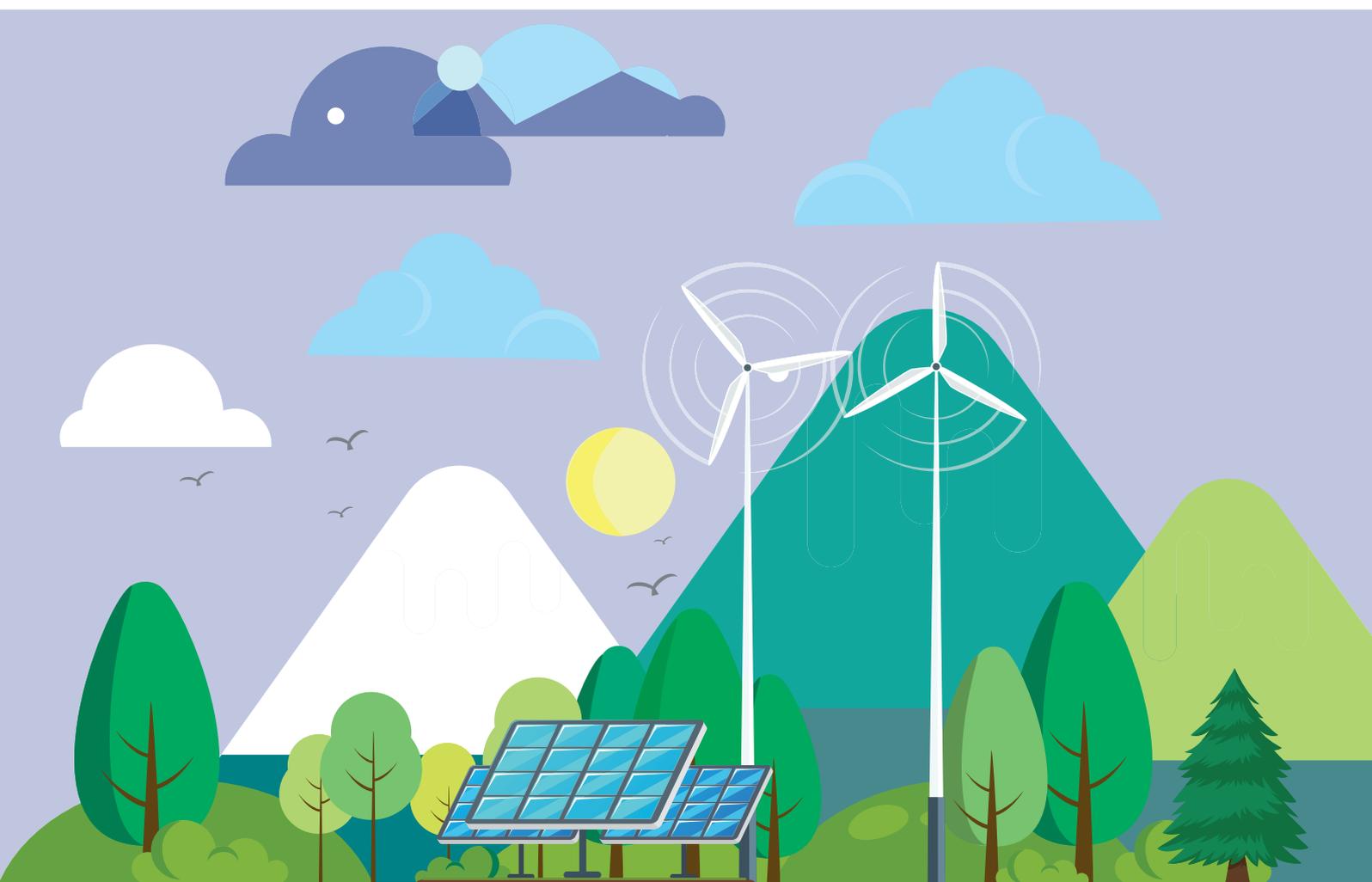


# HOJA DE RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTACIÓN Y BEBIDAS EN ESPAÑA





# CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>2. PREPARACIÓN PARA LA HOJA DE RUTA DE DESCARBONIZACION DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTACION Y BEBIDAS EN ESPAÑA</b>	6
2.1 Diagnóstico de las intensidades energéticas y emisiones de gases de efecto invernadero del sector	6
2.2 Panorámica y selección de tecnologías para el sector español	8
2.3 Panorámica de tecnologías para el sector español	10
2.4 Limitaciones y recomendaciones del análisis de Preparación para la Hoja de ruta de Descarbonización de la IAB en España de la primera fase	11
<b>3. ASISTENCIA TÉCNICA EN DESCARBONIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN ESPAÑA</b>	12
3.1 Metodología	12
3.2 Curvas de abatimiento	12
3.3 Conclusiones y recomendaciones	16
<b>4. ANEXOS</b>	17





## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los objetivos de la Comisión Europea en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son muy ambiciosos, y por lo tanto, para cumplir dichas expectativas, se ha de seguir una estrategia global bien fundada.

La Comisión está desarrollando y aumentando las regulaciones y restricciones sobre la cantidad de emisiones permitidas tanto a nivel europeo como en la legalidad de cada uno de los Estados Miembros. Esto significa que varios sectores industriales - incluido el sector de la Industria de Alimentación y Bebidas en España - deberán ajustar sus métodos de producción para cumplir con las nuevas normativas. Para hacerlo de manera efectiva, será crucial tomar decisiones bien fundamentadas en este ámbito.

Teniendo en cuenta el contexto europeo actual en materia de compromisos de Descarbonización y siguiendo los trabajos realizados por FoodDrink Europe, desde FIAB se ha solicitado a la consultora británica Ricardo Energy & Environment la elaboración de una Hoja de Ruta de Descarbonización para la industria de alimentación y bebidas en España.

El presente estudio se encuentra dividido en dos fases:

- FASE I: PREPARACIÓN PARA LA HOJA DE RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTACION Y BEBIDAS EN ESPAÑA
- FASE II: ASISTENCIA TÉCNICA EN DESCARBONIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN ESPAÑA

# 02

## PREPARACIÓN PARA LA HOJA DE RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTACION Y BEBIDAS EN ESPAÑA

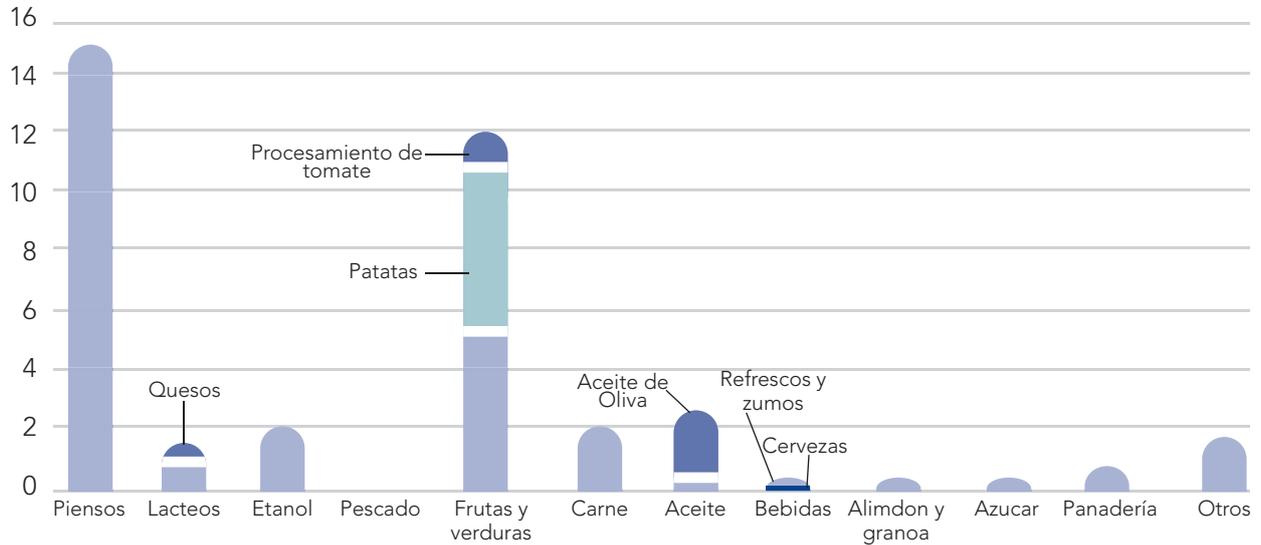
Durante la primera fase, se desarrolló un análisis de diagnóstico más desagregado que permita sentar las bases para la elaboración de una hoja de ruta específica para el sector en España, con los siguientes objetivos:

1. Realizar un diagnóstico de las intensidades energéticas de los distintos subsectores que conforman el IAB español
2. Proporcionar una panorámica de las tecnologías de descarbonización que han sido identificadas como relevantes para el sector a nivel europeo, y analizar su potencial e interés para el sector español teniendo en cuenta los resultados obtenidos del primer objetivo.
3. Proporcionar una visión adaptada de los principales retos y oportunidades que se desprenden de los procesos que están teniendo lugar a nivel europeo, y cómo éstos pueden afectar a nivel particular al sector español.
4. Proporcionar una visión de las limitaciones y necesidades de información por parte del sector para poder profundizar más en estos temas y realizar esfuerzos de preparación conjunta.

### **2.1. Diagnóstico de las intensidades energéticas y emisiones de gases de efecto invernadero del sector**

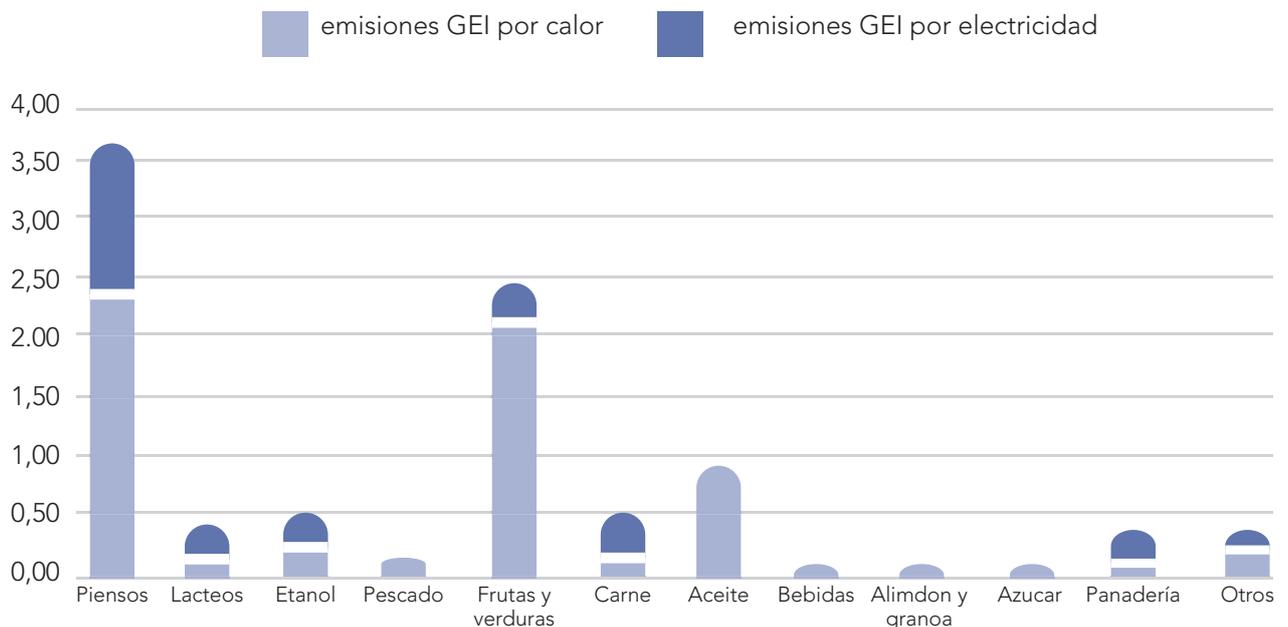
La intensidad energética total obtenida para el año 2020 asciende a 38,37 TWh/a, siendo los tres sectores mayoritarios los de piensos (15,11 TWh/a, 39,38%), frutas y verduras (12,03 TWh/a, 31,34%) y aceite (2,68 TWh/a, 7%). Los sectores con intensidades menores son el de azúcar (0,32 TWh/a, un 0,84% del total), panadería (0,34 TWh/a, un 0,89%) y almidón y granos (0,37 TWh/a, 0,91%). Asimismo, se pudo obtener información desagregada para los sectores de lácteos, frutas y verduras, aceite, bebidas y almidón y granos.

Figura 1 Consumo energético por sectores y subsectores (TWh/a o millones de MWh/a)



La cantidad total de emisiones obtenidas asciende a 9,21 Mt CO<sub>2</sub>-e/a para 2020. Las emisiones debidas a fines caloríficos se estiman en 5,22 Mt CO<sub>2</sub>-e/a (un 56,67% del total), mientras que aquellas debidas a fines eléctricos suman 3,89 Mt CO<sub>2</sub>-e/a (el 42,23% restante). Los sectores con mayores emisiones se corresponden con los que generaban una mayor demanda energética, destacando los piensos (3,70 Mt CO<sub>2</sub>-e/a, 40,22%), frutas y verduras (2,41 Mt CO<sub>2</sub>-e/a, 26,17%) y aceite (0,74 Mt CO<sub>2</sub>-e/a, 8,07%).

Figura 2 Emisiones de gases de efecto invernadero (Mt CO<sub>2</sub>-e/año)



Estas estimaciones presentan numerosas limitaciones debido a la falta de datos e interpolaciones de datos europeos, y deben tomarse con fines orientativos y comparativos dentro del sector y con respecto al sector europeo.

## 2.2. Panorámica y selección de tecnologías para el sector español

A nivel general todas las tecnologías presentadas son beneficiosas y bastante adecuadas para la descarbonización de la IAB española. Será cuestión de cada empresa o sector el seleccionar y hacer un balance de cuáles son más adecuadas y viables a nivel de costes e implementación.

A la hora de seleccionar las tecnologías más adecuadas para el sector, hay algunas que pueden ser más adecuadas para determinados subsectores, o resultar más ventajosas por su relación coste/eficacia. En esta sección se ha realizado una evaluación de las tecnologías seleccionadas para el sector IAB a nivel europeo, en base a una serie de criterios que pueden ayudar a las empresas del sector a realizar una primera identificación de posibles opciones de interés para su caso. Estas tecnologías se han tomado inicialmente del BREFs y se han valorado siguiendo la metodología de Ricardo E&E (2021).

Las tecnologías se han evaluado usando diversos parámetros que permiten valorar su adecuación y potencial para la aplicación, considerando aspectos económicos, eficiencia y madurez. Estos parámetros son los siguientes:

- **Capex / Opex basado en opiniones de expertos**

- CAPEX (Capital Expenditure) es el término utilizado para describir las inversiones de capital que realiza una empresa en activos a largo plazo
- OPEX (Operational Expenditure) se refiere a los gastos recurrentes y operativos que una empresa incurre en su día a día para mantener sus operaciones en funcionamiento.

El parámetro de Capex / Opex basado en las opiniones de expertos especifica si cada tecnología tendrá un coste de implementación relacionado con un incremento de costes operativos o por el contrario si se necesitara realizar una inversión de capital.

Asimismo, cada tecnología tendrá una puntuación en este ámbito atendiendo a los siguientes parámetros:

- Bajo (B): Capex: <50.000 EUR; Opex: <5.000 EUR/año
- Medio (M): Capex: 50.000 – 200,000 EUR; Opex: 5.000 – 30.000 EUR/año
- Alto (A): Capex: >200.000 EUR; Opex: >30.000 EUR/año

- **PYMEs**

Se especifica si cada tecnología es aplicable en PYMEs teniendo en cuenta sus estructuras productivas y limitaciones concretas.

- **Nivel de Preparación Tecnológica (TRL por sus siglas en inglés)**

En tercer lugar, se evalúa el TRL (Technology Readiness Level) de cada una de estas técnicas. Esto se aplica mediante una escala de 1 "Idea" a 9 "Comercialmente lista", en la que cada tecnología toma un valor de entre los anteriormente nombrados haciendo referencia a su nivel de madurez. Además, se especifica que tecnologías han sido incluidas en el BREF como BAT (Best Available Technologies) usando el acrónimo BAT posterior al nivel de TRL en los casos aplicables.

- **Potencial de abatimiento de emisiones de gases de efecto invernadero**

El potencial de reducción de emisiones como su nombre indica, asigna una puntuación a las tecnologías atendiendo a el nivel de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en porcentaje de las emisiones actuales. Estos son:

- Bajo (B): <5% de reducción de emisiones de GEI
- Medio (M): 5-10% de reducción de emisiones de GEI
- Alto (A): <10% de reducción de emisiones de GEI

- **Ratio de sostenibilidad**

La puntuación de sostenibilidad presentada toma un valor en una escala de 0 a 6 y permite visualizar de forma sencilla aquellas tecnologías que están más listas y tiene un potencial de reducción de emisiones mayor, comparándolas entre ellas. Esta puntuación engloba los parámetros anteriores de Capex / Opex, TRL y potencial de reducción de emisiones con el fin de proporcionar un indicativo estandarizado y simple de toda tecnología. Cada uno de estos parámetros recibirá una puntuación de 0 a 2 mediante la cual se construye la puntuación global sobre 6. Para Capex / Opex, la puntuación es dada como 0 si es Alto, 1 si es Medio y 2 si es Bajo. Para TRL 0 si es 6 o inferior, 1 si es 7 u 8, y 2 si es 9. Y por último para potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, 0 si es Bajo, 1 si es Medio y 2 si es Alto.

Finalmente, se han seleccionado una serie de tecnologías para el sector como se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 1 Selección de tecnologías para el sector

Tecnología por Sector	Sector	Capex/Opex	PYMES	TRL	Potencial de abatimiento	Ratio
<b>Reducción de demanda de calor</b>						
Optimización de sistemas de distribución del vapor	Etanol, Frutas y Verduras, Aceite, Bebidas, Almidón y granos y Otros	Capex M	Si	9; BAT	M	4
Recompresión mecánica del vapor (MVR)	Lácteos, Frutas y Verduras, Bebidas, Almidón y granos, Azucar y otros	Capex A Opex A	Si	9; BAT	M	3
Separación con membrana (en vez de con calor)	Lácteos, Bebidas y otros	Capex M	Si	8;	M	3

En el Anexo 1 y 2 se recogen la Matriz de cualificación de tecnologías aplicables en todos los sectores y para sectores específicos con la misma clasificación que la Tabla 1.

Junto a ello, se han extrapolado una serie de hallazgos a la hora de analizar múltiples tecnologías:

- Todas las tecnologías son razonablemente positivas (ratios > 3)
- Existen al menos 6 tecnologías que alcanzan valores de 6/6
- Cada sector y empresa deberá realizar su propia selección y valoración de tecnologías
- Otras herramientas como las curvas de descarbonización que muestran el coste-eficacia pueden ser útiles como herramienta de decisión

### 2.3. Panorámica de tecnologías para el sector español

A nivel general todas las tecnologías presentadas son beneficiosas y bastante adecuadas para la descarbonización de la IAB española. Será cuestión de cada empresa o sector el seleccionar y hacer un balance de cuáles son más adecuadas y viables a nivel de costes e implementación. Las empresas y sectores con alta intensidad energética necesitan seleccionar una herramienta de toma de decisiones precisa o precisa para priorizar la selección de tecnología. La matriz presentada en este estudio puede ayudar a orientar esta decisión a un nivel más cualitativo. Un ejemplo de herramienta que puede ayudar a hacer selecciones en base a datos de costes más precisos son las curvas de abatimiento. Sin embargo, para éstas es necesaria una mayor cantidad de datos.

Sin embargo, para conseguir un volumen de reducción de emisiones significativo a nivel de toda la industria, es importante abordar los sectores que generan un mayor volumen de emisiones de manera agregada, independientemente de la intensidad individual de las empresas.

Tabla 2 Visión de retos y oportunidades para el sector español

Retos	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costes de capital y operación para algunas medidas de descarbonización.</li> <li>• Necesidad de reacondicionamiento de las plantas existentes.</li> <li>• Incertidumbre en torno a los costes energéticos.</li> <li>• Baja madurez de algunas tecnologías.</li> <li>• Desafíos para PYMEs en el acceso a la información de capital y tecnología, y personal.</li> <li>• La ubicación geográfica puede limitar el acceso a infraestructuras.</li> <li>• Es necesario un desarrollo significativo de la infraestructura para aumentar la accesibilidad a la red, y aún más a una posible red hidrógeno verde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor uso de energía y, por tanto, costes de operación.</li> <li>• Menor coste operativo relacionado con la madurez de la tecnología de energía renovable.</li> <li>• Aprovechar las energías renovables para cubrir la demanda de calor a baja temperatura.</li> <li>• Atracción de mercado concienciado con el medio ambiente: mayores márgenes para productos sostenibles más limpios. Nuevos esquemas de financiación y ayudas para acelerar la descarbonización.</li> <li>• Aprovechar la creciente demanda de recursos de base biológica.</li> </ul>

## 2.4. Limitaciones y recomendaciones del análisis de Preparación para la Hoja de ruta de Descarbonización de la IAB en España

**Necesidad de datos más precisos a nivel del sector.** Realizar este ejercicio y asociar tecnologías a subsectores requerirá de un esfuerzo por parte del sector en recabar y compartir datos más precisos sobre intensidades energéticas específicas y factores de generación de emisiones.

**Necesidad de homogenización de datos a nivel nacional y europeo.** Este estudio ha detectado la incertidumbre en los datos existentes en el sector español a nivel oficial, y la necesidad de hacer estimaciones más precisas y granulares basados en datos reales de los subsectores. Por otro lado, la poca estandarización de los datos y alineamiento entre la categorización de sectores empleados a nivel europeo y español dificulta avanzar el conocimiento para guiar al sector.

**Priorizar los sectores con mayores volúmenes agregados de emisiones.** En el caso de España, algunos sectores muy intensivos energéticamente tienen un peso relativo bajo en el total de emisiones del sector dado su volumen de producción, frente a otros sectores como el de piensos, aceite o frutas y verduras que generan un nivel total de emisiones elevado como consecuencia de su alta producción agregada. Esto implica que los esfuerzos son importantes a todos los niveles, incluso en sectores cuyas intensidades energéticas específicas sean más bajas.

**Selección estratégica de tecnologías.** Se pueden aplicar una serie de medidas de descarbonización manteniendo al mismo tiempo la rentabilidad o el valor añadido. Para establecer su ruta específica hacia el cero neto, las empresas deberán identificar y clasificar las medidas de descarbonización que sean aplicables a su planta. Para ello, la matriz presentada puede orientar sobre las tecnologías que obtienen un ratio más alto de ventajas. Para decisiones más precisas de coste-eficacia, las herramientas (visuales) más comunes son las curvas de reducción.

**Reforma y modernización.** La mayoría de las intervenciones de descarbonización en Europa estarán relacionadas con la modernización de las plantas existentes. En base a los reportes al BREF, una gran parte de las plantas europeas son antiguas, y es de esperar que esta situación sea similar en el sector español.

**Incertidumbre sobre precios y algunas tecnologías prometedoras.** Los precios de la energía y el carbono son un insumo importante, ya que influyen en las decisiones de inversión y en la selección de tecnología respectiva. Algunos de los recursos clave (biomasa, acceso al hidrógeno verde) son muy heterogéneos y los precios dependen de la geografía y el uso final (por ejemplo, los impuestos que afectan a la aplicación).

# 03

## ASISTENCIA TÉCNICA EN DESCARBONIZACIÓN Y SOSTENIBILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN ESPAÑA

Tras el análisis y los resultados obtenidos durante la Fase I por parte de Ricardo que permitió obtener una visión adaptada de los principales retos y oportunidades derivadas de los procesos que tienen lugar a nivel europeo, y cómo éstos pueden afectar al sector español, así como de las limitaciones y necesidades de información por parte del sector, el siguiente paso se basa estudio coste-eficiencia aplicando curvas de coste-abatimiento marginal (CCAM) para una selección de tecnologías identificadas relevantes para apoyar la descarbonización del sector de la IAB en España.

### 3.1. Metodología

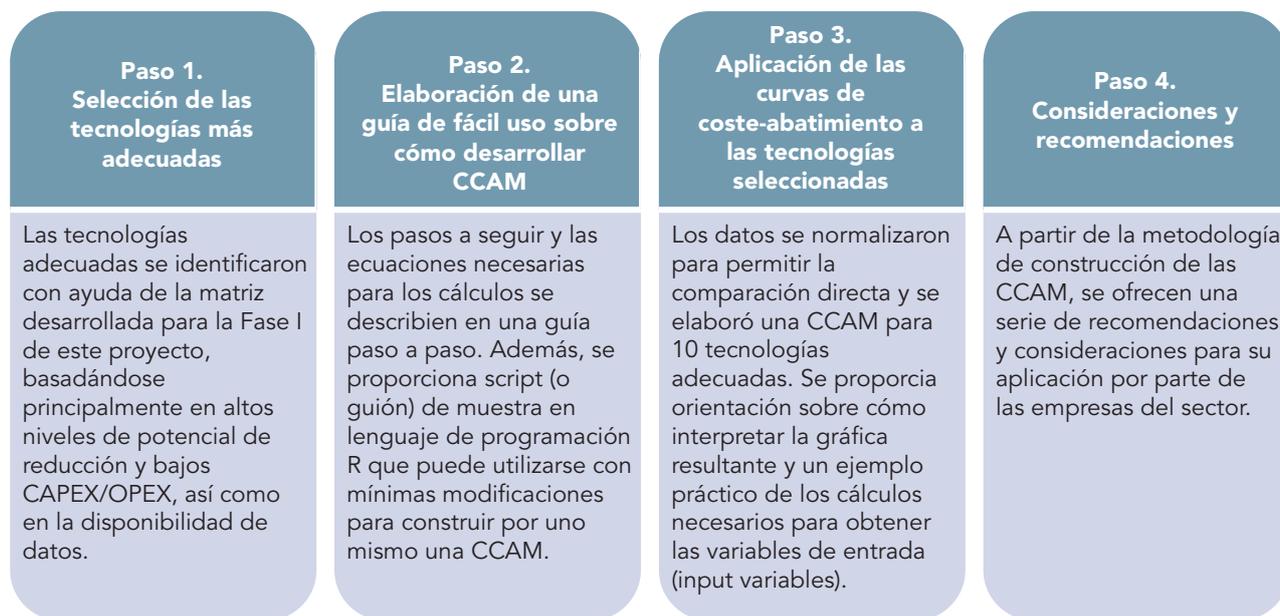
La metodología aplicada contempla los pasos que se resumen a continuación:

- **Paso 1. Selección de las tecnologías.** Se ha considerado una lista de 10 tecnologías entre las identificadas en el estudio de Fase 1 como aquellas de mayor potencial y relevancia para el sector IAB en España, en función de la disponibilidad de datos de costes y potenciales de descarbonización y reducción de emisiones.
- **Paso 2. Desarrollo de una guía fácil de usar sobre cómo desarrollar curvas de coste-abatimiento.** Los pasos a seguir y las ecuaciones necesarias para los cálculos se describen en una guía paso a paso. Además, se incluye un “script” (guión) de muestra en el lenguaje de programación R que puede aplicarse con cambios mínimos para construir una CCAM por cuenta propia.
- **Paso 3. Aplicación de CCAM a las tecnologías seleccionadas.** Se desarrolló una CCAM para 10 tecnologías, con datos estandarizados para permitir una comparación directa entre ellos. Se proporciona, además, orientación para poder interpretar la gráfica resultante y un ejemplo práctico sobre los cálculos necesarios para obtener las variables de entrada.
- **Paso 4. Consideraciones y recomendaciones.** Se proporcionan una serie de consideraciones y recomendaciones claras y concisas para la aplicación de las CCAM por parte de cualquier industria.

### 3.2. Curvas de abatimiento

De cara a seleccionar las mejores medidas de descarbonización para el sector, se ha escogido el desarrollo de curvas de coste-abatimiento marginal (CCAM) cuya metodología sigue el siguiente esquema:

Figura 3 – Diagrama metodológico



Una curva de coste-abatimiento marginal (CCAM) es una herramienta económica utilizada para evaluar la rentabilidad de las distintas opciones de reducción de emisiones.

Una de las formas en que pueden utilizarse las CCAM es para ayudar a tomar decisiones de inversión bajo un precio específico del carbono (ya sea un régimen de comercio de derechos de emisión, un impuesto sobre el carbono o un precio interno del carbono que la empresa decida adoptar). Ese precio del carbono puede trazarse como una línea en la CCAM o incluirse en los costes de explotación de cada elemento de la CCAM. En este caso, las barras se sitúan por encima y por debajo de la marca de 0 £/t, **en función de si el coste de reducir las emisiones de carbono mediante la aplicación de una medida es mayor o menor que incurrir en el precio del carbono en el RCDE por las emisiones.** El punto de 0 £/t representa, por tanto, el punto en el que estos dos valores son iguales. **Esto proporciona una indicación de en qué medidas merece la pena invertir, en función de la rentabilidad de la reducción de emisiones esperada. En el caso de las medidas con un coste marginal de abatimiento más elevado que el precio del carbono, es posible que se prefiera incurrir en el precio del carbono y no adoptar la medida.**

En el presente estudio, se aplica la metodología descrita para las diez tecnologías seleccionadas como más relevantes para el sector de la IAB, que se recogen en la Tabla 3. No obstante, los datos utilizados para calcular el carbono abatido y el coste marginal de abatimiento dependerán en gran medida de las características específicas de cada empresa.

Tabla 3 Datos de entrada de la CCAM y tecnologías seleccionadas

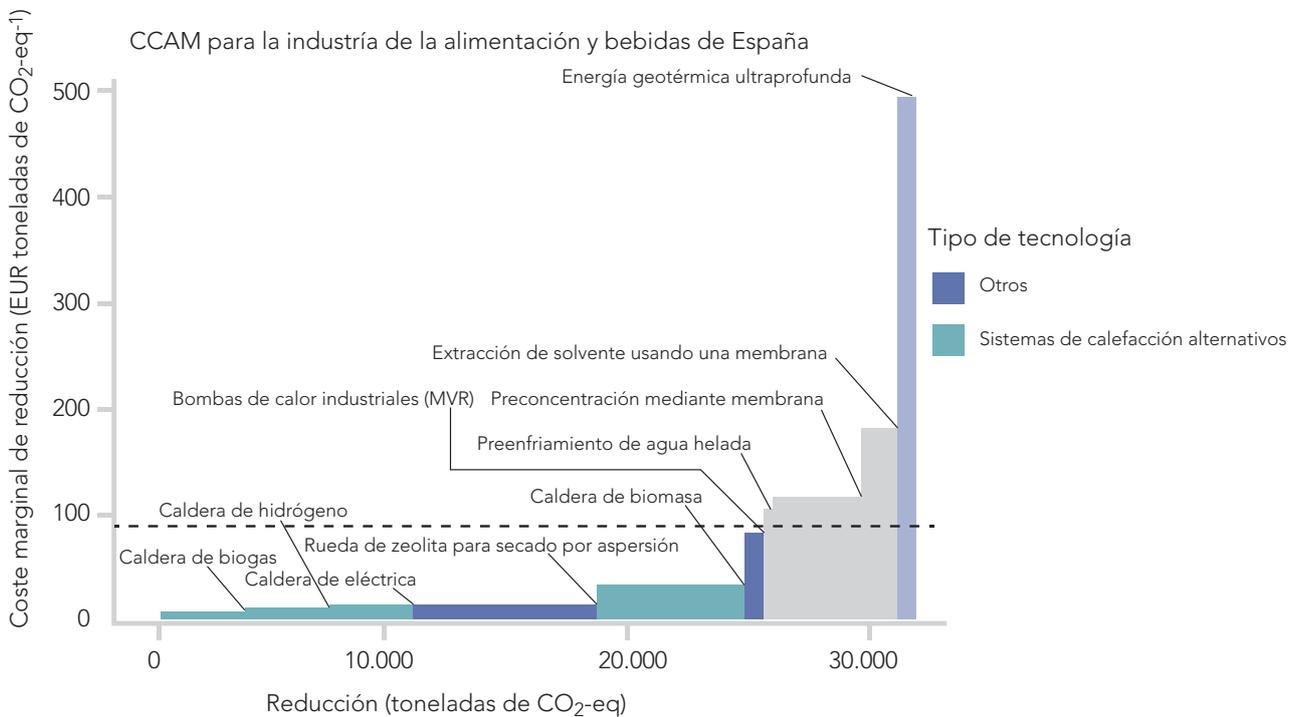
Tecnología <sup>1</sup>	Tipo de tecnología	Carbono abatido por la aplicación de la tecnología (toneladas de CO <sub>2</sub> -eq)	Coste marginal de abatimiento (€/tonelada de CO <sub>2</sub> -eq)
Bombas de calor industriales (MVR) (1) <sup>2</sup>	Otros	821.6	76.6
Energía geotérmica ultraprofunda (2)	Sistemas de calefacción alternativos	821.6	446.9
Caldera eléctrica (3)	Sistemas de calefacción alternativos	3586.8	12.3
Caldera de biogás (4)	Sistemas de calefacción alternativos	3586.8	4.2
Caldera de hidrógeno (5)	Sistemas de calefacción alternativos	3586.8	10.6
Rueda de zeolita para secado por aspersión (6)	Otros	7743.4	12.6
Extracción de disolvente utilizando una membrana (7)	Otros	1683.2	158.7
Caldera de biomasa <sup>34</sup> (8)	Sistemas de calefacción alternativos	6291.5	29.3
Preconcentración mediante membrana (9)	Otros	3726.5	102.7
Preenfriamiento de agua helada (10)	Otros	317.6	91.9

A través de la Tabla 3, se presenta la selección de tecnologías utilizadas en el ejemplo de la CCAM. De la presente tabla, se debe considerar que:

- El Carbono abatido por la aplicación de la tecnología (representado en toneladas de CO<sub>2</sub> -eq) hace referente al número acumulado de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> que se reducen con cada tecnología, de la más a la menos rentable. Este valor es la cantidad anual de emisiones que se ahorran utilizando una tecnología de descarbonización propuesta en lugar de la tecnología actual.
- El coste marginal de abatimiento del carbono, en unidad monetaria por tonelada de CO<sub>2</sub> -equivalente, representa el coste (durante la vida útil de una instalación) de implantar una tecnología por tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente que se han evitado con su implantación (en comparación con la tecnología existente).

Por lo tanto, para las tecnologías seleccionadas y expuestas en la Tabla 3 como más relevantes para el sector de alimentación y bebidas, se ha extrapolado la siguiente curva de coste-abatimiento marginal :

Figura 5 Ejemplo de CCAM de para las tecnologías seleccionadas relevantes para el sector de alimentación y bebidas



En cuanto a la Figura 5, se ha utilizado un código de colores para diferenciar entre distintos tipos de opciones tecnológicas de descarbonización, denominadas "Tipo de tecnología" en el gráfico.

Dada la diversidad de tecnologías empleadas, éstas se han presentado en dos grupos: Sistemas de calefacción alternativos y Otros.

La línea discontinua representa el coste del carbono en el RCDE el 14/09/2023, en euros por tonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente (Ember Carbon Price Tracker, 2023).

- Las tecnologías que se sitúan por debajo de esta línea son formas rentables de descarbonización, mientras que las que superan este punto costarán más que pagar por las emisiones asociadas en el RCCDE.
- En el caso de las tecnologías que se sitúan por encima de la línea, puede ser necesario estudiar más detenidamente si merece la pena aplicarlas.
- Cuanto más por debajo de la línea discontinua se encuentre una tecnología, mayor será el ahorro económico que puede conseguirse implantándola.
- Del mismo modo, cuanto más por encima de la línea discontinua se encuentre una tecnología, más costaría implantarla.

Por ejemplificar, este gráfico sugeriría que sustituir el sistema de calefacción actual por una caldera de biogás (suponiendo que el biogás sea un subproducto aplicable) sería la opción de descarbonización más rentable y sustituir el sistema de calefacción actual por energía geotérmica ultraprofunda, la menos rentable. También vemos que, al precio de los derechos de emisión, la preconcentración con membrana, el preenfriamiento del agua helada, la extracción de disolventes con membrana y la energía geotérmica ultraprofunda no son tecnologías rentables, mientras que el resto sí lo son.

### **3.3. Conclusiones y recomendaciones**

Tras los resultados obtenidos durante las dos fases del estudio, y tras las diez tecnologías analizadas, se han terminado seleccionando, en función de la curva de coste-abatimiento marginal, una serie de tecnologías como más factibles y relevantes para llevar a cabo estrategias de descarbonización:

1. Caldera de biogas
2. Caldera eléctrica
3. Caldera de hidrógeno
4. Rueda de zeolite para secado por aspersion
5. Caldera de biomasa
6. Bombas de calor industriales (MVR)

# 04 ANEXOS

## Anexo 1

Tabla 2 Matriz de cualificación de tecnologías aplicables en todos los sectores

Tecnología	Capex/ Opex	PYMES	TRL	Potencial de abatimientoz	Ratio
Gestión energética					
Sistemas de gestión de la energía	Opex B	Sí	9; BAT	A 15%	6
Controles	Opex B	Sí	9; BAT	M 10%	5
Mantenimiento	Opex B	Sí	9; BAT	M	5
Otras medidas de gestión (capacitación, etc)	Opex B	Sí	9; BAT	M	5
Reducción de demanda de calor					
Recuperación del calor	Capex A Opex M	Sí	9; BAT	M	3.5
Identificación de opciones de recuperación del calor (Análisis Pinch)	Capex B	No	9; BAT	M	5
Aislamiento	Capex M	Sí	9; BAT	A 25-86%	5
Sustitución/ nueva unidad de cocción (más eficiente)	Capex B	Sí	9; BAT	M	5
Limpieza (CIP) sin calor	Capex B	Sí	8	M	4
Use de agua esterilizada en homogeneizador	Capex B	Sí	9	N.D.	5
Electrificación del calor					
Limpieza (CIP con calor electrificado o ultrasonido)	N.D.	Sí	9	A	5
Generadores eléctricos de vapor	N.D.	Sí	9	A	5
Calentamiento con microondas	N.D.	Sí	9	A	5
Electrificación de procesos de pasteurización/esterilización	N.D.	Sí	9	A	5
Pasteurización/ esterilización a altas presiones	N.D.	Sí	9	A	5
Fuentes de calor - descarbonización de las unidades de combustión					
CHP	Capex M	No	9; BAT	A	5
Ciclo combinado	Capex M	No	9; BAT	A	5
Bomba de calor para generación de agua caliente (higiene, calentamiento, seguimiento de agua, limpieza, etc)	Capex M	Sí	9; BAT	A	5
Sustitución/ nueva unidad con superior eficiencia energética	Capex M	Sí	9; BAT	A	5
Combustibles bio (biogás, como por ejemplo de AD)	Capex A	Sí	9; BAT	N.D.	3
Nuevas características de digestión anaeróbica para la generación de biogás a partir de aguas residuales	Capex	No	8; ET	A	4
Combustibles bio (biomasa)	Capex M	Sí	9; BAT	A	5
Residuos como combustible	Capex M	Sí	9; BAT	A	5
Captura y almacenamiento de CO2 (CSS)	Capex A	No (solo grandes)	9; BAT	A	4

Tecnología	Capex/ Opex	PYMES	TRL	Potencial de abatimiento	Ratio
Gasificación/ pirólisis de residuos sólidos	Capex A	No (solo grandes con acceso a materias primas)	9; BAT	A	4
Combustibles más limpios (H2)	Opex A	No (solo grandes)	9	A	4
Combustibles más limpios (Amonio)	Capex A	Sí	8	A	3
Solar de concentración para generación de electricidad y calor (CSH, CSP)	Capex A	No	9	M	3
Otras fuentes renovables de calor	Capex B	Sí	9	A	6
Descarbonización del suministro eléctrico de generación in situ					
Suministro con energía solar fotovoltaica	Capex B	Sí	9	A	6
Optimización de voltaje	Capex B	Sí	9	A 10%	6
Otras fuentes de suministro eléctrico renovables (baterías, etc)	Capex B	Sí	9	A	6
Reducir demanda energética					
Sistemas de control/ monitorización de la demanda energética	Opex B	Sí	9;	N.D.	5
HVAC más eficiente	Capex B	Sí	9;	A 30%	6
Reducir fugas de sistemas de aire comprimido	Capex B	Sí	9;	N.D.	5
Iluminación LED	Capex B	Sí	9;	N.D.	5
Incremento de la temperatura de congelación					
Congeladores de choque más grandes, con temperaturas de evaporación más altas	Capex N.D.	Sí	9; BAT	N.D.	4
Descarbonización de la refrigeración					
Refrigeración con fuentes renovables (energía)	Capex B	Sí	9;	A	6
Evitar enfriadoras para la refrigeración	Capex B	Sí	9; BAT	A	6
Recuperación del calor durante la refrigeración	Capex B	Sí	9; BAT	A	6
Sustitución/ nueva unidad más eficiente	Capex B	Sí	9; BAT	A	6
Eficiencia operacional/ reducción de tiempos de refrigeración	Capex B	Sí	9; BAT	A	6
Temperaturas más altas	Opex B	Sí	9; BAT	A	6
Refrigeración alternativa (por ejemplo, magnética)	Capex, N.D.	Sí	8;	A 30%	4
Energía de procesos (resto, no usada ni para calor ni para enfriar)					
Fuentes renovables	Capex B	Sí	8;	A	5
Uso de motores de alta eficiencia	Capex B	Sí	9; BAT	A	6
Convertidores de frecuencia para los motores	Capex B	Sí	9; BAT	A	6
Unidades de velocidad variable	Capex B	Sí	9; BAT	A	6

## Anexo 2

Tabla 3 Matriz de cualificación de tecnologías relevantes para sectores específicos

Tecnología por sector	Sector	Capex/ Opex	PYMES	TRL	Potencial de abatimiento	Ratio
Reducción de demanda de calor						
Optimización de sistemas de distribución del vapor	Etanol, Frutas y Verduras, Aceite, Bebidas, Almidón y granos y Otros	Capex M	Si	9; BAT	M	4
Recompresión mecánica del vapor (MVR)	Lácteos, Frutas y Verduras, Bebidas, Almidón y granos, Azúcar y Otros	Capex A Opex A	Si	9; BAT	M	3
Separación con membrana (en vez de con calor)	Lácteos, Bebidas y Otros	Capex M	Si	8;	M	4
Nuevas tecnologías de secado	Frutas y Verduras, Almidón y granos y Azúcar	Capex B	Si	7; ET	M	5
Secado solar para intermedios orgánicos con calor renovable	Frutas y Verduras y Bebidas	Capex B	Si	9;	M	5
Tecnología avanzada de hornos	Panadería	Capex B	Si	9;	A 30%	5
Uso de pienso previamente secado	Pienso	Capex M Opex M	Si	9;	M 7%	3
Reciclado de gases residuales de secadoras	Pienso, Etanol, Frutas y Verduras, Aceite, Almidón y granos y Azúcar	Capex A	Si	9;	N.D.	3
Uso de calor residual del pre secado	Pienso, Lácteos, Etanol y Carne	Capex A	Si	9;	A 20-50%	5
Proceso de machacado de infusión	Bebidas	N.D	Si	9;	M	5
Hornos eléctricos altamente eficientes (pan, galletas, pastelería)	Panadería	Capex B	Si	9;	M	5
Freidoras eléctricas altamente eficientes	Panadería	Capex B	Si	9;	M	4
Machacado a altas temperaturas	Bebidas	N.D.	Si	9;	N.D.	4
Recuperación del calor del vapor del hervidor de mosto	Bebidas	N.D.	Si	9;		
Aumento del ángulo de destiladoras de alta gravedad	Bebidas	N.D.	Si	9;	A 25%	5
Sistema energético integrado en la recuperación de CO2	Bebidas	Capex B Opex B	Si	9;	N.D.	5
Disminuir la tasa de evaporación del hervido del mosto	Bebidas	N.D.	Si	9;	A 40%	5

Tecnología por sector	Sector	Capex/ Opex	PYMES	TRL	Potencial de abatimiento	Ratio
Uso de pasteurizadores continuos	Lácteos	N.D.	Si	9;	N.D.	4
Intercambio de calor regenerativo en la pasteurización	Lácteos	Capex M Opex B	Si	9;	N.D.	4.5
Hibernación para pasteurizadoras y esterilizadoras	Lácteos	Opex B	Si	9;	A 60-85%	6
Procesado a temperaturas extremadamente altas de la leche sin pasteurización inmediata	Lácteos	N.D.	Si	9;	A up to 35%	5
Secado en múltiples fases para la producción de polvos	Lácteos	Capex M Opex B	Si	9;	A 20%	5
Homogeneización parcial de la leche	Lácteos, Frutas y Verduras, Bebidas y Otros	Opex B	Si	9;	A 15-33%	6
Ventilación de aire secuencial para la maduración del queso	Lácteos	Opex B	Si	8;	A 40-60%	5
Maduración del queso a altas temperaturas con posterior humidificación e ionización del aire de ventilación	Lácteos	N.D.	Si	9;	B	3
Uso de ultrafiltración para la estandarización de la proteína de la leche y el queso	Lácteos	Capex A 430.000€	Si	9;	N.D.	3
Pasteurizador único para la producción de néctar/zumos	Bebidas	N.D.	Si	9;	A 25%	5
Transporte hidráulico del azúcar	Bebidas y Azúcar	Opex B	Si	9;	N.D.	5
Generación de vacío auxiliar	Aceite	Opex B	Si	9;	N.D.	5
Prensado de la fibra de maíz y fibra de trigo antes del secado	Etanol y almidón y granos	Opex B	Si	9;	A	6
Prensado del maíz antes del secado	Etanol y almidón y granos	Opex B	Si	9;	A	6
Deseccación del gluten del maíz antes del secado	Almidón y granos	Opex B	Si	9;	A	6
Recuperación del calor para el precalentamiento del zumo de patata	Almidón y granos	Capex A 1.300.000 €	Si	9;	A 50%	4
Prensado de la pulpa del azúcar de remolacha	Azúcar	N.D.	Si	9;	B	3
Secado indirecto a vapor de la pulpa de remolacha	Azúcar	N.D.	Si	9;	N.D.	4
Secado solar de la pulpa de remolacha azucarera	Azúcar	Capex A 2.000.000 €	Si	9;	A 15-25%	4
Secado a baja temperatura de la pulpa de remolacha azucarera	Azúcar	N.D.	Si	9;	N.D.	4

Tecnología por sector	Sector	Capex/ Opex	PYMES	TRL	Potencial de abatimiento	Ratio
<b>Electrificación del calor</b>						
Secadoras industriales con bomba de calor	Almidón y granos y Azúcar	Capex M	Si	7;	M	3
Tecnologías de pasteurización no térmica: Pasteurización/esterilización por ultrasonido	Lácteos, Frutas y Verduras y Bebidas	N.D.	Si	9;	A	5
Tecnologías de pasteurización no térmica: Pasteurización/esterilización por UV	Lácteos, Frutas y Verduras y Bebidas	N.D.	Si	9;	A	5
Tecnologías de pasteurización no térmica: Pasteurización/esterilización por luz de pulsada	Lácteos, Frutas y Verduras y Bebidas	N.D.	Si	9;	A	5
<b>Suministro de calor generado por renovables (no combustión)</b>						
Suministro de calor geotérmico	Lácteos, Bebidas y Otros	Capex A	Si	9;	M	3
<b>Reducir demanda eléctrica</b>						
Homogeneizador energéticamente eficiente	Lácteos, Frutas y Verduras, Bebidas y Otros	Opex B Capex B	Si	9; BAT	A 30%	6
Aplicación de presión negativa con el fin de mezclado	Bebidas	Capex	Si	9; BAT	N.D.	4 6
Uso de homogeneizadores energéticamente eficientes para la producción de néctar/zumos	Lácteos, Frutas y Verduras, Bebidas y Otros	Opex B Capex B	Si	9;BAT	A 30%	
Uso de sopladores de baja presión para el secado de botellas	Bebidas	Capex B Opex B	Si	9; BAT	N.D.	5
<b>Decarbonización del enfriado</b>						
Previo enfriado de agua para hielos	Lácteos y Frutas y Verduras	Capex M 185.000 €	Si	9; BAT	A	5
Enfriamiento de frutas y verduras antes de congelarlas	Frutas y Verduras	Opex B Capex B	Si	9; BAT	A	6
<b>Procesamiento de la electricidad (resto, no usada ni para calor ni para enfriar)</b>						
Machacado a altas temperaturas	Bebidas	Opex B	Si	9	A	6



Informe elaborado por:  
Federación Española de Industrias de la  
Alimentación y Bebidas  
Ricardo Energy & Environment

Diseño Gráfico:  
IMS

Fecha de elaboración: 2023  
Fecha de publicación: 2023



Proyecto co-financiado por el Ministerio de  
Agricultura, Pesca y Alimentación dentro del  
Marco del CONVENIO MAPA-FIAB 2023





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA  
Y ALIMENTACIÓN

