the clustering.
3. The variables that measure the psychosocial factors corresponding to "Social activities around water" and "Participation in social organizations" (questions 11, and 12) are not significant. In other words, they do not explain, they do not discriminate, and they do not characterize the households participating in this survey. In conclusion, they are expendable.
4. The district to which the home belongs is not decisive, nor does it explain the questions that the investigation tries to answer. This shows the great social homogeneity among the city's different areas/districts.
5. The sensitization shown in general, although to a different degree of importance and appreciation, according to membership in each cluster by households in Huelva regarding water price. WDM strategies that use this lever can help regulate consumption and facilitate the adoption of new technologies to improve water use efficiency and technologies for the regeneration of water in the home.
6. The use of clustering as a mathematical tool has served to obtain three clusters of households with similar characteristics:
 - a. The first corresponds to households with high knowledge of the integral water cycle and a positive attitude to smart devices at home.
 - b. The second relates to households with insufficient knowledge of the integral water cycle and high sensitivity to price.
 - c. The third corresponds to households with average knowledge and a predisposition to have a closer relationship with the water company.
7. This classification allows the implementation of different WDM strategies tailored to each cluster. This implementation will be part of another later stage of the research, not described in this article, which will allow to achieve the ultimate objective of the project. This goal is to facilitate greater engagement of households concerning water and align citizens with the sustainability of their city.

The results obtained regarding the influence of the degree of knowledge on the integral water cycle and awareness regarding the price are in line with those obtained in other studies throughout the world, that appear cited in this paper.

However, the non-influence of social factors (activities and participation in organizations) and zonal factors (areas/districts) within the city do not follow what was obtained in other studies, like that of Dean et al. [10].

This paper's novelty lies in having a portrait of the starting point of the homes of an intermediary city (Huelva) in their relationship with water. It analyzes the characterization of the city's hydrosocial contract in its private behavior. Most other scientific research has focused on large cities that suffer from water stress, or even water scarcity, while in the case of Huelva, it is an intermediary city with

low water stress. The absence of a sensation of scarcity does not act as a motivating lever among citizens to improve efficiency in water use. Without this motivating driver, the entire project's goal is to determine to what extent a more efficient and sustainable use of water can be achieved in households through strategies focused on managing demand (WDM) and not supply. To what extent is citizen's engagement regarding water possible, and what is the effectiveness of the levers proposed to achieve it?

Perhaps the methodology, material and means, and results presented in this research can serve as inspiration for other studies on household engagement with water, in a similar context. In particular, they could be applied to other intermediary cities with low water stress throughout the world.

Author Contributions: All authors participated directly in this research. Conceptualization, G.B.-M. and C.R.-M.; data curation, G.B.-M. and Y.M.N.-G.; formal analysis, G.B.-M. and Y.M.N.-G.; investigation, G.B.-M., C.R.-M., and Y.M.N.-G.; supervision, G.B.-M. and C.R.-M.; writing—original draft, G.B.-M. and C.R.-M.; writing—review and editing, G.B.-M., C.R.-M., and Y.M.N.-G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: This study was partly supported by the Grupo Suez and Aguas de Huelva Water Company.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Nomenclature

AI	Artificial Intelligence.
ANN	Artificial Neural Networks.
ANOVA	Analysis of Variance.
BDA	Big Data Analytics.
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (National Commission for Markets and Competition)
CRM	Customer Relationship Management.
CRT	Classification and Regression Trees
DT	Design Thinking.
EM	Expectation Maximization.
ERG	Existence, Relatedness, Growth.
ETSII	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
ICT	Information and Communication Technologies.
ISUDS	Integrated Sustainable Urban Development Strategy.
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin.
PNCI	Plan Nacional de Ciudades Inteligentes. (National Plan for Smart Cities)
PSS	Product Service Systems.
SDG	Sustainable Development Goals.
UPM	Universidad Politécnica de Madrid.
WDM	Water Demand Management.

References

1. Lee, M.; Tansel, B.; Balbin, M. Urban Sustainability Incentives for Residential Water Conservation: Adoption of Multiple High Efficiency Appliances. *Water Resour. Manag.* **2013**, *27*, 2531–2540. [[CrossRef](#)]
2. Mellouli, S.; Luna-Reyes, L.F.; Zhang, J. Smart government, citizen participation and open data. *Inf. Polity* **2014**, *19*, 1–4. [[CrossRef](#)]
3. Al-Dalou, R.; Abu-Shanab, E. E-participation levels and technologies. In Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology (ICIT 2013), Amman, Jordan, 8–10 May 2013.
4. Szarek-Iwaniuk, P.; Senetra, A. Access to ICT in Poland and the Co-Creation of Urban Space in the Process of Modern Social Participation in a Smart City—A Case Study. *Sustainability* **2020**, *12*, 2136. [[CrossRef](#)]
5. Sæbø, O.; Rose, J.; Flak, L.S. The shape of eParticipation: Characterizing an emerging research area. *Gov. Inf. Q.* **2008**, *25*, 400–428. [[CrossRef](#)]

6. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). Telecomunicaciones y Audiovisual. Informe Económico Sectorial (2019). ESTAD/CNMC/003/20. Available online: https://www.cnmc.es/sites/default/files/3083420_4.pdf (accessed on 15 July 2020). (In Spanish)
7. Plan Nacional de Ciudades Inteligentes. Available online: <https://www.red.es/redes/es/que-hacemos/ciudades-inteligentes/plan-nacional-de-ciudades-inteligentes> (accessed on 15 July 2020). (In Spanish)
8. Bermejo-Martín, G.; Rodríguez-Monroy, C. Sustainability and Water Sensitive Cities: Analysis for Intermediary Cities in Andalusia. *Sustainability* **2019**, *11*, 4677. [CrossRef]
9. Bermejo-Martín, G.; Rodríguez-Monroy, C. Design Thinking Methodology to Achieve Household Engagement in Urban Water Sustainability in the City of Huelva (Andalusia). *Water* **2020**, *12*, 1943. [CrossRef]
10. Dean, A.J.; Lindsay, J.; Fielding, K.S.; Smith, L.D.G. Fostering water sensitive citizenship—Community profiles of engagement in water-related issues. *Environ. Sci. Policy* **2016**, *55*, 238–247. [CrossRef]
11. Alderfer, C.P. An empirical test of a new theory of human needs. *Organ. Behav. Hum. Perform.* **1969**, *4*, 142–175. [CrossRef]
12. Strengers, Y. Smart Metering Demand Management Programs: Challenging the Comfort and Cleanliness Habitus of Households. In Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat, Cairns, Australia, 8–12 December 2008; pp. 9–16.
13. Redgas. Available online: www.redgas.at (accessed on 15 July 2020). (In German)
14. Meyer, M.H.; Tucker, M.J. Innovating for effectiveness: Lessons from design firms. *Res. Technol. Manag.* **2010**, *53*, 21–28. [CrossRef]
15. Yan, W.; Roggema, R. Developing a Design-Led Approach for the Food-Energy-Water Nexus in Cities. *Urban Plan.* **2019**, *4*, 123–138. [CrossRef]
16. Pruneau, D.; Lang, M.; Kerry, J.; Langis, J.; Fortin, G.; Liboiron, L. Leaders of sustainable development projects: Resources used and lessons learned in a context of environmental education. *J. Educ. Sustain. Dev.* **2014**, *8*, 155–169. [CrossRef]
17. Marika, L.; Andreassen, T.W.; Clatworthy, S.; Hillestad, T. *Innovating for Trust*; Chapter 11: “Service Design Thinking”; Edward Elgar Pub: Cheltenham, UK, 2017; ISBN 978 1 78536 947 6.
18. Ide, T.; Tubi, A. Education and environmental peacebuilding: Insights from three projects in Israel and Palestine. *Ann. Am. Assoc. Geogr.* **2020**, *110*, 1–17. [CrossRef]
19. Hehn, J.; Uebernickel, F.; Herterich, M. Design Thinking Methods for Service Innovation—A Delphi Study. In Proceedings of the PACIS 2018, Yokohama, Japan, 26–30 June 2018; Available online: <https://aisel.aisnet.org/pacis2018/126> (accessed on 14 May 2020).
20. ME310. ME310 Design Innovation at Stanford University. 2010. Available online: https://web.stanford.edu/group/me310/me310_2016/ (accessed on 15 July 2020).
21. Veenhoven, R. Happy life-expectancy. *Soc. Indic. Res.* **1996**, *39*, 1–58. [CrossRef]
22. Brundtland, G.H. World Commission on Environment and Development (WCED). *Our Common Future* **1987**, *17*, 1–91.
23. De Haan, F.J.; Ferguson, B.C.; Adamowicz, R.C.; Johnstone, P.; Brown, R.R.; Wong, T.H.F. The needs of society: A new understanding of transitions, sustainability and liveability. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* **2014**, *85*, 121–132. [CrossRef]
24. Bourdieu, P. Habitus. In *Habitus: A Sense of Place*, 2nd ed.; Hillier, J., Rooksby, E., Eds.; Ashgate Publishing Ltd.: Hants, UK, 2005; pp. 43–49.
25. Knoeri, C.; Steinberger, J.K.; Roelich, K. End-user centered infrastructure operation: Towards integrated end-use service delivery. *J. Clean. Prod.* **2016**, *132*, 229–239. [CrossRef]
26. Available online: <http://i2t.webs.upv.es/documentos/Reto2SUEZ.pdf> (accessed on 15 July 2020). (In Spanish)
27. Aguas de Huelva. Available online: <https://www.aguashuelva.com/retos-sociales-retos-compartidos/> (accessed on 15 July 2020). (In Spanish)
28. Newton, P.; Meyer, D. Exploring the Attitudes-Action Gap in Household Resource Consumption: Does Environmental Lifestyle Segmentation Align with Consumer Behaviour? *Sustainability* **2013**, *5*, 1211–1233. [CrossRef]
29. Dean, A.J.; Fielding, K.S.; Newton, F.J. Community Knowledge about Water: Who Has Better Knowledge and Is This Associated with Water-Related Behaviors and Support for Water-Related Policies? *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0159063. [CrossRef] [PubMed]

30. Willis, R.M.; Stewart, R.A.; Giurco, D.P.; Talebpour, M.R.; Mousavinejad, A. End Use Water Consumption in Households: Impact of Socio-Demographic Factors and Efficient Devices. *J. Clean. Prod.* **2013**, *60*, 107–115. [CrossRef]
31. Beal, C.D.; Flynn, J. Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs. *Util. Policy* **2015**, *32*, 29–37. [CrossRef]
32. Fielding, K.S.; van Kasteren, Y.; Louis, W.; McKenna, B.; Russell, S.; Spinks, A. Using individual householder survey responses to predict household environmental outcomes: The cases of recycling and water conservation. *Resour. Conserv. Recycl.* **2016**, *106*, 90–97. [CrossRef]
33. Willis, R.M.; Stewart, R.A.; Panuwatwanich, K.; Williams, P.R.; Hollingsworth, A.L. Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *J. Environ. Manag.* **2011**, *92*, 1996–2009. [CrossRef]
34. Kujawińska, A.; Rogalewicz, M.; Diering, M. Application of expectation maximization method for purchase decision-making support in welding branch. *Manag. Prod. Eng. Rev.* **2016**, *7*, 29–33. [CrossRef]
35. Wierzbicka, W. Socio-economic potential of cities belonging to the Polish National Cittaslow Network. *Oeconomia Copernic.* **2020**, *11*, 203–224. [CrossRef]
36. Sakao, T.; Neramballi, A. A Product/Service System Design Schema: Application to Big Data Analytics. *Sustainability* **2020**, *12*, 3484. [CrossRef]
37. Verganti, R. Design, Meanings, and Radical Innovation: A Metamodel and a Research Agenda. *J. Prod. Innov. Manag.* **2008**, *25*, 434–456. [CrossRef]
38. Verganti, R. Design as brokering of languages: The role of designers in the innovation strategy of Italian firms. *Des. Manag. J.* **2003**, *3*, 34–42.
39. Potthoff, T.; Siemon, D.; Wilms, K.; Möser, S.; Hellmann, M.; Stieglitz, S.; Robra-Bissantz, S. Collaborative Service Blueprinting for Design Thinking: Evaluation of a Digital Prototype. In Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa Village, HI, USA, 3–6 January 2018; Available online: <http://hdl.handle.net/10125/50467> (accessed on 14 May 2020).
40. Buchanan, R. Wicked Problems in Design Thinking. *Des. Issues* **1992**, *8*, 5–21. [CrossRef]
41. Instituto Nacional de Estadística. Available online: <https://www.ine.es/prensa/np934.pdf> (accessed on 15 July 2020). (In Spanish)
42. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). Available online: <https://www.un.org/waterforlifedecade/index.shtml> (accessed on 15 July 2020).
43. Young, G. Design Thinking and Sustainability. Available online: <https://zum.io/wp-content/uploads/2010/06/Design-thinking-and-sustainability.pdf> (accessed on 15 July 2020).
44. Tannian, M.F. Embracing Quality with Design Thinking. In *The Future of Software Quality Assurance*; Goericke, S., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 161–174. [CrossRef]
45. Haemmerle, L.; Shekar, A.; Walker, D. Key concepts of radical innovation for sustainability, with complementary roles for industrial design and engineering. *Int. J. Sustain. Des.* **2012**, *2*, 24–45.
46. Boyle, T.; Giurco, D.; Mukheibir, P.; Liu, A.; Moy, C.; White, S.; Stewart, R. Intelligent Metering for Urban Water: A Review. *Water* **2013**, *5*, 1052–1081. [CrossRef]
47. Clatworthy, S. Bridging the gap between brand strategy and customer experience. *Manag. Serv. Qual.* **2012**, *22*, 108–127. [CrossRef]
48. Hussein, H. A critique of water scarcity discourses in educational policy and textbooks in Jordan. *J. Environ. Educ.* **2018**, *49*, 260–271. [CrossRef]
49. Pruneau, D.; El Jai, B.; Khattabi, A.; Benbrahim, S.; Langis, J. Using design thinking and Facebook to accompany women in solving water problems in Morocco. In *Handbook of Sustainability Science and Research*; World Sustainability Series; Filho, W., Ed.; Springer: Berlin, Germany, 2018.
50. Enfoque Comunicación. Available online: www.enfoquecomunicacion.com/ (accessed on 15 July 2020). (In Spanish)
51. Dell’Era, C.; Marchesi, A.; Verganti, R. Mastering Technologies in Design-Driven Innovation. *Res. Technol. Manag.* **2010**, *53*, 12–23. [CrossRef]
52. Dell’Era, C.; Magistretti, S.; Cautela, C.; Verganti, R.; Zurlo, F. Four kinds of design thinking: From ideating to making, engaging, and criticizing. *Creat. Innov. Manag.* **2020**, *29*, 324–344. [CrossRef]

53. Manzini, E. Context-based wellbeing and the concept of regenerative solution: A conceptual framework for scenario building and sustainable solutions development. *J. Sustain. Prod. Des.* **2002**, *2*, 141–148. [[CrossRef](#)]
54. Shapira, H.; Ketchie, A.; Nehe, M. The integration of Design Thinking and Strategic Sustainable Development. *J. Clean. Prod.* **2017**, *140*, 277–287. [[CrossRef](#)]

Publisher’s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).