



AceroS de Baja Huella climática. Hoja de Ruta

ICAI – Catedra Repsol

Santiago Oliver (UNESID/PLATEA)



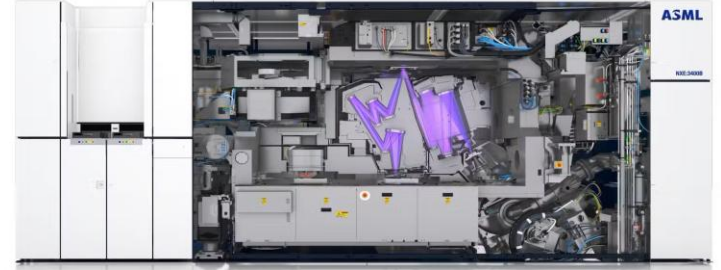
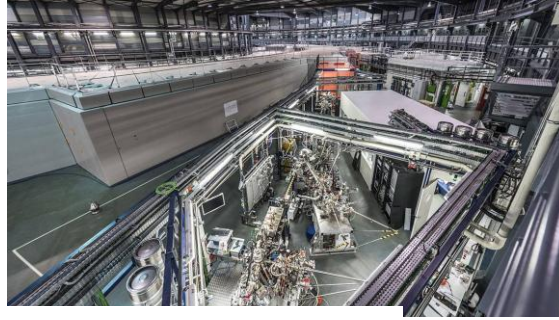
Indice

1. Foto Macro. Acero
2. Foto Micro. Proceso
3. Conclusiones

FOTO MACRO

1. El “disclaimer”
2. Que SON los Acero”S”
3. Situación global del acero
4. Huella del acero
5. España
6. Condiciones de contorno del Roadmap

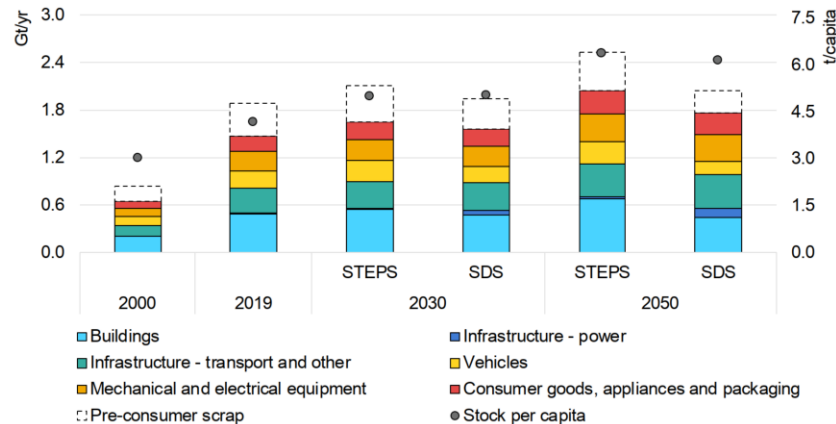
¿Qué tiene en común?



Acero y CO₂. Mundo. Futuro

- ❧ Los AceroS construye el desarrollo.... de todos
- ❧ Los AceroS descarbonizan a todos
- ❧ El Acero se usará más eficiente

Figure 2.2 Global end-use steel demand and in-use steel stock by scenario

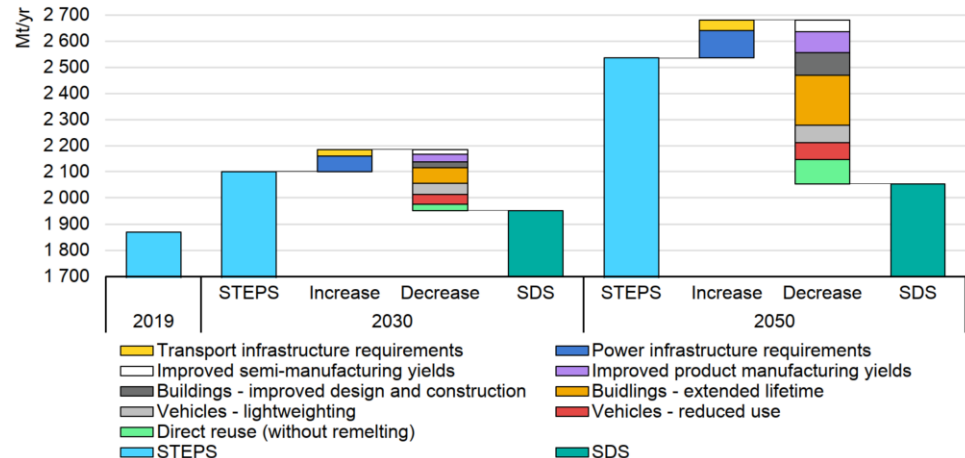


IEA 2020. All rights reserved.

Note: STEPS = Stated Policies Scenario, SDS = Sustainable Development Scenario.

Source: IEA analysis informed in part by Pauliuk, Wang and Muller (2013), Cullen, Allwood and Bambach (2012) and Gibon et al. (2017).

Figure 2.3 The contribution of material efficiency strategies to reductions in global steel demand



IEA 2020. All rights reserved.

NO existe EL acero

- Aleación Fe-C+ “casi tabla periódica”.
- Propiedades (ni buenas ni malas... adecuadas):
 - Composición (con y sin) y solidificación
 - tratamientos termomecánicos, caliente y frío
 - recubrimientos/tratamientos superficiales

(con y sin aportación)

+ 10.000 → +1 al día

(ni buenos ni malos...)
→ Propiedades adecuadas
/coste óptimo

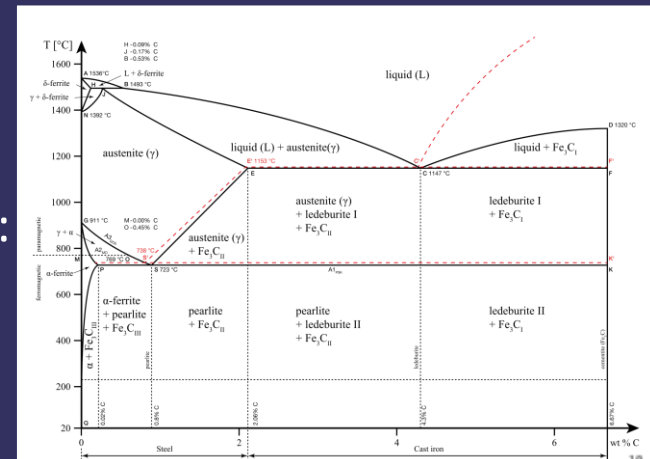


Tabla periódica de los elementos

1	2																	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																	
H	He																	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																	
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																				
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb						
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb										

Basico: Acero

- Viajan bien, valor añadido (energía embebida), solidos, no peligroso
- ECONOMIA OPTIMIZACIÓN EXTREMA Y DE ESCALA
- HIPERTECNOLOGÍA (mediciones de ppms en escalas de miles o millones de toneladas/año)
- Momentos de MAXIMA INNOVACION/transformación. → Descarbonización. Cambio de VECTORES energéticos

Acero y CO₂. Mundo. Ahora (2025)

- 4º “producto”: Áridos – Crudo/GN - Cemento – Acero - Madera ind.
- 1 850 M t acero(2025!) . China 52%
- Facturación 2 000 000 M€

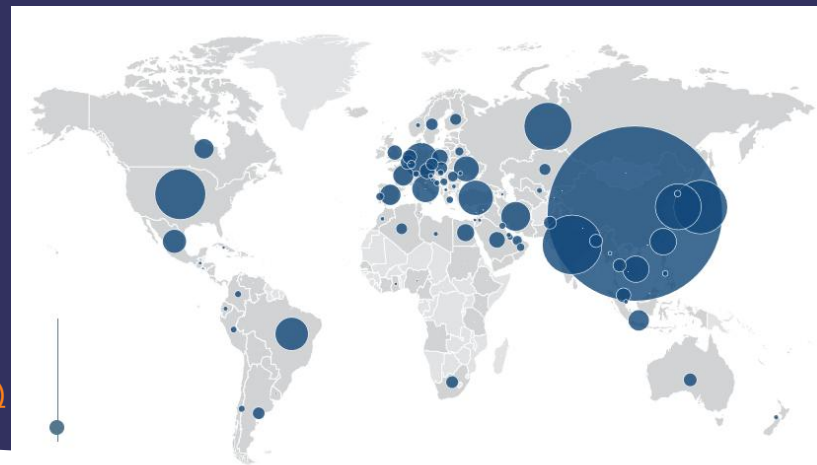
‣ ES: 11,8 Mt

[Fuente. IPCC \(2022\)/ WorldSteel/UNESID](#)

‣ EU: 126 Mt

Comercio internacional 455 Mt (2025)

[fuente \(WorldSteel\)](#)



Huella climática TOTAL

4 Gt GHG (alcance 1 y 2) ($\approx 7\%$ est. 2025 -57 Gt mundial siendo 40 Gt “energía”)

Incluyendo alcance 3 $\rightarrow \approx 10\%$ est. 2025

Extremadamente dependiente de....

- **Ruta (mineral vs reciclado)**

- Más a nivel de acero concreto**

- Aleantes: Cr, Ni, Mo, V, etc... (si cantidades relevantes y su reciclado)

- Tratamientos térmicos

CO₂ ≈ 4,5%

mayo 22

Posibles

IPCEI (2030)

TRL 7-9

+75 TWh electrif

+1,8 Mt H₂

(75 TWh)

CAPEX 31.000 M€

OPEX 85.000 M€



EUROFER
THE EUROPEAN STEEL ASSOCIATION

Circular Economy (CE)



Carbon Direct Avoidance (CDA)

H₂-based metallurgy



Electricity-based metallurgy



Smart Carbon Usage (SCU)

Proces Integration



Carbon Valorisation/CCU



Carbon Capture and Storage CCS²

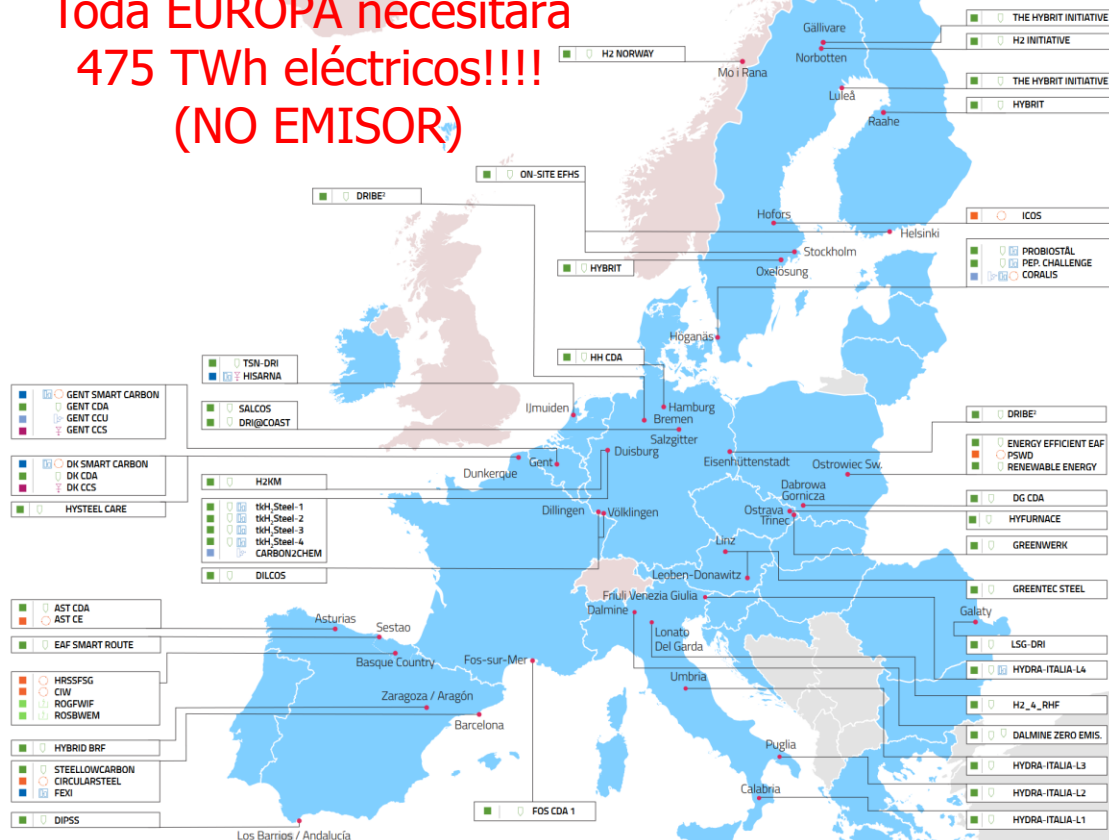
(not included in SCU, CDA or CE)



Otros muchos pequeños
Hymet

Acero y CO₂. Europa

Toda EUROPA necesitará
475 TWh eléctricos!!!!
(NO EMISOR)



España vs RoW. Reciclado

%	Mundo	Europa	España
Reciclado	30	40	70-75
Mineral	70	60	25-30

Limites reciclado

- Disponibilidad global y local
- Optimización calidades. Mejora residuo férrico

UNESID:

Octubre 2019

Objetivo neutralidad climática. Antes de 2050

Energy intensities of main production routes

Methodology	BF-BOF	Scrap-based EAF	Natural gas-based DRI-EAF
IEA	21.4 GJ/t	2.1 GJ/t	17.1 GJ/t
worldsteel	22.7 GJ/t	5.2 GJ/t	21.8 GJ/t

Note: worldsteel reference values are adjusted to match the IEA “crude steel boundary” described above. Differences between the IEA and worldsteel values shown here are mainly attributable to the treatment of electricity.

CO₂ emission intensities of main production routes

Methodology	BF-BOF	Scrap-based EAF	Natural gas-based DRI-EAF
IEA (direct)	1.2 t CO ₂ /t	0.04 t CO ₂ /t	1.0 t CO ₂ /t
IEA (direct + indirect)	2.2 t CO ₂ /t	0.3 t CO ₂ /t	1.4 t CO ₂ /t
worldsteel	2.2 t CO ₂ /t	0.3 t CO ₂ /t	1.4 t CO ₂ /t

Note: worldsteel reference values are adjusted to match the IEA “crude steel boundary” described above.

Contorno ABSOLUTAMENTE NECESARIO

Palancas para la descarbonización

Acero baja huella climática MÁS caro vs Resto del Mundo

- Maximo reciclado / eficiencia de proceso / eficiencia de uso
- Apoyo a inversion
- Ecualizar coste huella Climática en (CBAM)
- Reducir coste insumo (energía y CO₂ –fuera-)
 - Energía (que pagamos, y como....)
 - Ej. Contratos por diferencia (en energía o en CO₂, o en H₂)
 - Correccion CO₂ exportación
- Poner en valor Acero baja (“verde”) huella Climatica

FOTO MICRO (descarbonización del proceso)

1. Esquema simplicista (cambio de vector).
 1. A parte siempre maximización de Eficiencia/reciclado/CCS/U
2. Revision General del proceso
3. Opciones – modificación energética/captacion de cada paso
4. Huella del acero
5. Condiciones de contorno del Roadmap

Esquema simplicista ... al máximo

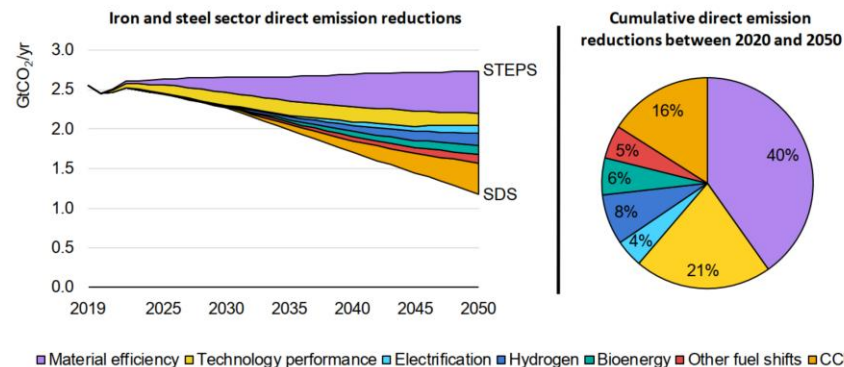
iiii Obtener estados reducidos/transformados (requiere. energía) !!!!!



Rutas tecnológicas descarbonización acero.

- Mucha I+D+I
- Reciclaje/economía circular. (reducción/rediseño, reusado (calidad), reacondicionado, reciclado, remanencia (durabilidad),...
- Captura (y uso) o almacenamiento. (Península Iberica)
- Vector energético/reductor alternativo (H₂, electrificación, biomasa o sintéticos)
 - En producción de acero
 - En procesamiento de acero.
- Mat. Auxiliares. Fijación/compensación
- Eficiencia energética (*)

Figure 2.6 Iron and steel sector direct CO₂ emission reductions in the Sustainable Development Scenario by mitigation strategy



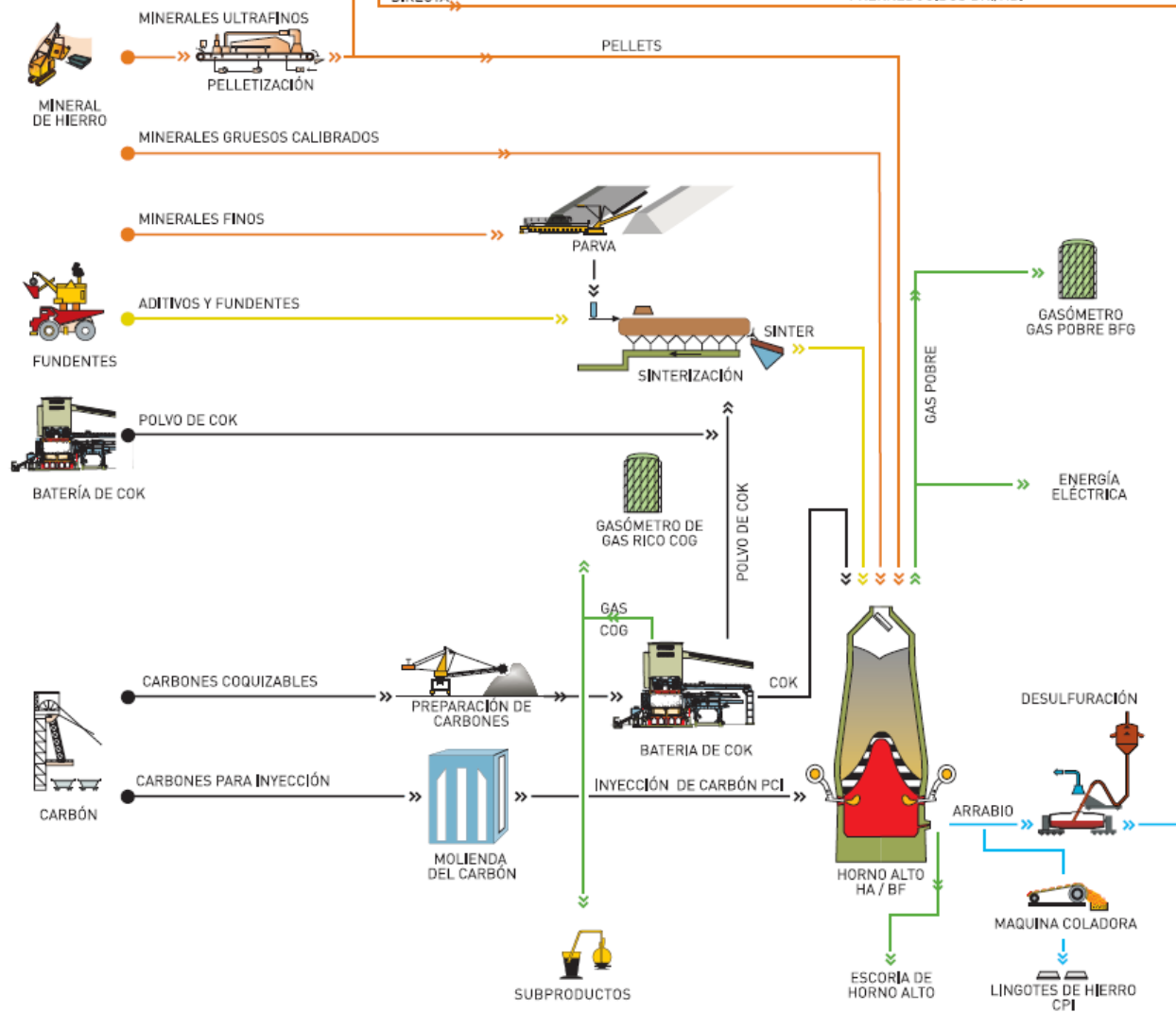
Acero

¿Cómo se hace?

¿Donde ↓↓ huella climática?

- ⚡ Reducción (desoxid. Mineral)
- ♻️ Reciclado resid.
- ⚡ Transformaciones termo-mecánicas y forma

Hoja Ruta Descarbonización Acero



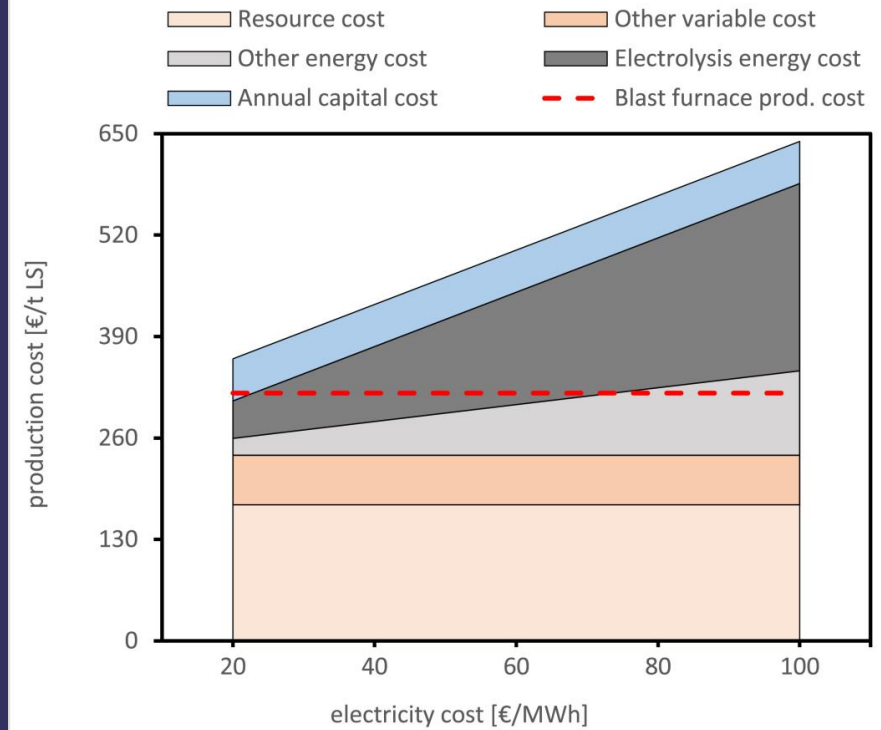
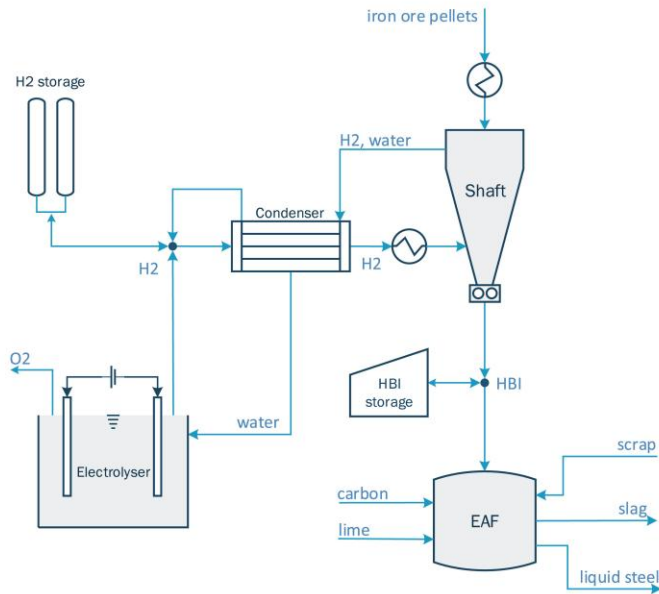
Tecnología, “favorita”

(Desde mineral)

⚡ DRI → EAF / DRI → ESF → BOF

⚡ +97% ↓ ↓ CO₂.

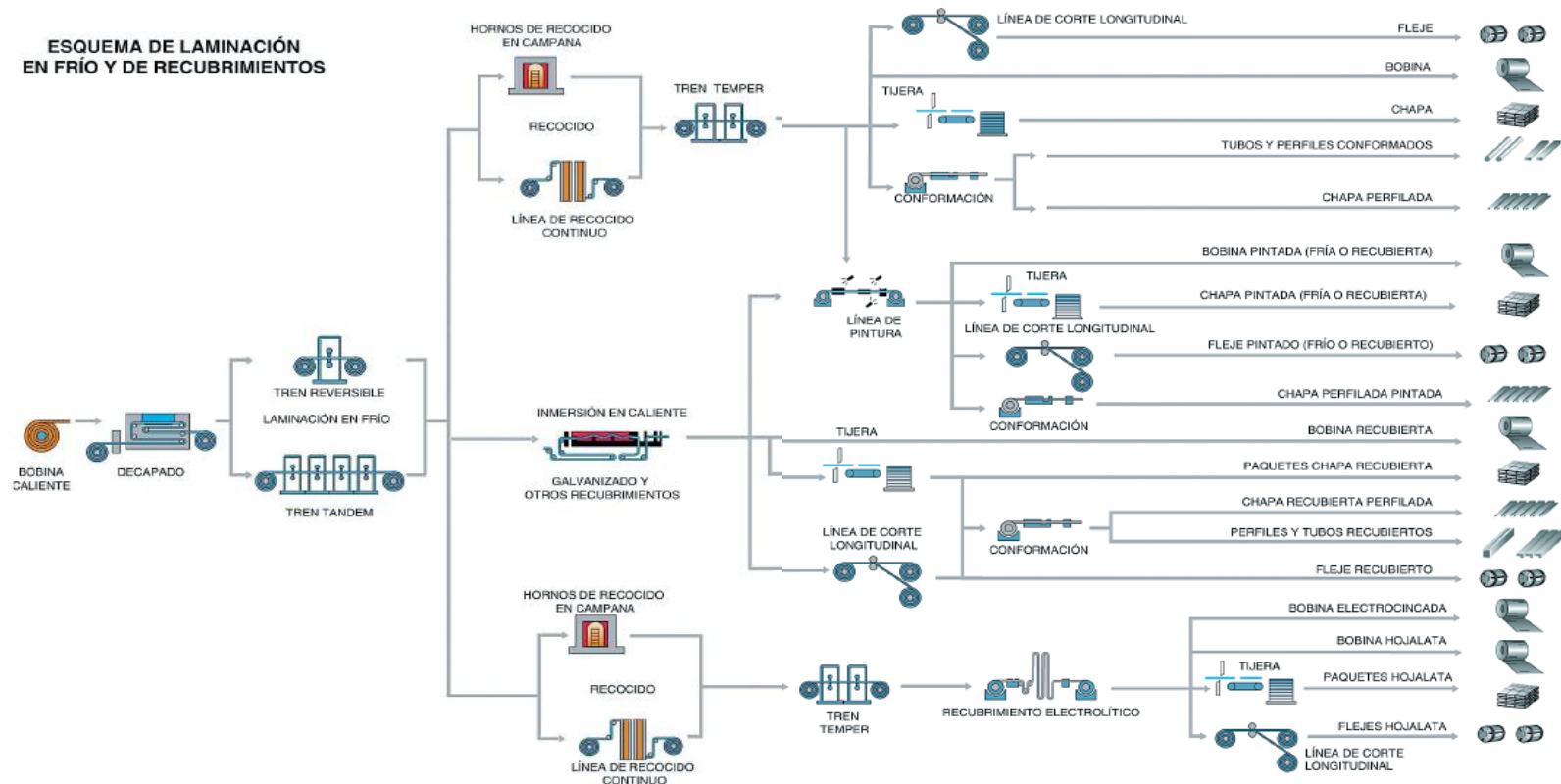
⚡ ≈ 3,5 MWh/tacero



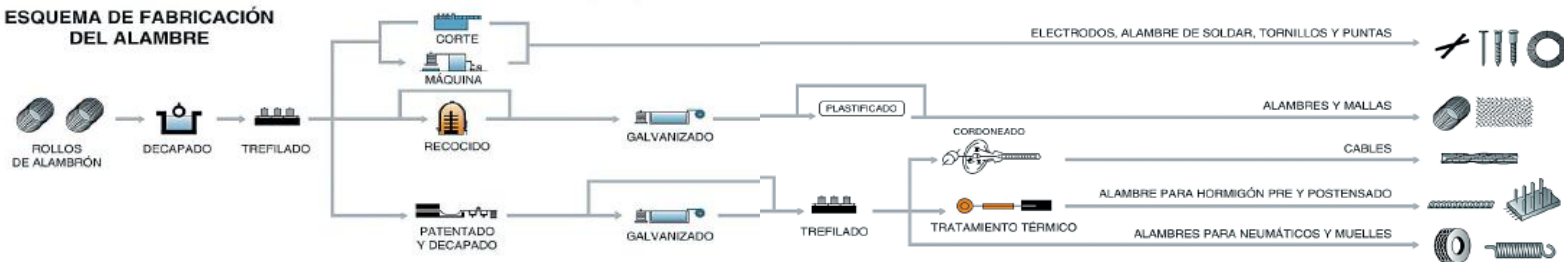
Nota: carga DRI/HBI 100%

Fuente: [Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking](#)

ESQUEMA DE LAMINACIÓN EN FRÍO Y DE RECUBRIMIENTOS

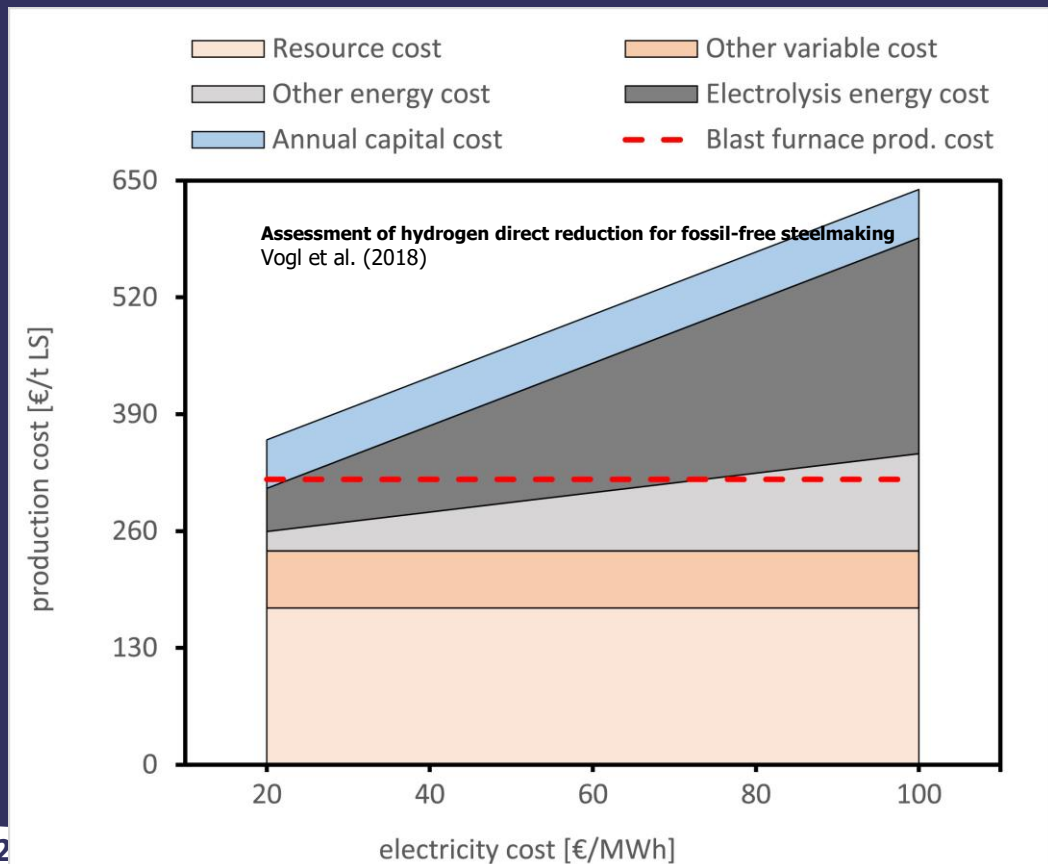


ESQUEMA DE FABRICACIÓN DEL ALAMBRE



Coste acero: sensibilidad a electricidad (y al CO₂)

- ❖ electricidad variable crítica OPEX en H₂-DRI (verde)
- ❖ Sin coste CO₂: paridad solo en ubicaciones con e- muy barata
- ❖ Con ETS/CBAM: mejora la competitividad interna; no elimina gap ni protege cadena
- ❖ **No eliminan competencia mundial fuera UE**
- ❖ ¿Quién paga el “premium” de este tipo de “Green Steel”?
- ❖ **Conclusión industrial: fases + asegurar energía MUY competitiva (asegurar = TENER)**



Conclusiones

⚡ Dependemos **situaciones de contorno** → FLEXIBILIDAD

⚡ OPEX competitivo

Si EU convencer resto del mundo ...

... Acero (Al, Cu...) UE “verde” DEBE competir EN CHINA

... en PRECIO



unesid.org/blog

<https://es.linkedin.com/company/unesid>

www.unesid.org



**GESTIÓN
DE LA CALIDAD**

ISO 9001



XXXXXX

👉 XXXXX