# NOVEDADES TECNOLÓGICAS

## LOS RETOS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES APLICADAS A LA DESALACIÓN

***Las energías renovables y la desalación constituyen un matrimonio joven.***

*Este dúo tiene una relación con experiencia en sistemas a pequeña escala pero con un gran potencial para la aplicación industrial que está en pleno desarrollo*

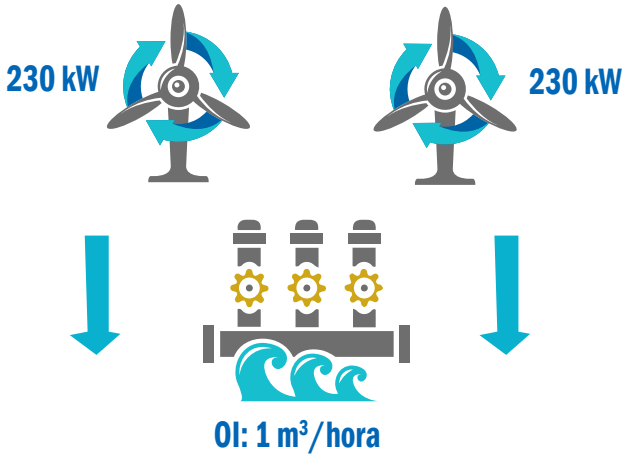
itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS

Baltasar Peñate

A pesar que desde tiempos de Platón y Aristóteles se habla de desalación por evaporación causada por el sol, no es sino hasta hace menos de cuarenta años que esta alternativa se considera a escala industrial con un crecimiento paulatino; pero la tecnología abre nuevos horizontes y se propone superar retos para ganarse espacios en el mercado.

Baltasar Peñate Suárez, Jefe del Departamento de Agua del Instituto Tecnológico de Canarias, tiene una larga trayectoria de investigación para procurar que las energías renovables (EERR) aplicadas a la desalación alcancen el nivel de eficiencia necesario para hacerse competitivas.

El mundo cuenta con una capacidad de desalación instalada que supera los 70 millones metros cúbicos al día. De ellos, sólo el 1% está vinculado a las energías renovables. La ósmosis inversa es la tecnología de desalación que lidera estos esfuerzos de vinculación con un 62% de los proyectos. Respecto a las energías, es la fotovoltaica la que más combinaciones con un 43%.




SDAWES (Seawater Desalination with Autonomous Wind Energy System) fue pionero en combinar energía eólica con desalación

Es conocido que la desalación como alternativa para procurar agua potable e industrial compite, a pesar de su sustentabilidad, con la casi gratuidad de la extracción de fuentes naturales de agua dulce. En este sentido también puede marcarse un paralelismo entre las EERR y la generación convencional de energía aplicada a la desalación, dado que las instalaciones alimentadas por energías convencionales tienen un costo inicial menor (por ahora).

Según el experto, actualmente la desalación tiene un gran reto ambiental signado por la salmuera y la huella de carbono. “Hablamos de una tecnología altamente consumidora de energía que históricamente ha consumido energía fósil” dijo.

No obstante, añadió que esta tecnología (desalación) tiene una ventaja que la diferencia de muchos otros procesos industriales y se trata de la modularidad. “Podemos hacer que la desalación se adapte a las energías disponibles en el lugar y almacenar el agua desalada para cuando no haya disponibilidad de esta fuente”.

Peñate considera que el panorama para las renovables es prometedor tanto porque las condiciones ambientales así lo demandan como porque ante una eventual escasez y mayor precio de los combustibles fósiles, estas alternativas se irán posicionando en el mercado energético como la opción más viable.

Asomó proyectos “utópicos” para aprovechar las energías solar, eólica y mareomotriz a partir de plataformas móviles que pueden desplazarse en el mar y ubicarse donde se les necesite. Se trata de grandes embarcaciones y plataformas que hacen soñar con un futuro promisorio.

Sin embargo, reiteró, la realidad actual es que la desalación con energías renovables se está desarrollando a muy pequeña escala y que su aplicación industrial es relativamente nueva.

Existen muchas alternativas de generación energética renovable vinculables a la desalación según su requerimiento, que puede ser térmico (evaporación súbita multietapa) o eléctrico (ósmosis inversa). Entre ellas están la solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, biomasa y mareomotriz.

Resaltó que afortunadamente el sol y el viento suelen estar presentes en los lugares de mayor estrés hídrico y que las tecnologías que aprovechan la fuerza del oleaje aún tienen un potencial por desarrollar.

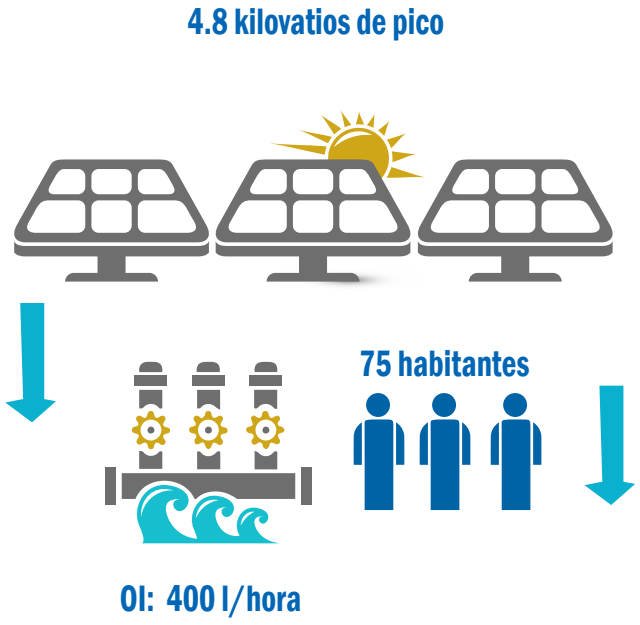
“Las EERR térmicas son, quizás, las más desarrolladas. Las que aprovechan la radiación solar tienen una ventaja competitiva respecto a la eólica. El biogás y la de calor geotérmico están presentes pero no ha habido una clara apuesta

de vincularlas a la desalación. Pero, enfatizó “lo que es verdad es que en los procesos industriales donde se maneje calor, se pueden aprovechar los excedentes para desalar”.

Por otro lado, existe la posibilidad de que una desaladora (normalmente de mediana o alta capacidad) alimentada por EERR se combine con la red eléctrica convencional para asegurar la continuidad de su operatividad. De hecho, en este caso, el excedente de energía generada puede venderse y dar dividendos pero el gran reto de esta opción radica en lo normativo.

Respecto a aquellas desaladoras, que suelen ser pequeñas, que son en su totalidad independientes de la red de energía el reto se concentra en la inversión inicial y en que requieren un sistema de control para optimizar el aprovechamiento del recurso energético.

“En ambos casos no existe una legislación clara para la aplicación de renovables a la desalación. Para la opción combinada con la red eléctrica existen dos conceptos importantes: el autoconsumo, que consiste en aprovechar las renovables y el resto inyectarlo a red; y balance neto, que es una figura que permite postergar las cuentas al final del año de facturación y hacer un balance entre lo consumido y aportado”, explicó.




Sistema autónomo diseñado por ITC para abastecer a una demanda de 75 personas

## Ejemplos de combinaciones

El proyecto SDAWES (Seawater Desalination with Autonomous Wind Energy System) instalado en la Isla de Gran Canarias, data del año 1998. Sirvió de semilla para muchas de las instalaciones de desalinización con energía eólica que se están viendo en el mundo. Esta instalación demostró cómo se puede adaptar una red eólica aislada con distintas tecnologías de desalación como la ósmosis inversa (OI), electrodiálisis (EDR) y comprensión de vapor (PCVV).

El parque eólico acoplado a tres sistemas distintos de desalación se hizo con fines experimentales y constó con dos aerogeneradores de 230 kW cada uno. Los resultados fueron los siguientes:

- La ósmosis inversa se adaptó de forma eficiente, por su carácter modular permitió colocar ocho plantas con una capacidad de 1 $m^3$/hora cada una.
- La planta de electrodiálisis con una capacidad de entre 3 y 7.9 $m^3$/hora se adaptó “perfectamente” a las variabilidades de energía puesto que podía aumentar o disminuir los caudales o los niveles de salinidad del agua producto. El punto negativo es que esta opción presentó problemas con la corriente continua.
- Por último, la planta de compresión de vapor con una capacidad de 2 $m^3$/hora fue descartada. “De hecho, ningún producto de compresión de vapor con eólica ha tenido viabilidad y eso ya lo avizorábamos desde finales del año ‘98” dijo Peñate.

El segundo ensayo con sistema eólico autónomo (sin conexión a la red eléctrica) presentado por el experto data del año 2003 y consiste en un aerogenerador de 15 kW instalado en un lugar de condiciones variables que cuenta con un banco de baterías y una unidad de OI de 750 litros por hora. Esta instalación en Canarias obtuvo un tiempo medio de operación de 18 horas al día.

“Esta es una tecnología muy útil para pequeñas localizaciones y que con acumulación de energías se puede dar respuesta a la variabilidad del recurso eólico y por lo tanto contar con un volumen de agua importante”, indicó.

Luego se presentaron instalaciones combinadas con suministro diésel. Para ello se citó el caso de una instalación situada en un pueblo de pescadores en una isla canaria llamada Fuerte Aventura y que es parte de un parque natural sin conexión a la red eléctrica.

Este proyecto abastece de energía, agua, refrigeración y hielo a la población trabajando casi en un 80% del año exclusivamente con energía eólica. El asentamiento sólo tiene población fija de 60 personas pero durante el verano puede llegar a tener 450 con la visita de turistas.

"La gran ventaja de esta combinación (diésel-eólica) es que se puede trabajar con ella casi el 100% del año y en determinados contextos en que el precio del combustible es competitivo, el costo de operación se hace más viable... son sistemas bastante desarrollados y en la actualidad en condiciones de buen viento podríamos hablar de producir agua desalada por debajo de los 2 dólares el $m^3$", añadió.

Para cerrar el bloque eólico, el experto habló de una planta privada en Canarias cuya producción es exclusiva para la agricultura. Este ejemplo en particular despierta el mayor interés por sus implicaciones en la sostenibilidad hídrica de la vida humana por cuanto la agricultura es la actividad más demandante del recurso.

La planta desaladora de Soslaires Canarias, S.L. (Sureste de Gran Canaria) produce entre 5 mil y 6350 metros cúbicos al día y sirve para el riego de casi 300 hectáreas agrícolas con producción de pimentón, tomate en invernaderos, limón, pepinos, pimientos y calabacines, entre otros. Está operativa desde 2002 y comenzó con la planta desaladora por ósmosis inversa, luego añadió el aeroparque y por último hizo una inversión en acumulación de agua con un reservorio. Tuvo una inversión total de 5.186.125 €.

Consiste en dos plantas de ósmosis inversa de 2500 $m^3$ al día cada una (1.100.067 € de inversión), un parque eólico conformado por cuatro aerogeneradores de 660 kW (2.404.048 €) y un depósito tipo presa de 144 $m^3$ (760.000 €).

La huella de emisión de carbono de este proyecto es excepcional. Sólo con el abastecimiento del parque eólico se están dejando de emitir 6 mil toneladas de $CO_2$ al año. Este dato se complementa con las cifras energéticas: El parque eólico produce 9,2 megavatios por hora al año, de los cuales consume 3,5 y vende un excedente de 5,7. Al año sólo se abastece de 0,9 megavatios hora de la red.

"Estos números (los de consumo energético) dan una visión clara de cuál es el negocio" dijo Peñate para explicar que se puede producir agua desalada y vender el excedente energético bajo el régimen de autoconsumo en que funciona esta planta.

**Esta combinación de tecnologías permite una tarifa de hasta 0,65 €/ m3 que el agricultor está dispuesto a pagar.**

La planta desaladora de Soslaires Canarias, S.L. produce exclusivamente para uso agrícola

## OI + FV

El Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) ha desarrollado proyectos de gran trascendencia internacional, principalmente combinando ósmosis inversa y energía solar fotovoltaica (FV). "Desde nuestros primeros ensayos en 1999 hasta la actualidad, hablamos de una disminución importantísima no sólo en consumo de energía sino de aprovechamiento de la misma".

Estos conceptos pueden trabajar sin batería entre 8 y 9 horas al día y con batería de 10 a 11. Son modulares y pueden ser instalados en containers para abastecer a pequeñas poblaciones.

El primer proyecto de este tipo desarrollado por ITC se trató de un sistema autónomo diseñado para satisfacer una demanda de entre 50 y 75 habitantes. Consistió en un campo fotovoltaico con la capacidad de 4.8 kilovatios de pico (kWp (capacidad máxima que genera el panel en la hora de mayor exposición solar)) para alimentar una unidad de OI capaz de desalar 400 litros por hora.

Los paneles usados en estas instalaciones son de patente Dessol, la cual pertenece al ITC y hacen factible que estos módulos puedan proporcionar agua a poblaciones que sobrepasen los 2 mil habitantes.

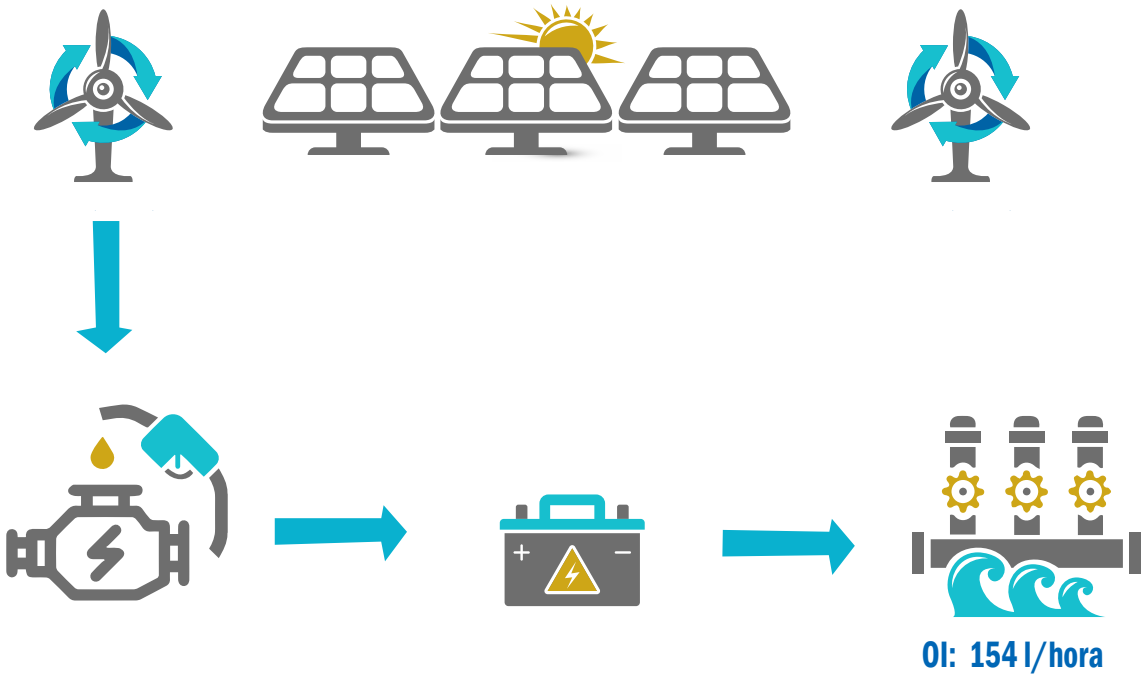
Sistemas como estos ya fueron instalados en África, de donde viene la mayor demanda por contar con poblaciones asentadas en entornos áridos y aisladas de las redes eléctricas y de agua potable.

El primer proyecto pequeño de desalación con renovables que se instaló en África fue en el pueblo de Ksar Ghilene (Túnez) para 300 habitantes. Data de 2006 y fue instalado en un ambiente que puede alcanzar los 50 grados centígrados en verano. Potabiliza agua de pozos con una salinidad de aproximadamente 3.5 gramos por litro en una planta de OI con capacidad de 2,1 metros cúbicos por hora.

Peñate presentó otros ejemplos que incluyen electrodiálisis reversible para agua salobre de baja salinidad que trabajan “muy bien” con fotovoltaicas.

También explicó combinaciones con energía solar térmica que suelen utilizarse con tecnologías convencionales como la humidificación y destilación por membranas. “Se consiguen cantidades pequeñas (25 litros por hora), pero se puede destilar incluso sin gradiente solar… son soluciones viables para entornos aislados de baja demanda”.

Para finalizar con los ejemplos modulares citó uno que combina generación eólica, fotovoltaica, diésel y baterías para alimentar a una planta de OI de 154 litros por hora. Adicionó que módulos como estos son de fácil transporte e implementación y que aunque no generan mucha electricidad o agua suponen un suministro confiable para satisfacer bajas demandas.




Ejemplos modulares que combinan generación eólica, fotovoltaica, diésel y baterías para alimentar a una planta de OI son ya comunes

## Lo grandes proyectos

Masdar (Compañía de la Futura Energía de Abu Dabi) es una ciudad ecológica diseñada de Emiratos Árabes Unidos que aspira a ser autoabastecida con energía solar. También es el epicentro, quizás, del mayor esfuerzo de investigación de energías renovables y desalación en el mundo.

Los árabes son conscientes de la finitud de los combustibles fósiles e invierten en el futuro. Masdar (la compañía) cuenta con proyectos de EERR y desalación exitosamente ejecutados en ocho países de Medio Oriente.

Crearon la Planta Piloto de Energías Renovables y Desalinización para la investigación y ensayo de tecnologías en la que tienen participación grandes de la industria como Suez, Abengoa, Veolia y Trevi Systems.

Hay desarrollos conceptuales que van desde combinaciones de ósmosis inversa con membranas de destilación e intercambio iónico hasta foward osmosis. El enfoque se centra en aplicaciones a gran escala, comercialmente viables y abastecidas totalmente con EERR.

Por otro lado, es posible citar ejemplos a escala industrial que ya son una realidad. Al Khafji en Arabia Saudita fue puesta en marcha en 2017 y será la mayor planta del mundo de OI alimentada por FV con campo de paneles de 120 hectáreas capaces de producir 47 MW pico para desalinizar hasta 90 metros cúbicos de agua.

Cabe destacar que, por ahora, este tipo de iniciativas puntuales sólo pueden ser costeadas por pocos países dado que la inversión en infraestructura y la demanda de espacio es muy alta pero que los avances tecnológicos las irán haciendo más comunes.

A criterio de Peñate, otras de las experiencias a resaltar son las que se están desarrollando en Australia que cuentan con grandes parques eólicos conectados a la red eléctrica y se manejan bajo el régimen de balance neto. En este sentido está la desaladora Kwinana en Perth con una capacidad de 144 mil metros cúbicos al día. “Esta combinación (energía eólica – red) da una ventaja para el productor de agua pero la contraparte está en que debe haber una regulación que dé amparo jurídico porque sino este tipo de proyectos no se dan”, argumentó.

Actualmente no existe regulación de balance neto en Europa pero en Canarias están tratando de ser pioneros para incentivar que el dúo sostenible dé el salto a la escala industrial.

Masdar (Dubai) es uno de los epicentros mundiales de innovación para EERR + Desalación

## Retos

- Desalinización y EERR en dimensiones industriales aún tiene que competir con costos subvencionados de combustibles fósiles en muchas partes y por ahora no se percibe apoyo significativo de las entidades financieras para este tipo de proyectos y esto sucede a pesar de que se tengan como nicho de I+D clave para el desarrollo en el futuro próximo. De nuevo, acá las grandes limitaciones son legales. “Hay un aspecto técnico que debe avanzar al marco jurídico”.
- La pequeña escala está completamente madurada y empero de que en ocasiones compite en desventaja con el diésel, encuentra su viabilidad cuando se toma en cuenta el suministro de combustible vs la vida útil de estas instalaciones que suele ser de 15 a 20 años.

- En los sistemas conectados a la red es clave el almacenamiento de agua para aprovechar la energía disponible y hay que tener un sistema de control muy específico para maximizar el agua producida. Otro reto importante en este sentido está en obtener rédito económico del excedente de energía.
- La recomendación para los sistemas aislados es la de pensar en sistemas simples y robustos adaptados a las necesidades y posibilidades de cada contexto, además de involucrar a las comunidades en las alternativas para su aceptación y protección.

## PREGUNTAS Y RESPUESTAS

### ¿Qué oportunidades hay para la aplicación eólica + OI en Sudamérica?

En energía eólica hablamos de un suministro a partir de 3 mil horas equivalentes. Es decir que aproximadamente un 40% de las horas del año sean explotables eólicamente por lo que la desaladora operaría todo este tiempo exclusivamente con esta EERR.

En Sudamérica cualquier entorno costero podría superar las tres mil horas de recurso eólico explotable. Podrían considerarse zonas como las de Chile, Perú, costa del Caribe de Colombia y si tienen mucho gradiente térmico se trata de locaciones interesantes.

Tanto la opción eólica como fotovoltaica han reducido costos drásticamente y hace que estos proyectos sean viables con amortizaciones. La tarifa de agua con estos métodos no debería ser muy diferente al del suministro convencional.

### ¿Cuenta con ratios de inversión de EERR + OI?

Para la eólica podríamos hablar de 3500 a 4500 dólares el metro cúbico instalado. Para la solar podría estar entre los 2500 a 3500 dólares por $m^3$. Son precios bastantes competitivos incluso en el mercado de hoy dominado por las energías fósiles.

### ¿Qué diseño a menor escala es de menos costoso en términos de inversión?

Ómosis Inversa más fotovoltaica es la opción más económica.

### ¿Qué porcentajes de inversión se distribuyen entre la desalación y la generación con EERR?

Aproximadamente el 60% es el costo para energía y 40% es para desalación.

### ¿Qué variabilidad de precio por metro cúbico de agua desalada puede presentar entre las renovables y el abastecimiento por red?

Basados en la experiencia que tenemos en Canarias, acá cuesta producir 27 céntimos de euro el kilovatio a partir de energías fósiles. Aproximadamente el 30% de la energía que consumimos acá es renovable.

En mi vivienda pagamos 14 céntimos de euro el kilovatio, es decir que hay un subsidio gubernamental para que las familias puedan costear el consumo. Pero si invierto en renovables para desalinizar agua, estamos hablando que el costo energético sería inferior a los 20 céntimos de euro el metro cúbico. Significa que si el sistema energético no estuviese subvencionado, la EERR sería bastante competitiva. ME PARECE IMPORTANTE RESALTAR ESTA RESPUESTA

Por otro lado, el agua en Canarias cuesta producirla en torno a 1 dólar el $m^3$ pero en casa la pagamos a 1.6 por razones de explotación y otros costos. Si yo invirtiera en un sistema de EERR aislado de la red para una planta pequeña de desalación, la inversión inicial sería alta, tendría que amortizar ese gasto. Pero si llevo esa inversión inicial a los 15 años de vida útil del equipo, estaría pagando alrededor de 1.3 dólares por metro cúbico. Estaría ahorrando.

Si invirtiera en un grupo diésel y una planta desaladora, hablaríamos de que para producir agua necesitaría una inversión pequeña y el costo estaría por el orden de los 1.6 dólares el metro cúbico. Si reemplazo el grupo diésel por suministro fotovoltaico aumentaría la inversión inicial pero si lo amortizo a 15 años estaríamos hablando que produciría agua a 1 dólar el metro cúbico.

## ¿Podría definir rangos en términos de caudal para la categoría de los proyectos?

Sí, la pequeña escala (para mí) es aquello que esté por debajo de los mil metros cúbicos día. La mediana hasta cinco mil o siete mil quinientos. Los bastidores de OI están viniendo a partir de los 75000 metros cúbicos al día.

## ¿Qué expectativas tiene de que estas tecnologías se utilicen en la gran industria?

La desalación en la industria ya está afianzada. Otra cosa es que usen EERR, ahí por ahora son contados los casos. La gran oportunidad está en los proceso de gran industria que tengan calor residual. En estos casos puede usarse el calor sobrante para desalar por medios térmicos.

## Baltasar Peñate

Dr. Ingeniero Industrial por la Universidad de Sevilla. Su especialidad es la desalación de aguas, específicamente la electrodiálisis, la ósmosis inversa y la combinación con energías renovables. Cuenta con 20 años de experiencia, iniciando su actividad profesional como investigador, en el campo del tratamiento de las aguas dentro del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) – España, en donde desde el 2006 se desarrolla como Jefe del Departamento de Aguas.

Su trayectoria profesional se resume en el liderazgo y coordinación de proyectos y contratos de I+D+i europeos, nacionales y regionales relacionados con la desalación, haciendo uso de energías renovables. Participando en la gestión técnico-financiera, coordinación de tareas científicas y de cooperación al desarrollo (V, VI, VII Programa Marco, H2020, iniciativas MEDA, INCOMED, DGTREN, INTERREG, AZAHAR, PLAN NACIONAL...) relacionados con el suministro de agua potable (desalación y bombeos) y energía a zonas aisladas.

Baltasar es autor y coautor de más de una veintena de publicaciones científicas y técnicas relacionadas con la desalación de aguas y la aplicación de las energías renovables, así como la participación en varios libros y patentes. Dilatada experiencia de investigación aplicada, así como múltiples ponencias y presencias en Congresos y Seminarios Internacionales de alto nivel.

Actualmente es Coordinador de la Plataforma I+D+i DESAL+ LIVING LAB y miembro de la European Desalination Association.