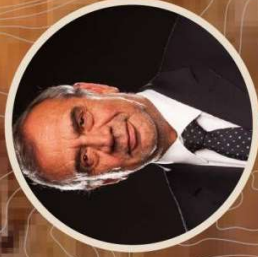




# Webinar de Fundiciones y Refinerías



Patrocinado por:

**CESCO**  
CENTRO DE ESTUDIOS  
DEL COBRE Y LA MINERÍA

Auspiciado por:

**TRANSCARGO**

**ASC**  
Ingeniería

**TRX**  
RUPERTO VÁSQUEZ ESTAY  
SERVICIOS INTEGRALES PARA LA MINERÍA





# Opciones Tecnológicas para una nueva Fundición en Chile

Luis Brito

Agosto 2021



# El mundo cambió para las Fundiciones de Cobre

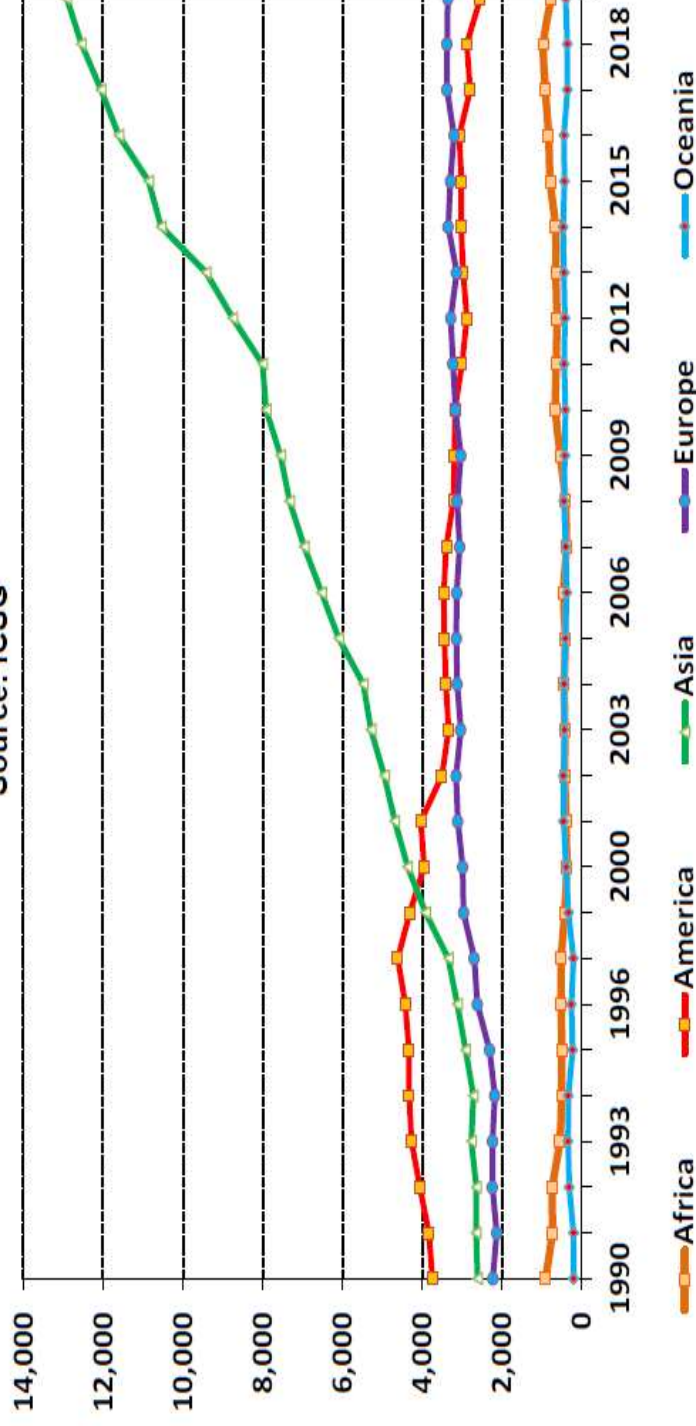


The World Copper Factbook 2020

## Copper Smelter Production by Region, 1990-2019

Thousand metric tonnes copper

Source: ICSG



Asia's share of world copper smelter output jumped from 27% in 1990 to 65% in 2019 as smelter production in China expanded rapidly.

Actualmente Asia domina con un 65% de la producción de cobre en fundiciones... Donde China es el país que ha hecho el cambio significativo. China desarrolló sus fundiciones apoyado en una estrategia país.

# ¿Cómo se está moviendo el concentrado de cobre?



## Major International Trade Flows of Copper Ores and Concentrates<sup>1</sup>

Major Exporters of Copper Ores and Concentrates, 2019

1. Chile
2. Peru
3. Australia
4. Mexico
5. Canada
6. Mongolia
7. United States
8. Brazil
9. Spain
10. Kazakhstan



Major Importers of Copper Ores and Concentrates, 2019

1. China
2. Japan
3. Korean Rep.
4. Spain
5. Germany
6. India
7. Bulgaria
8. Russian Fed.
9. Mexico
10. Finland

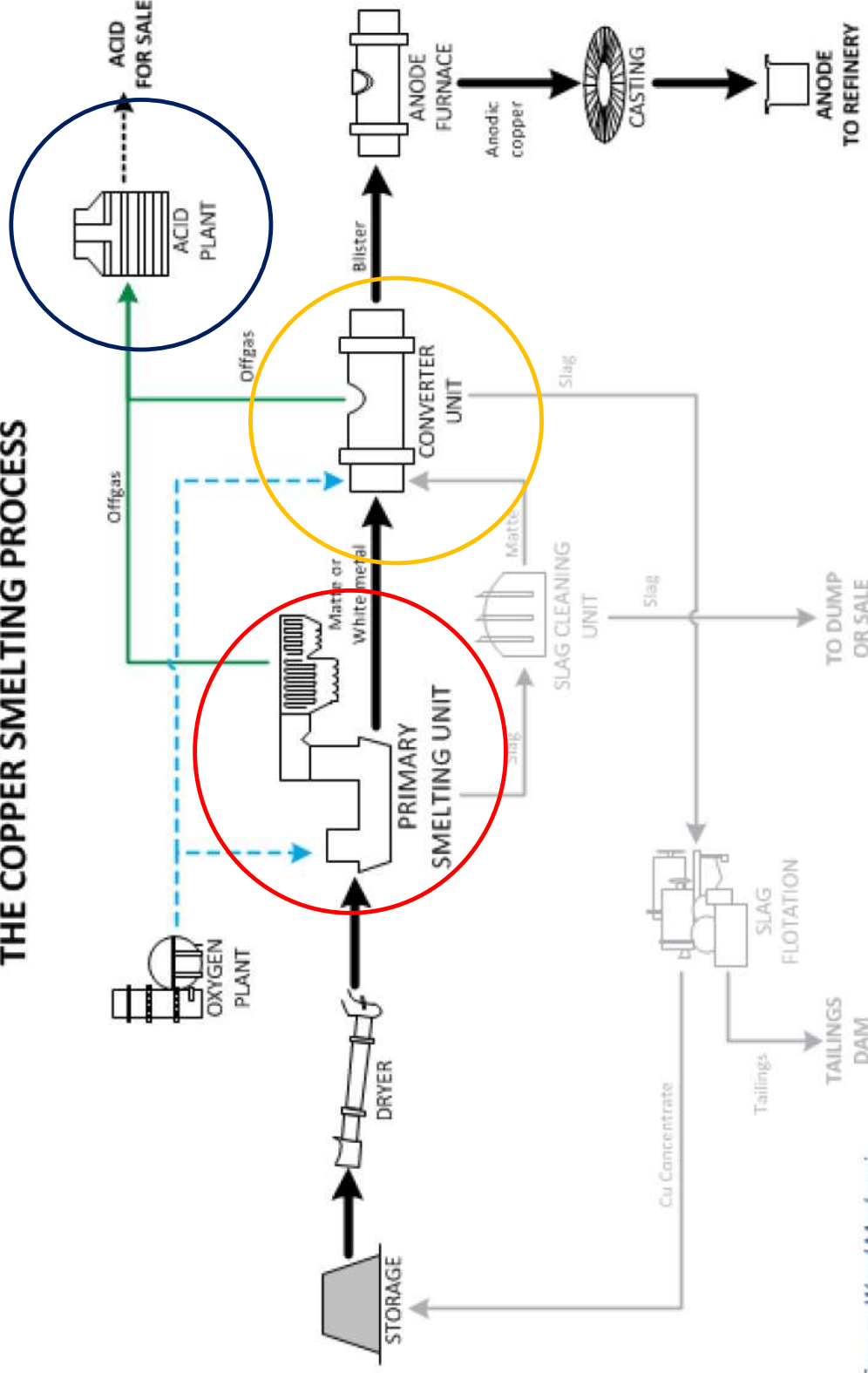
Chile es el principal exportador de concentrado y China es el principal importador.

Chile desarrolló la industria extractiva hasta producir concentrado ...

China desarrolló las fundiciones, refinерías y la industria consumidora de cobre.

# Un diagrama simplificado de una Fundición

## THE COPPER SMELTING PROCESS



Source: Wood Mackenzie

El equipo clave que determina el tipo de tecnología es el de **Fusión**

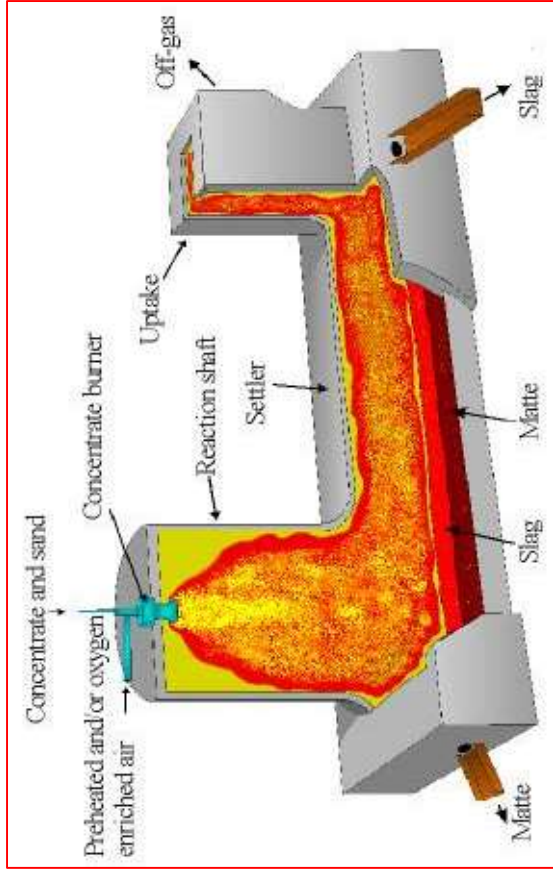
Pero también se han producido avances en **Conversión y Planta de Acido**



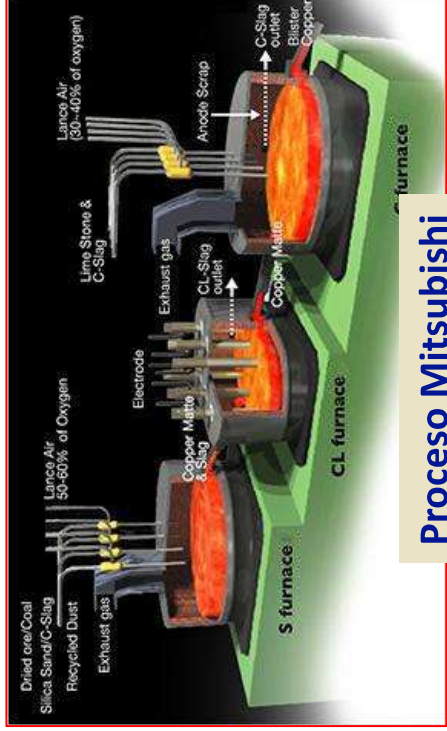
# Hasta el 2014...las tecnologías "Top 4" para fusión !



**Convertidor Modificado Noranda – C Teniente**



**Horno Flash**



**Proceso Mitsubishi**

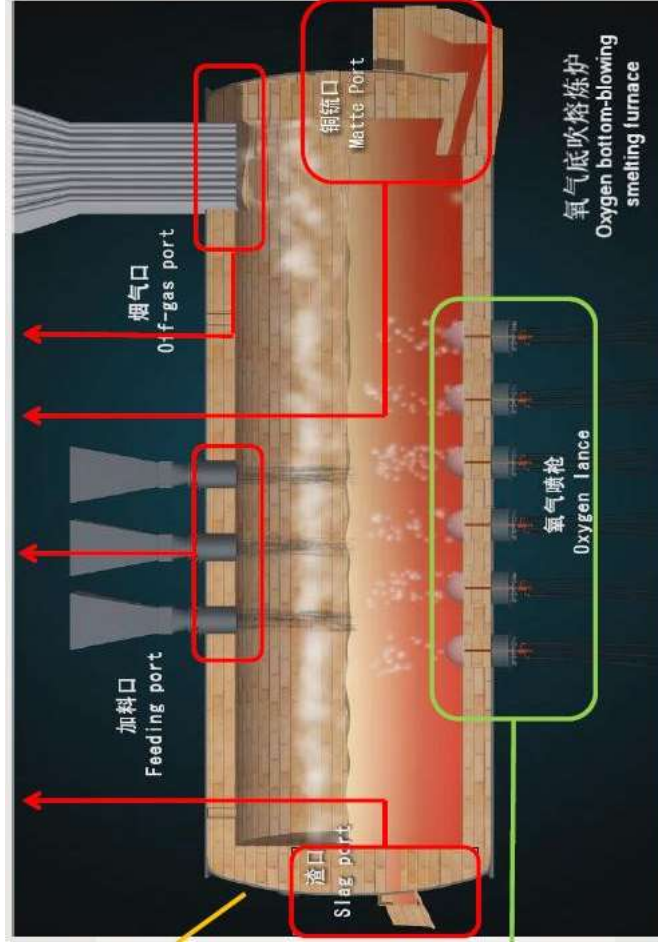


**Isasmelt-Ausmelt**

# Pero aparece la tecnología China !

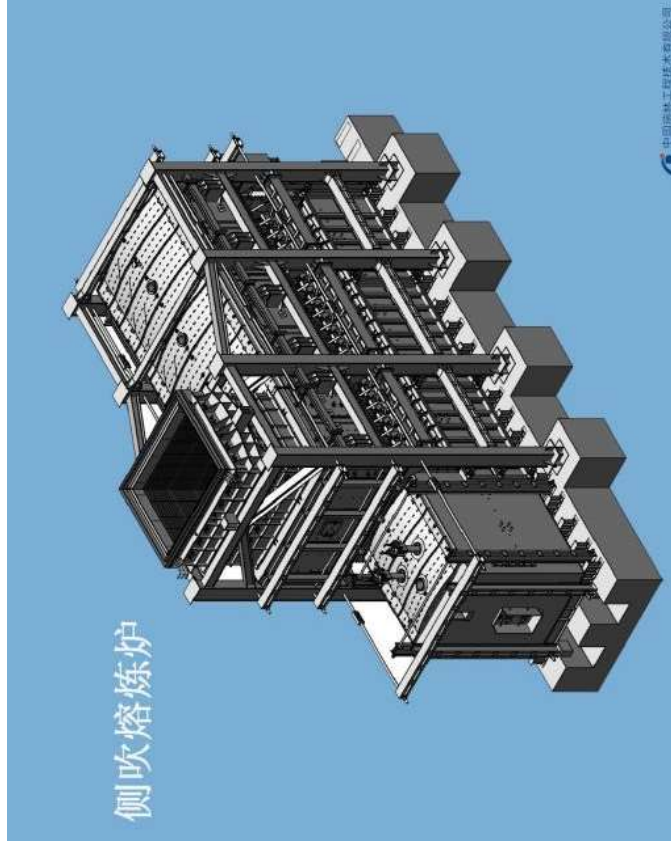


**Bottom Blown Furnace  
BBF - SKS**



**Horno de Inyección de Oxígeno por la parte inferior**

**Side Blown Furnace  
SBF - SBS**



**Horno de Inyección de Oxígeno por el costado**

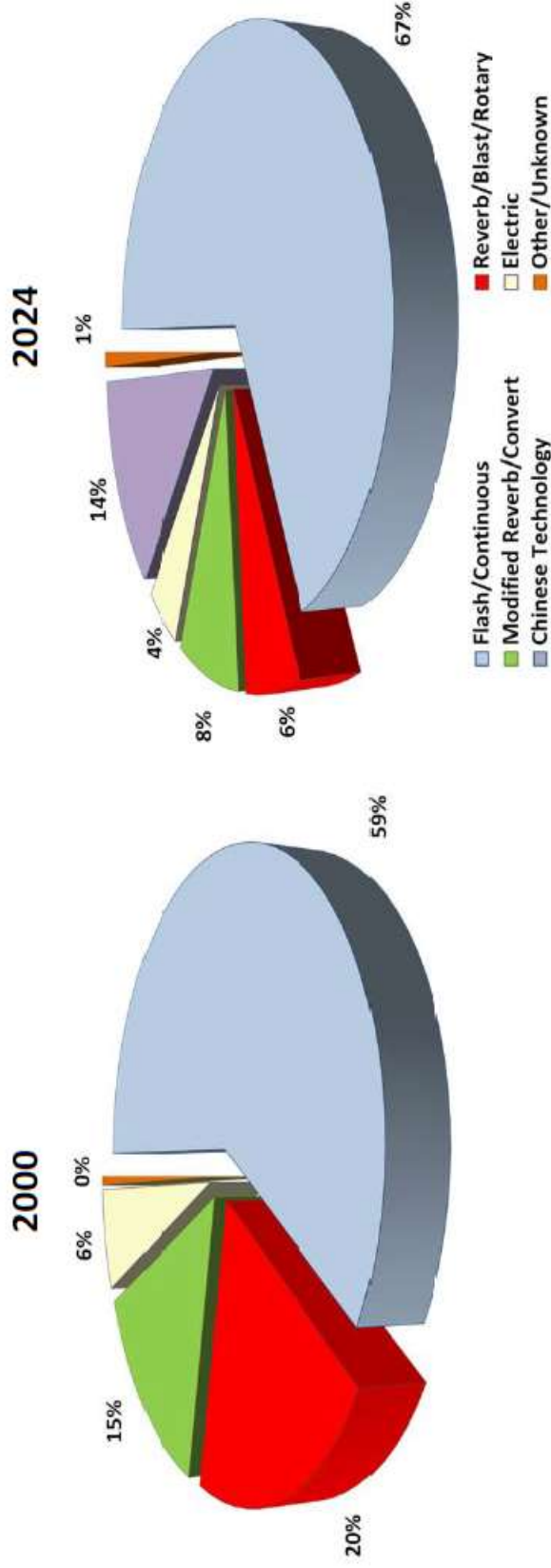
# Una mirada a las tecnologías predominantes



## Trends in Copper Smelting Capacity, 2000 and 2024

Percentage share of total capacity, by technology type

Source: ICSG Directory of Copper Mines and Plants – September 2020 Edition



A nivel global sigue predominando la Tecnología Flash... pero se proyecta que en el año 2024 la tecnología China ocupará un 14% de la capacidad instalada.

The use of Flash/Continuous technology accounted for 59% in total copper smelting capacity in 2000. This share rose to 67% in 2019. It is expected to remain around this level until 2024. There has also been a rapid expansion of Chinese technology, which first emerged in 2004. It now accounts for around 14% of total copper smelting capacity.

*Note: Capacity data reflects production capabilities not necessarily production forecasts*

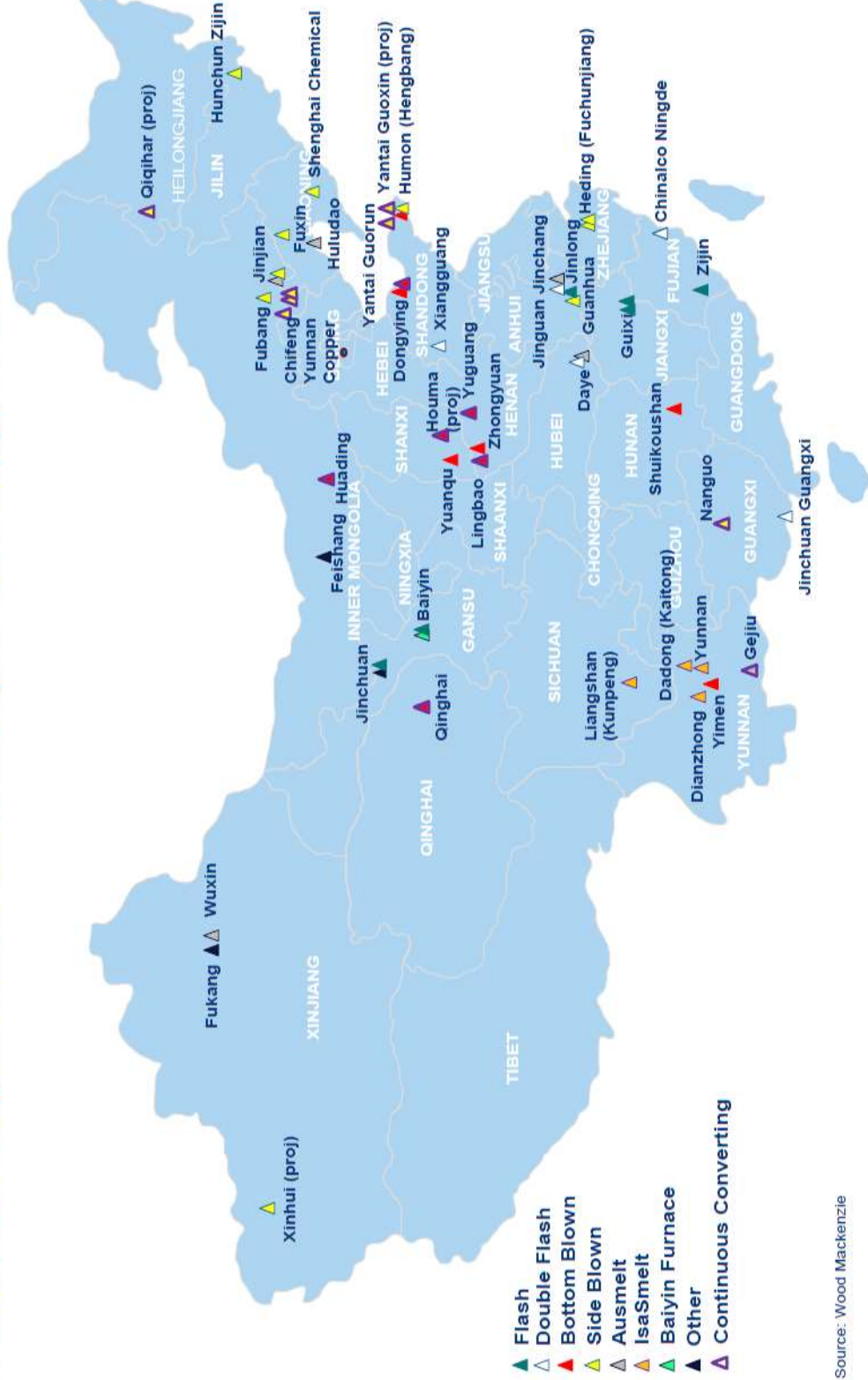


# El Desarrollo de China en Fundiciones



woodmac.com

## Fundiciones primarias en china por tecnología - 2019



China ocupa la mayoría de las tecnologías disponibles en el mercado... Y durante este periodo de aprendizaje ha desarrollado las propias.

# ¿Qué tipo de Fundición requiere Chile?

Entre otros, los factores que se pueden considerar:

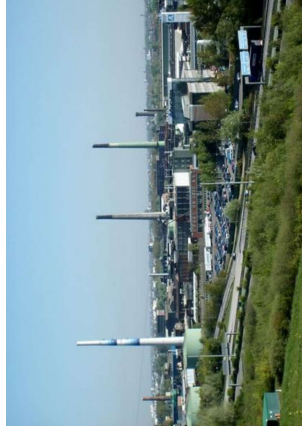
- CAPACIDAD
- SUSTENTABILIDAD
- FLEXIBILIDAD
- COSTOS DE CAPITAL
- COSTOS DE OPERACIÓN
- DISPONIBILIDAD
- CONSOLIDACIÓN



Onsan – Corea del Sur



Jinguan - China



Aurubis – Hamburgo Alemania



Saganoseki - Japón



Xiangguang - China

# CAPACIDAD



Ranking	Fundición Nombre	País	Lineas de Producción	Tecnología	Capacidad Cobre (Kton)	Año 2020 Cobre (Kton)	Ranking
1	Guixi	China	2	Flash + Peirce Smith Flash + Peirce Smith	965	679	1
2	Onsan	Corea del Sur	2	Flash + Peirce Smith Mitsubishi	678	550	2
3	Aurubis - Hamburgo	Alemania	1	Flash + Peirce Smith	593	405	7
4	Tongling (Jinguan)	China	1	Flash + Flash Converter	548	389	8
5	Saganoseki	Japón	1	Flash + Peirce Smith	528	445	4
6	Toyo	Japón	1	Flash + Peirce Smith	506	445	5
7	Shandong Xiangguang	China	1	Flash + Flash Converter	498	342	11
8	Jinlong	China	1	Flash + Peirce Smith	450	460	3
9	Caletones	Chile	2	Convertidor Teniente + Peirce Smith Convertidor Teniente + Peirce Smith	441	321	13
10	Pirdop	Bulgaria	1	Flash + Peirce Smith	437	350	9
11	Jinchuan Guangxi	China	1	Flash + Flash Converter	402	420	6
12	Chifeng Yunnan Copper	China	2	Side Blow + Top Blow Converter Side Blow + Top Blow Converter	402	320	14
13	Kansanshi	Zambia	1	Isasmelt + Peirce Smith	300	345	10
14	Heding	China	1	Side Blow + Peirce Smith	350	322	12

El análisis de la industria señala que la capacidad óptima debería ser mayor a **375-450 Kton/año** cobre equivalente a:

**1,5 Mton/año concentrado en un solo reactor.**



# SUSTENTABILIDAD

Ranking	Eficiencia en la captura de azufre (%) Fundición	País	Año	
			2020	(%)
1	Tongling (Jinguan)	China	99,8%	
2	Shandong Xiangguang	China	99,6%	
3	Garfield	USA	99,6%	
4	Naoshima	Japón	99,5%	
5	Huelva	España	99,5%	
6	Onahama	Japón	99,4%	
7	Gresik	Indonesia	99,4%	
8	Southeast Copper	China	99,4%	
9	Jinchuan Guangxi	China	99,3%	
10	Jinlong	China	99,3%	

**Promedio Ponderado de la Industria 97,5%**

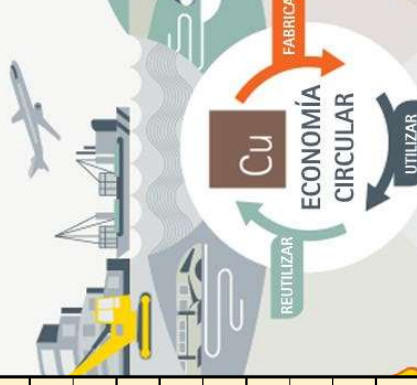
**Promedio Ponderado Chile 95,6%**

con el reciclaje

**En Europa, el 50% de la demanda de cobre se satisface con material reciclado.!**

## Retos

Para resolver los retos climático y energético, y avanzar hacia una Europa más ecológica y sostenible.



El cobre es el metal de la transición energética, impulsando los sistemas de energías renovables y las tecnologías verdes.

Ranking	Fundición	País	Consumo Energía (MJ/t Conc)
1	Hengbang	China	1.438
2	Gresik	Indonesia	1.439
3	Huelva	España	1.477
4	Tamano	Japón	1.590
5	Lingbao Jincheng	China	1.592
6	Glogow I	Polonia	1.605
7	Zhongyuan	China	1.612
8	Yunnan (Kunming)	China	1.621
9	Shuikoushan	China	1.723
10	Saganoseki	Japón	1.725

**Promedio Ponderado Industria 2.510**

**Promedio Ponderado Chile 2.601**

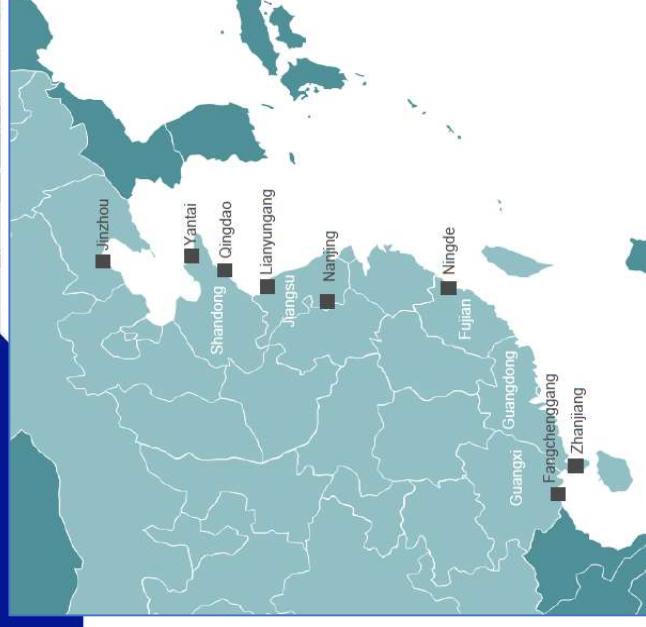
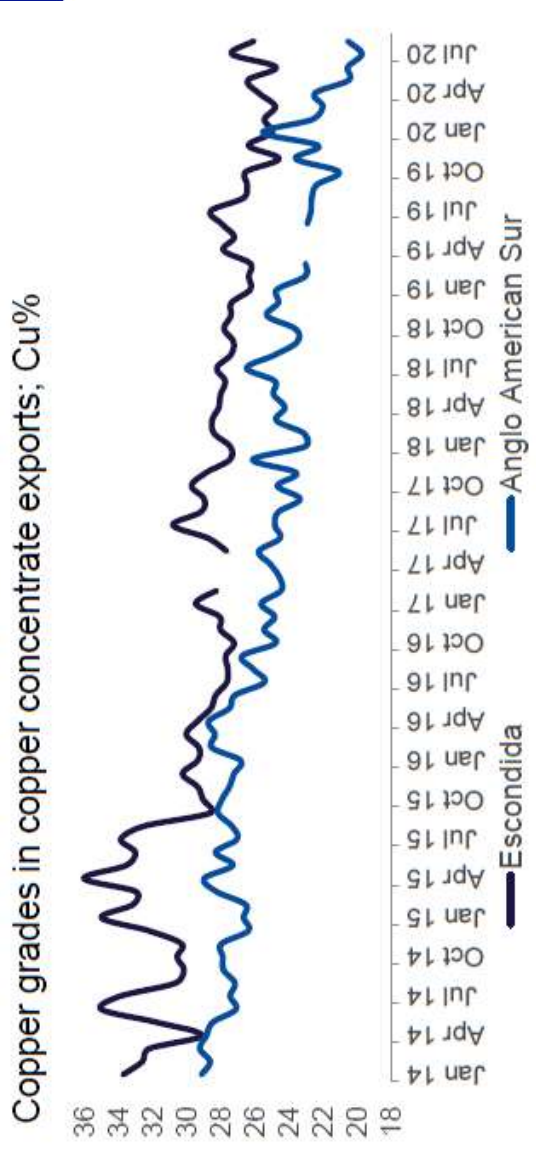


ELECTRIC POWER | NATURAL GAS | METALS  
27 May 2021

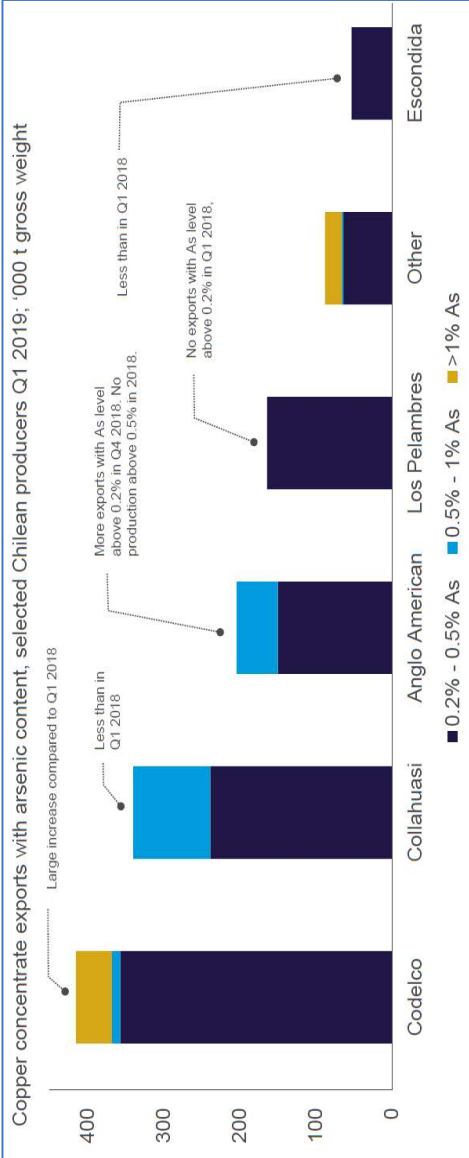
**El productor alemán de cobre Aurubis produce el primer ánodo de cobre usando hidrógeno**



# FLEXIBILIDAD



**CRU**  
**El Gobierno Chino aprueba nueva infraestructura para mezclar concentrados en su territorio.**

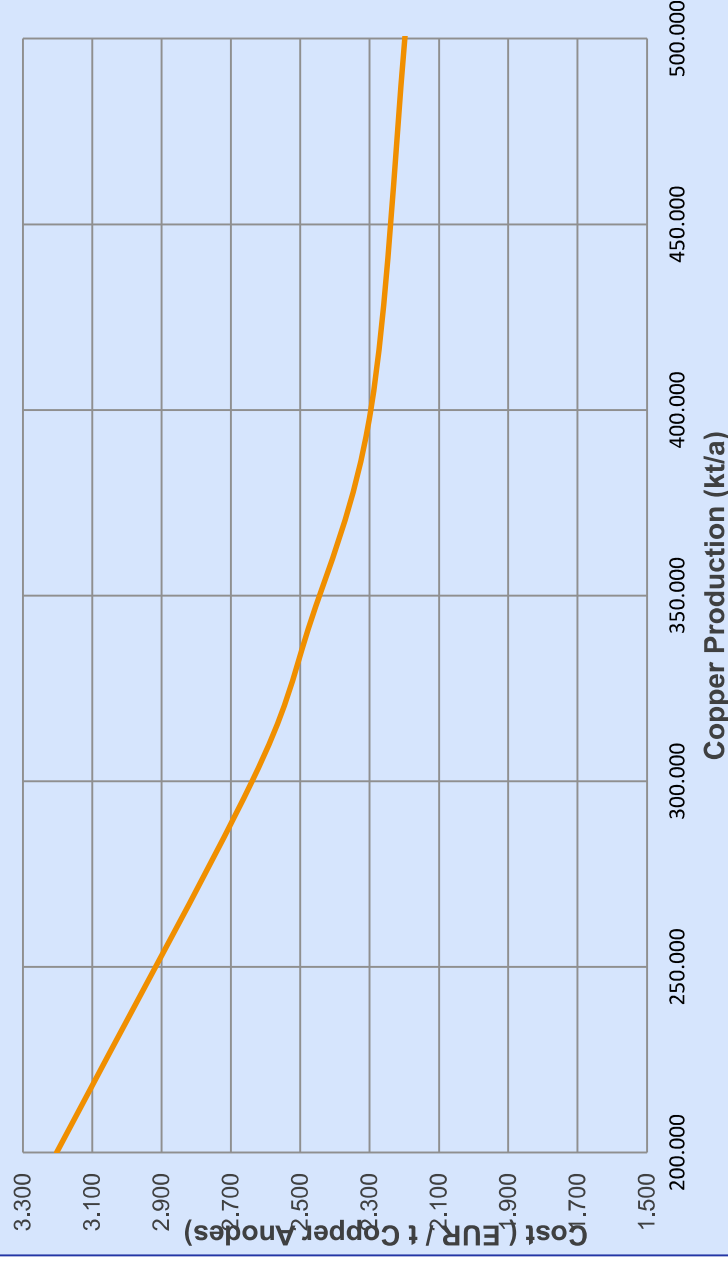


**La tecnología Bottom Blowing Furnace permite concentrados en el límite inferior del 12% Cu con mayores contenidos de As y otras impurezas.**

# COSTOS DE CAPITAL



**Estimated CAPEX for Smelter and Acid Plant**



Fuente: Outotec Expomin 2016

Mining Magazine – 21 – Julio - 2021

Metso Outotec se adjudica contrato por US\$423M para un nuevo complejo

Flash Fusión + Flash Converter + Refinería

con Freeport Indonesia para una de las Fundiciones de mayor capacidad en un solo reactor – 1,7 Mton/año Concentrado.

El Costo total del Proyecto está estimado en US\$ 3.0 billones

En Chile:

Estimación para una Fundación Nueva de una capacidad:

1,5 Mton Concentrado/año (375 Kton Cu)

Tecnología Flash Fusión + Flash Converter :  
US\$ 1600 – US\$ 1.800m

Tecnología Bottom Blowing + Flash Converter:  
US\$ 1.300 – US\$ 1.500m



# COSTOS DE OPERACION

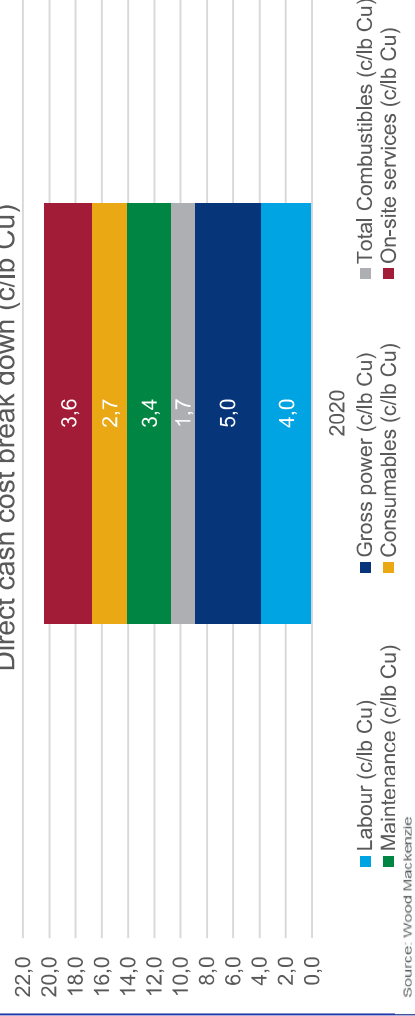
Ranking	Costo Directo Cash (c/lb Cu)	Fundición	Pais	Producción Kton	Costo c/lb Cu
1		Shuikoushan	China	110	9,7
2		Jinlong	China	460	10,1
3		Zhongyuan	China	295	10,4
4		Chifeng Yunnan Copper	China	320	10,7
5		Tongling (Jinguan)	China	389	11,0
6		Southeast Copper	China	305	11,3
7		Henan Yuguang	China	99	11,4
8		Jinchuan	China	420	11,6
9		Heding	China	322	11,6
10		Shandong Xiangguang	China	342	11,7

**Promedio Ponderado Industria (c/lb Cu)** **20,3**


**Promedio Ponderado Chile (c/lb Cu)** **37,5**

Costo Directo Cash Por Tecnología	Año 2020 (c/lb Cu)
Side Blown Furnace	11,1
Bottom Blown Furnace	11,7
Mitsubishi Process	15,7
Ausmelt	17,7
Flash Smelting Furnace	18,4
Isasmelt	19,1
Noranda Reactor	25,4
Mixed	29,2
Shaft Furnace	30,2
Teniente Converter	38,6
Reverberatory	53,7
<b>Promedio Ponderado</b>	<b>20,3</b>

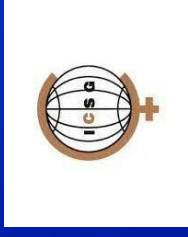
Direct cash cost break down (c/lb Cu)



# COMENTARIOS FINALES

- 
1. Las Fundiciones de Chile son de tecnología antigua, con capacidades dispares, con grandes desafíos de sustentabilidad y con los mayores costos de la industria.
  2. Existe tecnología actual en el mercado para las capacidades requeridas, diseñadas para ser sustentables, con flexibilidad para procesar los concentrados que se están produciendo, con costos de capital atractivos y Chile cuenta con el talento y experiencia que pueden llevar esta industria a niveles de costo de operación competitivos.
  3. La recomendación para profundizar alternativas tecnológicas de fundición en Chile:
    - a. Flash Fusión + Flash Converter
    - b. Bottom Blow Fusión + Flash Converter
    - c. Bottom Blow Fusión + Bottom Blow Converter
    - d. Side Blown Fusión + Flash Converter

# Agradecimientos a las Fuentes de información







**IMetChile**

**Muchas Gracias**

*Patrocinado por:*

**CESCO** CENTRO DE ESTUDIOS  
DEL COBRE Y LA MINERÍA

*Auspiciado por:*

**TRANSCARGO**

**ASC**  
Ingeniería

**TRM**  
RUPERTO VÁSQUEZ ESTAY  
SERVICIOS TÉCNICOS PARA LA MINERÍA

