

# DIAGNÓSTICO DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN CHILE Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

DR. JUAN IGNACIO GUZMÁN  
GERENTE GENERAL



# DIAGNÓSTICO DEL PROCESAMIENTO DE COBRE EN CHILE Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

## TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN
2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE
3. PLANIFICACIÓN GEO-MINERO-METALÚRGICA
4. OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS
5. INTEGRACIÓN VERTICAL DE PROCESOS
6. NUEVAS TECNOLOGÍAS
7. IMPLICANCIAS PARA EL NEGOCIO

# 1. INTRODUCCIÓN

## ROL HISTÓRICO DEL PROCESAMIENTO DE COBRE

- Históricamente, se ha considerado al procesamiento mineralúrgico y metalúrgico como una etapa necesaria de transformación para recuperar el valor del mineral *in situ*, que no solo no agrega valor sino que más bien destruye valor



Fundición de cobre en Noruega  
(Siglo XVI)

# 1. INTRODUCCIÓN

## ROL FUTURO DEL PROCESAMIENTO DE COBRE

- Hoy se cree en el futuro el procesamiento mineralúrgico y metalúrgico será una etapa necesaria de transformación para recuperar el valor del mineral *in situ*, la que no solo no agregará valor sino que más bien destruirá valor



Fundición de cobre en algún lugar del espacio  
(Siglo XXII?)

# 1. INTRODUCCIÓN

## ROL DEL PROCESAMIENTO DE COBRE

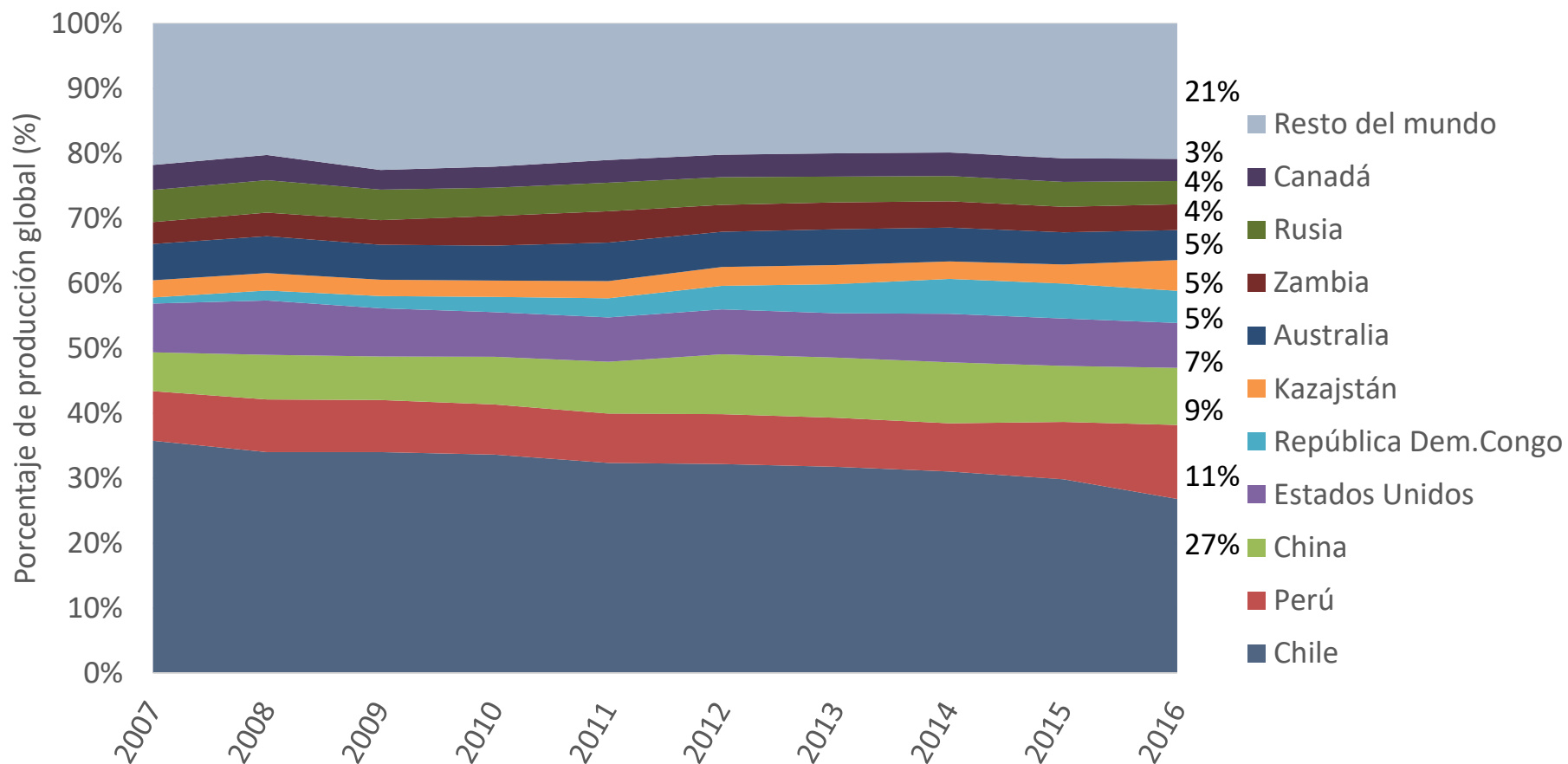
- Nuestro entendimiento o paradigma de los procesos mineralúrgicos y metalúrgicos debe modificarse, pues esta etapa muchas veces crea valor y no solo viabiliza la captura de valor de los minerales *in situ*



Fundición de cobre en Chile  
(Siglo XXI)

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

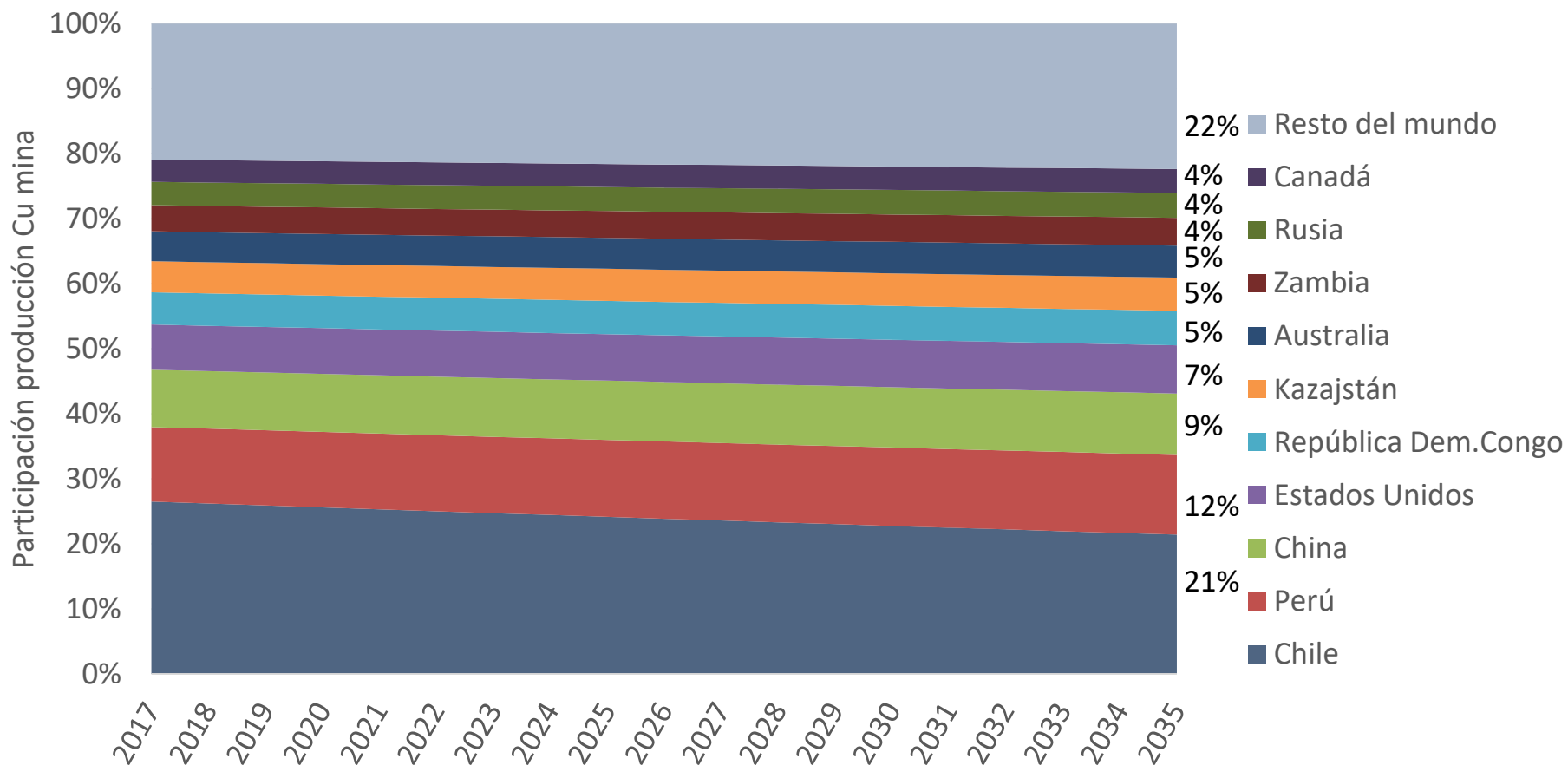
# PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE COBRE MINA



Fuente: Cochilco (2017)

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

### PRODUCCIÓN FUTURA DE COBRE MINA

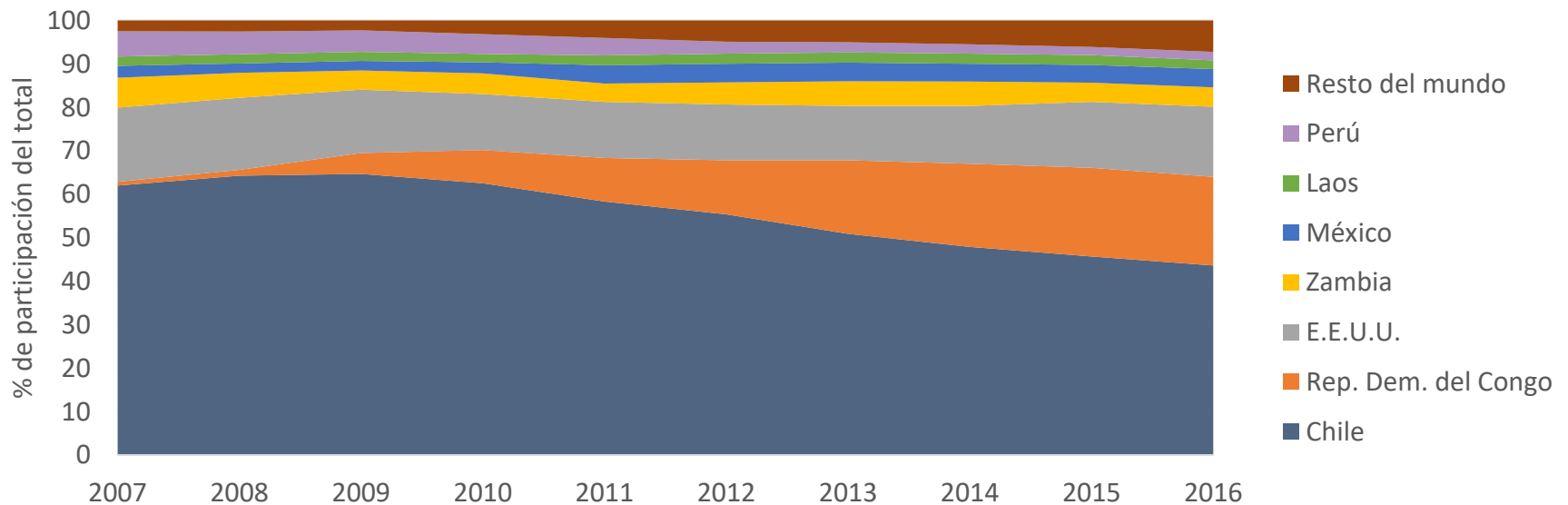


Fuente: GEM

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

### PARTICIPACIÓN DE CHILE EN EL CONTEXTO GLOBAL

- Históricamente, Chile ha sido pionera en la hidrometalurgia de óxidos, líder durante muchos años en desarrollo tecnológico y, luego, en tratamientos masivos de este tipo de depósitos



Fuente: Cochilco (2016)

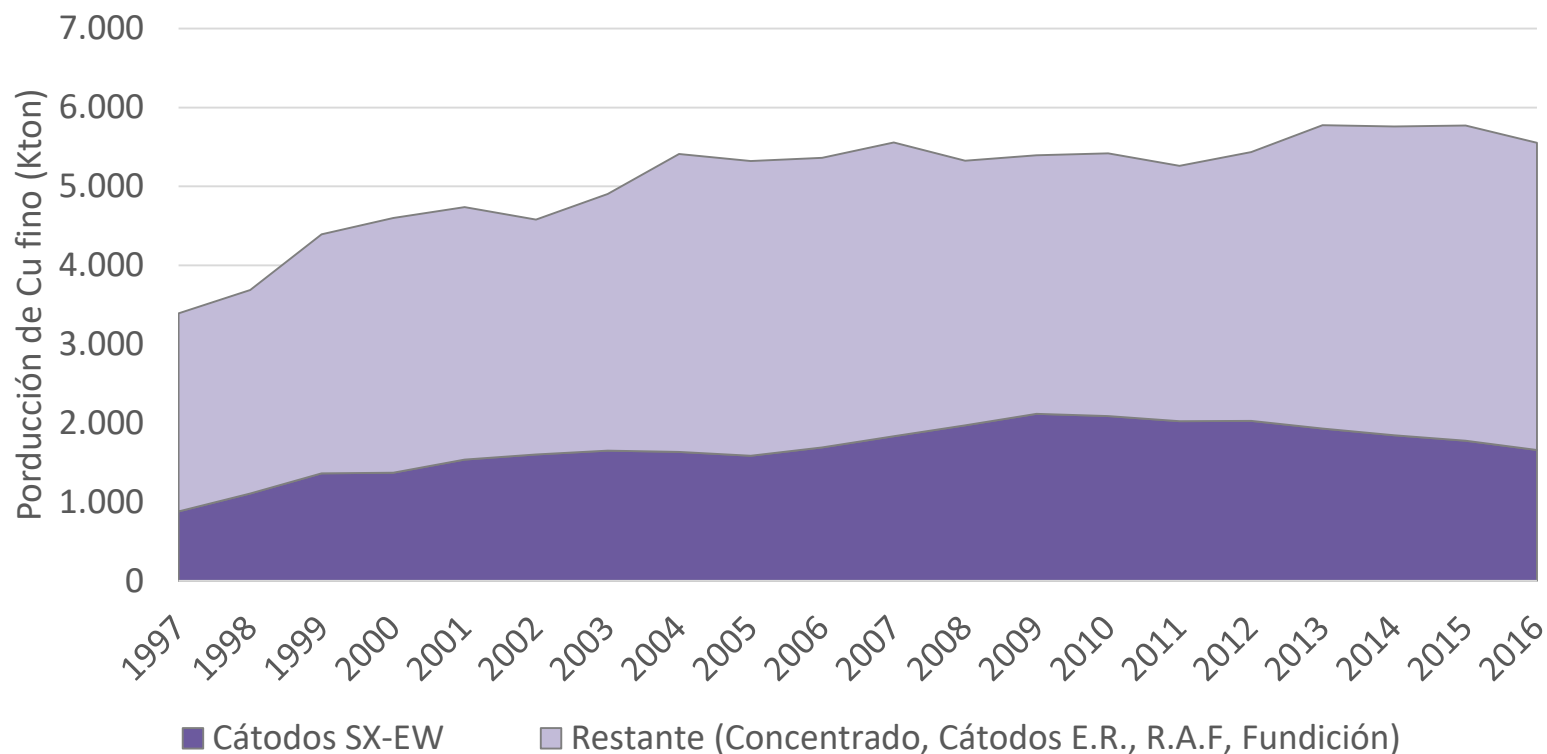


### DESAFÍOS IDENTIFICADOS PARA EL FUTURO

- El que la producción se estanque en alrededor de 6 millones de toneladas métricas, en circunstancias de que el consumo de cobre se espera aumente significativamente en la próxima década se explica por una pérdida de competitividad de la industria minera del cobre en Chile
- Aunque una producción constante puede generar la falsa percepción de estabilidad lo cierto es que el escenario futuro plantea un sinnúmero de problemas, entre los cuales se destacan desde el punto de vista del procesamiento:
  - Utilización de plantas hidrometalúrgicas
  - Disposición de ácido sulfúrico
  - Riesgo de exposición a la venta de concentrados
  - Arsénico y otros contaminantes
  - Producción de concentrado será más desafiante

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

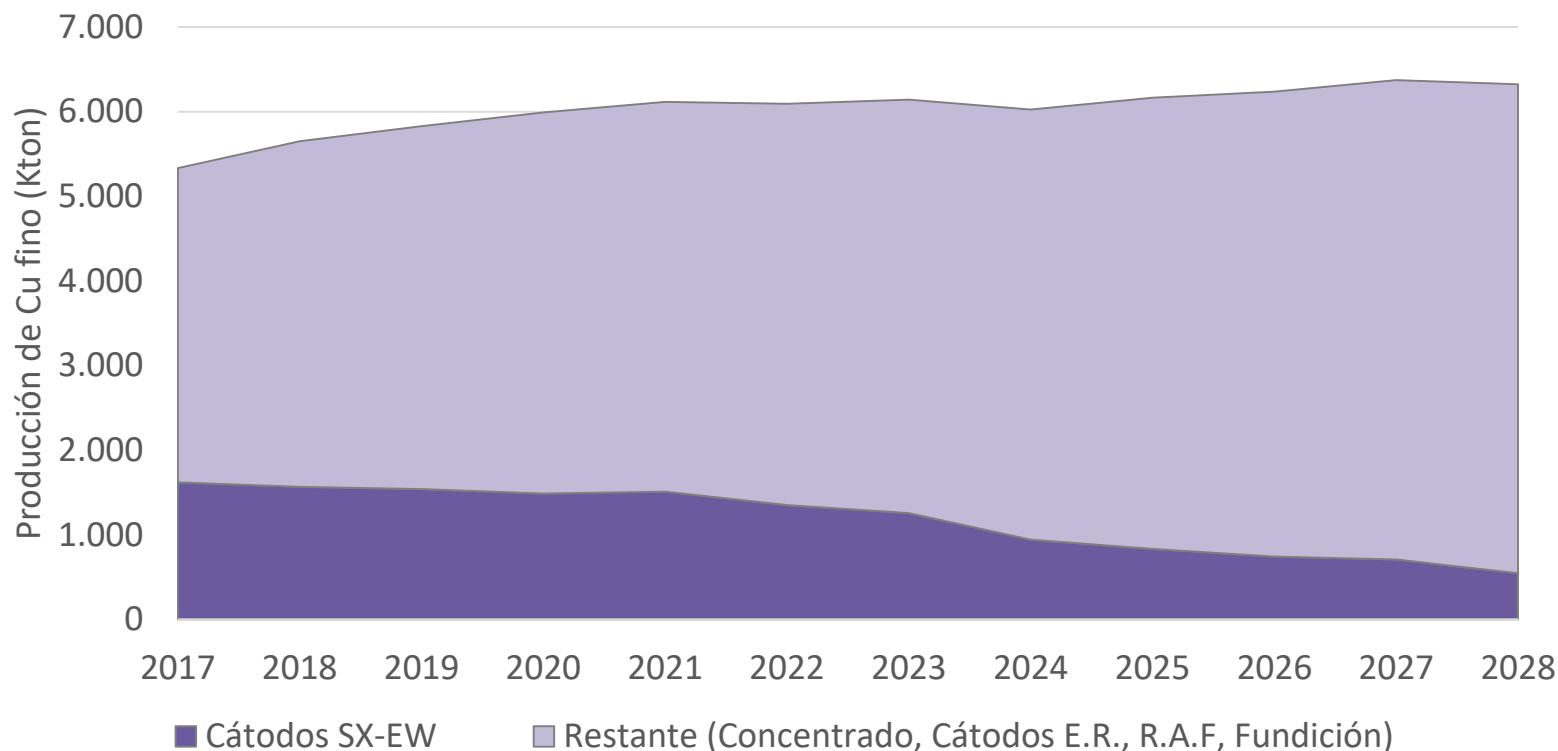
# PRODUCCIÓN HISTÓRICA POR LÍNEA DE PROCESO



Fuente: Cochilco (2016)

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

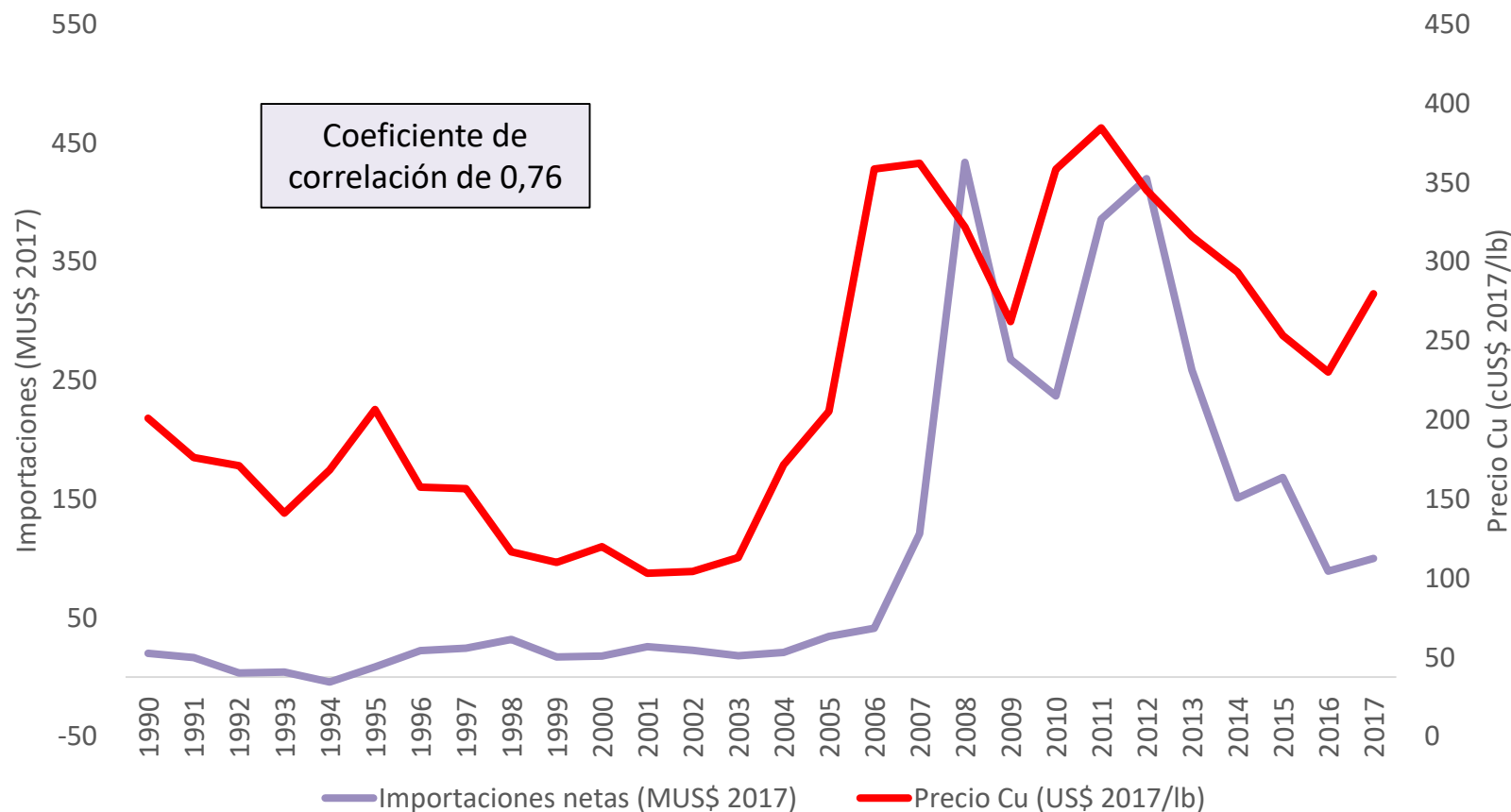
### PRODUCCIÓN FUTURA POR LÍNEA DE PROCESO



Actualmente en Chile existen 35 operaciones y 5 proyectos que involucran plantas de hidrometalurgia. De acuerdo a un estudio de Cochilco, la hidrometalurgia pasaría de una participación de 30,4% de la producción total en 2017 a 8,6% hacia 2028 (solo habrían 13 operaciones activas)

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

# IMPORTACIONES NETAS ÁCIDO SULFÚRICO\*



\*Corresponde a la diferencia entre las importaciones y las exportaciones

Fuente: UN Comtrade database (2017) y Cochilco (2017)

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

# IMPORTACIONES NETAS ÁCIDO SULFÚRICO\* 1990-2017



\*Corresponde a la diferencia entre las importaciones y las exportaciones

Fuente: UN Comtrade database (2018)

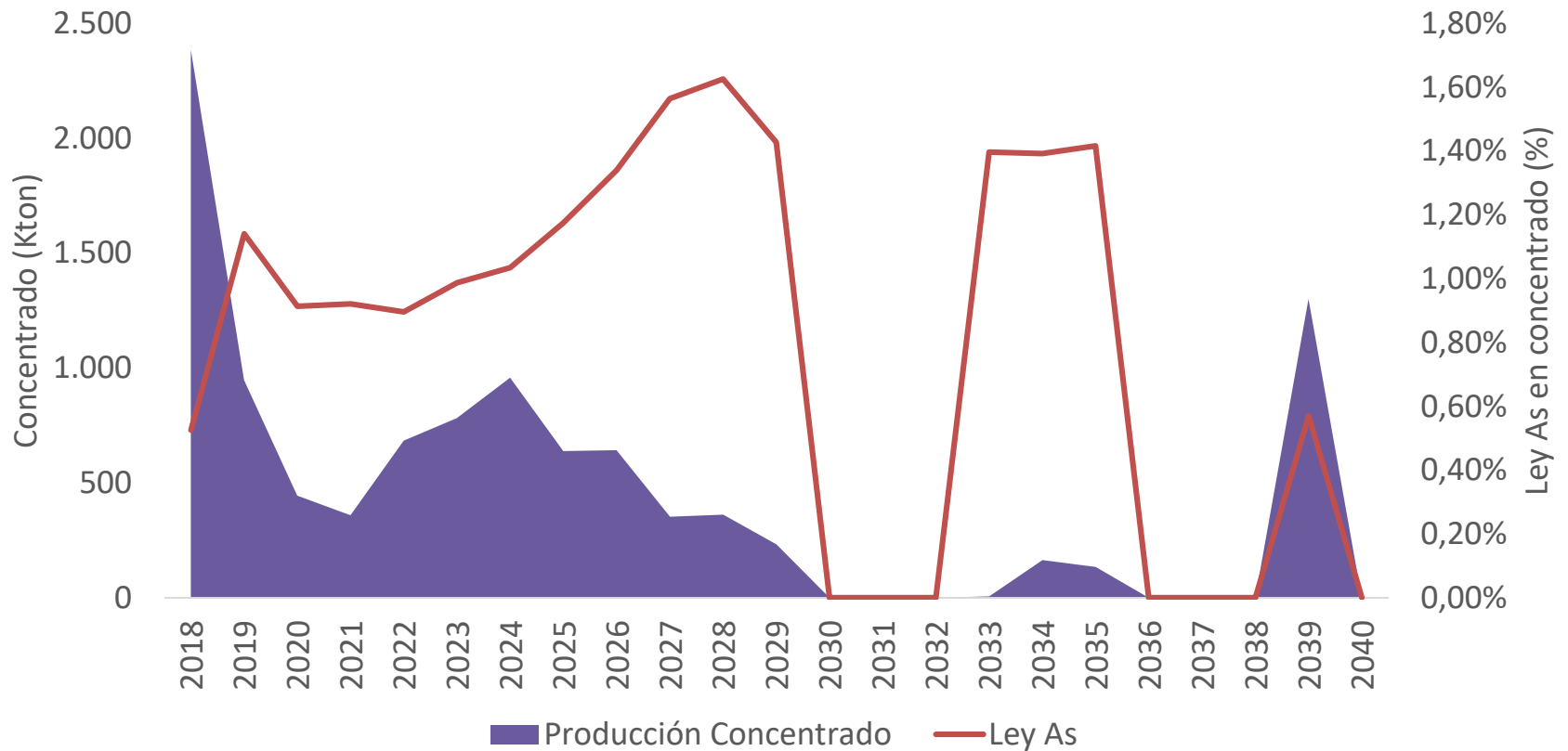
## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

# RIESGO DE EXPOSICIÓN A LA VENTA DE CONCENTRADO

- La producción esperada de cobre fino contenida en concentrados aumentaría de 3,71 Mton de cobre fino en 2017 hasta 5,78 Mton de cobre fino en concentrados en 2028, lo que representa un aumento de un 55,6%
  - Esto es equivalente a sumar 7,5 millones de toneladas de concentrado en el mercado (15% superior a la capacidad de fusión actual del país)
  - Por su parte China ha aumentado notablemente su poder en el mercado de fundiciones, llegando en 2020 a un HHI de 2.200 (considerado alto según los estándares de competencia)
- Esto no considerada cambios en la capacidad de tratamiento (FURE) de dichos concentrados

## 2. MERCADO DE CONCENTRADOS COMPLEJOS

# ADICIONALMENTE PARTE DEL CONCENTRADO A VENDER SERÁ DE ALTO ARSÉNICO



Fuente: Estimación GEM

## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

# LA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADO SERÁ MÁS DESAFIANTE

- A su vez, dada la mineralogía de las reservas proyectadas, la producción de concentrado será técnicamente desafiante y más costoso, debido a:
  - Leyes de cobre decrecientes en concentrado
  - Dureza de mineral creciente (tph)
  - Disponibilidad y costo de agua
  - Disponibilidad y costo de energía
  - Depositación de relaves



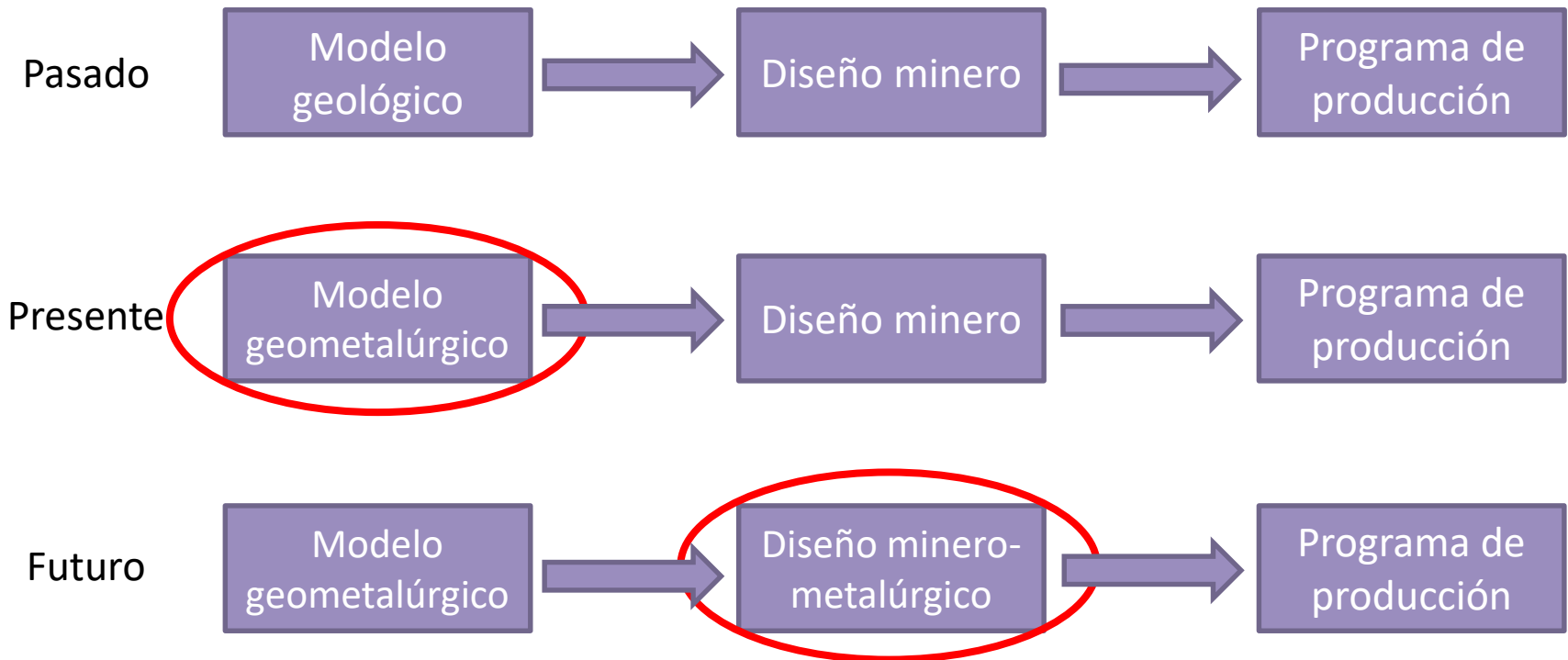
## 2. DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA EN CHILE

# EL PROCESAMIENTO PUEDE AYUDAR A ENFRENTAR ESTOS DESAFÍOS

- Desde el punto de vista técnico-económico el procesamiento incorpora una serie de oportunidades que permiten enfrentar parcial o totalmente los desafíos planteados
- Estas oportunidades se pueden clasificar en cuatro áreas:
  - Planificación geo-minero-metalúrgica
  - Optimización de activos
  - Integración vertical de procesos
  - Nuevas tecnologías

### 3. PLANIFICACIÓN GEO-MINERO-METALÚRGICA

## PASADO, PRESENTE Y FUTURO

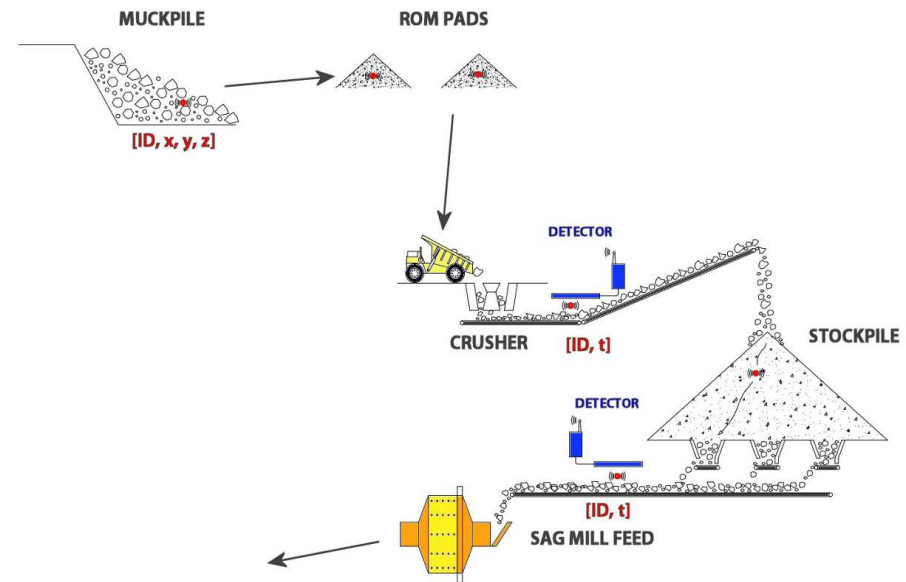


Hoy prácticamente todas las empresas mineras han avanzado en la dirección de integrar la información de procesos a nivel del modelo de bloques, sin embargo, prácticamente no se ha avanzado en la dirección de generar un diseño

## 4. OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS

# TRAZABILIDAD Y CONTROL ÓPTIMO

- En el Geoscience Innovation Forum de Anglo American, realizado en noviembre de 2017 en Johannesburg, uno de los principales focos de optimización fue el de la trazabilidad de los minerales
- Ejemplo: SmartTag™ de METSO



## 4. OPTIMIZACIÓN DE ACTIVOS

# CONTROL ÓPTIMO EN TIEMPO REAL POR MEDIO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

- El objetivo es hacer uso de distintas observaciones que se pueden tomar en tiempo real que en la actualidad solo se utilizan para explicar desviaciones pero no para modificar los parámetros de la operación con objeto de mejorar la eficiencia de la misma
- En la actualidad los algoritmos más prometedores son de machine learning



## 5. INTEGRACIÓN VERTICAL DE PROCESOS

### ¿CUÁL ES LA ETAPA DONDE SE GENERA VALOR?

- El paradigma en Chile fue durante mucho tiempo que el valor está en la mina y que los procesos son un mal necesario (visión de “maquila”), pero que cuando estos no son imprescindibles debieran obviarse
- El ejemplo citado para justificar lo anterior es la integración FURE en la cadena de valor
- La integración vertical óptima responde a la minimización de un costo y riesgo de transacción, como lo propusiera el premio Nobel de economía de 2009 Oliver Williamson



Si existiera mercado gran parte de la industria preferiría vender ROM

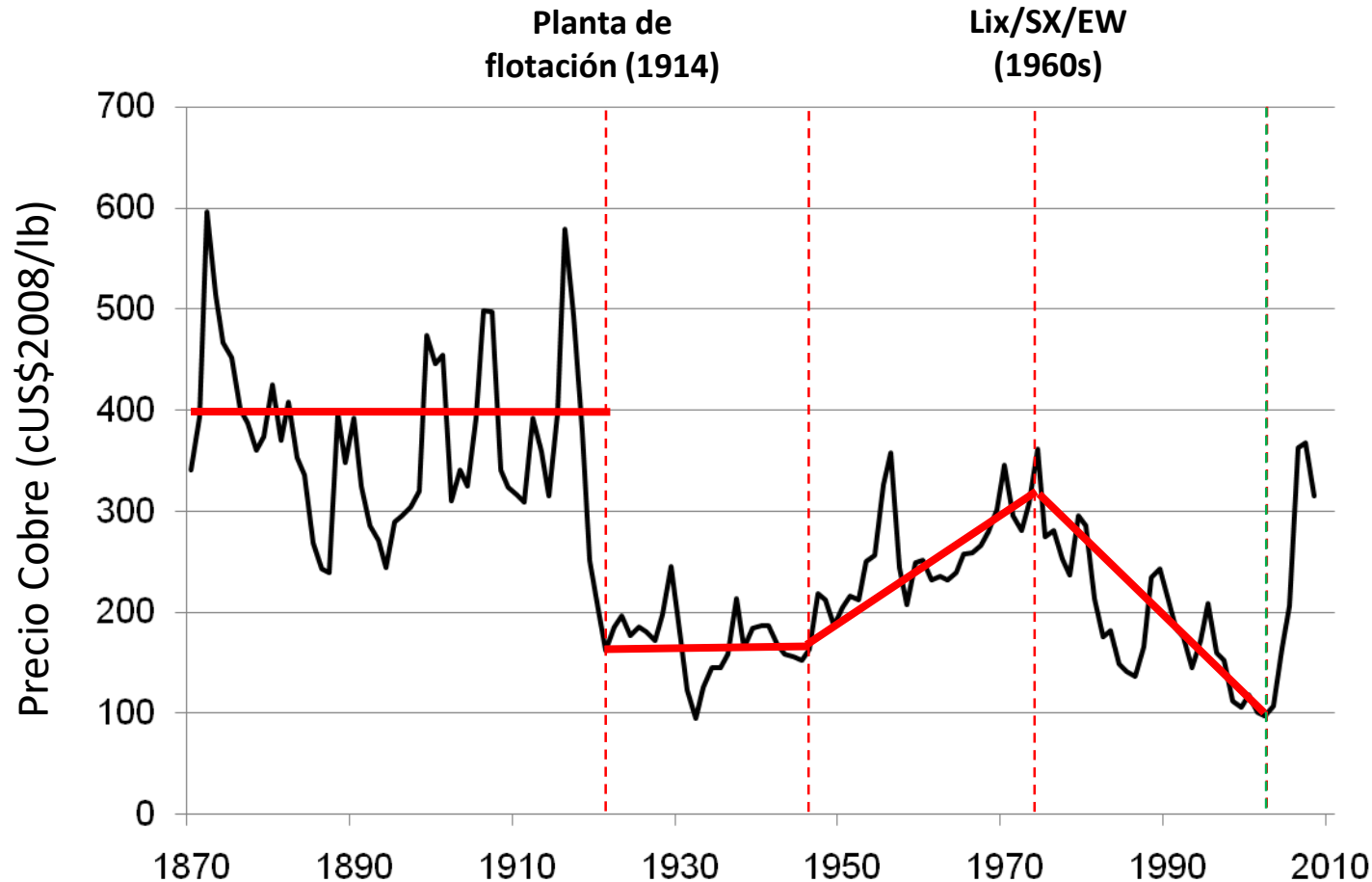
## 5. INTEGRACIÓN VERTICAL DE PROCESOS

# UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PROCESOS



## 6. NUEVAS TECNOLOGÍAS

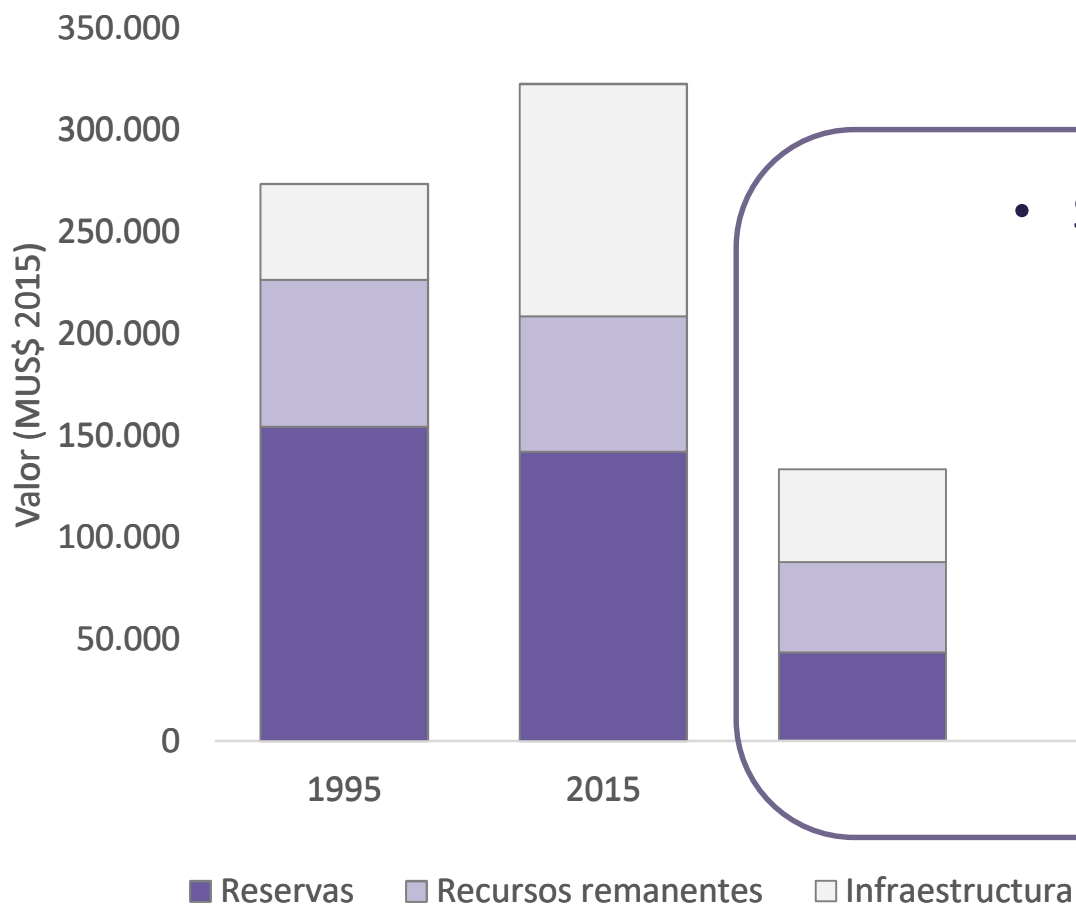
# LA HISTORIA DEMUESTRA QUE EL PROCESAMIENTO PUEDE GENERAR VALOR



Fuente: Guzmán (2012)

## 7. IMPLICANCIAS PARA EL NEGOCIO

# CAPITAL NATURAL Y FÍSICO DE LA INDUSTRIA DEL COBRE EN CHILE



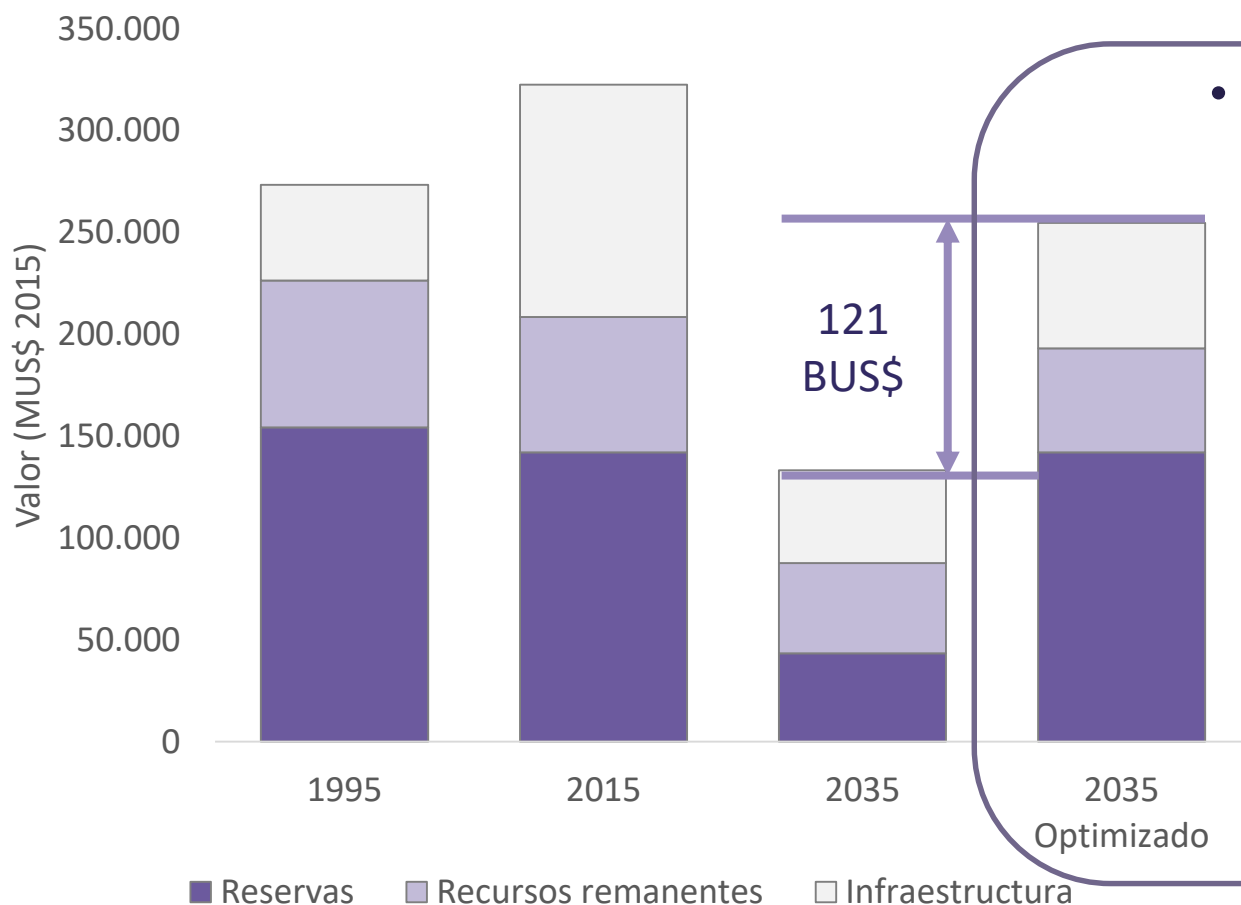
- Supuestos:
  - No se considera conversión de recursos remanentes en nuevas reservas
  - La capacidad de producción se mantiene
  - Costos aumentan 11%
  - Depreciación de 4% anual en el capital físico

Fuente: Estimación GEM



## 7. IMPLICANCIAS PARA EL NEGOCIO

# CAPITAL NATURAL Y FÍSICO DE LA INDUSTRIA DEL COBRE EN CHILE (CONT.)



- Supuestos adicionales:
  - Se transforman 114 Mton de Cu de recursos remanentes en nuevas reservas
  - La capacidad de producción aumenta en un 14%
  - Costos se mantienen en nivel de 2015

Fuente: Estimación GEM

## 7. IMPLICANCIAS PARA EL NEGOCIO

### **CAMBIAR EL PARADIGMA DEL PROCESAMIENTO ES CLAVE PARA MANTENER LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA**

- Las estimaciones de GEM permiten valorar en más de 120 BUS\$ (en términos de VAN) el aporte de mejorar el rol del procesamiento en la industria del cobre en Chile
- Dichas mejoras podrían implicar un aumento en la recaudación fiscal de más de 3 BUS\$ al año, contribuyendo en más de 1% al crecimiento del PIB (con respecto al escenario base en que no se realizan estas mejoras)

## 7. IMPLICANCIAS PARA EL NEGOCIO

**¡MUCHAS GRACIAS!**



## JUAN IGNACIO GUZMÁN

Gerente General

[jiguzman@gem-ing.cl](mailto:jiguzman@gem-ing.cl)

## CRISTÓBAL OLAVE

Ingeniero de Proyectos

[colave@gem-ing.cl](mailto:colave@gem-ing.cl)

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	03-04-2018	Versión original	CO/JIG	JIG	JIG