

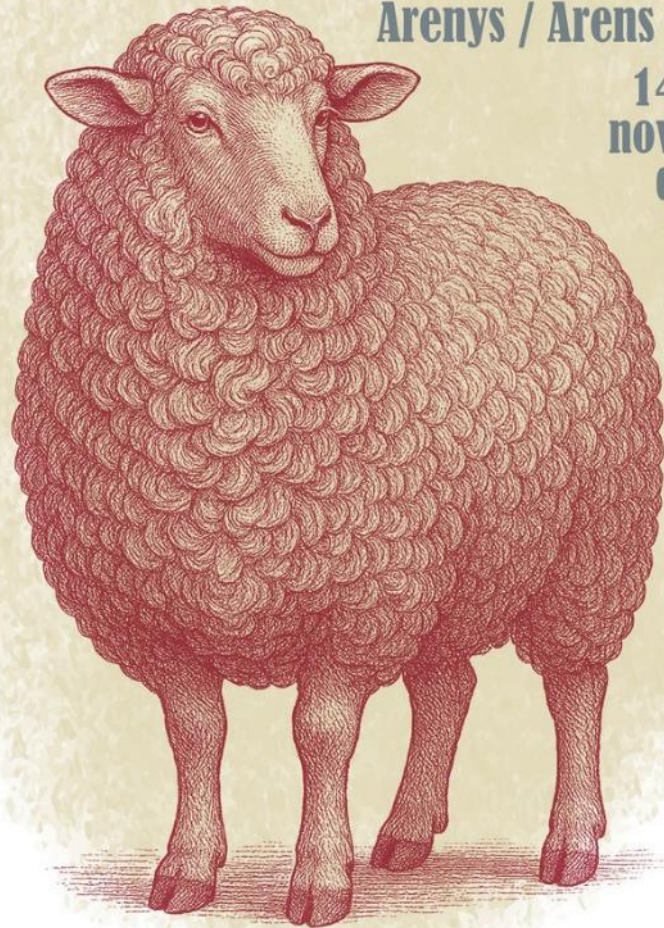
ferias del
matarranya

**II Feria
de la lana
y sus derivados**

**II Fira
de la llana
i els seus derivats**

Arenys / Arens de Lledó

14-15 de
noviembre
de 2025



Análisis desde el punto de vista técnico y económico del problema del lavado de la lana

Rubén Rebollar
Iván Lidón



G2PM
Group in Product
and Project Management
Universidad Zaragoza

A MODO DE INTRODUCCIÓN

- El problema de la lana es un problema **poliédrico** y a nivel **mundial**.
- La solución difícilmente vendrá de una “idea feliz” individual.
- Se necesita un **enfoque global** contando con todos los actores (ganaderos, empresas-mercado, investigadores, administración, etc.).

EL ESTUDIO

- El año pasado presentamos la viabilidad de contar con una instalación capaz de gestionar toda la lana de Aragón.
- El CITA-Teruel nos encarga estudiar la viabilidad del proceso de gestión de la lana en tres escenarios:
 - Unidad móvil de lavado.
 - Pequeñas explotaciones.
 - Medianas explotaciones.
- Hoy vamos a presentar la problemática del lavado desde la perspectiva técnica y económica en esos escenarios.

EL LAVADO DE LA LANA



TÉCNICAS DE LAVADO



TÉCNICAS DE
DEPURACIÓN

TÉCNICAS DE LAVADO DE LA LANA

TÉCNICAS DE LAVADO DE LA LANA

- Técnicas de lavado **acuosas**:
 - Continuo en bateas con detergente.
 - Lavado por lotes (loose stock).
 - Suint (autolavado alcalino).
 - Con espuma.
- Técnicas de lavado **no acuosas**:
 - Solventes orgánicos.
 - CO₂ a alta presión.

LAVADO CONTINUO EN BATEAS CON DETERGENTE

- **Cómo funciona**

Línea **continua** con varias bateas en serie (2-3 lavados, 1-2 enjuagues), agua a contracorriente.

- **Ventajas**

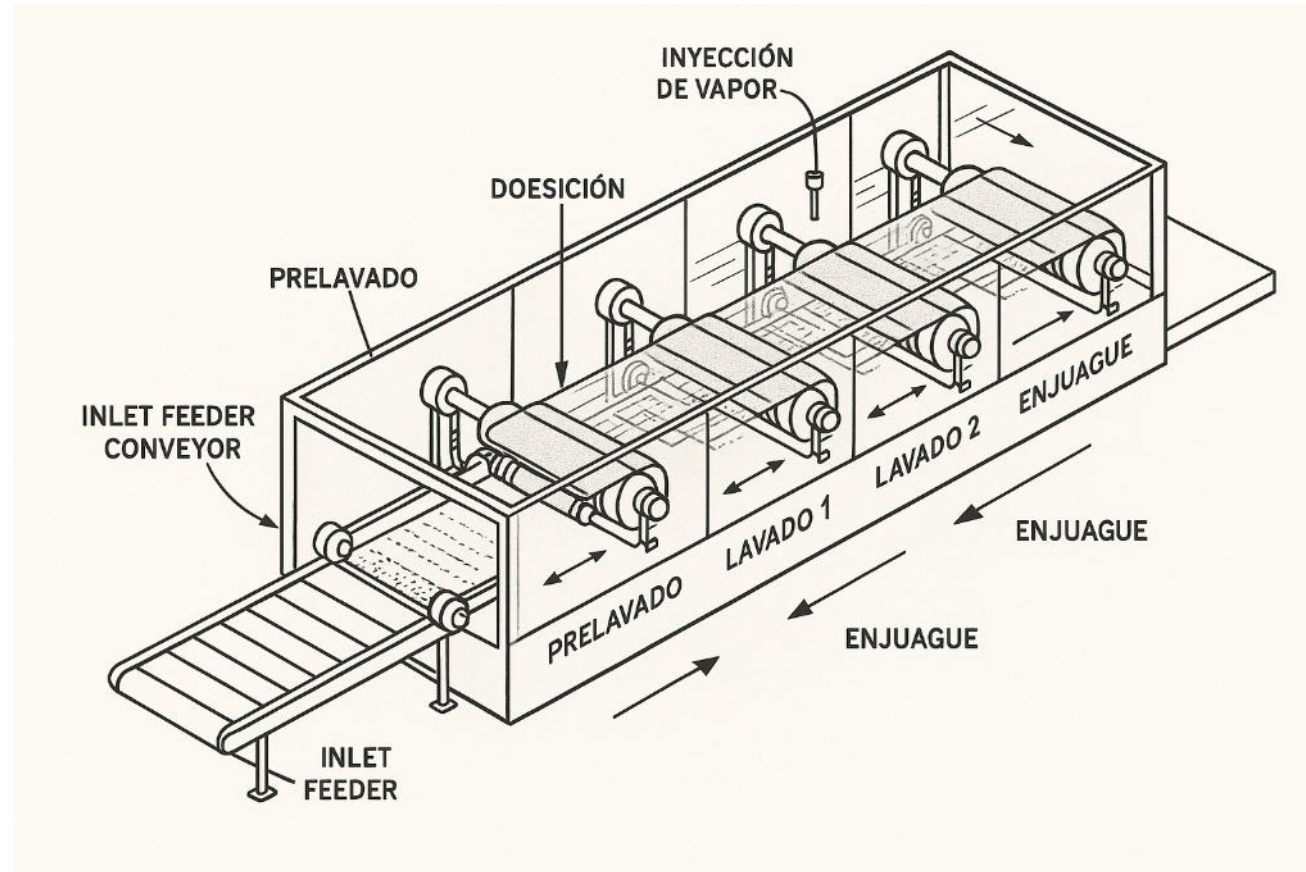
Calidad y regularidad altas
Coste lavado pequeño

- **Inconvenientes**

Muy alta inversión

- **Útil para**

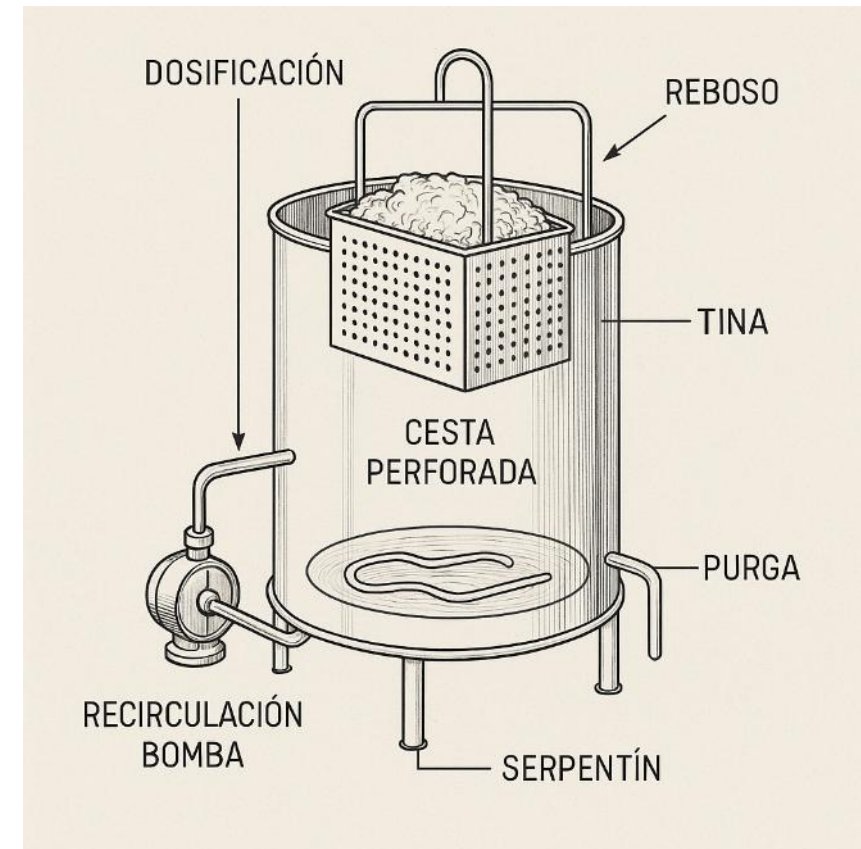
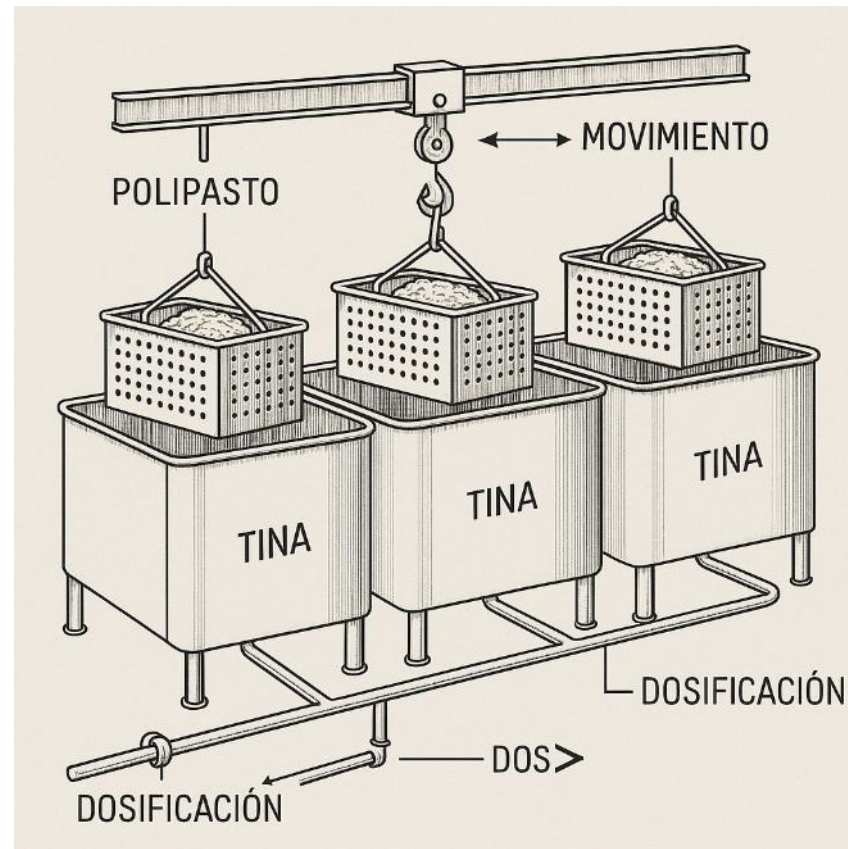
Planta mediana o grande con suministro continuo de lana



Esquema conceptual

LAVADO POR LOTES (EN CUBAS)

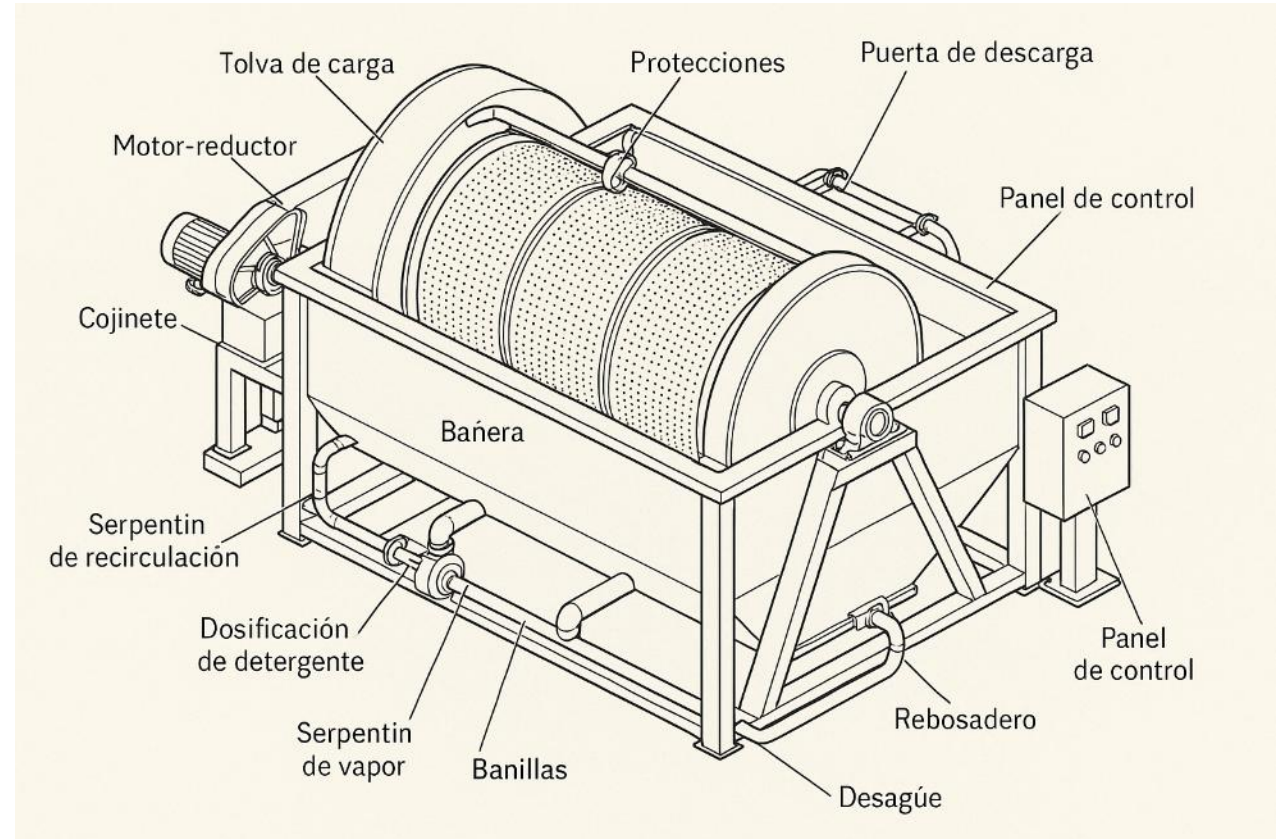
- **Cómo funciona**
Igual que el anterior pero en ciclos (2-3 cubas)
- **Ventajas**
Flexible
- **Inconvenientes**
Inversión media
Poca producción
- **Útil para**
Plantas pequeñas



Esquema Conceptual

LAVADO POR LOTES (ROTATIVO)

- **Cómo funciona**
Como una lavandería industrial
- **Ventajas**
Barata
Poco espacio
- **Inconvenientes**
Diseño a medida
Palas suaves
Revoluciones 8-18 rpm
Salto térmico pequeño
Posibilidad alta de afieltramiento
- **Útil para**
Plantas pequeñas



Esquema Conceptual

PRELAVADO SUINT

- **Cómo funciona**

Con agua templada y recirculación se crea un baño activo aprovechando las sales potásicas de la lana

- **Ventajas**

Muy barato, sin detergentes

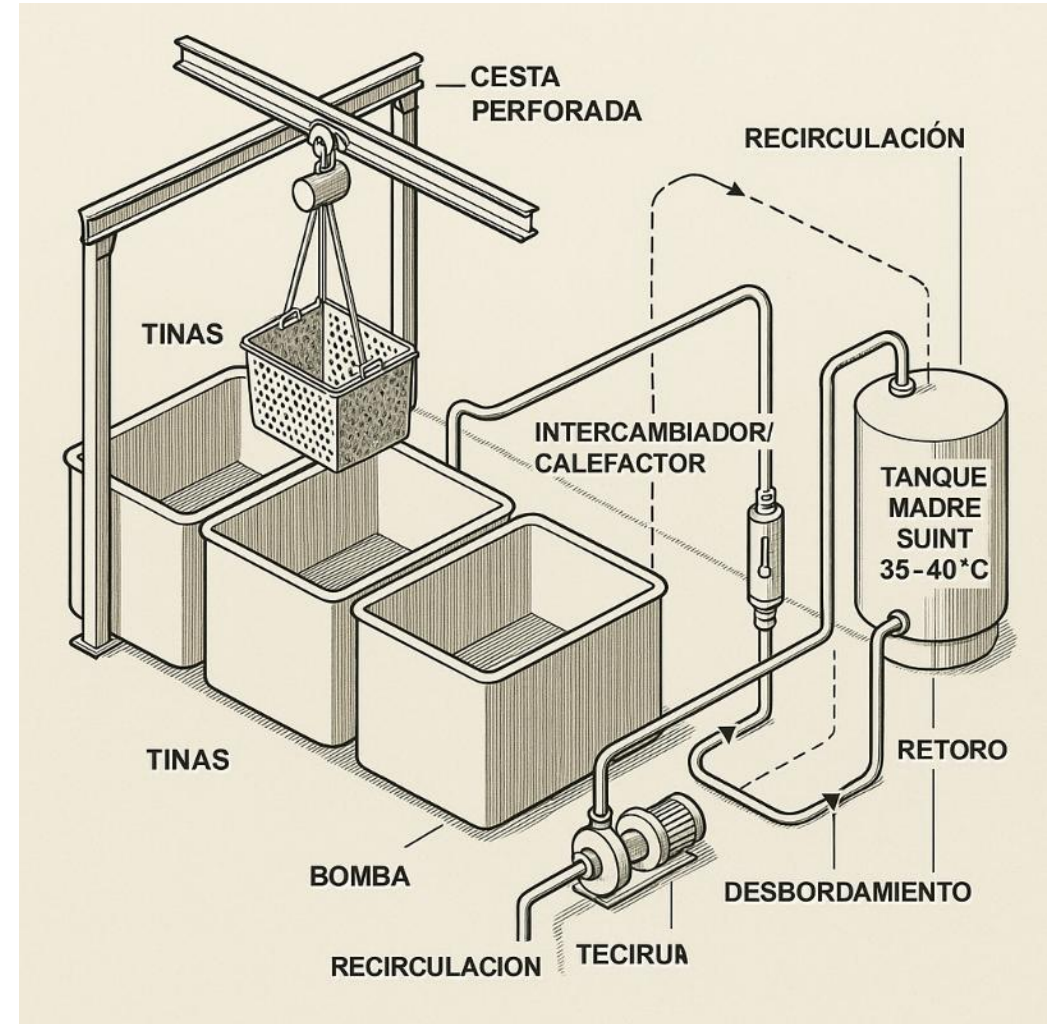
- **Inconvenientes**

lento, mal olor

Es más un pre-lavado

- **Útil para**

Plantas muy pequeñas o en medianas y grandes para ahorrar químicos



Esquema Conceptual

LAVADO CON ESPUMA

- **Cómo funciona**

Se aplica una espuma con tensioactivo sobre la lana con poca agua, se deja actuar, se retira y se enjuaga ligeramente.

- **Ventajas**

Reduce uso de agua

- **Inconvenientes**

No es muy útil para vellones

No hay muchas referencias comerciales

- **Útil para**

Cuando el uso del agua es crítico

LAVADO CON SOLVENTE

- **Cómo funciona**

La grasa se disuelve en un solvente orgánico (isoparafínico/percloroetileno) y luego se recupera por destilación en circuito cerrado

- **Ventajas**

Eficaz en desengrase

- **Inconvenientes**

Complicado y peligroso
Legislación muy restrictiva

- **Útil para**

No recomendado

CO₂ A ALTA PRESIÓN

- **Cómo funciona**

El CO₂ a alta presión actúa como solvente “verde” para extraer grasa; luego se despresuriza y se recupera el CO₂.

- **Ventajas**

Muy poca agua, ni químicos
Buen desengrasante

- **Inconvenientes**

Caro
No limpia la tierra ni la materia vegetal

- **Útil para**

Proyectos de I+D

COSTES DE PLANTAS DE LAVADO / DEPURADO (SUPUESTOS DE CÁLCULO)

- Lavado: €/Kg = Agua + Energía + Químicos + Mano de Obra + Mantenimiento
- Depurado: €/Kg = Energía + Químicos + Mantenimiento + Lodos
 - Agua: 1,8 €/m³ (incluye canon y alcantarillado)
 - Electricidad: 0,18 €/KWh (peaje + energía)
 - Detergente: 2,5 €/Kg
 - Mano de Obra: 18 €/h
 - Gestión lodos: 120 €/t (+ transporte 35€/t)

COSTES DE PLANTAS DE LAVADO

- Tren de lavado grande (8 T/día)
 - Inversión: 1,3 – 2,2 M€
 - Inversión normalizada: 162.500 – 275.000 €/t día
 - Coste lavado: 0,09-0,14 €/Kg

- Tren de lavado mediano (2 T/día)
 - Inversión: 0,6 – 1,1 M€
 - Inversión normalizada: 300.000 – 550.000 €/t día
 - Coste lavado: 0,1-0,18 €/Kg

COSTES DE PLANTAS DE LAVADO

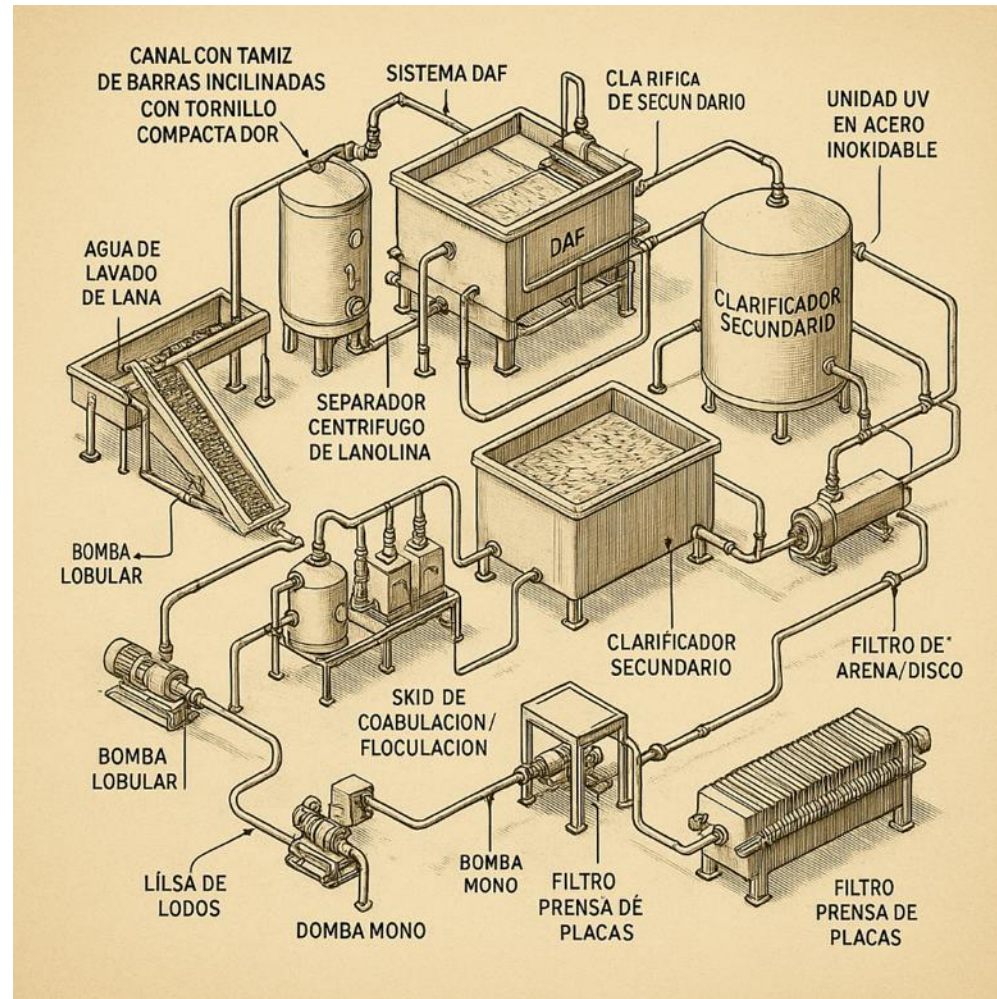
- Lavado lotes (50 Kg/lote)
 - Inversión: 0,2 – 0,45 M€
 - Coste lavado: 0,15-0,30 €/Kg

- Suint (50 Kg/lote)
 - Inversión: 0,1 – 0,2 M€
 - Coste **pre-lavado**: 0,067 €/Kg

CONCLUSIONES DE LAVADO

- Las únicas viables en una instalación industrial son de base acuosa.
 - Instalación pequeña móvil (procesamiento lotes < 50 Kg)
 - Lavado por lotes (preferentemente rotativo)
 - Instalación pequeña fija (procesamiento lotes < 50 Kg)
 - Lavado por lotes (con o sin Suint previo)
 - Suint (instalaciones muy pequeñas)
 - Instalaciones medianas o grandes
 - Lavado continuo (con o sin Suint previo)
- La inversión para instalaciones pequeñas es prácticamente inasumible.

DEPURACIÓN DEL AGUA DEL LAVADO DE LA LANA



NORMATIVA

- EUROPEA

- Emisiones Textil. Direct. 2010/75/UE
- Aguas Resid. Urb. Direct. (UE) 2024/3019 *sustituye a* Direct. 91/271/CEE
- Subprod. animales Regla. (CE) 1069/2009 - Regla. (UE) 142/2011
(lana, lanolina)

- ESPAÑOLA

- Emisiones Industriales Ley 16/2002 - Ley 5/2013 - RD 815/2013
- Vertidos al dominio público RDL 1/2001 - RD 849/1986
Hidráulico
- Vertido a red municipal Marco autonómico/municipal

NORMATIVA

- ARAGONESA

- Vertido red municipal. Decreto 176/2018 modifica el Decreto 38/2004
- Valores límite vertido
[Link a valores límite](#)
- Las ordenanzas municipales pueden endurecer estos valores.

PROYECTO EN ARAGÓN

- Destino del Efluente
 - Red municipal
 - Dominio público
 - Riego
- Tamaño de la Instalación
 - >10 toneladas/día
 - < 10 toneladas/día

SOLICITAR PERMISO

Primer Paso

TAMAÑO	PEDIR PERMISO A:
> 10 toneladas/día	DGA Autorización Ambiental Integrada
< 10 toneladas/día	

Segundo Paso

DESTINO EFLUENTE	PEDIR PERMISO A:
RED MUNICIPAL	AYUNTAMIENTO
RIO / ACUIFERO	CHE
RIEGO	CHE (producción agua regenerada) CHE (aplicar agua en los cultivos)

CUMPLIR LOS REQUISITOS VERTIDO

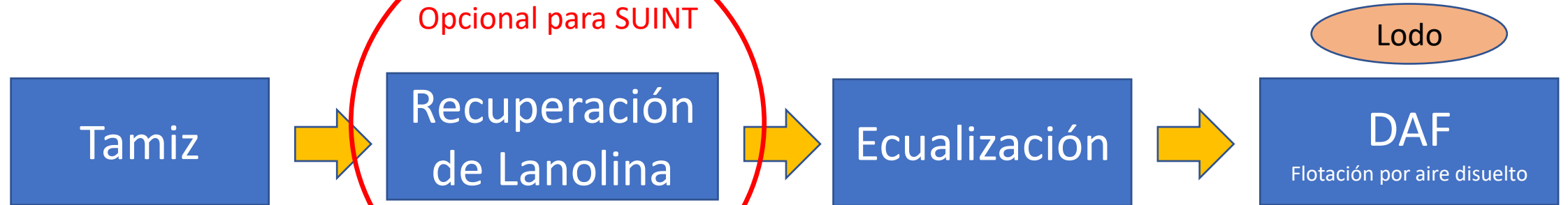
	ARAGÓN	CHE (orientativos)
pH	5,50 – 9,50	Cercano al 7
Solidos en Suspensión (SST) (mg/L)	500 / 1.000	35-60
DBO ₅ (mg/L)	500 / 1.000	25-60
DQO (mg/L)	1.000 / 5.000	125-250
Aceites y grasas (mg/L)	100 / 150	<10

Concentración media diaria máxima / Concentración instantánea máxima

AGUA LAVADO LANA ENTREFINA SUCIA SIN TRATAR

TIPO DE LAVADO	VALORES APROXIMADOS	VALORES LIMITE ARAGON
TREN CONTINUO	pH: 7,5-9,0 SST (mg/L): 2.500 – 10.000 DBO ₅ (mg/L): 7.000 - 28.000 DQO (mg/L): 18.000 – 45.000 Aceites (mg/L): 3.000 – 6.000	
LAVADO POR LOTES	pH: 7,0-9,0 SST (mg/L): 1.200 – 5.300 DBO ₅ (mg/L): 3.500 – 14.000 DQO (mg/L): 9.000 – 22.000 Aceites (mg/L): 2.500 – 4.500	pH: 5,5-9,5 SST (mg/L): 500 DBO ₅ (mg/L): 500 DQO (mg/L): 1.000 Aceites (mg/L): 100
SUINT	pH: 6,8 – 8,0 SST (mg/L): 3.000 – 13.000 DBO ₅ (mg/L): 9.000 - 38.000 DQO (mg/L): 22.000 – 60.000 Aceites (mg/L): 3.000 – 6.000	

TRATAMIENTO AGUA LAVADO LANA



Evita la entrada de elementos gruesos que atasquen las bombas

Separación centrífuga De la lanolina del agua

Depósito para salida estable al DAF

Introduce burbujas de aire. Quita SST, aceites y baja DQO

Lodo



Bacterias que eliminan la materia orgánica biodegradable. Baja DBO y DQO

Filtro que elimina los SST finos y desinfecta (UV)

Almacena el agua limpia para el uso que se quiera dar

COSTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

- Planta de tratamiento para línea de 8 T/día
 - Inversión: 1,3 – 2,2 M€
 - Inversión normalizada: 16.300 – 27.500 €/m³ día
 - Coste depuración: 0,012 – 0,024 €/Kg

- Planta de tratamiento para línea de 2 T/día
 - Inversión: 0,6 – 1,1 M€
 - Inversión normalizada: 30.000 – 55.000 €/m³ día
 - Coste depuración: 0,012 – 0,02 €/Kg

COSTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

- Planta de tratamiento para lotes de 50 Kg
 - Inversión: 0,2 – 0,45 M€
 - Coste depuración: 0,024 – 0,04 €/Kg

AGUA LAVADO LANA ENTREFINA DESPUES DE TRATAR

	DESPUÉS DE DEPURACIÓN	VALORES LIMITE ARAGÓN
SST (mg/L):	50-150	500
DBO ₅ (mg/L):	100 – 300	500
DQO (mg/L):	500 – 1.000	1.000
Aceites (mg/L):	<50	100

CONCLUSIONES DEPURACIÓN DE AGUA

- El agua sin tratar de lavar lana es perjudicial para el medio ambiente y los cultivos. No se puede utilizar directamente.
- Diseñar y dimensionar la instalación depuradora de acuerdo a las características de nuestra agua y al uso de la misma.
- En principio parece más lógico, por menos restrictivo, el vertido a la red municipal.
- La inversión para instalaciones pequeñas es prácticamente inasumible.

CONCLUSIONES FINALES

- El lavado de la lana es complejo y caro, principalmente por el **tratamiento del agua sucia**.
- La viabilidad económica de instalaciones de lavado es complicada, la única posibilidad es poder crear **productos de alto valor añadido** a partir de lana limpia.
- Si se miran **exclusivamente** factores técnicos y económicos, el lavado debe centrarse en instalaciones medias-grandes.
- La solución al problema de la lana seguramente será mixta y deberá venir de un análisis multifactorial donde estén implicados todos los actores.

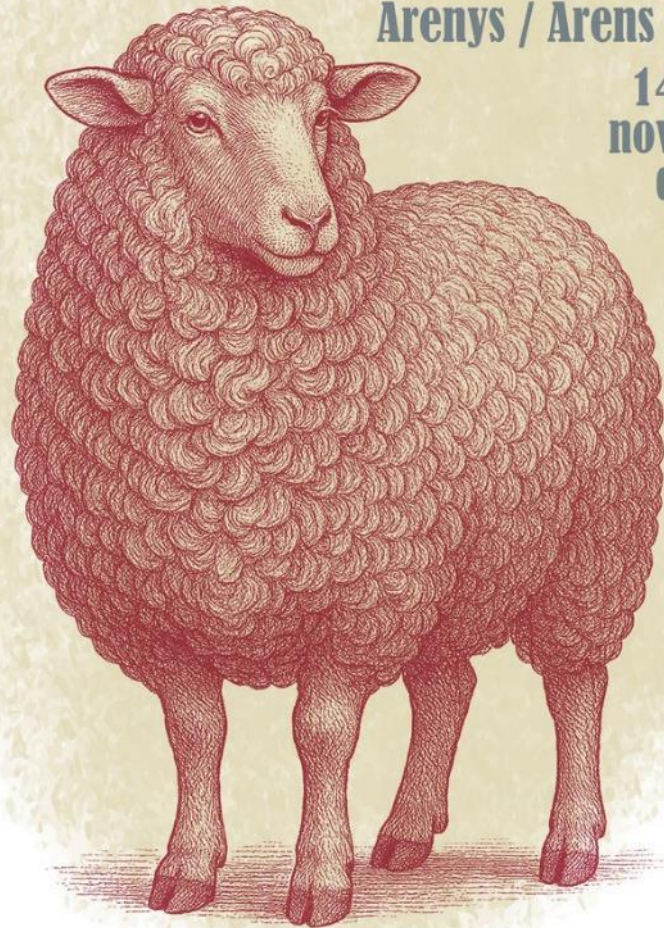
ferias del
matarranya

**II Feria
de la lana
y sus derivados**

**II Fira
de la llana
i els seus derivats**

Arenys / Arens de Lledó

14-15 de
noviembre
de 2025



Análisis desde el punto de vista técnico y económico del problema del lavado de la lana

Rubén Rebollar
Iván Lidón



G2PM
Group in Product
and Project Management
Universidad Zaragoza