

This is a post-print of the article that was published as:

Blanco, T., Casas, R., Asensio, Á., & Tamargo, A. (2018). Diseño de la gestión del ciclo del agua en pequeños núcleos urbanos mediante Design Thinking. DYNA-Ingeniería e Industria, 93(1).

The final publication is available (open access) at:

<https://www.revistadyna.com/busqueda/disenio-de-gestion-del-ciclo-del-agua-en-pequenos-nucleos-urbanos-mediante-design-thinking>

## DISEÑO DE LA GESTIÓN DEL CICLO DEL AGUA EN PEQUEÑOS NÚCLEOS URBANOS MEDIANTE DESIGN THINKING

### DESIGN OF WATER CYCLE MANAGEMENT IN SMALL URBAN CENTERS USING DESIGN THINKING

Teresa Blanco <sup>ab\*</sup>, Angel Asensio <sup>b</sup>, Adriana Tamargo <sup>b</sup> y Roberto Casas <sup>ac</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Zaragoza. Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón. Mariano Esquillor, s/n. 50018 Zaragoza.

[tblanco@unizar.es](mailto:tblanco@unizar.es) <sup>b</sup> Universidad de Zaragoza. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. María de Luna, 1. 50018 Zaragoza <sup>c</sup> Universidad de Zaragoza. Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. María de Luna, 1. 50018 Zaragoza.

#### RESUMEN:

En el presente artículo se estudia la problemática de la gestión del agua en pequeños núcleos urbanos no tecnificados. Este escenario presenta una alta complejidad tanto de usuarios como de entorno combinada con la dificultad para recurrir a tecnologías de mercado por cuestiones presupuestarias. Basado en métodos de diseño, y con un planteamiento metodológico iterativo y diseñado ad hoc con técnicas que permiten una profundización incremental (personas, shadowing, necesidades relacionales, etc.) se desarrolla un conocimiento profundo de los diferentes escenarios, procesos, usuarios y tecnologías involucradas. Sacando a la luz información latente a priori no especificada, sintetizando y estructurando una gran cantidad de información de tal modo que sea usable a la hora de diseñar las posibles soluciones, se identifican necesidades comunes a escenarios y usuarios muy diferentes entre sí y se mejora la comunicación y el entendimiento entre especialidades diversas. En definitiva, las subsiguientes fases de diseño y desarrollo de la solución se afrontan con una garantía mucho mayor de éxito en términos de viabilidad técnica y comercial.

Palabras clave: Design Thinking, multidisciplinaridad, gestión del agua, metodologías de diseño, codiseño, Personas, shadowing

#### ABSTRACT:

This paper studies the problem of water management in small, non-technified villages. This scenario presents a high complexity of both users and scenarios combined with the difficulty to use market technologies for budgetary matters. Based on design methods (Personas, shadowing, relational needs, etc.), with an iterative, designed ad hoc methodological approach, a deep knowledge of the different scenarios, processes, users and technologies involved is gained. Methodology is able to uncover latent information not a priori specified, synthesize and structure a large amount of information in a way that is usable in the latter design of solutions, identify common needs to scenarios and users very different from each other, and foster communication and understanding between diverse specialties. In short, the subsequent design and development phases of the solution are faced with a much greater guarantee of success in terms of technical and commercial viability.

Keywords: Design Thinking, multidisciplinarity, water management, design methodologies, codesign, Personas, shadowing

## 1.- INTRODUCCION

La limitación de los recursos hídricos y la gestión inadecuada de los mismos son dos de los problemas principales en relación a la gestión del agua en España. El desarrollo económico y el aumento de la población ha provocado la disminución acelerada de un recurso ya de por sí limitado y con un panorama futuro que plantea importantes incrementos de la demanda [1]. Los **fuertes contrastes geográficos y climáticos** del país condicionan la distribución y disponibilidad de los recursos hídricos naturales, siendo limitantes principales los problemas de sequía, la irregularidad temporal de los recursos y el carácter árido del país [2]. La superficie de aridez ha alcanzado un porcentaje de 8,94% frente a los valores

inferiores al 1% que se habían mantenido hasta el 2009 [3]. En cuanto a la precipitación anual, España se encuentra muy por debajo de la media europea, situándose una gran zona del país dentro del rango mínimo definido por la European Environment Agency (EEA)[4]. Este déficit, junto con acontecimientos puntuales como la fuerte sequía del bienio 2003-2005, han supuesto un significativo descenso en los niveles de presas y embalses, y provocado un **estado de prealerta hidrológico** desde 2011 [3]. Además, el incremento de los **contaminantes tanto en aguas superficiales como subterráneas** [3], supone una disminución del porcentaje de agua adecuada para el consumo y una mayor inversión en técnicas de desinfección y purificación.

En este sentido, es crítico que los mecanismos de gestión [5] aseguren un ciclo integral del agua sostenible y sensible a la realidad vigente. Sin embargo, en la actualidad no solo nos encontramos con que no responden al problema, sino que contribuyen a su acentuación. Se dan ciertas deficiencias en la gestión y explotación de los **sistemas de depuración** de aguas residuales, tales como una operación incorrecta, la falta de financiación o la carencia de controles. Por otro lado, las **pérdidas en las redes de abastecimiento** son otro de los factores que merma la cantidad de recurso disponible, provocando fallos en el suministro de agua potable con relativa frecuencia en ciertos entornos.

Uno de los casos más críticos y vulnerables son los pequeños núcleos aislados (menos de 500 habitantes), que según el Instituto Nacional de Estadística representan en España el 48% de los núcleos poblacionales, pero sólo el 1,6 % de la población [6]; en algunas comunidades como Aragón, Castilla León o la Rioja el porcentaje de pequeños núcleos sube al 73%, 78% y 76% respectivamente. Derivado de las competencias que la ley les confiere, generalmente el control y la gestión del agua (abastecimiento, saneamiento, depuración, control de red, facturación, etc.) se han de realizar con escasos recursos económicos, humanos y técnicos. A pesar de que muchas veces existe el apoyo de órganos supramunicipales (comarcas, mancomunidades, etc.) la realidad es que cada municipio tiene su propia manera de gestionarse. Esto deriva en una falta de estandarización en los protocolos, actuaciones fuera de la normativa vigente y dificultades por parte de los órganos de control para hacer un seguimiento óptimo del proceso, con los consiguientes riesgos de salud, ineficiencia técnica y económica, impacto medioambiental, etc. A la mencionada necesidad de gestión autónoma del recurso, en estos entornos la problemática asociada al agua se extiende a otras circunstancias tales como la variabilidad en el origen del agua y sus condiciones, la variabilidad poblacional (multiplicando población en verano o fines de semana), la dispersión geográfica o la limitada cualificación técnica del personal (en algunos casos son voluntarios del pueblo quienes se turnan para llevar a cabo los controles diarios) para realizar de manera segura y eficiente la gestión del servicio.

En este contexto se ha desarrollado un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, cuyo **objetivo es dar solución desde la ingeniería al problema de la gestión de agua en pequeños núcleos de población no tecnificados**.

Desde una perspectiva interdisciplinar, el proyecto ha reunido a hidrogeólogos, ingenieros químicos, ingenieros de recursos naturales, licenciados en ciencias medioambientales, ingenieros industriales e ingenieros de diseño industrial. El escenario de proyecto implica tres principales barreras: la dificultad para recurrir a tecnologías de mercado -sensorizado de niveles en depósitos, presión de red o contadores inteligentes- por cuestiones presupuestarias, la alta complejidad de usuarios derivada de la heterogeneidad de actores involucrados cada uno con diferentes formaciones, capacidades, intereses y motivaciones; y por último, un caleidoscopio extremo de realidades muy diferentes, tanto de usuario como de entorno, a las que había que dar respuesta con un solo sistema.

En el presente artículo se evalúa la capacidad del ***Design Thinking* como un complemento al pensamiento analítico tradicional, capaz de aportar herramientas metodológicas eficaces para el estudio y diagnóstico de problemas desde la ingeniería** y en concreto, en el marco de un proyecto interdisciplinar real con un usuario y contexto especialmente complejos.

## **2.- MATERIALES Y MÉTODOS**

Se propone una metodología desde el campo de la ingeniería de diseño industrial con una adscripción más específica en el *Design Thinking*, con dos objetivos: analizar la realidad a la que nos enfrentábamos efectuando un análisis pormenorizado de necesidades y requerimientos de la multiplicidad de usuarios y de entornos; y facilitar el posterior trabajo interdisciplinar.

Esta propuesta permite focalizar la creatividad en la generación de *insights*, nuevos significados y soluciones que ayuden a resolver las necesidades de los usuarios de un modo tecnológicamente factible y económicamente viable [7] [8]. En el

ámbito más específico de la gestión del agua, se ha utilizado para el desarrollo de productos de depuración [9] y tratamiento de agua [10]; para el diseño de la gestión del agua tras desastres medioambientales [11]; o para la definición de las políticas de gestión regional en Sudáfrica [12]. En definitiva, no existen antecedentes de la aplicación de estrategias de *creative thinking* al área de aplicación del trabajo.

Diversos autores han enunciado metodologías generales que se recogen bajo el paraguas del *Design Thinking* [8] [13-15] y que coinciden en su correspondencia con procesos iterativos no lineales. Una de las principales y más extendida se refiere a un proceso que consta de tres “espacios”, denominados de esta forma ya que no se conciben como fases secuenciales sino como áreas superpuestas, y designados como *inspiration, ideation, e implementation* [16]. Es en el primero de estos espacios donde se centra la propuesta metodológica, dirigida a estudiar “el problema u oportunidad que motiva la búsqueda de soluciones”.

Este primer paso consiste en aplicar una acción analítica de la situación de partida con el objetivo de detectar qué condicionantes o barreras van a influir. Esta acción se centraliza en dos dimensiones, producto y equipo, prefijando como puntos más determinantes los siguientes:

**La complejidad del entorno**, derivada de:

- La multiplicidad de escenarios. La atomización, aislamiento e idiosincrasia de los municipios-objetivo son tales que el rango de “pueblos menores de 500 habitantes”, aunque contribuye a acotar el entorno, no puede ser considerado como un único escenario con características y necesidades comunes, lo que implica estudios específicos de segmentación de contexto.
- La complejidad en la gestión supramunicipal y competencias. En la gestión del agua no existe un organismo único que centralice la información, competencias o gestión; por el contrario, entran en juego diversos organismos políticos, de naturalezas y adscripción muy diferentes, con distintas actitudes, responsabilidades y funciones. Esto añade variables externas al análisis de usuario y entorno, así como una gran dificultad para encontrar y contrastar información.
- El desconocimiento del entorno, que se deriva en parte de los dos puntos anteriores. A pesar de la alta especialización del equipo de trabajo, la realidad es que la práctica dista de la definición teórica de gestión del ciclo del agua y de las aplicaciones habituales empresariales e institucionales. Por ello se hace imprescindible el aprendizaje del funcionamiento y vida dentro del mismo.
- El carácter adverso de sus circunstancias. A pesar de que la necesidad es evidentemente crítica –vistas las implicaciones que una gestión del agua tiene en el medioambiente y en la salud–, los obstáculos e inconvenientes superan la consecución de una posible solución en la mayoría de los casos. El producto ha de enfrentarse a las restricciones mencionadas en la introducción.

**La alta heterogeneidad de usuario**, como consecuencia de la gran diversidad de perfiles, profesiones y capacidades de los implicados en la gestión del agua. Personas con alta especialización y personas sin formación específica comparten objetivos, responsabilidades y espacios; además, no existe una correlación homogénea entre perfiles profesionales y responsabilidades o actividades asociadas. Como consecuencia, existe una alta variabilidad de conocimientos y habilidades en función del profesional y del equipo de cada municipio, y el producto ha de ser diseñado para dar respuesta a esta diversidad. Es imprescindible por tanto que los profesionales del proyecto desarrollen un alto grado de empatía y la disposición para prever diferentes puntos de vista.

**Los condicionantes del proyecto** donde metodologías no habituales han de ser engranadas y aceptadas [17], y **del equipo**, con buena predisposición, pero desconocedores de los procesos de diseño en sí mismos y expectantes ante la novedad. En este grupo se incluyen los usuarios finales como miembros del proceso de diseño, como fuente de información, como objeto a estudiar y/o como participante activo. A nivel interdisciplinar, pues, los métodos han de favorecer la comunicación entre las especialidades, con un lenguaje común y por tanto asequible a todos, pero a la vez técnico, concreto y riguroso. Además, la metodología ha de permitir un paso fluido entre paquetes de trabajo.

La metodología consta de tres fases, de investigación, inmersión y análisis. En la Figura 1 se relacionan con los objetivos que las definen (entradas) y los resultados que dan arranque a la fase siguiente (salidas).

En la Figura 2 aparecen desglosadas las técnicas y herramientas asociadas a cada fase. La numeración asignada sirve de referencia en el ensayo y el código de color diferencia en tono oscuro aquellas técnicas realizadas “en laboratorio” –es decir, por un equipo de profesionales del proyecto–, de aquellas en tono claro realizadas por el equipo en colaboración con usuarios u otros actores del ecosistema. Aunque se representan de forma lineal –para favorecer la legibilidad–, el carácter iterativo permanece invariable y –en función del proyecto– el diseño puede fluir a partir de diferentes iteraciones,

o bien comenzar en otro punto; por ejemplo, en la inmersión de contexto. El detalle de cada una de las fases se detalla en el trabajo “Propuesta metodológica para la identificación de necesidades en problemas de ingeniería”.

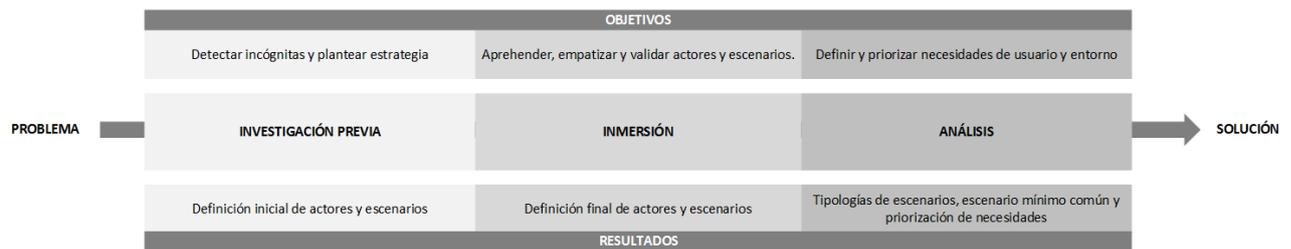


Figura 1. Objetivos y resultados de las fases de la metodología

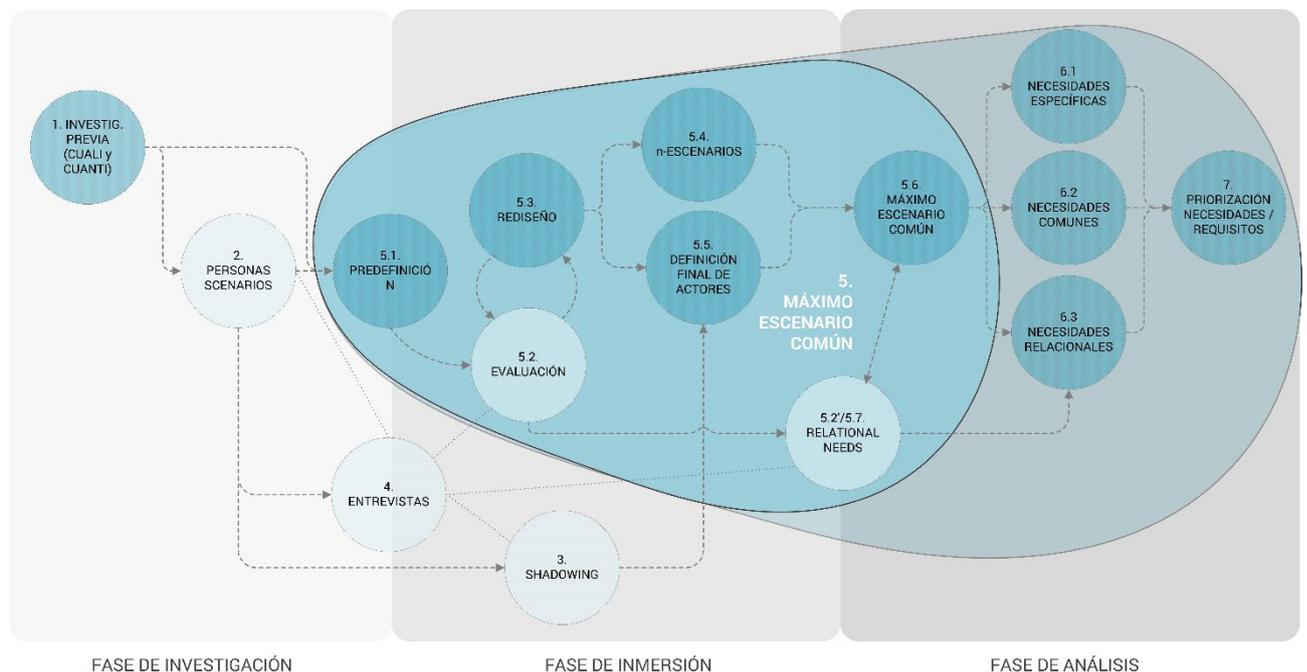


Figura 2. Desglose de las fases principales.

### 3.- RESULTADOS

La metodología descrita fue aplicada en un paquete de trabajo que involucró durante varios meses a profesionales de muy diferentes especialidades (hidrogeología, ingeniería química, ciencias ambientales, económicas, ingeniería industrial e ingeniería de diseño industrial); 14 municipios como escenarios del trabajo de campo; y a un total de 24 usuarios finales.

#### 3.1 FASE DE INVESTIGACIÓN PREVIA

En este caso, la fase de investigación previa se llevó a cabo a través de (i) una investigación documental de normativa y fuentes institucionales; (ii) análisis de datos demográficos; (iii) análisis de datos de instalaciones; (iv) entrevistas con actores e instituciones. Esto permitió una **macro y micro segmentación** inicial de municipios a partir de variables de población, situación, economía, nivel de tecnificación, o grado de externalización del servicio del agua. Definimos asimismo la primera segmentación de escenarios, según el tipo de gestión, que contemplaba los siguientes grupos de municipios (i) gestión integral externalizada (ii) gestión del algaucil y externalizaciones concretas; (iii) gestión 10% del algaucil; (iv) gestión de voluntariado.

Aunque concienciados acerca de la necesidad, ninguno de los socios del consorcio estaba familiarizado con el trabajo con usuarios y los resultados que podía ofrecer. Con un formato de *workshop*, se puso en práctica el método *Personas-*

Scenarios como actividad “puente” entre esta y la siguiente fase [18]. Como actividad previa común el equipo completo de ingeniería definió los perfiles de usuario que se preveían más relevantes en función de las conclusiones de las actividades anteriores. A partir del taller, los seis perfiles acordados (en concreto las figuras de alcalde, administrativo/secretario del ayuntamiento, habitante habitual, habitante ocasional y empresario de la zona) pasaron de ser figuras genéricas a arquetipos o personas con personalidad, características y un enfoque del problema propios. Las fichas generadas posteriormente a partir de los resultados del taller (Figura 3) recogen las características de cada actor, sus motivaciones individuales hacia el tema del agua, así como ítems que influirán en la aceptación de la solución, como su nivel de conocimiento tecnológico o su actitud al medioambiente, por ejemplo.



Figura 3. Fichas de dos de los arquetipos.

Estas fichas fueron usadas posteriormente como medio de comunicación entre profesionales; para visualizar las motivaciones de cada actor; hacer comparativas entre ellos (Figura 3); definir *insights*; detectar los actores con mayor implicación en el proceso; establecer de forma breve qué espera cada perfil de la solución de diseño; visualizar escenarios reales (el día a día de cada actor) e ideales (el día a día de cada actor con la solución ya integrada en él); y para preparar las dinámicas con usuarios de la siguiente fase, en un proceso de triangulación. La participación de todos los perfiles profesionales en el taller fue imprescindible para centrar las fichas en lo realmente relevante para el trabajo posterior; especialmente, el conocimiento profundo del entorno por parte de los expertos en el ciclo del agua, combinado con el enfoque a producto desde la perspectiva de la ingeniería de diseño. En este punto del proceso habíamos conseguido una visión particular, empática y orientada a producto de los perfiles de usuario, pero aún arquetípica.

### 3.2 FASE DE INMERSIÓN

La selección de los municipios para ejecutar el trabajo de campo en esta fase siguió criterios de dispersión geográfica, tipo de gestión y tipo de zona geográfica. Se contactó con un total de 16 municipios entre los que se encuentran como mínimo tres municipios de cada tipología predefinida, cada uno de ellos de un tipo de zona geográfica diferente: a revitalizar, intermedia o periurbana.

La inmersión en el contexto se consiguió a partir de técnicas etnográficas, entrevistas y dinámicas con usuarios. Las entrevistas con usuarios y expertos sirvieron para una doble función: por un lado, acabar de perfilar las necesidades específicas de usuario predefinidas con *Personas-Scenarios* y por otro realizar la evaluación y redefinición de los escenarios predefinidos en laboratorio.

Escenario	Fortalezas	Debilidades
<b>1. Gestión integral externalizada</b>	Disponibilidad de medios técnicos y personal altamente formado para una gestión correcta. Alta tecnificación. Descarga de esfuerzos a los ayuntamientos.	La implicación y concienciación de la población es mínima. Son necesarios importantes recursos económicos.
<b>2. Gestión del alguacil 100%</b>	Disponibilidad del encargado 24/7.	El abastecimiento y saneamiento dependen exclusivamente de una única persona; la correcta gestión depende de sus capacidades individuales y motivación. Extremadamente difícil su sustitución, por ejemplo en períodos vacacionales. Muchas veces, desgaste del empleado. Falta de formación.
<b>3. Gestión del alguacil y externalizaciones puntuales.</b>	Menor carga de trabajo para el encargado, mayor tecnificación en cuestiones donde es necesario una mayor especialización.	Las mismas que en el caso anterior, algo minimizadas en los puntos de externalización. Son necesarios recursos económicos.
<b>4. Gestión externalizada parcial con gestión supramunicipal (comarcas o mancomunidades)</b>	Descarga del ayuntamiento gracias a la gestión por un órgano supramunicipal. Mayor especialización. Mayor disponibilidad de medios gracias a la agrupación de municipios.	Gastos asociados a la heterogeneidad y deslocalización de municipios en grandes extensiones de terreno. Gestión supramunicipal compleja, grandes dificultades de comunicación con los municipios, debido a medios de comunicación desfasados.
<b>5. Gestión de varios municipios (municipios que comparten ciertos empleados como el administrativo o el alguacil)</b>	Ahorro en personal.	Problemas en el control y seguimiento de los procesos al no haber estandarización de protocolos ni formación del personal en temas medioambientales. La comunicación entre actores no está protocolizada, se funciona sobre la marcha.
<b>6. Gestión del alcalde o voluntario</b>	El coste en nóminas es cero (única vía para pueblos sin recursos). La implicación y concienciación de la población es directa.	La falta de medios, la diferencia de criterios, la falta de formación de los encargados hacen imposible una correcta gestión. No hay sistemas de compensación. La comunicación entre actores es mínima y oral, no se registran datos.

Tabla 1. Debilidades y fortalezas de los escenarios

El taller y las entrevistas señalaban al alguacil como una figura imprescindible en este contexto: con responsabilidad directa en las tareas de control y gestión del agua y constante en todos los escenarios; sin información documental o guía acerca de sus atribuciones, protocolos o tareas; y con gran importancia en la posible adopción o rechazo de una herramienta tecnológica. Así, se llevó a cabo la técnica de *shadowing* con dos usuarios del perfil de alguacil; consiste en el seguimiento del usuario cuando éste realiza tareas cotidianas, sin que el observador influya en las mismas y recogiendo información tanto de sus acciones como de su humor, lenguaje corporal, ritmo o tiempos de acción, consiguiendo una imagen total del mundo desde el punto de vista del usuario [19]. La comparativa de ambas experiencias nos permitió tener una experiencia real del proceso y comparar dos actitudes muy diferentes ante la gestión del ciclo que tendrán repercusiones diferentes en el uso de la solución tecnológica: una actitud pasiva, en la que apenas se capturan datos ni se prevén incidencias, frente a otra extremadamente activa, con varios desplazamientos diarios, comprobaciones, mediciones en puntos diferentes, captura masiva de datos diarios –con falta de recursos para gestionarlos–, y trabajo de previsión de fugas por medio de lecturas diarias de los contadores.

Los resultados de la técnica han permitido al equipo técnico ver directamente la extrema variabilidad de usuarios que se pueden encontrar dentro de un mismo perfil; al redactar las primeras necesidades y restricciones ciertas acciones de uno de los usuarios sirven también como punto de inspiración para prever qué contenidos o características del software pueden enganchar, motivar o fidelizar a la solución, dependiendo del tipo de carácter de usuario.

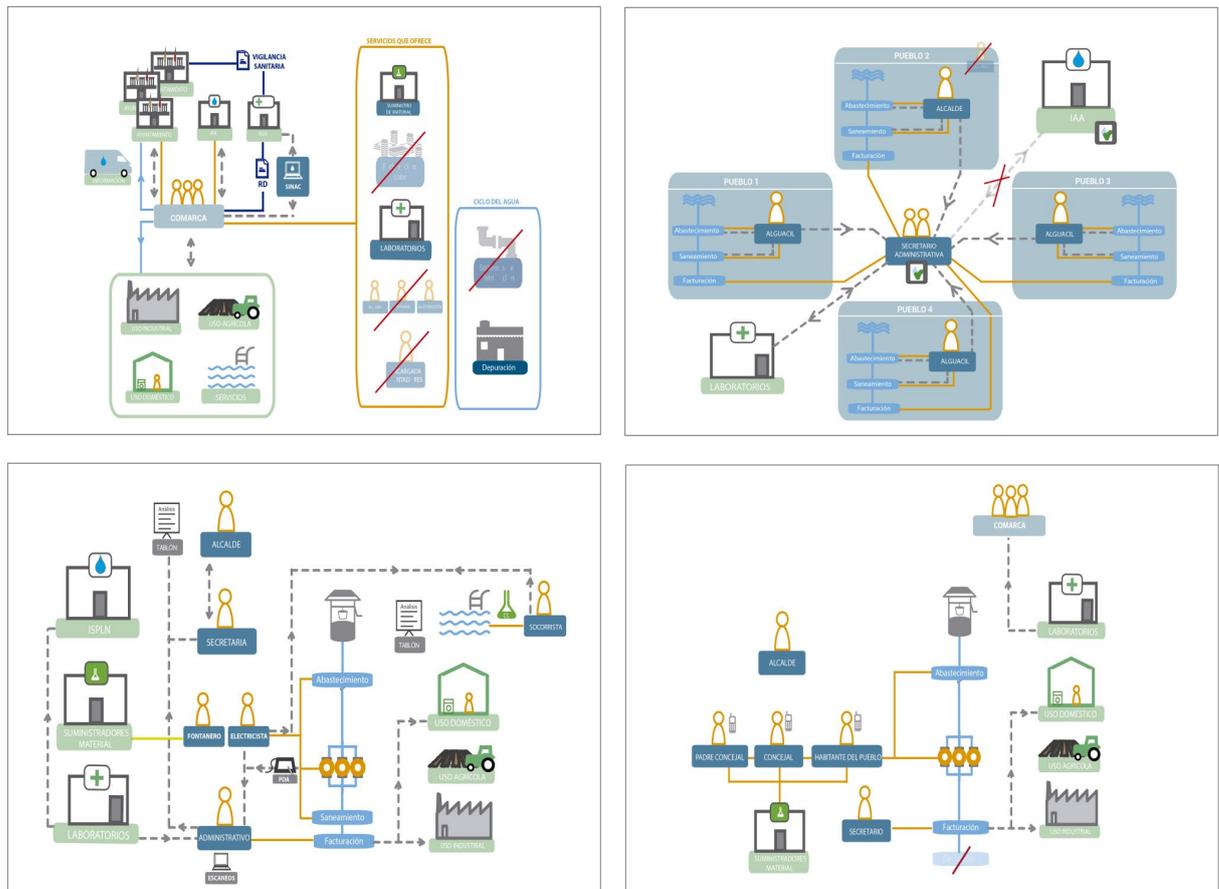


Figura 4. Escenarios definitivos tras las sesiones de codiseño con los escenarios predefinidos. Las líneas azules indican el flujo del agua, las grises de la información, naranjas los servicios/gestión, amarillas el material y rojas pequeñas variaciones posibles en algunos escenarios. Superior izquierda: escenario 4; superior derecha: escenario 5; inferior izquierda: escenarios 1, 2, 3; inferior derecha: escenario 6.

La ausencia de referencias institucionales había centrado el análisis documental en los datos recogidos y la normativa aplicable; por su parte, las entrevistas, *personas-scenarios* y *shadowing* habían aportado datos muy valiosos desde la perspectiva particular del usuario; el Máximo Escenario Común (M.E.C.) buscaba integrar los conocimientos en estructuras funcionales. En la fase de predefinición, la materialización infográfica de los escenarios se basó en cuatro pueblos reales que respondían a cada una de las tipologías de la segmentación previa. En estas se interrelaciona el ciclo del agua con actores, instituciones involucrados, estableciendo los flujos de relación entre las partes.

A partir de ese momento se puso en marcha la fase de diagnóstico y evaluación externa, como técnica multidisciplinar –implementada con técnicos de medioambiente- y como una técnica de codiseño –implementada con usuarios finales.

Los resultados de esta fase se dieron a varios niveles: por un lado, rediseño de los escenarios y en el **replanteamiento efectivo de una nueva y definitiva clasificación de escenarios**. En la figura 4 y en la Tabla 1 se recoge la nueva clasificación, junto a algunos de los ítems analizados en un análisis de debilidades y fortalezas que llevamos a cabo posteriormente.

Por otro lado y en comparativa con las técnicas tradicionales que habíamos puesto en marcha con el mismo fin, se produjo una **mayor transmisión de datos desde el usuario hacia el equipo de proyecto**. Aquellos usuarios que en principio se mostraban poco comunicativos y con dificultad para visualizar un escenario conjunto de gestión, gracias a la herramienta pudieron dibujar la realidad de forma ágil y distendida. La dinámica permitió también descubrir puntos en los que incidir e importantes oportunidades de mejora no previstos, alguno de los cuales constituyó el *leit motiv* del producto final; hay

que señalar que es imprescindible un trabajo de interpretación posterior, ya que las conclusiones parten tanto de argumentos tratados explícitamente como de comentarios espontáneos, aparentemente sin trascendencia, que combinados adecuadamente con otro tipo de información, resultan reveladores.

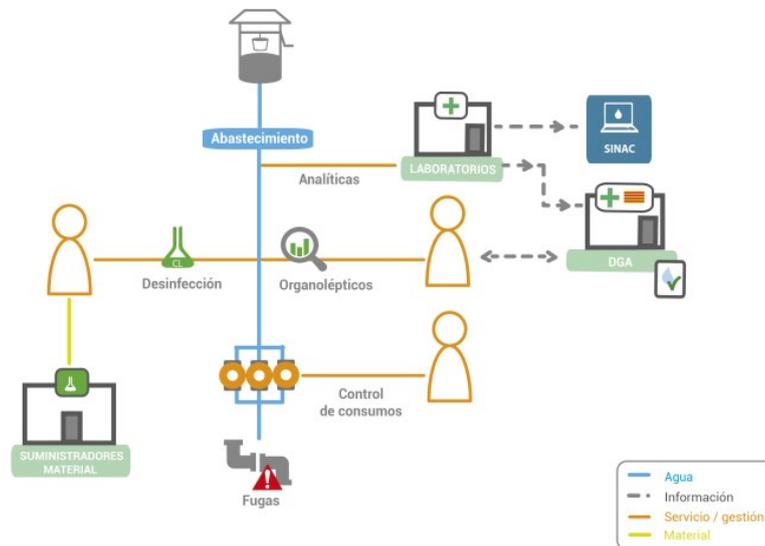


Figura 5. *Máximo Escenario Común (M.E.C)*

La fase de definición del Máximo Escenario Común permite simplificar la variedad de escenarios detectados y sus diferencias: la superposición de los 6 escenarios facilita concretar qué actores e instituciones, tipos de instalaciones, acciones y protocolos, mediciones y cálculos son compartidos por el total de escenarios (Figura 5).

### 3.3. FASE DE ANÁLISIS

La redacción de necesidades fue desarrollándose en paralelo a la ejecución de cada actividad. Finalmente, en esta fase se produjo un análisis crítico, combinando resultados de las diferentes fuentes y técnicas para definir, clasificar y priorizar las necesidades y requerimientos finales. De la lectura vertical y horizontal de las clasificaciones, combinada con las necesidades críticas del escenario mínimo común se llega a un diagnóstico absolutamente estructurado de todas las dimensiones del problema.

## 4.- CONCLUSIONES

La gestión del agua en pueblos no tecnificados es un escenario complejo, con gran cantidad de problemas no resueltos y variabilidad en sus características. Estas circunstancias hacen que actualmente no existan soluciones adecuadas, se aplican las mismas que en poblaciones de tamaño medio, y fuerza a que el proyecto genere alternativas innovadoras desde la ingeniería. Así, se hace esencial un estudio profundo que proporcione conocimiento de unos escenarios, sujetos a una normativa concreta pero que no se corresponden con la realidad observada; además, el conocimiento de esta realidad no está ni documentado, ni se encuentra centralizado en ninguna persona o entidad. Esto hace que los resultados de las metodologías clásicas de extracción de información no ofrezcan unos resultados satisfactorios que permitan la innovación.

El artículo demuestra la capacidad de las metodologías propias del *Design Thinking* para su aplicación industrial no sólo en el desarrollo de la forma y funcionalidad de los productos, sino como parte de la gestión global del proceso. Concretamente, la validez de una metodología se demuestra considerando su contribución a la resolución de los problemas identificados [20]. En el caso concreto de la gestión del agua, hay varios aspectos prácticos lo demuestran: ha permitido generar un amplio conocimiento de un entorno con una complejidad humana y técnica y con gran cantidad de información latente no especificada; redefinir la segmentación inicial de escenarios; definir los roles y competencias de cada actor y entidad y sobre todo sus interrelaciones; favorecer la comunicación entre especialidades con lenguajes diferentes y la creación de un conocimiento compartido; definir, conocer, empatizar y experimentar con el usuario; sintetizar y

estructurar una gran cantidad de información desarrollando materiales usados como herramienta base en las siguientes fases del proyecto (como medio de comunicación, de discusión y de difusión de resultados); determinar y acotar modularmente tanto las especificaciones obligatorias como las deseables o extra; y finalmente (y en sintonía con todos los miembros del equipo) afrontar las subsiguientes fases de proyecto con unas mayores garantías de éxito en términos de innovación, viabilidad técnica y comercial.

Adicionalmente, las técnicas etnográficas no solo permiten extraer información, sino que facilitan un mayor acercamiento al usuario como compañero de proyecto. La relación humana es verdaderamente esencial en ciertos entornos desfavorecidos como el que aquí se trata. En este caso, al inicio del proyecto se detecta en ciertas personas una falta de confianza inicial y/o resistencia. En las dinámicas llevadas a cabo, la relación se basa en una relación de experto a experto –el usuario como experto en su propio entorno–, a partir de la cual el usuario se siente colaborador y no siente la presión de ser analizado o juzgado, por lo que la comunicación fluye.

Como líneas de trabajo futuras identificamos la evaluación de la efectividad del producto diseñado (una aplicación web que integra una red social privada entre todos los usuarios del sistema de gestión y la telemetría de sensores en diferentes puntos del ciclo del agua), así como el uso de la información generada en otros ámbitos como la prevención de riesgos laborales.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2002). Situación de los recursos hídricos en España: efectos ambientales de los problemas de escasez. *Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Hidrológico Nacional*, 2(2.2), 12-42. Recuperado de: <http://www.chsegura.es/chs/planificacionydma/planhidrologiconacional/evaluacionambientalestrategica/index.html>. Último acceso: febrero de 2017
- [2] Naredo, J. M. (2014). El agua y la solidaridad. *Boletín CF+ S*, (11).
- [3] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016). Sistema de indicadores del Agua. Recuperado de: <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/sia-/indicadores.aspx> Último acceso: febrero de 2017.
- [4] European Environment Agency (EEA) (2009). Average annual precipitation in the EEA area. Recuperado de: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/average-annual-precipitation>. Último acceso: febrero de 2017.
- [5] Respo, E. C., Espert, V., & Serra, J. G. (2000). El ingeniero industrial ante el reto de una nueva gestión del agua en el siglo XXI. *Dyna*, 75(7), 6-16.
- [6] Instituto Nacional de Estadística, 2015
- [7] Cross, N. (2011). *Design thinking: Understanding how designers think and work*. Berg.
- [8] Stickdorn, M., & Schneider, J. (2011). *This is service design thinking: Basics, tools, cases*. Wiley.
- [9] Pek, Y. K., Teo, B. W. R., & Lim, R. J. L. (2014). Use of design thinking to alleviate the water sanitation issues in a Nepal village.
- [10] Design of water treatment kit for developing countries. CITA: Koh, Caihua.; Soh, Xiao Yun.; Wong, Ker Yun. (2006/2007)
- [11] Devise a decision tree for water technology selection in difficult circumstances. CITA: Ong, Marcus Kim Wee.; Lee, Ming Han.; Goh, Cheng Han. (2012/2013)
- [12] Van Waas, R. P. (2015). *Designing an integrative approach to regional water schemes in South Africa* (Doctoral dissertation, TU Delft, Delft University of Technology).
- [13] Stanford University Institute of Design (2015). Our point of view. Recuperado de <http://dschool.stanford.edu/our-point-of-view/#design-thinking>. Último acceso: febrero de 2017
- [14] Design Council (2015). Design methods for developing services. Recuperado de <https://connect.innovateuk.org/documents/3338201/3753639/Design+methods+for+developing+services.pdf>. Último acceso: febrero de 2017
- [15] Williams, L. & Yavari, H. (2015). Methodologies. Recuperado de <http://designthinkingmethodology.weebly.com/methodologies.html>. Último acceso: febrero de 2017
- [16] Brown, T., & Wyatt, J. (2010). Design thinking for social innovation. *Stanford Social Innovation Review*, Leland Stanford Jr. University.
- [17] Oak, A. (2011). What can talk tell us about design?: Analyzing conversation to understand practice. *Design Studies*, 32(3), 211-234.
- [18] Miaskiewicz, T., & Kozar, K. A. (2011). Personas and user-centered design: how can personas benefit product design processes?. *Design Studies*, 32(5), 417-430.
- [19] Quinlan, E. (2008). Conspicuous invisibility shadowing as a data collection strategy. *Qualitative Inquiry*, 14(8), 1480-1499.
- [20] Pedersen, K., Emblemsvag, J., Bailey, R., Allen, J. K., & Mistree, F. (2000, September). Validating design methods and research: the validation square. In *ASME Design Theory and Methodology Conference*

## AGRADECIMIENTOS

A todos los socios del proyecto Cianotec y a los pueblos colaboradores.

Como entidades financiadoras, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo dentro de su programa de Apoyo a Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEIs) y la Fundación ACS en su programa de apoyo a la Universidad de Zaragoza.