



Uso y gestión de la biomasa forestal

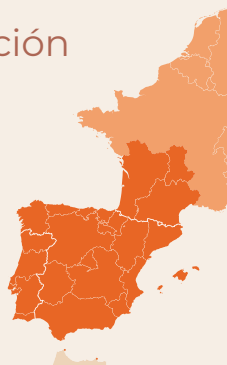
Guía de formación y capacitación

Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

BIO4RES



**Interreg
Sudoe**



Co-funded by
the European Union

BIO4RES

Proyecto BIO4RES (S1/2.4/E0029): Biomasa forestal y prevención de incendios, una oportunidad para la resiliencia del medio rural, cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Cofinanciado por Gobierno de Navarra.

nasuvinsa

CTFC



TÂMEGA e SOUSA
CONSEJO INTERMUNICIPAL

La biomasa forestal constituye un recurso estratégico para las entidades locales al permitir abordar simultáneamente la transición energética, la gestión sostenible de los montes y la prevención de incendios forestales. Este manual, desarrollado en el marco del proyecto Interreg Sudoe BIO4RES, proporciona una guía completa para el diseño, implementación y gestión de sistemas de aprovechamiento energético de biomasa forestal, con especial atención a la astilla como biocombustible principal.

El documento aborda de manera integrada todos los elementos clave de la cadena montemaderaenergía: desde el contexto estratégico y la planificación territorial, hasta la calidad del combustible, la logística, la contratación, la operación y el mantenimiento de instalaciones. Asimismo, se analizan los impactos ambientales, el papel de la biomasa en la prevención de incendios y la importancia de la formación y los modelos organizativos.

El enfoque propuesto se basa en sistemas de proximidad, en la coordinación entre actores y en la profesionalización del sector, con el objetivo de garantizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las soluciones implantadas.

Índice

01.	Introducción: papel estratégico de la biomasa forestal..... 8
	1.1. Contexto energético, forestal y territorial 10
	1.2. La biomasa como herramienta de transición energética.....10
	1.3. Biomasa forestal y gestión sostenible del monte.....11
	1.4. Dimensión territorial y desarrollo local 11
	1.5. El papel de los ayuntamientos.....12
	1.6. La astilla forestal como vector energético principal.....13
	1.7. Enfoque integrado: energía, territorio y resiliencia 13
	Consideraciones finales.....13
02.	Marco estratégico del proyecto BIO4RES aplicado a entidades locales 14
	2.1 Enfoque estratégico integral 14
	2.2 Objetivos operativos.....15
	2.3 Implicación municipal 16
	2.4 Principios técnicos de implementación 16
	2.5 Modelos de desarrollo promovidos e implicaciones estratégicas para las entidades locales 17
	Síntesis del marco estratégico.....17
03.	Biomasa y prevención de incendios..... 18
	3.1. Contexto y problemática de los incendios forestales 18
	3.2. Papel de la biomasa en la gestión preventiva.....19
	3.3. Tipología de actuaciones forestales asociadas.....19
	3.4. Áreas estratégicas de intervención.....20
	3.5. Integración en la planificación territorial.....20
	3.6. Relación entre biomasa y resiliencia forestal.....20
	3.7. Impacto socioeconómico de la prevención mediante biomasa.....21
	3.8. Papel de las entidades locales.....21
	3.9. Limitaciones y consideraciones.....22
	Síntesis 22
04.	La cadena de valor de la biomasa forestal..... 23
	4.1 Concepto y enfoque general 23
	4.2 Eslabones principales de la cadena.....24
	4.3 Interdependencia de los eslabones.....26
	4.4 Principales condicionantes y retos 26
	4.5 Importancia de la proximidad y las cadenas cortas 26
	4.6 Modelos organizativos de la cadena 27
	4.7 Papel de las entidades locales en la cadena de valor.....27
	Síntesis.....27

05.	Instalaciones municipales de biomasa	28
	5.1. Introducción y tipología de instalaciones	28
	5.2. Componentes principales de una instalación de biomasa	29
	5.3. Tipologías de instalaciones según potencia y uso	30
	5.4. Condicionantes técnicos y operativos	30
	5.5. Factores clave para el éxito de las instalaciones	31
	Síntesis	31

06.	Combustible: la astilla forestal	32
	6.1. Importancia estratégica de la calidad del combustible	32
	6.2. Marco normativo y estándares de referencia	33
	6.3. Clasificación de la astilla según calidad	33
	6.4. Parámetros clave de calidad	34
	6.5. Control y verificación de la calidad	35
	6.6. Certificación y sellos de calidad	35
	6.7. Implicaciones para la contratación pública	35
	6.8. Relación entre calidad y operación de instalaciones	36
	Síntesis	36

07.	Logística y suministro	37
	7.1. Importancia de la logística en el sistema de biomasa	37
	7.2. Organización del suministro: fases y configuración	38
	7.3. Transporte y condicionantes económicos	38
	7.4. Almacenamiento y garantía de suministro	39
	7.5. Modelos de suministro y contratación	40
	7.6. Papel de las entidades locales en la logística	40
	7.7. Seguimiento y control del suministro	41
	Síntesis	41

08.	Operatividad, mantenimiento y gestión ambiental de instalaciones de biomasa	42
	8.1. Enfoque general de la operación de instalaciones	42
	8.2. Organización de la operación en instalaciones municipales	43
	8.3. Operación diaria y control del sistema	44
	8.4. Mantenimiento preventivo y correctivo	44
	8.5. Gestión de cenizas y limpieza del sistema	45
	8.6. Emisiones y control ambiental de la combustión	46
	8.7. Calidad del combustible y su impacto ambiental	46
	8.8. Otros impactos locales y medidas de control	47
	8.9. Monitorización y control energético	47
	8.10. Seguridad en la operación	47
	8.11. Cumplimiento normativo y buenas prácticas ambientales	48
	Síntesis	48

09.	Contratación y gestión administrativa	49
	9.1. Importancia de la contratación en el desarrollo del modelo	49
	9.2. Modelos de contratación en biomasa municipal	50
	9.3. Elementos clave en la elaboración de pliegos	51
	9.4. Ejemplo de pliego para suministro de biomasa	52
	9.5. Ejemplo de contrato ESE (estructura básica)	52
	9.6. Seguimiento administrativo y operativo	53
	9.7. Integración de criterios estratégicos en la contratación	53
	9.8. Papel de las entidades locales	53
	Síntesis	53

10.	Modelos organizativos y buenas prácticas en la gestión de la biomasa forestal	54
	10.1. Enfoque general	54
	10.2. Tipologías de modelos organizativos	55
	10.3. Modelos basados en redes de calor	56
	10.4. Integración territorial y coordinación de actores	56
	10.5. Buenas prácticas en la organización del sistema	56
	10.6. Papel de las entidades locales. Experiencias de referencia y lecciones aprendidas	57
	Síntesis	57

11.	Formación y capacitación de actores locales	58
	11.1. Importancia estratégica de la formación	58
	11.2. Perfiles profesionales implicados	59
	11.3. Áreas clave de capacitación	59
	11.4. Transferencia de conocimiento y buenas prácticas	60
	11.5. Sensibilización y aceptación social	60
	11.6. Papel de las entidades locales en la formación	61
	11.7. Integración en la estrategia BIO4RES	61
	Síntesis	61

12.	Recomendaciones finales para entidades locales	62
	12.1. Enfoque general para la implantación de proyectos de biomasa	62
	12.2. Planificación estratégica y visión a largo plazo	63
	12.3. Adecuación del proyecto a la realidad local	63
	12.4. Garantía de calidad y estabilidad del suministro	63
	12.5. Elección adecuada del modelo de gestión	63
	12.6. Importancia de la logística y la proximidad	64
	12.7. Integración con la gestión forestal y la prevención de incendios	64
	12.8. Formación y profesionalización	64
	12.9. Seguimiento, evaluación y mejora continua	65
	12.10. Comunicación y sensibilización	65
	Síntesis	65

01.



Introducción: papel estratégico de la biomasa forestal

La biomasa forestal es una fuente de energía renovable que se obtiene a partir de materia orgánica de origen vegetal, especialmente residuos de trabajos forestales y tratamientos selvícolas. Su aprovechamiento energético representa una oportunidad clave para avanzar hacia un modelo energético sostenible, resiliente y territorialmente equilibrado.

En el ámbito municipal, la biomasa presenta una serie de ventajas que la convierten en una alternativa especialmente adecuada:

- * **Energía local y renovable:** al provenir de recursos de proximidad, reduce la dependencia energética exterior y mejora la autonomía del territorio.
- * **Neutralidad climática:** el CO₂ emitido durante la combustión es equivalente al fijado durante el crecimiento del bosque, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.
- * **Estabilidad de costes energéticos:** frente a la volatilidad de los combustibles fósiles, la biomasa tiene precios más estables.

Además, su uso está íntimamente ligado a la **gestión forestal sostenible**. En regiones con elevada superficie forestal, el aprovechamiento de biomasa permite dar salida a productos de bajo valor comercial, facilitando la viabilidad económica de los trabajos forestales y reduciendo el riesgo de incendios.

Los ayuntamientos, como gestores de equipamientos públicos y responsables del territorio, desempeñan un papel fundamental para:

- 1 Impulsar la demanda de energía térmica renovable.
- 2 Facilitar la generación de cadenas de suministro locales.
- 3 Integrar políticas energéticas, forestales y de prevención de incendios.

1.1. Contexto energético, forestal y territorial

En el contexto actual de transición energética y adaptación al cambio climático, la biomasa forestal emerge como uno de los recursos más relevantes para los territorios con alta cobertura forestal. Este recurso, tradicionalmente infrautilizado, adquiere hoy una nueva dimensión estratégica al integrarse simultáneamente en tres ámbitos clave de la política pública:

- **Política energética**, como fuente renovable gestionable.
- **Política forestal**, como instrumento de gestión activa del monte.
- **Política territorial**, como motor de desarrollo económico local.

La biomasa forestal, entendida como el conjunto de materiales lignocelulósicos procedentes de los montes (restos de cortas, claras y clareos, podas y tratamientos selvícolas), se caracteriza por su capacidad para ser transformada en energía térmica de manera eficiente, especialmente en forma de astilla forestal.

A diferencia de otras energías renovables como la solar o la eólica, la biomasa presenta una característica diferencial fundamental: su **gestionabilidad**. Esto significa que puede producir energía de forma continua y controlada, adaptándose a la demanda, lo que la convierte en un complemento clave para garantizar la estabilidad de los sistemas energéticos locales.

1.2. La biomasa como herramienta de transición energética

El uso energético de la biomasa forestal contribuye directamente a la descarbonización del sistema energético, alineándose con las políticas europeas y nacionales orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, la biomasa se considera una energía de **balance neutro en carbono**, ya que el CO₂ liberado durante su combustión forma parte del ciclo biológico del carbono previamente fijado durante el crecimiento del bosque.

Además, presenta otras ventajas relevantes:



Reducción de la dependencia energética exterior, al sustituir combustibles fósiles importados.

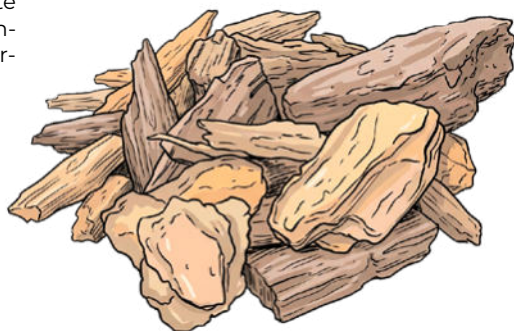


Diversificación del mix energético, incrementando la resiliencia del sistema.



Estabilidad de los costes energéticos, al depender de mercados locales menos volátiles.

En el ámbito municipal, estas características permiten mejorar la planificación presupuestaria, reduciendo la exposición a fluctuaciones de precios del gas o del gasóleo y favoreciendo una gestión más eficiente de los recursos públicos.



1.3. Biomasa forestal y gestión sostenible del monte

Uno de los aspectos más relevantes del uso energético de la biomasa es su vinculación directa con la gestión forestal sostenible. En muchas regiones del sur de Europa, y especialmente en áreas de montaña, existe una abundancia creciente de masa forestal como consecuencia del abandono de usos tradicionales del territorio (agricultura, ganadería, explotación forestal).

Este proceso ha generado:

- * Incremento de la densidad forestal.
- * Acumulación de biomasa no gestionada.
- * Homogeneización estructural de los bosques.

Estas condiciones favorecen la aparición de **incendios forestales de alta intensidad**, cuya propagación es más rápida y difícil de controlar.

En este contexto, la valorización energética de la biomasa se convierte en un instrumento clave para:



Reducir la carga de combustible vegetal en el monte.



Favorecer estructuras forestales más heterogéneas y resilientes.



Mejorar la viabilidad económica de las actuaciones selvícolas.

BIO4RES destaca que el aprovechamiento de biomasa forestal contribuye directamente a la prevención de incendios y a la mejora de la resiliencia de los bosques frente al cambio climático.



1.4. Dimensión territorial y desarrollo local

La biomasa forestal no solo tiene un impacto energético y ambiental, sino también un fuerte componente socioeconómico. La cadena de valor asociada a la biomasa —desde los trabajos forestales hasta el consumo energético— genera actividad económica en el territorio y contribuye a fijar población en zonas rurales.

Entre sus principales impactos destacan:

1

Generación de empleo local, especialmente en el sector forestal y logístico.

2

Dinamización de economías rurales, mediante cadenas de suministro cortas.

3

Retención del valor añadido en el territorio, evitando la salida de recursos económicos.

4

Impulso a la bioeconomía local, basada en el aprovechamiento sostenible de recursos naturales.

El proyecto BIO4RES subraya que la valorización de la cadena montemaderenergía puede convertirse en un motor de desarrollo económico, favoreciendo la creación de empleo y la viabilidad de las empresas forestales.

1.5. El papel de los ayuntamientos

Las entidades locales desempeñan un papel central en el desarrollo de este modelo, ya que se sitúan en el punto de conexión entre la gestión del territorio, la demanda energética y la prestación de servicios públicos.

Los ayuntamientos pueden actuar como:

CONSUMIDORES ENERGÉTICOS ESTRATÉGICOS

Los edificios públicos (escuelas, polideportivos, centros administrativos, residencias, etc.) representan una demanda térmica estable que puede ser cubierta mediante biomasa, generando economías de escala.

AGENTES DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Las administraciones locales pueden integrar la biomasa en sus políticas de ordenación del territorio, planificación energética y prevención de incendios.

DINAMIZADORES DE LA CADENA DE VALOR

A través de la contratación pública, los ayuntamientos pueden fomentar el uso de biomasa local, exigir estándares de calidad y promover la profesionalización del sector.

IMPULSORES DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El liderazgo institucional es clave para generar confianza, atraer inversión y facilitar la implantación de soluciones innovadoras en el ámbito energético.

1.6. La astilla forestal como vector energético principal

Dentro de los diferentes biocombustibles sólidos, la **astilla forestal** es el producto más utilizado en instalaciones municipales por varias razones:

- Disponibilidad local.
- Menor coste frente a otros biocombustibles.
- Adecuación a instalaciones de media y gran potencia.
- Relación directa con trabajos forestales de prevención.

La astilla se obtiene mediante el triturado de madera procedente del monte y presenta características variables (humedad, tamaño, contenido en corteza) que deben ser controladas para garantizar un funcionamiento óptimo de las instalaciones.

Su uso permite valorizar un recurso que, en muchos casos, no tiene salida comercial alternativa, contribuyendo así a cerrar el ciclo de gestión forestal.

1.7. Enfoque integrado: energía, territorio y resiliencia

La biomasa forestal no se plantea únicamente como un combustible, sino como un **vector estratégico que conecta múltiples dimensiones**:

-  Energía renovable.
-  Gestión forestal activa.
-  Prevención de incendios.
-  Desarrollo rural.
-  Adaptación al cambio climático.

Este enfoque permite maximizar los beneficios del sistema y reducir sus riesgos, siempre que se base en:

- Criterios de sostenibilidad.
- Planificación territorial.
- Coordinación entre actores.
- Formación técnica adecuada.



✓ Consideraciones finales

En síntesis, **la biomasa forestal constituye una herramienta clave para las entidades locales en el actual contexto de transición energética y cambio climático**. Su valor estratégico radica en su capacidad para:

Proporcionar energía renovable y gestionable.

Generar desarrollo económico local.

Mejorar la resiliencia de los bosques.

Reducir riesgos asociados a incendios forestales.

Para lograr estos objetivos, es imprescindible que los ayuntamientos adopten un enfoque técnico, planificado e integrado, que permita aprovechar todo el potencial de este recurso de forma eficiente y sostenible.

02.



Marco estratégico del proyecto BIO4RES aplicado a entidades locales

2.1 Enfoque estratégico integral

El proyecto Interreg Sudoe BIO4RES define un marco de actuación orientado a la valorización energética de la biomasa forestal desde una perspectiva integral. Este enfoque parte de la premisa de que los retos asociados a los ecosistemas forestales, el cambio climático y la transición energética no pueden abordarse de forma aislada, sino a través de soluciones que integren múltiples dimensiones.

En este sentido, la biomasa se configura como un elemento articulador de la relación entre:

- La gestión forestal activa.
- La producción de energía renovable.
- El desarrollo económico de las zonas rurales.
- La prevención de incendios forestales.

La estrategia promueve así un modelo en el que la cadena montemaderaenergía actúa como eje vertebrador del territorio y cuyo objetivo es crear un modelo que integre estos ámbitos de forma coherente, maximizando las sinergias.

2.2 Objetivos operativos

La estrategia elaborada en el marco del proyecto BIO4RES se articula en seis grandes objetivos:

- | | | | |
|---|--|---|---|
| 1 | Cuantificación del recurso disponible. | 4 | Mejora de la transparencia del mercado. |
| 2 | Desarrollo de la cadena montemaderaenergía. | 5 | Coordinación de políticas públicas. |
| 3 | Eliminación de barreras técnicas y económicas. | 6 | Formación y sensibilización. |

De este modo, el marco estratégico se estructura en torno a una serie de objetivos interrelacionados que orientan la actuación de las administraciones públicas.

CONOCIMIENTO DEL RECURSO

El primer elemento esencial es la correcta cuantificación de la biomasa disponible. Este conocimiento permite identificar las áreas prioritarias de actuación y evaluar la viabilidad de los proyectos, teniendo en cuenta factores técnicos, económicos y ambientales.

TRANSPARENCIA Y CALIDAD DE MERCADO

La consolidación del mercado de la biomasa requiere garantizar la calidad del producto y su trazabilidad. La aplicación de estándares técnicos y certificaciones facilita la confianza entre actores y mejora el funcionamiento del mercado.

ESTRUCTURACIÓN DE LA CADENA DE VALOR

El desarrollo de la cadena montemaderaenergía es un requisito imprescindible para garantizar que el recurso disponible pueda transformarse en energía útil. Esto implica la creación de sistemas organizados que integren producción, transformación, logística y consumo, priorizando modelos de proximidad.

COORDINACIÓN INSTITUCIONAL

La gestión de la biomasa requiere la implicación de diferentes ámbitos administrativos. La estrategia pone de relieve la necesidad de coordinar las políticas energéticas, forestales y territoriales para evitar duplicidades y maximizar los resultados.

SUPERACIÓN DE BARRERAS ESTRUCTURALES

La estrategia reconoce la existencia de limitaciones importantes, como la fragmentación de la propiedad forestal, la falta de profesionalización o los costes logísticos. Para superarlas, se promueven mecanismos de cooperación, formación y apoyo institucional que permitan mejorar la eficiencia del sistema.

FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

La capacitación de los agentes implicados y la sensibilización de la sociedad son elementos clave para la implantación del modelo. La falta de conocimiento técnico puede limitar el desarrollo de proyectos y afectar a su sostenibilidad.



2.3 Implicación municipal

Las entidades locales desempeñan un papel determinante en la aplicación de la estrategia, ya que concentran competencias relevantes en materia de energía, urbanismo y gestión de servicios públicos.

Desde esta posición, los ayuntamientos pueden:

- Generar demanda térmica mediante instalaciones de biomasa en edificios públicos.
- Integrar la biomasa en sus instrumentos de planificación.
- Promover la gestión forestal en montes públicos.
- Impulsar el desarrollo de mercados locales mediante la contratación.

Su actuación resulta especialmente relevante para activar la cadena de valor a escala local, creando condiciones favorables para la inversión y la colaboración entre agentes. El papel del municipio es clave como **motor de demanda estable**, lo que permite consolidar el mercado local de biomasa.

2.4 Principios técnicos de implementación

La aplicación efectiva del marco BIO4RES debe basarse en una serie de principios que garanticen su viabilidad:



Sostenibilidad del recurso, evitando impactos negativos sobre el ecosistema.



Proximidad, reduciendo costes y emisiones asociadas al transporte.



Eficiencia económica, asegurando la rentabilidad de la cadena de valor.



Calidad del biocombustible, imprescindible para el correcto funcionamiento de las instalaciones.



Cooperación entre actores, clave para la coordinación del sistema.

Estos principios constituyen la base sobre la cual deben diseñarse los proyectos municipales de biomasa.

2.5 Modelos de desarrollo promovidos e implicaciones estratégicas para las entidades locales

La estrategia identifica modelos territoriales basados en la integración de la cadena de valor a escala local. Entre ellos destaca el modelo de gestión integrada, que combina:

- Centros de acopio y procesamiento.
- Infraestructuras logísticas.
- Sistemas de consumo energético local.

Este tipo de modelos permite optimizar la gestión del recurso y maximizar su impacto económico y ambiental, al tiempo que facilita la conexión entre la gestión forestal y el consumo energético.

La adopción del marco BIO4RES implica para los ayuntamientos:

- Incorporar la biomasa en la planificación energética y territorial.
- Establecer mecanismos de colaboración con el sector forestal.
- Garantizar criterios de calidad y sostenibilidad en la contratación.
- Promover la formación y profesionalización.

En última instancia, la biomasa forestal debe ser entendida como un instrumento de política pública capaz de generar beneficios transversales, más allá de su uso energético.



Síntesis del marco estratégico

El enfoque propuesto por BIO4RES permite avanzar hacia un modelo en el que la biomasa forestal actúa como elemento integrador de múltiples políticas, contribuyendo a:

La transición energética.

La prevención de incendios.

La gestión sostenible del bosque.

El desarrollo económico local.

Este carácter transversal constituye el principal valor añadido de la estrategia y el fundamento de su aplicación en el ámbito municipal.

03.



Biomasa y prevención de incendios

3.1. Contexto y problemática de los incendios forestales

Los incendios forestales constituyen uno de los principales riesgos ambientales y territoriales en una gran parte de las regiones con predominio de masas forestales. En los últimos años, este riesgo se ha intensificado debido a una combinación de factores estructurales y coyunturales, entre los que destacan:

- * El abandono progresivo de actividades agrícolas y forestales tradicionales.
- * El aumento de la continuidad y densidad de la vegetación.

* Las condiciones climáticas extremas asociadas al cambio climático.

* La expansión de áreas de interfaz urbanoforestal.

Estos factores han dado lugar a un incremento de la carga de combustible acumulada en los montes, favoreciendo incendios de mayor intensidad, velocidad de propagación y dificultad de extinción.

En este contexto, la prevención se configura como una estrategia prioritaria, basada en la **gestión activa del territorio** y en la reducción del combustible disponible.

3.2. Papel de la biomasa en la gestión preventiva

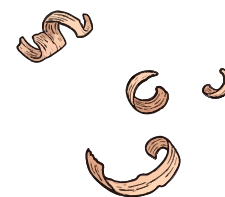
El aprovechamiento energético de la biomasa forestal introduce un elemento clave en las políticas de prevención de incendios: la posibilidad de **dar valor económico a los trabajos de gestión forestal**.

Tradicionalmente, muchas de las actuaciones necesarias para reducir la carga de combustible —como clareos y claras, desbroces o eliminación de restos— suponían un coste sin retorno económico directo. La valorización de la biomasa permite revertir esta situación, generando una salida para estos materiales y contribuyendo a financiar las actuaciones selvícolas.

En este sentido, el uso energético de la biomasa contribuye a:

- Reducir la cantidad de combustible acumulado en el bosque.
- Disminuir la continuidad horizontal y vertical de la vegetación.
- Mejorar la accesibilidad para los medios de extinción.
- Favorecer estructuras forestales más resilientes.

BIO4RES destaca precisamente este enfoque, en el que la biomasa se convierte en un instrumento operativo para vincular la gestión forestal con la producción energética.



3.3. Tipología de actuaciones forestales asociadas

La extracción de biomasa con fines energéticos se integra dentro de diversas actuaciones de gestión forestal orientadas a la prevención de incendios.

Entre las más relevantes se encuentran:

TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS

Consisten en la eliminación selectiva de árboles para reducir la densidad forestal. Estas intervenciones permiten:

- * Disminuir la competencia entre árboles.
- * Aumentar la resistencia de la masa forestal.
- * Reducir la carga de combustible.

DESBROCES Y ELIMINACIÓN DE MATORRAL

La retirada de vegetación arbustiva reduce la continuidad del combustible y disminuye la probabilidad de propagación de incendios de superficie.

APROVECHAMIENTO DE RESTOS FORESTALES

Los restos generados en cortas y tratamientos forestales constituyen una fuente importante de biomasa. Su retirada evita la acumulación de material seco altamente inflamable.

ACTUACIONES EN INTERFAZ URBANOFORESTAL

Las zonas donde el bosque entra en contacto con áreas urbanizadas requieren especial atención. En estos espacios, la reducción de biomasa es fundamental para:

- * Proteger infraestructuras y viviendas.
- * Facilitar las labores de extinción.
- * Reducir riesgos para la población.

3.4. Áreas estratégicas de intervención

La planificación de las actuaciones de prevención mediante biomasa debe priorizar aquellas zonas donde su impacto es mayor. Entre ellas destacan:

- 1 Zonas de interfaz urbanoforestal**, con alto riesgo para personas y bienes.
- 2 Áreas con elevada continuidad de combustible**, donde el fuego puede propagarse rápidamente.
- 3 Puntos estratégicos de gestión (PEG)**, definidos para facilitar el control de incendios.
- 4 Áreas de elevada vulnerabilidad climática**, con condiciones propicias para incendios intensos.

La identificación y gestión de estas áreas permite maximizar la eficacia de las actuaciones y optimizar el uso de los recursos disponibles.

3.5. Integración en la planificación territorial

El aprovechamiento de biomasa con fines preventivos debe integrarse en los instrumentos de planificación territorial y forestal. Esto implica su incorporación en:

- Planes de prevención de incendios.
- Instrumentos de ordenación forestal.
- Estrategias de desarrollo rural.
- Planes municipales de energía y clima.

La integración de estos niveles de planificación permite coordinar las actuaciones y generar sinergias entre las políticas públicas.



3.6. Relación entre biomasa y resiliencia forestal

La gestión activa del monte mediante la extracción de biomasa no solo reduce el riesgo de incendios, sino que contribuye a mejorar la resiliencia de los ecosistemas forestales frente a perturbaciones.

Esta resiliencia se refleja en:

- Mayor capacidad de recuperación tras incendios o eventos extremos.
- Mejora de la diversidad estructural del bosque.
- Reducción de la vulnerabilidad frente a plagas y enfermedades.
- Mejor adaptación a condiciones climáticas cambiantes.

En este sentido, la biomasa actúa como catalizador de un modelo de gestión más dinámico y sostenible.

3.7. Impacto socioeconómico de la prevención mediante biomasa

La integración de la biomasa en las políticas de prevención de incendios genera beneficios adicionales desde el punto de vista socioeconómico, entre los que destacan:

-  Generación de actividad económica vinculada a trabajos forestales.
-  Creación de empleo en zonas rurales.
-  Mejora de la viabilidad de empresas forestales.
-  Desarrollo de cadenas de valor locales.

Estos efectos refuerzan el papel de la biomasa como herramienta de desarrollo territorial, más allá de su función energética.

3.8. Papel de las entidades locales

Las entidades locales desempeñan un papel clave en la implementación de este enfoque, especialmente en aquellas zonas donde existen masas forestales próximas a núcleos urbanos.

Entre sus principales funciones se incluyen:

- * Impulsar la utilización de biomasa en instalaciones municipales.
- * Promover actuaciones de gestión forestal en montes públicos.
- * Coordinar actuaciones en el ámbito de la interfaz urbanoforestal.
- * Colaborar con agentes forestales y administraciones superiores.

Además, la generación de demanda energética estable por parte de los ayuntamientos contribuye a consolidar el mercado de biomasa, facilitando la viabilidad económica de las actuaciones preventivas.



3.9. Limitaciones y consideraciones

A pesar de sus ventajas, el uso de la biomasa como herramienta de prevención de incendios presenta algunas limitaciones que deben ser tenidas en cuenta:

- No toda la biomasa es económicamente aprovechable.
- Los costes de extracción pueden ser elevados en terrenos difíciles.
- Es necesario garantizar la sostenibilidad de las actuaciones.
- Requiere coordinación entre múltiples actores.

Por ello, la planificación debe basarse en criterios técnicos y económicos rigurosos, priorizando aquellas intervenciones que maximicen la relación costebeneficio.



✓ Síntesis

La valorización energética de la biomasa forestal constituye una herramienta eficaz para la prevención de incendios y la mejora de la resiliencia de los bosques. Su principal aportación radica en la capacidad de vincular la gestión forestal con la producción energética, generando un modelo en el que las actuaciones preventivas adquieren viabilidad económica.

Desde BIO4RES, este enfoque integrado permite abordar de forma simultánea varios retos clave, contribuyendo a:

Reducir el riesgo de incendios forestales.

Impulsar el desarrollo económico rural.

Mejorar la gestión sostenible del territorio.

Avanzar en la transición energética.

La implicación de las entidades locales resulta fundamental para la implementación de este modelo, que se configura como una de las principales oportunidades para integrar políticas energéticas y forestales en el ámbito municipal.

04.



La cadena de valor de la biomasa forestal

4.1 Concepto y enfoque general

La cadena de valor de la biomasa forestal, denominada habitualmente **cadena montemaderaenergía**, constituye el sistema mediante el cual el recurso forestal se transforma en energía útil. Esta cadena integra un conjunto de actividades interdependientes que abarcan desde la gestión y aprovechamiento del monte hasta el consumo final en instalaciones térmicas.

Esta cadena no se concibe únicamente como una sucesión de procesos técnicos, sino como un **sistema territorial integrado**, en el que la eficiencia global depende de la adecuada coordinación entre todos los eslabones. Su correcto funcionamiento resulta determinante tanto para la viabilidad económica del uso energético de la biomasa como para su contribución a la gestión sostenible de los bosques.

4.2 Eslabones principales de la cadena

La cadena de valor de la biomasa forestal se estructura en varias fases, cada una de las cuales presenta requisitos técnicos específicos y condicionantes operativos.



APROVECHAMIENTO FORESTAL

El primer eslabón está constituido por las operaciones de recogida de biomasa en el monte. Estas incluyen:

- * Trabajos selvícolas (clareos y claras, entresacas, podas).
- * Actuaciones de prevención de incendios (desbroces, fajas auxiliares).
- * Aprovechamientos forestales tradicionales.

La biomasa destinada a usos energéticos suele corresponder a madera de baja calidad comercial, lo que permite valorizar productos que, de otro modo, tendrían escasa salida en el mercado.

Este proceso debe planificarse cuidadosamente para garantizar:

- * La sostenibilidad del recurso.
- * La conservación de la biodiversidad.
- * La optimización de los costes de extracción.



PROCESAMIENTO Y ASTILLADO

Una vez extraída, la biomasa debe ser transformada en un biocombustible apto para su uso energético. En el caso de la astilla forestal, esto se realiza mediante equipos de triturado o astillado, que generan fragmentos de madera de tamaño controlado.

El procesamiento puede realizarse:

- * En el propio monte (astillado en campo).
- * En centros logísticos o patios de biomasa.

Esta fase es clave para garantizar la calidad del producto final, ya que aspectos como la granulometría y la homogeneidad condicionan directamente el funcionamiento de las instalaciones térmicas.



LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

El transporte de la biomasa desde el punto de producción hasta su destino final constituye uno de los elementos más críticos de la cadena, tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

Los principales factores que influyen en esta fase son:

- * Distancia entre origen y destino.
- * Densidad energética del material.
- * Condiciones de acceso y carga.

El coste del transporte es, de hecho, uno de los principales factores limitantes para el desarrollo del sector, lo que refuerza la importancia de modelos basados en la proximidad y en la optimización logística.



ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

La biomasa debe ser almacenada adecuadamente antes de su consumo para garantizar:

- * La estabilidad del suministro.
- * La conservación de la calidad (especialmente la humedad).
- * La adaptación a la demanda energética.

El almacenamiento puede realizarse en distintas fases de la cadena:

- * En centros logísticos intermedios.
- * En instalaciones de consumo (silos).

La correcta gestión del almacenamiento es esencial para evitar degradaciones del combustible y asegurar la continuidad del servicio.



CONSUMO ENERGÉTICO

El último eslabón de la cadena es la utilización de la biomasa como fuente de energía térmica, principalmente en calderas o redes de calor.

En el ámbito municipal, este consumo se concentra en:

- * Edificios públicos.
- * Equipamientos deportivos y educativos.
- * Redes de calor urbanas o rurales.

La eficiencia de esta fase depende en gran medida de la calidad del combustible, así como del diseño y mantenimiento de las instalaciones.



4.3 Interdependencia de los eslabones

Uno de los aspectos fundamentales de la cadena de valor es la fuerte interdependencia entre sus diferentes fases. Un mal funcionamiento en cualquiera de los eslabones puede tener repercusiones en el conjunto del sistema. Por ejemplo:

- ✗ Una mala calidad del astillado puede afectar al rendimiento de la caldera.
- ✗ Un transporte ineficiente puede encarecer el coste final del combustible.
- ✗ Una planificación forestal inadecuada puede comprometer la sostenibilidad del recurso.

Por ello, es imprescindible abordar la cadena de valor desde una perspectiva integrada, en la que se optimicen simultáneamente todos los procesos.

4.4 Principales condicionantes y retos

El desarrollo de la cadena de valor de la biomasa forestal se enfrenta a una serie de condicionantes estructurales que deben ser tenidos en cuenta en su planificación.

Condicionantes económicos

- * Elevados costes de transporte.
- * Baja densidad energética del material.
- * Necesidad de economías de escala.

Condicionantes técnicos

- * Variabilidad en la calidad de la biomasa.
- * Limitaciones en la mecanización forestal.
- * Requisitos específicos de las instalaciones térmicas.

4.5 Importancia de la proximidad y las cadenas cortas

Uno de los principios clave identificados es la necesidad de promover **cadenas cortas de suministro**, es decir, sistemas en los que la distancia entre la producción y el consumo sea reducida. Este enfoque presenta múltiples ventajas:

- Reducción de los costes logísticos.
- Menor impacto ambiental asociado al transporte.
- Mayor control sobre la calidad del producto.
- Incremento del valor añadido en el territorio.

Además, la proximidad facilita la creación de relaciones estables entre diferentes actores de la cadena, mejorando su coordinación y eficiencia.

4.6 Modelos organizativos de la cadena

Existen diferentes modelos de organización de la cadena de valor de la biomasa, que pueden adaptarse en función del contexto territorial.

Entre los más habituales destacan:

- **Modelos descentralizados**, basados en múltiples pequeños productores y consumidores.
- **Modelos centralizados**, con centros logísticos que concentran el procesamiento y la distribución.
- **Modelos integrados**, en los que una misma empresa operadora gestiona varias fases de la cadena.

En el marco BIO4RES, se promueven especialmente modelos integrados y de proximidad, que permitan optimizar la eficiencia del sistema y maximizar su impacto local.

4.7 Papel de las entidades locales en la cadena de valor

Las entidades locales pueden intervenir en distintos puntos de la cadena, desempeñando un papel clave en su estructuración.

Entre sus principales funciones destacan:

- * **Generación de demanda**, mediante la implantación de instalaciones de biomasa.
- * **Facilitación de infraestructuras**, como centros logísticos o redes de calor.
- * **Impulso de la coordinación**, entre actores públicos y privados.
- * **Promoción de mercados locales**, a través de la contratación pública.

Su capacidad para actuar en estos ámbitos las convierte en agentes fundamentales para la consolidación de la cadena de valor a escala territorial.

✓ Síntesis

La cadena de valor de la biomasa forestal constituye el elemento central que permite transformar un recurso disponible en el territorio en una fuente de energía útil y sostenible.

Su correcto desarrollo requiere:

- Coordinación entre eslabones.
- Optimización logística.
- Garantía de calidad.
- Modelos de proximidad.
- Participación activa de las entidades locales.

En este contexto, la cadena montemaderaenergía no solo debe entenderse como un proceso técnico, sino como una herramienta estratégica para la gestión del territorio, la prevención de incendios y el desarrollo económico local, en línea con los principios establecidos por BIO4RES.



Instalaciones municipales de biomasa

5.1. Introducción y tipología de instalaciones

Las instalaciones de biomasa en el ámbito municipal constituyen el elemento final de la cadena montemaderaenergía, al permitir transformar la astilla forestal en energía térmica destinada a usos como calefacción y agua caliente sanitaria. Su implantación representa una de las principales herramientas operativas para materializar el aprovechamiento energético de la biomasa a escala local.

En función de la escala y del modelo de consumo, pueden distinguirse dos grandes tipologías presentadas a continuación:

- **Instalaciones individuales**, destinadas a un único edificio (escuelas, oficinas municipales, polideportivos, etc.).
- **Redes de calor (district heating)**, que permiten suministrar energía térmica a varios edificios desde una única central de producción.

Ambos modelos son complementarios y su elección depende de factores como la densidad urbana, la demanda térmica o la disponibilidad de infraestructuras.

5.2. Componentes principales de una instalación de biomasa

Toda instalación municipal de biomasa se articula en torno a una serie de elementos técnicos que trabajan de forma coordinada para garantizar la producción eficiente de energía.

CALDERA DE BIOMASA

Es el elemento central de la instalación, donde se produce la combustión de la astilla. Las calderas modernas están diseñadas específicamente para este tipo de combustible y presentan:

- * Altos rendimientos (superiores al 85-90%).
- * Sistemas automatizados de combustión.
- * Control de temperatura y emisiones.

Existen diferentes tipos según su potencia y tecnología, siendo las calderas automáticas las más habituales en el ámbito municipal.

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Permite transportar la astilla desde el silo hasta la cámara de combustión. Está compuesto normalmente por:

- * Tornillos sinfín.
- * Sistemas hidráulicos o mecánicos.
- * Tolvas intermedias.

Su diseño debe adaptarse a la granulometría del combustible para evitar atascos o fallos operativos.

SILO DE ALMACENAMIENTO

El silo es el espacio destinado al almacenamiento de la biomasa antes de su consumo. Se trata de un elemento crítico, ya que condiciona tanto la logística de suministro como la calidad del combustible. Los

principales tipos de silos utilizados en instalaciones municipales son:

- * **Silos soterrados de obra**, que ofrecen gran capacidad y buena protección frente a la humedad.
- * **Silos prefabricados metálicos o de fibra**, más rápidos de instalar.
- * **Contenedores modulares**, adaptables a diferentes configuraciones.
- * El dimensionamiento debe permitir una autonomía suficiente entre suministros y facilitar la descarga de los camiones.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE CENIZAS

Durante la combustión se generan cenizas que deben ser retiradas periódicamente. Las instalaciones modernas incluyen:

- * Sistemas automáticos de extracción.
- * Contenedores estancos.
- * Mecanismos de transporte externo.

Una correcta gestión de las cenizas es fundamental para el mantenimiento de la instalación.

SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES

Incluye:

- * Chimenea.
- * Filtros de partículas (ciclones o electrofiltros).
- * Sistemas de control de emisiones.

Estos elementos permiten cumplir con la normativa ambiental y reducir el impacto en la calidad del aire.

5.3. Tipologías de instalaciones según potencia y uso

INSTALACIONES DE PEQUEÑA Y MEDIA POTENCIA (50-500 KW)

Se utilizan principalmente en escuelas, ayuntamientos y centros sociales.

Características principales:

- * Consumos moderados.
- * Sistemas relativamente simples.
- * Uso habitual de astilla de alta calidad.

INSTALACIONES DE GRAN POTENCIA (>500 KW)

Destinadas a polideportivos, hospitales y redes de calor.

Características:

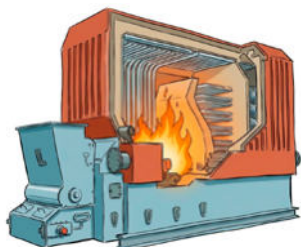
- * Mayor complejidad técnica.
- * Necesidad de logística más estructurada.
- * Admisión de mayor variabilidad en el combustible.

REDES DE CALOR MUNICIPALES

Las redes de calor representan el modelo más avanzado, permitiendo centralizar la producción de energía y distribuirla a varios edificios mediante tuberías enterradas.

Sus ventajas incluyen:

- * Mayor eficiencia energética.
- * Reducción de costes de operación.
- * Optimización del uso de biomasa.



5.4. Condicionantes técnicos y operativos

Las instalaciones de biomasa presentan una serie de requisitos específicos que deben tenerse en cuenta en su diseño y explotación.

NECESIDADES DE ESPACIO

A diferencia de los combustibles fósiles:

- * La biomasa tiene menor densidad energética.
- * Requiere mayor volumen de almacenamiento.

Por ello, es necesario prever espacios adecuados para el silo y las maniobras de suministro.

CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

El funcionamiento óptimo depende directamente de la calidad de la astilla:

- * Humedad controlada
- * Tamaño uniforme
- * Ausencia de impuros

Una mala calidad puede provocar:

- * Pérdida de rendimiento
- * Incremento de emisiones
- * Averías en la instalación

MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Las instalaciones de biomasa requieren una mayor atención que los sistemas convencionales, especialmente en:

- * Limpieza de intercambiadores.
- * Gestión de cenizas.
- * Supervisión del sistema de alimentación.

Esto implica disponer de personal formado o de contratos de mantenimiento especializados.

5.5. Factores clave para el éxito de las instalaciones

La experiencia acumulada en el ámbito municipal permite identificar una serie de factores determinantes:

- 1 Adecuado dimensionamiento, en función de la demanda energética.
- 2 Diseño eficiente del sistema de almacenamiento y alimentación.
- 3 Garantía de suministro de biomasa de calidad.
- 4 Mantenimiento preventivo y correctivo adecuado.
- 5 Formación del personal responsable.

Asimismo, la elección del modelo de gestión (propio o mediante empresa de servicios energéticos) influye directamente en la eficiencia y sostenibilidad del sistema.



Síntesis

Las instalaciones municipales de biomasa constituyen el elemento clave que permite transformar el potencial de la biomasa forestal en una solución energética real. Su correcta implantación requiere una adecuada planificación técnica, logística y operativa, así como una estrecha relación con el resto de eslabones de la cadena de valor.

En el marco de BIO4RES, estas instalaciones no deben considerarse únicamente como infraestructuras energéticas, sino como piezas fundamentales de un sistema integrado que contribuye simultáneamente a:

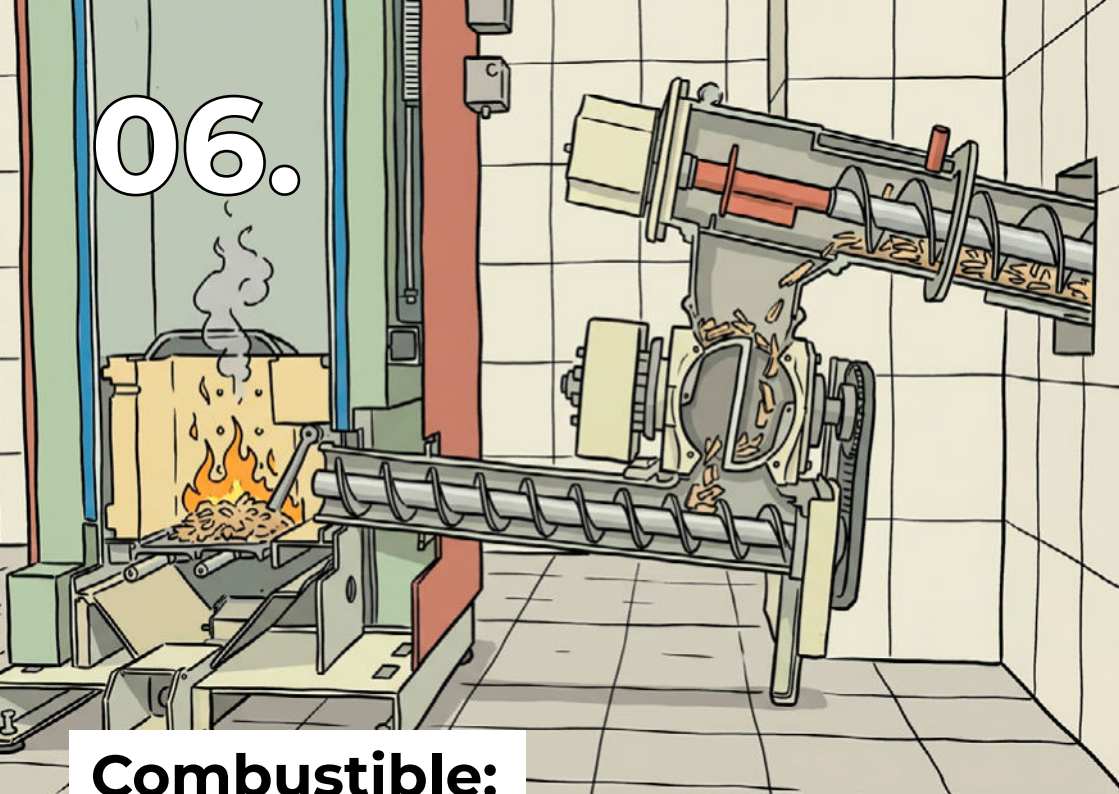
La transición energética.

La prevención de incendios.

La gestión forestal sostenible.

El desarrollo territorial.

06.



Combustible: la astilla forestal

6.1. Importancia estratégica de la calidad del combustible

La calidad de la astilla forestal constituye uno de los factores más determinantes para el correcto funcionamiento de las instalaciones de biomasa. A diferencia de los combustibles fósiles, que presentan características homogéneas, la biomasa es un producto natural cuyo comportamiento puede variar significativamente en función de su origen, proceso de producción y condiciones de almacenamiento.

En el ámbito municipal, donde se requiere un funcionamiento fiable, eficiente y continuo de las instalaciones, asegurar la calidad del combustible es un requisito esencial para:

- Garantizar el **rendimiento energético del sistema**.
- Reducir los **costes de operación y mantenimiento**.
- Evitar averías y paradas no planificadas.
- Cumplir con los **límites de emisiones** establecidos.
- Prolongar la vida útil de los equipos.

Por tanto, la calidad de la astilla no debe considerarse un aspecto secundario, sino un **elemento central en la gestión técnica y económica de las instalaciones**.

6.2. Marco normativo y estándares de referencia

La calidad de la astilla forestal está regulada principalmente por la norma internacional:

- **UNE-EN ISO 17225**, que establece los criterios de clasificación y especificación de los biocombustibles sólidos

Dentro de esta norma, la parte más relevante para instalaciones municipales es:

- **UNE-EN ISO 17225-4**, relativa a la astilla de madera para uso doméstico y en pequeñas instalaciones

Adicionalmente, la normativa estatal y europea establece requisitos que afectan indirectamente a la calidad del combustible, especialmente en relación con:

- 🌿 Emisiones atmosféricas.
- 🌿 Eficiencia energética.
- 🌿 Trazabilidad del producto.

6.3. Clasificación de la astilla según calidad

La norma ISO clasifica la astilla forestal en diferentes categorías en función de su pureza, humedad y contenido en cenizas. Las más relevantes para el ámbito municipal son:

Clase A1

- * Alta calidad.
- * Baja humedad ($\leq 25\%$).
- * Bajo contenido en cenizas ($\leq 1,5\%$).
- * Recomendada para instalaciones municipales.

Clase A2

- * Calidad media.
- * Mayor variabilidad en humedad (hasta 55%).
- * Bajo contenido en cenizas.

Clase B (B1 y B2)

- * Uso industrial.
- * Admite mayor contenido en corteza y cenizas.

En general, para instalaciones municipales se recomienda utilizar **astilla clase A1 o A2**, evitando calidades inferiores que puedan comprometer el funcionamiento del sistema.



6.4. Parámetros clave de calidad

La calidad de la astilla se define a partir de una serie de parámetros físicos y energéticos que influyen directamente en el proceso de combustión y en el comportamiento de la instalación.



HUMEDAD

Es el parámetro más crítico, ya que afecta directamente al poder calorífico del combustible.

- * Valores óptimos: entre **20% y 30%**.
- * Humedad elevada (>40%):
 - Reduce el rendimiento.
 - Genera combustión incompleta.
 - Incrementa emisiones.
- * Humedad baja (<20%):
 - Puede provocar sobrecalentamiento.

GRANULOMETRÍA (TAMAÑO DE PARTÍCULA)

Define la distribución de tamaños de la astilla.

- * Clases habituales: P16S, P31S, P45S.
- * Instalaciones municipales: recomendadas **P31S**.

Una granulometría incorrecta puede provocar:

- * Problemas en el sistema de alimentación.
- * Obstrucciones.
- * Combustión irregular.



PODER CALORÍFICO

Depende principalmente de la humedad:

- * Valores habituales: entre **3.500 y 4.500 kWh/t**.

Un combustible con bajo poder calorífico obliga a consumir mayor cantidad para alcanzar la misma producción energética.



CONTENIDO EN CENIZAS

Influye directamente en:

- * Frecuencia de mantenimiento.
- * Formación de incrustaciones.
- * Riesgo de averías.

Valores recomendados:

- * A1/A2: <1,5%
- * B: hasta 3%



CONTENIDO EN FINOS Y PARTÍCULAS LARGAS

- * Exceso de finos:
 - Mayor generación de polvo.
 - Problemas en la combustión.
- * Partículas excesivamente largas:
 - Riesgo de atascos.

6.5. Control y verificación de la calidad

Garantizar la calidad de la astilla requiere establecer mecanismos de control en diferentes fases del suministro.

CONTROL EN ORIGEN

Debe comprobarse:

- * Procedencia del material.
- * Proceso de producción.
- * Certificaciones de calidad.

CONTROL EN RECEPCIÓN

En el momento de la entrega, se recomienda realizar:

- * Inspección visual (color, homogeneidad, ausencia de impropios).
- * Revisión de la granulometría.
- * Verificación documental (albarán con parámetros técnicos).

CONTROL ANALÍTICO

En caso necesario, se pueden realizar análisis en laboratorio para determinar:

- * Humedad real.
- * Contenido en cenizas.
- * Poder calorífico.

Estos controles son especialmente relevantes en contratos de suministro de larga duración.



6.6. Certificación y sellos de calidad

Además de la normativa técnica, existen certificaciones que permiten simplificar la verificación de la calidad y sostenibilidad de la biomasa.

Entre las principales destacan:

- * **PEFC / FSC**: Garantizan la gestión forestal sostenible.
- * **SURE**: Verifica sostenibilidad según normativa europea.
- * **DBOSQ (Cataluña)**: Garantiza calidad de la astilla según ISO.
- * **CATFOREST (Cataluña)**: Certifica el origen local.

La utilización de biomasa certificada facilita la contratación pública y reduce riesgos asociados a la calidad del suministro.

6.7. Implicaciones para la contratación pública

En el ámbito municipal, la calidad del combustible debe incorporarse explícitamente en los pliegos de contratación.

Se recomienda incluir:

- * Clase de calidad (A1/A2).
- * Rango de humedad permitido.
- * Clase granulométrica.
- * Exigencia de certificación.
- * Penalizaciones por incumplimiento.

Asimismo, debe establecerse la obligatoriedad de aportar información en cada entrega (albarán):

- * Peso o volumen.
- * Humedad.
- * Granulometría.
- * Procedencia.

6.8. Relación entre calidad y operación de instalaciones

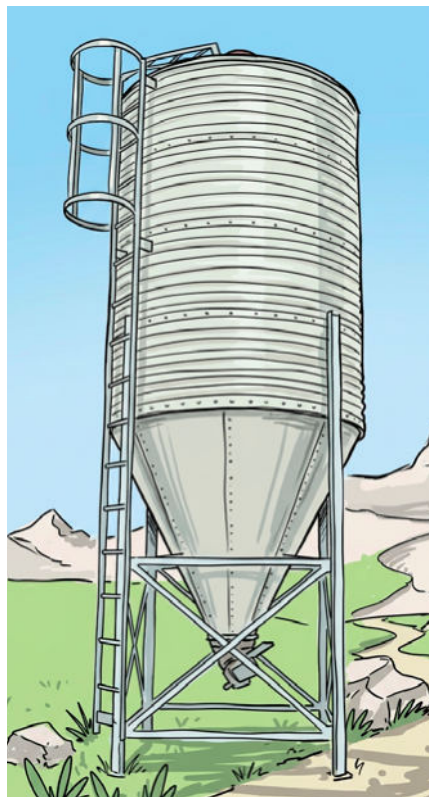
La experiencia en instalaciones municipales demuestra que existe una relación directa entre la calidad de la astilla y el comportamiento operativo del sistema.

Una baja calidad del combustible puede generar:

- * Reducciones del rendimiento térmico.
- * Incremento del consumo de biomasa.
- * Aumento de intervenciones de mantenimiento.
- * Averías en sistemas de alimentación.
- * Problemas de emisiones.

Por el contrario, el uso de astilla de alta calidad permite:

- * Funcionamiento estable.
- * Reducción de costes operativos.
- * Mayor vida útil de la instalación.



Síntesis

La calidad de la astilla forestal es un elemento clave para garantizar la eficiencia, fiabilidad y sostenibilidad de las instalaciones de biomasa en el ámbito municipal.

Su correcta gestión requiere:

Aplicación de normativas y estándares técnicos.	Integración de criterios de calidad en la contratación.
Control sistemático del suministro.	Uso de biomasa certificada.

En el marco de BIO4RES, la calidad del combustible se configura como un factor esencial para asegurar el buen funcionamiento de la cadena montañeraenergía y maximizar los beneficios energéticos, ambientales y económicos del sistema.

07.



Logística y suministro

7.1. Importancia de la logística en el sistema de biomasa

La logística y el suministro de biomasa forestal constituyen uno de los elementos más críticos para el correcto funcionamiento y la viabilidad económica de las instalaciones municipales. A diferencia de otros combustibles energéticos, la biomasa presenta características que condicionan de forma significativa su gestión, entre las que destacan su baja densidad energética, su variabilidad en calidad (humedad, tamaño) y su sensibilidad a las condiciones locales de almacenamiento (recursos, accesos).

Estas particularidades hacen que el diseño logístico —desde el monte hasta la caldera— deba abordarse con un enfoque específico, orientado a optimizar costes, asegurar la calidad del combustible y garantizar la continuidad del suministro. En este contexto, BIO4RES pone de manifiesto que los sistemas eficientes deben basarse en modelos de proximidad, reduciendo las distancias de transporte y reforzando la articulación territorial de la cadena de valor.

7.2. Organización del suministro: fases y configuración

El suministro de biomasa forestal es el resultado de un proceso continuo que conecta la generación del recurso en el monte con su utilización final en las instalaciones térmicas municipales. Este proceso incluye varias fases que, aunque diferenciadas, deben gestionarse de forma coordinada.

En primer lugar, la biomasa **se obtiene en el monte** como resultado de trabajos selvícolas o aprovechamientos forestales. A partir de este punto, puede optarse por dos estrategias principales: el **astillado** en campo, donde el material se procesa directamente antes de su transporte, o el **traslado** en bruto a centros logísticos intermedios donde se realiza el astillado y su acondicionamiento posterior.



7.3. Transporte y condicionantes económicos

El transporte de biomasa constituye uno de los principales factores de coste dentro de la cadena de suministro. Debido a su menor densidad energética en comparación con los combustibles fósiles, el transporte requiere mover mayores volúmenes de material, lo que incrementa su peso relativo en el coste final.

Por esta razón, la distancia entre el punto de producción y el de consumo es un factor determinante. En la práctica, los modelos más eficientes son aquellos que se desarrollan en ámbitos territoria-

Estas configuraciones permiten adaptar el sistema a las condiciones locales, si bien la existencia de centros intermedios suele facilitar el **control de calidad y el secado** del material, aspectos especialmente relevantes en el caso de la astilla forestal.

La fase final del suministro es la **entrega en la instalación**, donde la biomasa es descargada en el silo mediante sistemas adaptados al diseño de la infraestructura.

Una correcta integración entre logística e instalación resulta esencial para asegurar la eficiencia del proceso.

les reducidos, generalmente de carácter comarcal, donde se puede garantizar un equilibrio entre disponibilidad de recurso y demanda energética.

La eficiencia del transporte depende también de otros factores, como la accesibilidad de las zonas forestales, la tipología de los vehículos utilizados (camiones basculantes o de suelo móvil) y la planificación de rutas. Una adecuada coordinación logística permite reducir desplazamientos innecesarios, optimizar las cargas y mejorar la competitividad del sistema.

7.4. Almacenamiento y garantía de suministro

El almacenamiento de la biomasa juega un papel fundamental en la garantía de suministro, especialmente en los periodos de mayor demanda térmica. En el ámbito municipal, este almacenamiento se realiza principalmente en los silos asociados a las instalaciones, cuyo diseño y dimensionamiento deben adaptarse al consumo previsto.

Se recomienda que el sistema disponga de una capacidad suficiente para cubrir determinados periodos de funcionamiento autónomo, evitando así posibles interrupciones en caso de incidencias

logísticas o condiciones meteorológicas adversas.

Además, el almacenamiento debe asegurar la conservación de la calidad del combustible. La exposición a la humedad o la falta de ventilación pueden provocar un aumento del contenido de agua en la astilla, reduciendo su poder calorífico y afectando negativamente al rendimiento de la instalación. Por ello, el diseño de los almacenes o silos y la gestión de las existencias deben formar parte de la planificación logística global.



7.5. Modelos de suministro y contratación

La organización del suministro de biomasa en el ámbito municipal se articula mediante diferentes modelos contractuales, que determinan la distribución de responsabilidades entre la entidad local y las empresas proveedoras.

El modelo más habitual consiste en el **contrato de suministro de biomasa**, en el que el proveedor se encarga de entregar astilla forestal conforme a unas especificaciones técnicas previamente definidas. En este caso, el ayuntamiento mantiene la responsabilidad sobre la operación de la instalación, lo que le permite ejercer un mayor control sobre el sistema, aunque requiere disponer de capacidad técnica suficiente.

En este tipo de contratos, es fundamental establecer de manera clara las condiciones de suministro, incluyendo la calidad del combustible (humedad, granulometría, contenido en cenizas, etc.), la frecuencia de las entregas y las condiciones de descarga. Asimismo, se recomienda incorporar mecanismos de control y cláusulas de penalización que permitan garantizar el cumplimiento de las especificaciones.

Un segundo enfoque corresponde a los contratos con **empresas de servicios energéticos (ESE)**. En este modelo, la empresa adjudicataria asume de forma integral la gestión del sistema, incluyendo el suministro de biomasa, la

operación de la instalación y su mantenimiento. El ayuntamiento paga por la energía útil suministrada, normalmente en función de un precio por kWh térmico.

Este modelo presenta la ventaja de simplificar la gestión y trasladar parte de los riesgos al operador, siendo especialmente adecuado para municipios con recursos técnicos limitados. No obstante, requiere una definición precisa de los niveles de servicio y de los indicadores de rendimiento.

Por último, existen modelos intermedios en los que se separan el suministro de biomasa y el mantenimiento de la instalación, permitiendo una mayor flexibilidad en la gestión, aunque exigen una adecuada coordinación entre los distintos contratos.

7.6. Papel de las entidades locales en la logística

Las entidades locales desempeñan un papel esencial en la configuración del sistema logístico de la biomasa. A través de sus decisiones en materia de contratación, planificación y gestión de instalaciones, los ayuntamientos pueden influir directamente en la eficiencia y sostenibilidad del modelo.

En particular, su actuación es clave para:

- * Fomentar el uso de biomasa de proximidad.
- * Facilitar infraestructuras y condiciones de acceso.
- * Promover la coordinación entre actores locales.
- * Impulsar la profesionalización del sector.

Estas acciones permiten consolidar cadenas de suministro locales más resilientes y competitivas.



7.7. Seguimiento y control del suministro

La correcta gestión del suministro requiere establecer mecanismos de seguimiento que permitan verificar el cumplimiento de las condiciones contractuales y garantizar la calidad del combustible.

En este sentido, cada entrega debe ir acompañada de documentación que incluya información sobre la cantidad suministrada, su procedencia y sus características técnicas. Además, es recomendable realizar una inspección visual durante la descarga para detectar posibles anomalías.

En sistemas de mayor envergadura, puede ser necesario complementar estos controles con análisis periódicos de laboratorio, especialmente en lo que respecta a parámetros como la humedad o el contenido en cenizas.

El seguimiento continuo del suministro no solo permite garantizar la calidad, sino también optimizar la planificación logística, ajustando la frecuencia de las entregas a las necesidades reales de consumo.

Para garantizar un suministro eficiente, los pliegos deben incorporar:

- 1 Especificaciones técnicas claras.
- 2 Requisitos de certificación.
- 3 Sistema de control y seguimiento.
- 4 Penalizaciones por incumplimiento.
- 5 Indicadores de calidad y rendimiento.

Asimismo, se recomienda valorar criterios adicionales como:

- Proximidad del recurso.
- Sostenibilidad forestal.
- Experiencia del proveedor.



Síntesis

La logística y el suministro de biomasa forestal constituyen un componente esencial en el desarrollo de sistemas energéticos basados en astilla. Su correcta planificación y gestión permiten garantizar la viabilidad económica del modelo y asegurar un funcionamiento fiable de las instalaciones municipales.

Un sistema logístico eficiente debe basarse en la proximidad, en la optimización del transporte, en un almacenamiento adecuado y en modelos contractuales bien definidos. En el marco BIO4RES, estos elementos se integran en una visión territorial que busca maximizar los beneficios energéticos, ambientales y socioeconómicos del uso de la biomasa forestal.



Operatividad, mantenimiento y gestión ambiental de instalaciones de biomasa

8.1. Enfoque general de la operación de instalaciones

La gestión operativa y el mantenimiento de las instalaciones de biomasa constituyen un elemento esencial para garantizar su correcto funcionamiento, su eficiencia energética y su durabilidad en el tiempo. A diferencia de los sistemas térmicos convencionales basados en combustibles fósiles, las instalaciones de biomasa requieren una mayor atención operativa, derivada fundamentalmente de la naturaleza del combustible utilizado.

La astilla forestal presenta variabilidad en sus características físicas (humedad,

granulometría, contenido en finos, etc.), lo que implica que la instalación deba ajustarse de forma continua a estas condiciones para mantener un rendimiento óptimo. En este contexto, la operación no debe entenderse como una actividad pasiva, sino como un proceso activo de supervisión y ajuste del sistema.

Una gestión adecuada de la operación no solo garantiza la eficiencia energética, sino que contribuye a consolidar la confianza en este tipo de tecnologías y a asegurar la viabilidad del conjunto de la cadena de valor.

Asimismo, la gestión ambiental constituye un componente esencial en el desarrollo de sistemas energéticos basados en biomasa forestal. Aunque se trata de una fuente de energía renovable, su utilización implica una serie de impactos que deben ser adecuadamente controlados para garantizar la sostenibilidad del modelo.

En el contexto municipal, especialmente donde las instalaciones suelen ubicarse en entornos urbanos o periurbanos, la correcta gestión ambiental adquiere una importancia adicional, tanto desde el punto de vista normativo como en relación con la aceptación social del sistema.

El enfoque promovido se basa en la consideración de la biomasa como un recurso energético sostenible siempre que se cumplan una serie de condiciones, entre las que destacan:

- 1 El uso de materia forestal procedente de gestión sostenible,
- 2 El control de las emisiones atmosféricas,
- 3 La correcta gestión de los residuos generados,
- 4 La optimización del proceso de combustión.

Este enfoque permite maximizar los beneficios ambientales asociados a la biomasa, al tiempo que se minimizan sus posibles impactos.

8.2. Organización de la operación en instalaciones municipales

La operación de una instalación de biomasa puede organizarse de diferentes formas en función del modelo de gestión adoptado. En términos generales, se distinguen dos enfoques principales:

Por una parte, la **gestión directa por parte del ayuntamiento**, en la que el personal municipal asume las tareas de supervisión y control básico de la instalación. Este modelo requiere formación específica y una clara asignación de responsabilidades.

Por otra, la **gestión externalizada**, habitualmente a través de empresas especializadas o contratos de servicios energéticos (ESE), en la que la empresa operadora externa asume la mayor parte de las tareas operativas y de mantenimiento.

En ambos casos, resulta fundamental definir procedimientos claros de operación, así como garantizar la existencia de una persona responsable identificada que supervise el funcionamiento del sistema.



8.3. Operación diaria y control del sistema

La operación cotidiana de una instalación de biomasa incluye una serie de tareas orientadas a asegurar su correcto funcionamiento y a detectar posibles incidencias de forma temprana.

Entre las principales funciones destacan:

- La supervisión del funcionamiento de la caldera, comprobando parámetros como temperatura, presión y estado de la combustión.
- El control del sistema de alimentación de biomasa, verificando la ausencia de atascos o irregularidades.
- La revisión del nivel de combustible en el silo, anticipando las necesidades de suministro.
- La observación del comportamiento general del sistema, incluyendo ruidos, vibraciones o anomalías.

En instalaciones modernas, muchos de estos parámetros pueden ser monitorizados mediante sistemas automáticos de control, que permiten registrar datos y generar alertas en caso de desviaciones.

Una correcta operación diaria permite optimizar el rendimiento energético, reducir el consumo de combustible y prevenir averías.



8.4. Mantenimiento preventivo y correctivo

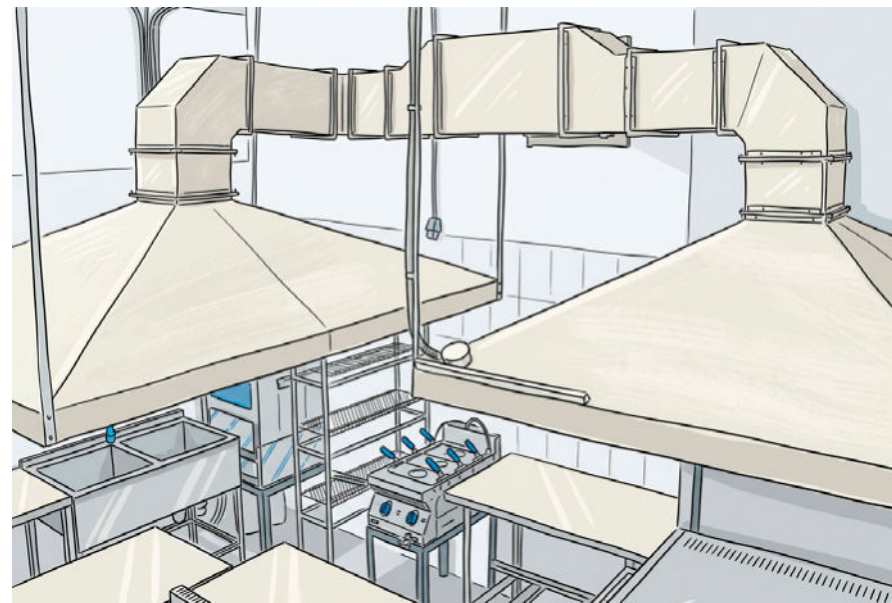
El mantenimiento de las instalaciones de biomasa debe abordarse desde una doble perspectiva: preventiva y correctiva.

El **mantenimiento preventivo** tiene como objetivo evitar la aparición de fallos mediante revisiones periódicas y actuaciones planificadas. Incluye tareas como:

- Limpieza de intercambiadores de calor.
- Revisión de sistemas de alimentación (sinfines, motores).
- Comprobación de sensores y sistemas de control.
- Inspección de elementos de seguridad.

Por su parte, el **mantenimiento correctivo** se refiere a la intervención ante fallos o averías que afectan al funcionamiento de la instalación. En estos casos, la rapidez de respuesta es un factor clave para minimizar las interrupciones del servicio, especialmente en instalaciones que abastecen servicios esenciales.

La combinación adecuada de ambos tipos de mantenimiento permite reducir costes a largo plazo y mejorar la fiabilidad del sistema.



8.5. Gestión de cenizas y limpieza del sistema

Uno de los aspectos específicos de las instalaciones de biomasa es la generación de cenizas. Durante la combustión de biomasa se generan cenizas en una proporción relativamente reducida, que suele situarse entre el 0,5-2% del peso del combustible utilizado. Sin embargo, su acumulación puede afectar al rendimiento de la caldera y debe gestionarse adecuadamente.

A pesar de su escaso volumen, la correcta gestión de estas cenizas es un aspecto relevante desde el punto de vista ambiental y operativo. Las opciones de gestión más habituales son:

- **Eliminación en vertedero autorizado**, cumpliendo la normativa aplicable.
- **Valorización agronómica**, siempre que se cumplan los requisitos legales relativos a su composición.

En determinados casos, las cenizas pueden utilizarse como enmienda del suelo, debido a su contenido en minerales,

si bien esta práctica debe estar debidamente regulada y controlada.

Además de las cenizas, pueden generarse otros residuos menores asociados al mantenimiento de la instalación, como filtros o materiales de limpieza, que deben gestionarse conforme a la normativa de residuos.

Las principales operaciones asociadas a la gestión de cenizas incluyen:

-  Extracción periódica de cenizas de los sistemas automáticos.
-  Almacenamiento en contenedores adecuados.
-  Eliminación o valorización conforme a la normativa vigente.

Además, la limpieza de los intercambiadores y de la cámara de combustión es fundamental para mantener la eficiencia térmica de la instalación y evitar la acumulación de residuos.

8.6. Emisiones y control ambiental de la combustión

Uno de los principales aspectos ambientales asociados al uso de biomasa es la emisión de contaminantes derivados del proceso de combustión. Aunque la biomasa presenta un balance neutro en carbono desde el punto de vista del ciclo biogénico, durante su combustión se generan emisiones que deben ser controladas.

Los principales contaminantes asociados a instalaciones de biomasa son:

- * **Partículas.**
- * **Monóxido de carbono (CO).**
- * **Óxidos de nitrógeno (NOx).**

El nivel de emisiones está condicionado por varios factores, entre los que destacan:

- La calidad de la astilla (especialmente su humedad).
- El diseño de la caldera.
- La correcta regulación del proceso de combustión.
- El mantenimiento de la instalación.

En instalaciones modernas, los sistemas de control de la combustión y los equipos de tratamiento de gases permiten mantener las emisiones dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

El cumplimiento de la legislación en materia de emisiones no solo es obligatorio, sino que constituye un elemento clave para garantizar la aceptación social de estas instalaciones en entornos urbanos.

8.7. Calidad del combustible y su impacto ambiental

La calidad de la astilla forestal tiene una relación directa con el impacto ambiental de la instalación. Un combustible de baja calidad, especialmente con niveles elevados de humedad o con presencia de impurezas, puede provocar:

- Combustión ineficiente.
- Incremento de emisiones contaminantes.
- Formación de residuos adicionales.
- Mayor consumo energético.

Por el contrario, el uso de biomasa de calidad controlada permite optimizar el proceso de combustión, reducir emisiones y mejorar el rendimiento global de la instalación.

En este sentido, los criterios de calidad definidos en la normativa ISO y su aplicación en la contratación pública constituyen una herramienta fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental del sistema.

8.8. Otros impactos locales y medidas de control

Además de las emisiones, las instalaciones de biomasa pueden generar otros impactos de carácter local, que deben tenerse en cuenta en su diseño y operación:

- * **Ruido**, asociado al funcionamiento de la maquinaria (ventiladores, sinfines, transporte de biomasa, etc.).
- * **Tráfico de vehículos**, derivado del suministro de combustible.
- * **Olores**, en casos de almacenamiento inadecuado.

Estos impactos pueden minimizarse mediante:

- Un diseño adecuado de la instalación y su ubicación.
- El uso de equipos con niveles sonoros reducidos.
- La planificación de los horarios de suministro.
- El mantenimiento adecuado del combustible.

La correcta gestión de estos aspectos es clave para asegurar la integración de las instalaciones en el entorno urbano.

8.9. Monitorización y control energético

La monitorización de la instalación es una herramienta clave para evaluar su rendimiento y detectar oportunidades de mejora. A través de sistemas de control, es posible registrar información sobre:

- Consumo de biomasa.
- Energía térmica producida.
- Rendimiento de la caldera.
- Horas de funcionamiento.

Estos datos permiten realizar un seguimiento del funcionamiento del sistema y comparar su desempeño con los valores previstos en el diseño o en el contrato.

En contratos con ESE, la monitorización es además fundamental para la facturación basada en energía útil, así como para la verificación del cumplimiento de los niveles de servicio.

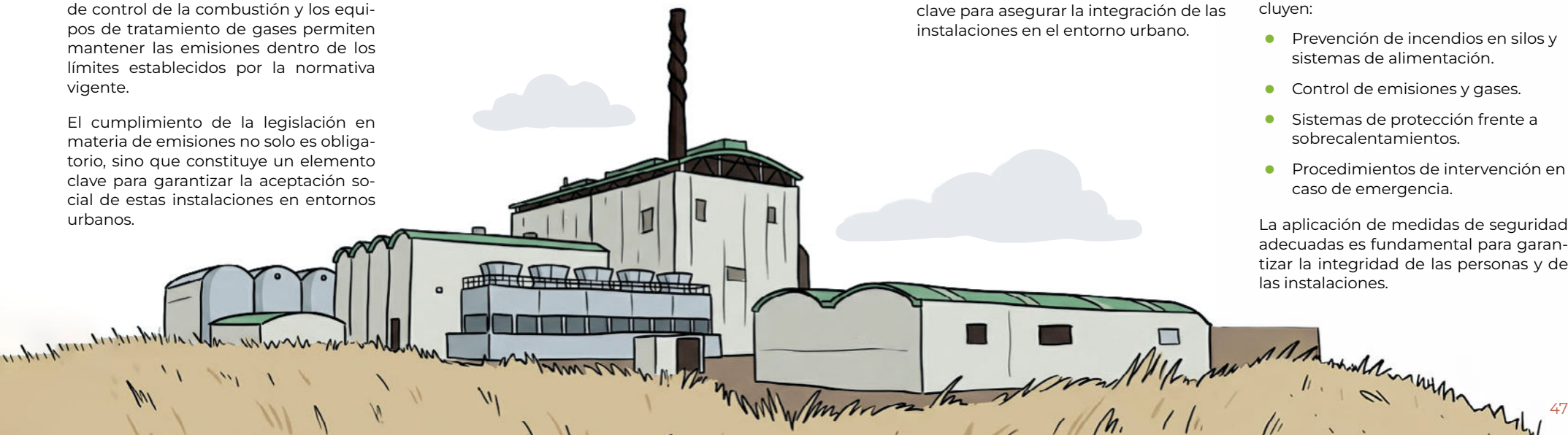
8.10. Seguridad en la operación

Las instalaciones de biomasa deben cumplir una serie de requisitos en materia de seguridad, tanto en lo relativo a la operación como al mantenimiento.

Entre los aspectos más relevantes se incluyen:

- Prevención de incendios en silos y sistemas de alimentación.
- Control de emisiones y gases.
- Sistemas de protección frente a sobrecalentamientos.
- Procedimientos de intervención en caso de emergencia.

La aplicación de medidas de seguridad adecuadas es fundamental para garantizar la integridad de las personas y de las instalaciones.



8.11. Cumplimiento normativo y buenas prácticas ambientales

Las instalaciones de biomasa deben cumplir con la normativa vigente en materia ambiental, que incluye, entre otros aspectos:

- ✓ Límites de emisiones atmosféricas.
- ✓ Gestión de residuos.
- ✓ Requisitos de eficiencia energética.
- ✓ Condiciones de seguridad.

El cumplimiento de estos requisitos debe ser considerado desde la fase de diseño de la instalación y mantenerse a lo largo de su vida útil mediante inspecciones y controles periódicos.

Asimismo, la experiencia en la gestión de instalaciones de biomasa ha permitido identificar una serie de buenas prácticas que contribuyen a minimizar su impacto ambiental:

- Utilización de biomasa certificada y de origen sostenible.
- Control riguroso de la calidad del combustible.
- Mantenimiento periódico de los equipos.
- Optimización de los sistemas de combustión.
- Monitorización de emisiones.
- Correcta gestión de cenizas.

La aplicación sistemática de estas prácticas permite garantizar un funcionamiento eficiente y respetuoso con el medio ambiente.



Contratación y gestión administrativa

9.1. Importancia de la contratación en el desarrollo del modelo

La contratación pública constituye uno de los instrumentos más relevantes de los que disponen las entidades locales para impulsar el uso de la biomasa forestal. A través de los procesos de licitación, los ayuntamientos no solo adquieren un suministro energético, sino que pueden influir directamente en la estructuración del mercado local, en la calidad del combustible utilizado y en la sostenibilidad del sistema en su conjunto.

En el caso de la biomasa, la contratación adquiere una dimensión especialmente estratégica debido a la interdependen-

cia entre la calidad del suministro, la operación de la instalación y la viabilidad económica del modelo. Una definición inadecuada de las condiciones contractuales puede traducirse en problemas operativos, incremento de costes o dificultades en la continuidad del servicio.

Por ello, resulta fundamental que los pliegos de contratación incorporen criterios técnicos específicos, adaptados a las particularidades de la biomasa forestal, y que establezcan un marco claro de responsabilidades entre las partes implicadas.

✓ Síntesis

La gestión operativa, el mantenimiento y la gestión ambiental forman un conjunto inseparable que determina el rendimiento y la sostenibilidad de las instalaciones de biomasa.

Un enfoque integral basado en la supervisión continua, el mantenimiento preventivo, el control de emisiones y la calidad del combustible permite:

- Garantizar la eficiencia energética.
- Asegurar la continuidad del servicio.
- Minimizar impactos ambientales.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones.

En el marco BIO4RES, esta gestión integral constituye un elemento clave para consolidar el uso de la biomasa forestal en el ámbito municipal y asegurar su contribución a un modelo energético sostenible.

9.2. Modelos de contratación en biomasa municipal

En el ámbito de las instalaciones municipales de biomasa pueden identificarse varios modelos de contratación, cuya elección dependerá del tamaño del municipio, de su capacidad técnica y del grado de externalización deseado.

CONTRATO DE SUMINISTRO DE BIOMASA

En este modelo, el ayuntamiento contrata exclusivamente el suministro de astilla forestal, manteniendo la gestión directa de la instalación. Este enfoque permite un mayor control sobre el combustible y sobre la operación del sistema, pero exige que la entidad local disponga de recursos técnicos suficientes.

En este tipo de contratos, resulta esencial definir con precisión las características del biocombustible, así como las condiciones logísticas y los mecanismos de control.

CONTRATO CON EMPRESA DE SERVICIOS ENERGÉTICOS (ESE)

El modelo ESE implica la externalización integral del servicio energético. La empresa adjudicataria se encarga de:

- * Suministrar la biomasa.
- * Operar la instalación.
- * Realizar el mantenimiento.

El ayuntamiento paga por la energía útil generada, normalmente en forma de coste por kWh térmico suministrado.

Este modelo presenta ventajas evidentes en términos de simplificación de la gestión y reducción de riesgos para la administración, ya que la responsabilidad técnica recae en la empresa operadora. No obstante, requiere una definición rigurosa de los indicadores de calidad del servicio y de los niveles de disponibilidad exigidos.

MODELOS MIXTOS

Existen también fórmulas intermedias en las que se separa la contratación del suministro de biomasa y la del mantenimiento de la instalación. Este enfoque permite un equilibrio entre control y externalización, aunque exige una mayor coordinación entre los distintos contratos.



9.3. Elementos clave en la elaboración de pliegos

Independientemente del modelo contractual, los pliegos de contratación deben incluir una serie de elementos que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

DEFINICIÓN DEL OBJETO DEL CONTRATO

Debe especificarse claramente si se trata de:

- * Suministro de biomasa.
- * Servicio energético completo.
- * Mantenimiento de instalaciones.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL COMBUSTIBLE

Es fundamental establecer requisitos precisos en relación con:

- * Calidad (clase A1 o A2).
- * Humedad.
- * Granulometría.
- * Contenido en cenizas.

Estas especificaciones deben alinearse con las normas ISO y con las características de la instalación.

CONDICIONES DE SUMINISTRO

Deben definirse aspectos como:

- * Frecuencia de entrega.
- * Plazos de suministro.
- * Condiciones de descarga.
- * Gestión de incidencias.

SISTEMA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO

Es recomendable incorporar:

- * Registro de entregas.
- * Controles de calidad.
- * Seguimiento de consumos.
- * Indicadores de desempeño.

RÉGIMEN ECONÓMICO

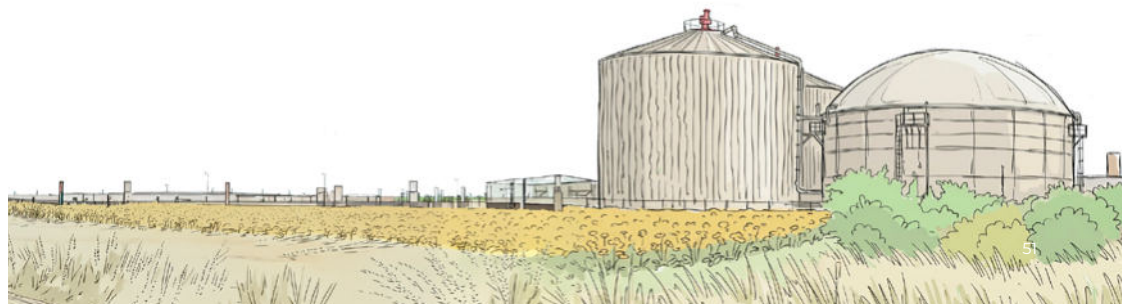
Debe detallarse:

- * Estructura de precios (por tonelada o por kWh).
- * Posibles revisiones de precios.
- * Condiciones de pago.

PENALIZACIONES Y GARANTÍAS

Se deben establecer mecanismos que permitan:

- * Penalizar incumplimientos.
- * Garantizar la calidad del suministro.
- * Asegurar la continuidad del servicio.



9.4. Ejemplo de pliego para suministro de biomasa

A continuación, se presenta un ejemplo simplificado de cláusulas que pueden formar parte de un pliego tipo municipal:

OBJETO DEL CONTRATO

Suministro de astilla forestal para el abastecimiento de la instalación térmica municipal.

CARACTERÍSTICAS DEL BIOCOMBUSTIBLE

La biomasa suministrada deberá cumplir los siguientes requisitos:

- * Clase de calidad: A1 o A2.
- * Humedad: entre 20% y 30%
- * Granulometría: P31S
- * Contenido en cenizas: $\leq 1,5\%$

VOLUMEN Y PERIODICIDAD DEL SUMINISTRO

El suministro se realizará de forma periódica en función de las necesidades de la instalación, estimándose un consumo anual de toneladas.

CONDICIONES DE ENTREGA

La descarga se realizará en el silo municipal, siendo responsabilidad del proveedor garantizar la correcta ejecución de la misma.

CONTROL DE CALIDAD

El ayuntamiento podrá realizar inspecciones visuales y análisis de laboratorio para verificar el cumplimiento de las especificaciones.

PENALIZACIONES

El incumplimiento de las condiciones de calidad podrá dar lugar a la devolución de la carga o a la aplicación de penalizaciones económicas.

9.5. Ejemplo de contrato ESE (estructura básica)

En el caso de contratos de servicios energéticos, el contenido del pliego es más amplio y complejo, incluyendo aspectos adicionales.

OBJETO DEL CONTRATO

Prestación del servicio energético mediante biomasa en instalaciones municipales.

ALCANCE DEL SERVICIO

Incluye:

- * Suministro de biomasa
- * Gestión integral de la instalación
- * Mantenimiento preventivo y correctivo

SISTEMA DE FACTURACIÓN

La persona o empresa adjudicataria percibirá un importe en función de la energía térmica útil suministrada (€/kWh).

GARANTÍAS DE SERVICIO

- * Disponibilidad mínima de la Instalación
- * Rendimiento energético garantizado
- * Tiempo máximo de respuesta ante averías

CONTROL Y SEGUIMIENTO

- * Contadores de energía
- * Informes periódicos
- * Auditorías técnicas

9.6. Seguimiento administrativo y operativo

Una vez adjudicado el contrato, la gestión administrativa no finaliza, sino que debe mantenerse un seguimiento continuo del cumplimiento de las condiciones establecidas.

Este seguimiento incluye:

- Control de suministros y consumos.
- Revisión de facturación.
- Supervisión del mantenimiento.
- Gestión de incidencias.

En este sentido, es recomendable designar una persona responsable municipal del contrato que actúe como interlocutora con la persona o entidad adjudicataria y garantice la correcta ejecución del servicio.

9.8. Papel de las entidades locales

Las entidades locales desempeñan un papel determinante en la correcta articulación de la contratación en el ámbito de la biomasa. Su capacidad para diseñar pliegos adecuados, supervisar su ejecución y coordinar a los agentes implicados resulta clave para el éxito del modelo.

9.7. Integración de criterios estratégicos en la contratación

Más allá de los aspectos técnicos y económicos, la contratación pública puede incorporar criterios estratégicos alineados con los objetivos del proyecto BIO-4RES.

Entre estos criterios destacan:

- Uso de biomasa de origen local.
- Certificación de gestión forestal sostenible.
- Reducción de emisiones.
- Creación de empleo local.

La inclusión de estos aspectos permite maximizar el impacto positivo de las actuaciones municipales, reforzando su contribución al desarrollo territorial.



Síntesis

La contratación y gestión administrativa constituyen un elemento esencial para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas de biomasa en el ámbito municipal. Una adecuada definición de los pliegos, combinada con un seguimiento riguroso de su ejecución, permite minimizar riesgos y optimizar los resultados del sistema.

En el marco BIO4RES, la contratación pública se concibe no solo como un instrumento de adquisición de energía, sino como una herramienta estratégica para impulsar la cadena de valor de la biomasa, promover la sostenibilidad y favorecer el desarrollo económico local.

Modelos organizativos y buenas prácticas en la gestión de la biomasa forestal

10.1. Enfoque general

El desarrollo de la biomasa forestal como recurso energético en el ámbito municipal no depende únicamente de la disponibilidad de recurso o de la implantación de instalaciones, sino también de la existencia de **modelos organizativos adecuados** que permitan articular de forma eficiente la cadena montemaderaenergía.

La experiencia acumulada en diferentes territorios muestra que la organización del sistema es un factor determinante para garantizar su viabilidad técnica,

económica y ambiental. En este sentido, no existe un único modelo válido, sino diversas configuraciones que pueden adaptarse a las características del territorio, del tejido empresarial y de las capacidades de las entidades locales.

El enfoque promovido en el marco de BIO4RES se basa en la creación de **modelos integrados de proximidad**, en los que se favorezca la coordinación entre los distintos actores y se maximice el valor añadido generado en el territorio.

10.2. Tipologías de modelos organizativos

En función del grado de integración de la cadena de valor y de la participación de los distintos agentes, pueden identificarse varios modelos organizativos de referencia.

MODELO DESCENTRALIZADO

En este modelo, los distintos eslabones de la cadena (producción, procesado, transporte y consumo) están gestionados por actores independientes. Es habitual en territorios con una estructura empresarial fragmentada y un elevado número de pequeñas personas y entidades proveedoras.

Este enfoque presenta como principal ventaja su flexibilidad y su capacidad de adaptación al territorio, si bien puede presentar dificultades en términos de coordinación y garantía de calidad.

MODELO CENTRALIZADO CON CENTRO LOGÍSTICO

Este modelo se basa en la existencia de uno o varios **centros logísticos** donde se concentran las operaciones de acopio, astillado, secado y distribución de la biomasa.

La centralización permite:

- * Mejorar el control de calidad del combustible.
- * Optimizar los procesos logísticos.
- * Aprovechar economías de escala.

Este tipo de modelo resulta especialmente adecuado en ámbitos comarcales, donde puede dar servicio a varios municipios.

MODELO INTEGRADO

En los modelos integrados, uno o varios actores gestionan de forma coordinada varias fases de la cadena de valor, desde el aprovechamiento forestal hasta el suministro energético.

Este enfoque permite:

- * Reducir costes operativos.
- * Mejorar la trazabilidad del recurso.
- * Asegurar la calidad del combustible.
- * Incrementar la eficiencia global del sistema.

Es el modelo más alineado con las recomendaciones de BIO4RES, especialmente cuando se estructura a escala local o supramunicipal.

10.3. Modelos basados en redes de calor

Uno de los desarrollos más avanzados en el ámbito municipal es la implantación de **redes de calor alimentadas con biomasa**. En este modelo, una única central de producción abastece a múltiples edificios a través de una red de distribución térmica. Este sistema presenta varias ventajas:

- Mejora del rendimiento energético global.
- Reducción de costes de operación.
- Simplificación del mantenimiento.
- Optimización del uso de la biomasa.

Las redes de calor permiten, además, consolidar la demanda energética, facilitando el desarrollo de la cadena de suministro y mejorando su estabilidad.

10.4. Integración territorial y coordinación de actores

Uno de los aspectos clave en el desarrollo de modelos organizativos eficientes es la **coordinación entre los diferentes actores implicados**, entre los que se incluyen:

- Propiedad forestal.
- Empresas de aprovechamiento.
- Empresas de gestión logística.
- Empresas energéticas.
- Administraciones públicas.

La falta de coordinación puede generar ineficiencias, duplicidades o problemas de suministro. Por el contrario, la cooperación permite mejorar la planificación, optimizar recursos y facilitar la implantación de proyectos. En este sentido, se recomienda promover estructuras de colaboración como:

- Asociaciones de personas propietarias forestales.
- Cooperativas de producción y suministro.
- Plataformas comarcales de biomasa.

Estas fórmulas facilitan la agregación de oferta y demanda, mejorando la eficiencia del sistema.

10.5. Buenas prácticas en la organización del sistema

A partir de la experiencia en proyectos de biomasa a escala municipal, se pueden identificar una serie de buenas prácticas que contribuyen al éxito del modelo.

PLANIFICACIÓN INTEGRADA

La biomasa debe incorporarse en la planificación energética, forestal y territorial del municipio, evitando actuaciones aisladas y favoreciendo una visión a largo plazo.

PROXIMIDAD DEL RECURSO

Priorizar el uso de biomasa local permite:

- * Reducir costes logísticos.
- * Disminuir emisiones asociadas al transporte.
- * Generar impacto económico en el territorio.

GARANTÍA DE CALIDAD

El establecimiento de estándares claros de calidad del combustible y su control continuo son esenciales para el correcto funcionamiento de las instalaciones.

PROFESIONALIZACIÓN DEL SECTOR

La formación de los distintos agentes implicados (empresas operadoras, personal técnico, empresas forestales) mejora la eficiencia del sistema y reduce incidencias.

ESCALABILIDAD DEL MODELO

Es recomendable diseñar sistemas que puedan ampliarse progresivamente, adaptándose al crecimiento de la demanda o a la incorporación de nuevos edificios o usuarios.

10.6. Papel de las entidades locales. Experiencias de referencia y lecciones aprendidas

Las entidades locales desempeñan un papel determinante en la configuración de estos modelos organizativos. Su capacidad para actuar como promotores, consumidores energéticos y agentes de planificación les permite impulsar el desarrollo del sistema.

En particular, los ayuntamientos pueden:

- * Liderar proyectos de biomasa a escala local.
- * Facilitar infraestructuras y espacios logísticos.
- * Promover la coordinación entre actores.
- * Integrar la biomasa en sus políticas públicas.

Este papel activo es fundamental para generar confianza en el sector y atraer inversión.

Las experiencias desarrolladas en distintos territorios ponen de manifiesto la importancia de adaptar los modelos organizativos al contexto local. Entre las principales lecciones aprendidas destacan:

- * La necesidad de contar con una **demanda energética estable**, generalmente impulsada por el sector público.
- * La importancia de disponer de **infraestructuras logísticas adecuadas**.
- * El papel clave de la **coordinación institucional**.
- * La conveniencia de implantar el sistema de forma progresiva.

Asimismo, se ha demostrado que los modelos basados en la cooperación entre municipios o en estructuras comarcales pueden mejorar la viabilidad de proyectos en territorios con menor densidad de población.

Síntesis

Los modelos organizativos y las buenas prácticas constituyen un elemento clave para el éxito de la biomasa forestal en el ámbito municipal. La experiencia demuestra que los sistemas más eficientes son aquellos que:

- Integran la cadena de valor a escala territorial.
- Priorizan la proximidad y la sostenibilidad.
- Fomentan la cooperación entre actores.
- Garantizan la calidad del combustible y del servicio.

La consolidación de estos modelos permite reforzar la viabilidad del uso energético de la biomasa, contribuyendo de forma efectiva a la transición energética, la gestión forestal sostenible y el desarrollo económico local.



Formación y capacitación de actores locales

11.1. Importancia estratégica de la formación

El desarrollo de sistemas energéticos basados en biomasa forestal no depende únicamente de la disponibilidad de recursos o de la existencia de infraestructuras adecuadas, sino también de la **capacitación técnica de los actores implicados**. La formación se configura, por tanto, como un elemento esencial para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y su sostenibilidad a largo plazo.

La implantación de la biomasa introduce nuevas necesidades en ámbitos

como la gestión forestal, la logística, la operación de instalaciones o la contratación pública. Estas necesidades requieren conocimientos específicos que no siempre están presentes en los perfiles tradicionales de las administraciones locales o del tejido empresarial.

En este contexto, BIO4RES otorga un papel central a la formación como instrumento para superar barreras técnicas, mejorar la profesionalización del sector y facilitar la adopción de soluciones basadas en biomasa.

11.2. Perfiles profesionales implicados

El desarrollo de la cadena montederaenergía implica la participación de múltiples perfiles profesionales, cada uno con necesidades específicas de capacitación. Entre los principales destacan:

- **Personal técnico municipal**, responsable de la planificación, contratación y supervisión de las instalaciones.
- **Empresas operadoras de instalaciones**, encargados de la gestión diaria y del mantenimiento básico.
- **Empresas forestales y logísticas**, implicadas en la producción y suministro de biomasa.
- **Responsables de la política y de gestión pública**, que deben tomar decisiones estratégicas.

La formación debe adaptarse a estos perfiles, teniendo en cuenta sus funciones, responsabilidades y nivel de especialización.

11.3. Áreas clave de capacitación

La formación en biomasa debe cubrir un conjunto de áreas técnicas que permitan abordar el sistema de forma integral.

GESTIÓN FORESTAL Y APROVECHAMIENTO DE BIOMASA

Incluye conocimientos sobre:

- * Tratamientos selvícolas.
- * Prevención de incendios.
- * Técnicas de extracción y aprovechamiento.
- * Sostenibilidad del recurso.

Este ámbito es fundamental para garantizar la disponibilidad de biomasa y su correcta integración en la gestión del territorio.

CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

La capacitación en este ámbito permite comprender:

- * Parámetros de calidad de la astilla (humedad, granulometría, cenizas, etc.).
- * Procesos de producción y secado.
- * Sistemas de control y certificación.

El conocimiento de estos aspectos es esencial para evitar problemas operativos en las instalaciones.

INSTALACIONES Y OPERACIÓN

Se centra en el funcionamiento de las instalaciones térmicas, incluyendo:

- * Principios de combustión.
- * Sistemas de alimentación.
- * Control de parámetros operativos.
- * mantenimiento básico.

Esta formación es especialmente relevante para el personal responsable de la explotación diaria de las instalaciones.

LOGÍSTICA Y SUMINISTRO

Incluye aspectos como:

- * Organización del transporte.
- * Planificación de entregas.
- * Almacenamiento y conservación del combustible.
- * Optimización del sistema logístico.

CONTRATACIÓN PÚBLICA Y GESTIÓN ADMINISTRATIVA

Se orienta a personal técnico y personas gestoras municipales, abordando:

- * Elaboración de pliegos.
- * Modelos contractuales.
- * Control de contratos.
- * Incorporación de criterios de sostenibilidad.

11.4. Transferencia de conocimiento y buenas prácticas

Además de la formación formal, la transferencia de conocimiento entre territorios y actores constituye una herramienta clave para el desarrollo del sector. En este sentido, resultan especialmente útiles:

- Redes de intercambio entre municipios.
- Difusión de casos de éxito.
- Elaboración de guías técnicas y manuales.
- Cooperación con centros tecnológicos y universidades.

Este enfoque permite acelerar el aprendizaje y evitar errores en la implantación de proyectos.

11.5. Sensibilización y aceptación social

La implantación de proyectos de biomasa en el ámbito municipal requiere también la aceptación por parte de la ciudadanía. En este sentido, la formación debe complementarse con acciones de sensibilización dirigidas al conjunto de la población.

Estas acciones pueden incluir:

- Campañas informativas.
- Jornadas de puertas abiertas.
- Difusión de beneficios ambientales y económicos.

La transparencia y la comunicación son elementos clave para generar confianza en este tipo de iniciativas.



11.6. Papel de las entidades locales en la formación

Las entidades locales desempeñan un papel fundamental en la promoción de la formación y la capacitación en el ámbito de la biomasa. Su proximidad al territorio y a los actores implicados les permite identificar necesidades y promover soluciones adaptadas.

Entre las principales funciones de los ayuntamientos destacan:

- * Impulsar programas formativos dirigidos a personal municipal y agentes locales.
- * Colaborar con entidades formativas y centros especializados.
- * Facilitar el acceso a instalaciones como espacios de aprendizaje.
- * Fomentar la participación en redes y proyectos de cooperación.

Estas actuaciones contribuyen a crear un entorno favorable para el desarrollo del sector.

11.7. Integración en la estrategia BIO4RES

Dentro del marco BIO4RES, la formación se concibe como un elemento transversal que acompaña a todas las fases del desarrollo del modelo. No se trata únicamente de una fase inicial, sino de un proceso continuo que permite:

- 1 Mejorar la capacidad técnica de actores.
- 2 Reducir riesgos en la implementación.
- 3 Aumentar la eficiencia del sistema.
- 4 Facilitar la replicabilidad de las experiencias.

La capacitación se convierte así en un factor habilitador para la consolidación de la cadena de valor de la biomasa.



Síntesis

La formación y la capacitación de actores locales son elementos clave para el éxito de los proyectos de biomasa forestal en el ámbito municipal. Su papel resulta especialmente relevante en un contexto en el que la implantación de nuevas soluciones energéticas requiere conocimientos específicos y una adecuada coordinación entre agentes.

Un enfoque formativo eficaz debe:

- Adaptarse a los distintos perfiles profesionales.
- combinar teoría y práctica.
- Promover la actualización continua de conocimientos.
- Integrarse en la planificación estratégica local.

En el marco BIO4RES, la formación se configura como un pilar fundamental para garantizar la sostenibilidad técnica, económica y ambiental del modelo, contribuyendo a su consolidación y expansión en el territorio.

12.



Recomendaciones finales para entidades locales

12.1. Enfoque general para la implantación de proyectos de biomasa

La implantación de sistemas energéticos basados en biomasa forestal en el ámbito municipal requiere un enfoque global que integre aspectos técnicos, económicos, ambientales y organizativos. A lo largo de los apartados anteriores se han abordado los distintos componentes del sistema; este último apartado tiene como objetivo sintetizar y trasladar a las entidades locales una serie de recomendaciones operativas

que faciliten la toma de decisiones y la implementación efectiva de proyectos.

En este sentido, la experiencia acumulada desde BIO4RES muestra que el éxito de estos proyectos no depende exclusivamente de la disponibilidad de biomasa o de la instalación de equipos, sino de la capacidad para articular un sistema coherente, bien planificado y adaptado a las condiciones del territorio.

12.2. Planificación estratégica y visión a largo plazo

Uno de los elementos clave para garantizar la viabilidad de los proyectos de biomasa es su integración en la planificación municipal. La biomasa no debe abordarse como una actuación aislada, sino como parte de una estrategia más amplia que incluya:

- La planificación energética local.
- La gestión forestal.
- La prevención de incendios.
- El desarrollo económico rural.

En este contexto, se recomienda que los ayuntamientos incorporen la biomasa en sus instrumentos de planificación, como los planes de energía y clima o los programas de sostenibilidad, asegurando una visión a medio y largo plazo.

12.3. Adecuación del proyecto a la realidad local

Cada territorio presenta características específicas en términos de disponibilidad de recurso, demanda energética, estructura forestal y tejido empresarial. Por ello, es esencial adaptar el diseño del proyecto a estas condiciones, evitando soluciones estándar que no respondan a las necesidades reales.

En la práctica, esto implica:

- Dimensionar adecuadamente las instalaciones en función de la demanda.
- Evaluar la disponibilidad y accesibilidad del recurso forestal.
- Identificar actores locales que pueden participar en la cadena de valor.
- Analizar la viabilidad económica del sistema.

Un diagnóstico previo riguroso es, por tanto, un paso imprescindible.

12.4. Garantía de calidad y estabilidad del suministro

La calidad de la biomasa y la fiabilidad del suministro constituyen factores determinantes para el buen funcionamiento de las instalaciones. Por ello, es fundamental que los ayuntamientos:

- Definan claramente los requisitos técnicos del combustible.
- Establezcan mecanismos de control y seguimiento.
- Trabajen con entidades proveedoras cualificadas y, preferiblemente, de proximidad.

Asimismo, es recomendable diversificar las fuentes de suministro o establecer contratos que garanticen volúmenes mínimos, con el fin de reducir riesgos asociados a posibles interrupciones.

12.5. Elección adecuada del modelo de gestión

La selección del modelo de gestión (gestión directa, empresa de servicios energéticos o modelo mixto) debe basarse en la capacidad técnica y organizativa del ayuntamiento.

- En municipios con recursos técnicos limitados, el modelo ESE puede resultar más adecuado, al externalizar la gestión y reducir riesgos.
- En municipios con mayor experiencia, la gestión directa puede ofrecer un mayor control sobre el sistema.

En cualquier caso, es fundamental definir claramente las responsabilidades y establecer un sistema eficaz de seguimiento del contrato.

12.6. Importancia de la logística y la proximidad

La proximidad del recurso es uno de los factores clave para la viabilidad de la biomasa. Los ayuntamientos deben priorizar, en la medida de lo posible, el uso de biomasa procedente de su entorno cercano, lo que permite:

- Reducir costes de transporte.
- Disminuir el impacto ambiental.
- Generar actividad económica local.

Asimismo, es recomendable prestar atención al diseño de las infraestructuras logísticas, incluyendo accesos, silos y puntos de descarga, para facilitar el abastecimiento de las instalaciones.

12.7. Integración con la gestión forestal y la prevención de incendios

Uno de los principales valores de la biomasa forestal es su capacidad para contribuir a la gestión del territorio. Por ello, los proyectos municipales deben vincularse, en la medida de lo posible, a actuaciones de gestión forestal orientadas a la prevención de incendios.

Esta integración permite:

- Mejorar la resiliencia de los bosques.
- dar viabilidad económica a los trabajos selvícolas.
- Reducir el riesgo de incendios en zonas sensibles.

La coordinación con administraciones forestales y agentes del territorio resulta clave para alcanzar estos objetivos.

12.8. Formación y profesionalización

La capacitación de los actores implicados es un elemento fundamental para el éxito del sistema. Los ayuntamientos deben fomentar la formación en:

- Operación y mantenimiento de instalaciones.
- Gestión del suministro.
- Contratación pública específica de biomasa.

Asimismo, es recomendable promover la profesionalización del sector forestal y logístico, facilitando la creación de un tejido empresarial capaz de responder a la demanda energética.



12.9. Seguimiento, evaluación y mejora continua

La implantación de un sistema de biomasa no finaliza con la puesta en marcha de la instalación. Es necesario establecer mecanismos de seguimiento que permitan evaluar su funcionamiento y detectar posibles áreas de mejora.

Este seguimiento debe incluir:

- Control de consumos y rendimientos.
- Análisis de costes.
- Evaluación de la calidad del suministro.
- Revisión del cumplimiento de objetivos ambientales.

La mejora continua del sistema permite optimizar su funcionamiento y adaptarlo a cambios en las condiciones del entorno.

12.10. Comunicación y sensibilización

La aceptación social es un factor clave en el desarrollo de proyectos de biomasa, especialmente en entornos urbanos o periurbanos. Por ello, se recomienda que las entidades locales desarrollen acciones de comunicación orientadas a:

- Informar sobre los beneficios de la biomasa.
- Explicar el funcionamiento de las instalaciones.
- Resolver dudas o preocupaciones de la ciudadanía.

La transparencia y la comunicación contribuyen a generar confianza y a facilitar la implantación de nuevos proyectos.



Síntesis

La biomasa forestal representa una oportunidad estratégica para las entidades locales, al permitir avanzar de forma integrada en la transición energética, la gestión forestal y el desarrollo territorial.

Para aprovechar plenamente este potencial, es necesario adoptar un enfoque basado en:

- la planificación estratégica,
- la adaptación al contexto local,
- la calidad del sistema,
- la coordinación entre actores,
- la formación y la mejora continua.

En el marco del proyecto BIO4RES, estas recomendaciones permiten consolidar un modelo replicable y sostenible, en el que la biomasa forestal se configura como un recurso clave para construir territorios más resilientes, eficientes y comprometidos con el desarrollo sostenible.

Conclusiones

La **biomasa forestal** se configura como una solución estratégica para las entidades locales, capaz de generar beneficios simultáneos en los ámbitos energético, ambiental y territorial. Su principal valor radica en su capacidad para integrar la producción energética con la gestión sostenible del territorio y la prevención de incendios.

El éxito de este modelo depende de una correcta articulación de todos los elementos de la **cadena de valor**, desde la disponibilidad del recurso hasta la operación de las instalaciones. En este sentido, aspectos como la calidad del combustible, la logística, la contratación y la formación adquieren una relevancia central.

El enfoque promovido por el **proyecto BIO4RES** demuestra que la implantación de sistemas de biomasa basados en la proximidad, la coordinación entre actores y la planificación estratégica permite avanzar hacia modelos energéticos más sostenibles y resilientes.

En definitiva, la biomasa forestal ofrece a las **entidades locales** una oportunidad real para liderar la transición energética, contribuir a la gestión activa de los bosques y fomentar el desarrollo económico local, consolidándose como un elemento clave en la construcción de territorios más sostenibles y preparados frente a los desafíos del futuro.

Notas

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There is no handwriting or other markings on the paper.[illegible]

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There is no handwriting or other markings on the paper.

Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

BIO4RES

 nasuvinsa

CTFC 



 eatera

TÂMEGA e SOUSA
EMPRESA INTERMUNICIPAL