



IMATECH
IMASA TECHNOLOGIES

Tecnologías Sostenibles



Abril 2023

ÍNDICE

1	Introducción	3
2	Descripción de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT).....	4
2.1	Ciclo higroscópico: La evolución del ciclo Rankine	4
2.2	Ventajas de la incorporación del HCT.....	5
2.3	Aplicación HCT reducción de Penachos y recuperación de agua	9
2.4	Ventajas HCT Penachos.....	11
3	Referencias industriales.....	11
4	Otras tecnologías.....	13
5	Colaboraciones y estado del arte.....	14
6	Conclusiones	15

1 Introducción

Imasa Technologies S.L.U (en adelante IMATECH) es una empresa que surge como Spin-off de la empresa Imasa Ingeniería y Proyectos S.A. centrándose en la investigación, el desarrollo y la implementación de Tecnologías ligadas a la generación de energía. Cuenta con un equipo de profesionales de amplia experiencia y con gran vocación por la innovación que aportan su conocimiento para dar soluciones a diversos problemas que presenta el sector energético e industrial. Su principal innovación tecnológica, el ciclo higroscópico (HCT) y sus aplicaciones derivadas, suponen un avance en los campos de generación energética y remediación ambiental en térmicos de **mejoras de eficiencia**, reducción de **impacto ambiental**, **de costes operativos** y de flexibilidad **de operación**.

El Ciclo Higroscópico fue creado y desarrollado por el doctor Francisco Javier Rubio Serrano en 2008, director y tecnólogo de Imatech, y se encuentra en el estado de la técnica desde 2010 como “Ciclo Rankine con etapa de absorción mediante compuestos higroscópicos”. Esta aplicación, tras ir pasando por las distintas fases de desarrollo tecnológico, se encuentra hoy en día completamente desarrollada y disponible para la sociedad (nivel **TRL9**), lo que demuestra la madurez de la tecnología pudiendo funcionar en diferentes condiciones operativas. Actualmente IMATECH está estudiando nuevas aplicaciones de la tecnología para su uso en distintos procesos industriales.



Planta demostración Ciclo Higroscópico

En 2012 IMASA, Ingeniería y Proyectos, S.A, suscribió con Francisco Javier Rubio Serrano, un acuerdo de explotación de la tecnología en exclusiva, construyéndose en 2013 la planta demostración del ciclo higroscópico. Desde 2017 la tecnología ha sido aplicada a nivel comercial en diversos proyectos comerciales en España y Francia.

Actualmente se siguen desarrollando aplicaciones del HCT e incrementando la concentración de compuestos higroscópicos para obtener mejor rendimiento eléctrico neto y condiciones de refrigeración.

2 Descripción de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT)

El objeto del presente documento es definir técnicamente la tecnología ciclo Higroscópico, tanto en su estado actual como para otras aplicaciones en desarrollo.

2.1 Ciclo higroscópico: La evolución del ciclo Rankine

La Tecnología Ciclo Higroscópico o HCT aporta entre otras las siguientes ventajas:

- Es una **tecnología seca**, lo que permite a la planta en que se aplique el independizarse del consumo de agua de refrigeración, necesaria en cualquier central térmica de alta eficiencia. Esto proporciona un significativo **ahorro** en el consumo **de agua tratada**. **Disminuyen** con ello los **impactos visuales**, al eliminar los penachos de torre. Asimismo, desaparece el riesgo de legionela y se reduce el impacto acústico al utilizar los pequeños ventiladores de los aero-refrigerantes secos.
- La tecnología HCT es la única tecnología que permite mantener las condiciones óptimas de funcionamiento de la turbina, mejorando la eficiencia de la instalación, de forma menos dependiente a la temperatura ambiente y **sin utilizar agua de refrigeración**.
- La Tecnología HCT permite una **gran estabilidad** en las condiciones de vacío aguas abajo de la turbina. Esto es de gran interés en situaciones en las que el combustible pueda tener variaciones de Poder calorífico, o cuando haya cambios bruscos de régimen de carga, evitando disparos de turbina por altas variaciones en la presión de condensación.

Esta tecnología puede emplearse en todos los procesos de generación energética con vapor independientemente de la fuente de energía (termosolar, ciclo combinado, geotérmica, nuclear, biomasa...).

En resumen, la incorporación en el foco frío de la **Tecnología Ciclo Higroscópico (HCT)** permite, entre otras ventajas, **independizarse del consumo de agua de refrigeración, aumentar el rendimiento eléctrico neto, y disminuir los autoconsumos eléctricos incrementando así la eficiencia eléctrica neta de la planta, reducir los impactos visuales y acústicos, y eliminar el consumo de agua de refrigeración con los riesgos ocasionados por la legionela.**

Las **aplicaciones del HCT** se encuentran dentro del sector energético, tanto en centrales eléctricas nuevas como ya existentes, en ciclos combinados, plantas de biomasa, centrales termosolares, centrales termoeléctricas, W2E, geotermia...

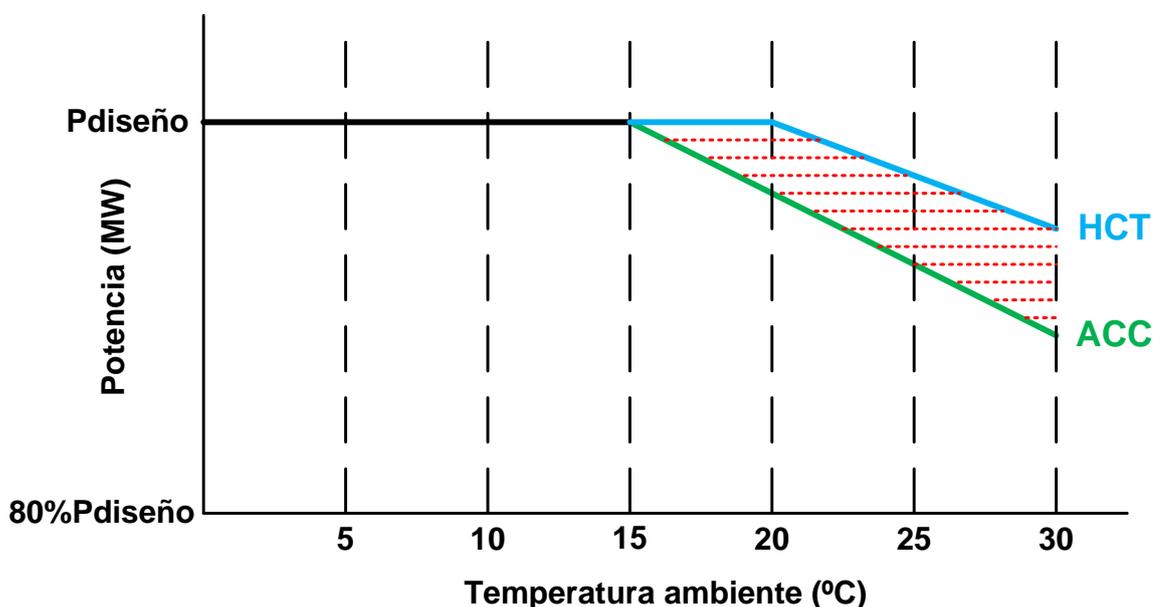
En aplicaciones industriales para eliminación de Penachos (como se verá a continuación), secado de biomasa a baja temperatura, procesos de condensación, vacío industrial y cogeneración de alta eficiencia.

2.2 Ventajas de la incorporación del HCT

Las ventajas de incorporar la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) en su instalación son las siguientes:

A. Mejora del rendimiento eléctrico neto de la instalación.

El aumento de rendimiento viene por el mayor número de horas anuales en las cuales la planta trabaja a plena carga de vapor a presiones de condensación más bajas. En definitiva, la presión de condensación media anual es significativamente menor que cualquier otro sistema (tanto ciclo Rankine con torres de refrigeración como ciclo Rankine con aerocondensador como es este caso), y la potencia eléctrica producida mayor. Con dicha mejora de rendimiento, se consigue además disminuir las emisiones de CO₂ y otros gases (NO_x, SO_x...) por kWh producido. La siguiente figura refleja dicha conclusión:



Potencias nominales con HCT y ACC en base a la temperatura ambiente.

La presión mínima del vapor de exhaustación que se ha seleccionado en la figura 1 es 0,07 bar(a) para ambas opciones. Valor límite para un ciclo Rankine con aerocondensador (ACC) mientras que un ciclo Higroscópico se puede llegar a valores inferiores a 0,03 bar(a).

Además, los autoconsumos eléctricos anuales del HCT son inferiores comparados con ciclo Rankine tanto con torres de refrigeración como con aerocondensador. Tanto a temperaturas bajas (inferiores a 10 °C), como altas (superiores a 25 °C), la optimización energética con el HCT es máxima.

La ventaja de los aeroenfriadores es que regulan la velocidad de los ventiladores de una manera muy eficiente en base a la temperatura ambiente y, de ello, su optimizado consumo eléctrico anual. Además, el hecho de que los tubos sean de cobre en los aero-refrigerantes, dada la alta conductividad térmica del mismo, refrigerando una corriente líquida (no condensando vapor a vacío), hace que el coeficiente de transferencia térmico sea elevado, mucho mayor que el de los grandes tubos de acero de los aerocondensadores, actuando como un verdadero radiador (prácticamente sin consumo eléctrico) en muchos momentos en los meses más fríos.

Por todo lo comentado anteriormente, la **energía anual neta generada** con la tecnología ciclo

Higroscópico (HCT) es de en torno a un **3% superior** respecto a la opción de elegir un ciclo Rankine utilizando el mejor aerocondensador (ACC) del mercado. En momentos puntuales, como en olas de calor, donde las **temperaturas ambientales superan 30 °C, este aumento de energía eléctrica neta puede superar el 5%**, incluso se podría evitar un disparo de turbina por bajo vacío (alta presión de condensación) que se podría producir con un aerocondensador.

B. Ahorro de la totalidad del consumo de agua de refrigeración

En este caso, independientemente de la temperatura ambiente, se consigue un ahorro en el consumo de agua de refrigeración del 100%, utilizada para la completa condensación del vapor de exhaustación de turbina. Se han seleccionado aerofriadores secos los cuales no tienen consumo de agua de refrigeración por su propia configuración (refrigeración seca).

Además, se evitarían disparos de turbina o bajada de carga, en aquellos momentos donde no se dispusiera de agua para refrigeración. Un problema cada vez más importante a nivel mundial en la viabilidad de las centrales energéticas que trabajan con ciclos de vapor.

C. Ahorro de combustible

El ahorro de combustible para la misma producción eléctrica anual viene de trabajar con el HCT con presiones de condensación medias más bajas durante más horas al año.

D. O&M

Los equipos característicos de la tecnología HCT, absorbedor de vapor y aero-refrigerantes, tienen unos **costes de O&M inferiores a un ciclo Rankine, tanto utilizando torres de refrigeración como ACC**. Ello se debe a la configuración de los equipos principales del HCT, absorbedor de vapor y aero-refrigerantes.

E. Sistema de extracción de incondensables

El **sistema de extracción de incondensables** es más pequeño en un ciclo Higroscópico que en un ciclo Rankine y, de ello, su menor consumo energético o de vapor por este concepto. Esto se debe a la propia configuración del ciclo Higroscópico.

En comparación con un ciclo Rankine con aerocondensador, el volumen a vacío del ACC es muy superior respecto a la opción de ciclo Higroscópico, en torno a 10 veces más. Debido a ello, las necesidades de evacuación de incondensables, y, en consecuencia, el tamaño y consumo eléctrico de las bombas de vacío o de vapor en los eyectores, son muy superiores en un ACC, al igual que la posibilidad de entrada de aire al tener mucho mayor volumen sometido a vacío.

Además, el consumo de agua desmineralizada, debido precisamente a las pérdidas de vapor en el sistema de incondensables, son inferiores en un ciclo Higroscópico respecto a un ciclo Rankine con aerocondensador (ACC).

Otro factor importante que considerar es la distancia del tubo de vapor de exhaustación entre la salida de turbina y el absorbedor de vapor (opción HCT), la cual es muy inferior respecto al ACC. Ello contribuye también a tener un menor volumen del sistema sometido a vacío, y también menores pérdidas de carga

asociadas.

F. Control de la temperatura de refrigeración

Debido a los aero-refrigerantes, el **control de temperatura** en un ciclo Higroscópico, es más **eficiente, seguro, sencillo y fiable** que en un ciclo Rankine.

G. Compatibilidad

El ciclo Higroscópico es compatible con todas las mejoras del ciclo Rankine tradicional. La caldera, la turbina con sus extracciones... son los mismos que un ciclo Rankine cuando se trabaja con un HCT de baja concentración salina como es este caso. Por ello puede integrarse en una planta existente, ya que es totalmente compatible con la metalurgia y equipos del sistema. Además de la compatibilidad mencionada con los ciclos Rankine, la presencia del ciclo HCT tiene como ventaja que no necesita la presencia de un desgasificador, esto es debido a que el fenómeno de desgasificación se lleva a cabo en el propio ciclo higroscópico, en concreto en el absorbedor de vapor.

H. Máxima flexibilidad operativa

El ciclo Higroscópico puede trabajar con garantías operativas independientemente de la carga de vapor a condensar, absorbiendo sin problema cualquier fluctuación en la carga independientemente del motivo (modificación del PCI del combustible, soplado de caldera, nubes en una termosolar, variación del caudal y temperatura de los gases de escape...).

Este punto es de vital importancia en la operativa diaria que llevará la planta. En un ciclo Rankine dicha variación de la carga, del vapor de exhaustación, podría originar una alteración brusca en la presión de condensación la cual originaría una parada de turbina por alto o bajo vacío, incluso una grave avería en la misma. Ello se debe a la dificultad de trabajo que presenta un ciclo Rankine con ACC o torres de refrigeración, ante variaciones de carga que ocurren en un periodo de tiempo reducido (< 1 min).

Dicha parada de turbina haría perder el vacío en el sistema. Este fenómeno es un verdadero problema en plantas con dicho estrés en la carga de vapor, como son las termosolares o plantas de biomasa con cambios bruscos en el PCI del combustible. Además, debemos valorar las fluctuaciones en la carga de vapor a condensar debido al proceso de soplado de caldera.

Precisamente estos problemas quedan completamente resueltos con el ciclo Higroscópico, dada la gran flexibilidad operativa que presenta ante cargas parciales, independientemente del periodo de tiempo en el cual se originen.

I. Aumenta la vida útil de la planta, la fiabilidad y disponibilidad.

Ello se debe a la propia robustez de los equipos involucrados en la tecnología ciclo Higroscópico frente a los de ciclo Rankine.

El absorbedor de vapor es un depósito cilíndrico con mucho menor volumen que un aerocondensador, para el mismo caudal de vapor a condensar. Además, los aero-refrigerantes por su propia configuración (varios ventiladores de alta eficiencia refrigeran un haz tubular de cobre), presentan también mayor robustez operativa que un ACC o una torre de refrigeración (cada vez que un ventilador de gran tamaño

funciona mal o se para, reduce considerablemente la potencia de la planta e incluso puede llegar a pararla). Además, cabe destacar, el aumento de fiabilidad que la incorporación de la tecnología aporta a la planta a altas temperaturas ambientales, evitando disparos o paradas por falta de refrigeración que pudieran originarse en los días más calurosos del año, especialmente a partir de los 25 °C ambientales.

J. Reducción del impacto ambiental.

“Una tecnología que ayudará a conseguir los retos marcados en la cumbre de París de 2015 contra el cambio climático (COP21)”.

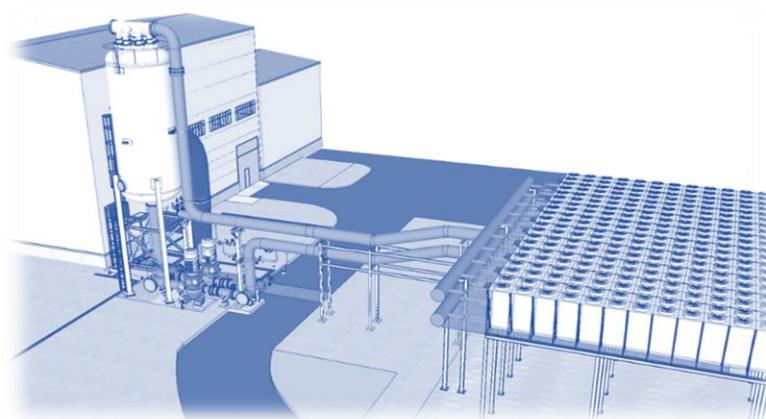


Se incrementa el rendimiento eléctrico (mayor kWh producido por kWt, y con ello menores emisiones por kWh producido), **se disminuyen los niveles acústicos** comparado tanto con torres de refrigeración como con ACC, y **se reduce significativamente la huella hídrica** en el proceso productivo, debido a la eliminación del consumo de agua de refrigeración, eliminación de los problemas ocasionados por la legionela, y la reducción de vertidos.

Todas estas ventajas hacen del ciclo Higroscópico una **tecnología de menor impacto ambiental**.

K. Posibilidad de ampliación y modularidad.

Una vez instalado el HCT, la incorporación de más aero-refrigerantes permitiría incrementar el rendimiento eléctrico (podrían obtenerse menores presiones de condensación), disminuir los autoconsumos eléctricos del conjunto, o aumentar la potencia de condensación (todo ello implica un posible aumento de la potencia eléctrica neta de la central).



2.3 Aplicación HCT reducción de Penachos y recuperación de agua



*"Si las guerras del siglo XX se lucharon por el petróleo, las guerras del próximo siglo serán por el agua",
palabras de Ismail Serageldin (vicepresidente del Banco Mundial) en 1995.*

El problema de la escasez de agua aumentará en los próximos años y será necesario el desarrollo de sistemas de recuperación de agua.

La tecnología del ciclo higroscópico consigue la recuperación de agua de las emisiones de vapor procedentes de los procesos de secado, entre otros. Adicionalmente a la recuperación de agua, se obtiene una disminución drástica del impacto visual de los penachos, olores asociados y una reducción de las partículas y otros compuestos que puedan condensar junto con el vapor, reduciendo así el impacto ambiental de los efluentes de chimenea. Esta aplicación de la tecnología HCT ha alcanzado un nivel de maduración tecnológica de TRL9, y fue aplicada con éxito en 2022 en colaboración con Oleícola el tejedor en sus 2 chimeneas de secado de Alperujo de su complejo industrial de Espejo (Córdoba).



Fotografía comparativa del impacto visual de penacho con HCT apagado (izda.) y a los 10 segundos de encenderse (dcha.). Al cabo de 30 segundos, la visualización del Penacho es inexistente.



Conexión aero-refrigerantes a absorbedor chimenea HCT penachos - Espejo

2.4 Ventajas HCT Penachos

A. Recuperación de entre el 20-90% de agua en las corrientes de efluentes gaseosas

La tecnología HCT permite recuperar una elevada cantidad de agua en función de la temperatura del efluente gaseoso y el contenido de humedad. A modo de ejemplo, se estima que alrededor de 5.000 millones de metros cúbicos de agua dulce se envían a la atmósfera en los procesos de secado de biomasa y con esta tecnología se podrían recuperar, al menos, el 70% de dicha cantidad (3.500 millones de metros cúbicos).

B. Eliminación de partículas

La condensación higroscópica permite reducir el número de partículas emitidas a la atmósfera, que de otro modo pueden tener un efecto perjudicial en la salud y el medio ambiente. Por lo tanto, es posible cumplir la normativa de emisión de partículas incorporando dicha tecnología.

C. Reducción del impacto ambiental

La disminución de las persistentes columnas de vapor (penachos) disminuye drásticamente el impacto visual que tienen las chimeneas eliminando los olores habitualmente unidos a ellas.

3 Referencias industriales

- Incorporación de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) en la planta de biomasa de 12,5 MWe de Palenciana (Córdoba). Cliente: Oleícola el Tejar. Año: 2017.
- Incorporación de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) en la planta de biomasa de 25 MWe de Baena (Córdoba). Cliente: Oleícola el Tejar. Año: 2018.
- Incorporación de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) en Industrias Doy, Trubia (Asturias). EPC planta recuperación de gases con producción eléctrica de 4 MWe. Cliente: EDP. Año: 2020.
- Incorporación de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) para reducción de penachos de chimenea y recuperación de agua en el centro productivo de Espejo (Córdoba). Cliente: Oleícola el Tejar. Año: 2021 (en ejecución).
- Incorporación de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) en la planta de biomasa de Palenciana (Córdoba) de 5,372 MWe. Cliente: Oleícola el Tejar. Año: 2022.
- Incorporación de la tecnología ciclo Higroscópico (HCT) en la planta de W2E de Pau (Francia) de 6,71 MWe. Cliente: Urbaser. Año: 2022 (en ejecución).



Fotografías referencias industriales HCT.

4 Otras tecnologías

En estos tiempos, la conservación del medioambiente y la necesidad de soluciones independientes, rentables y de fácil acceso están en el camino del éxito económico. El poder disponer de energía en cualquier momento y en cualquier lugar a varias escalas, evita muchos problemas y permite la deslocalización de los centros de producción en beneficio del usuario final, y del proveedor. Además, si la fuente de energía es renovable y no genera contaminación estaremos ganando varias batallas, con un firme compromiso sostenible hacia el relanzamiento de nuestra sociedad y economía. Este camino **el equipo de IMATECH** lo conoce bien, pues lleva más de 10 años con éxitos en el desarrollo de tecnologías eficientes y sostenibles como el **Ciclo Higroscópico**, ciclo termodinámico comentado anteriormente.

Fruto de todo ello, partiendo de las ideas y diseños de **Francisco J. Rubio Serrano** desarrollados principalmente en los años 2010-2011, y continuando el trabajo investigador y tecnológico de estos años en el sector de la energía, se ha conseguido dar un paso más de manera muy significativa, consiguiendo obtener una tecnología disruptiva, **el Sistema de Rubio**. Esta tecnología ha sido inventada por el propio Rubio, y fue validada teóricamente a finales de 2019. Actualmente la tecnología cuenta con un nivel de madurez tecnológica de **TRL 4 avanzado**, cuya planta demostración propiedad de Imatech se encuentra en el Alto del Praviano, Soto del Barco, Asturias. Dicha planta ha sido subvencionada parcialmente (8,29%) por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional e Asturias (Gobierno del Principado de Asturias a través del Idepa).

El **sistema de Rubio** utiliza principalmente parte de la termodinámica del no equilibrio a escala nanoscópica (nanotecnología), y la teoría cinético molecular. Se realizan procesos similares en el transporte a través de membranas, como en las células o en los alveolos.

Dadas las condiciones terrestres de temperaturas y gravedad, el sistema transforma energía térmica del ambiente en energía mecánica, la cual se utiliza para generar potencia mecánica o eléctrica (con un alternador) en una turbina hidráulica.

Dicha invención tiene como objetivo la generación de energía mecánica neta en cualquier momento y en cualquier lugar de nuestro planeta, sin depender de ningún foco caliente de alta temperatura, sólo del ambiente preferentemente, ya sea aire, agua u otro fluido en unas determinadas condiciones. Se trata de un ciclo renovable, sostenible, limpio, seguro, fiable y estable. Es una revolución energética dadas las mejoras técnicas, económicas y medioambientales que comprende. Es escalable a cualquier potencia y es un sistema potencial para combatir el cambio climático, el cual permite aprovechar la energía térmica del entorno para generar energía mecánica sin contaminar el mismo. Aporta una alternativa tecnológica real a los combustibles fósiles, siendo unos de los principales focos emisores de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y aspira a convertirse en una alternativa a las tecnologías fotovoltaica y eólica como generación de energía renovable.

5 Colaboraciones y estado del arte

Dado el perfil 100% innovador de Imatech, y el compromiso por transmitir los conocimientos al estado del arte, llevamos realizando desde hace años colaboraciones con empresas y entidades públicas con una clara apuesta por el I+D+i.

Es importante resaltar el acuerdo de colaboración entre IMATECH y la empresa **Navantia** para la promoción del ciclo Higroscópico en proyectos energéticos, y la fabricación de turbinas de vapor adaptadas a las necesidades de la tecnología.

Imatech ha sido seleccionada y ha obtenido la puntuación más alta en el PERTE de Hidrógeno Renovable. Cadena de Valor, con el proyecto titulado: "Investigación en nuevas tecnologías para la cogeneración limpia mediante H₂ verde a partir de biogás (COLHIBRI)" consorciada con el centro de investigación y las empresas siguientes: CIDAUT, COGERSA, INBIOGAS y JALVASUB. Por importe de 2.043.336 € se desarrollará en los próximos años.

También, se colabora activamente con la **Universidad de Oviedo**, con el departamento de energía, liderado por el Dr. José Antonio Gutiérrez Trashorras. para el desarrollo del ciclo Higroscópico de alta concentración de compuestos higroscópicos, realizando artículos científicos en revistas de alto impacto, así como codirigiendo tesis doctorales y proyectos fin de máster.

Igualmente, Imatech colabora con asociaciones nacionales como **ANESE y ACOGEN** o el **Polo de la Biomasa de Asturias**.

Dichas colaboraciones, notas de prensa, y artículos científicos se encuentran publicados y se pueden encontrar en internet.

Nota: Podemos enviarles la información que estimen pertinente para corroborar este hecho, así como les invitamos a poner ciclo Higroscópico o "hygroscopic cycle" en el buscador de Google para que comprueben la información de la tecnología publicada hasta la fecha, sea en artículos científicos, notas de prensa, ferias y conferencias...

6 Conclusiones

En base a la información compartida en los apartados anteriores, se puede corroborar el **pleno carácter innovador de Imatech**, siendo **el I+D+i el motor de la empresa**, contribuyendo activamente al desarrollo económico de la sociedad de una manera sostenible, teniendo en el Principado de Asturias su epicentro tecnológico, con una apuesta clara por la mejora del medioambiente.

Más información en: <https://imasatechnologies.com/>



Firmado:

Francisco Javier Rubio Serrano.

Director y tecnólogo de Imatech.