



Universidad de Concepción

GREEN COPPER

NUEVA TECNOLOGÍA DE COBRE CERO EMISIONES Y CERO RESIDUOS

Dr. Roberto Parra F.
Dra. Marcela Angulo G.

Universidad de Concepción

Enero 2022

Todos los derechos reservados – Universidad de Concepción





Universidad de Concepción

La Universidad de Concepción, es una institución de Educación Superior, organizada como Corporación de derecho privado, obra de la comunidad penquista, fundada el 14 de mayo de 1919.

Es una de las de mayor tradición y prestigio del país, considerada compleja por su extensión investigativa en las diversas áreas del conocimiento. Reconocida por su aporte al arte, la cultura y el patrimonio.

Su sede central se ubica en la ciudad de Concepción y cuenta además con otros dos campus, uno en Chillán y otro en Los Ángeles.

+ 25.000 alumnos
20 facultades, 91 carreras profesionales
31 programas de Doctorados, 68 de Magister y 32 Especialidades en el área de la Salud.

Líder en investigación aplicada, transferencia tecnológica y emprendimiento de base científica-tecnológica.



Facultad de Ingeniería: I+D, asistencia técnica y capacitación



125 académicos Jornada Completa

8 Departamentos.

13 especialidades de ingeniería (4200 estudiantes).

9 programas de magister, 8 programas de doctorado.

- **Transferencia**, 337 patentes solicitadas (113 a nivel internacional), 37 licencias transferidas.
- **Emprendimiento**, más de 3.000 emprendedores, más de 70 empresas atendidas o incubadas.

Infraestructura

9 edificios (edificio para Ingeniería en Materiales en construcción)
+ 50 laboratorios con moderno equipamiento

- Planta piloto de procesos metalúrgicos
- Centro para Industria 4.0



Planta Piloto de Procesos Metalúrgicos
Dr. Igor Wilkomirsky



Centro Industria 4.0



IIT: asistencia técnica y capacitación a la industria

ÁREAS DE TRABAJO

MINERÍA
59,4%

ENERGÍA
27%

CONSTRUCCIÓN METAL-MECÁNICO
13,6%

SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO - SOMOS - TRINORMA



- ✓ ISO 9001
- ✓ ISO 14001
- ✓ OHSAS 18001

NCh 2728

ASISTENCIA TÉCNICA Y SERVICIOS RUTINARIOS

CAPACITACIONES Y CERTIFICACIONES



+ 90 LABORATORIOS

+ 500 CLIENTES

+ 33 PORTALES DE LICITACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA

+ 10 GALARDONES INTERNACIONALES

+ 60 COLABORADORES DE RENOMBRE INTERNACIONAL





CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

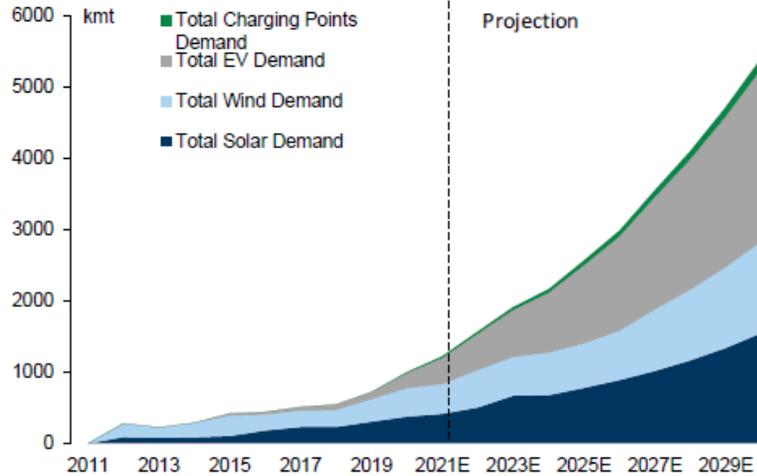
EL ROL DE LA MINERÍA





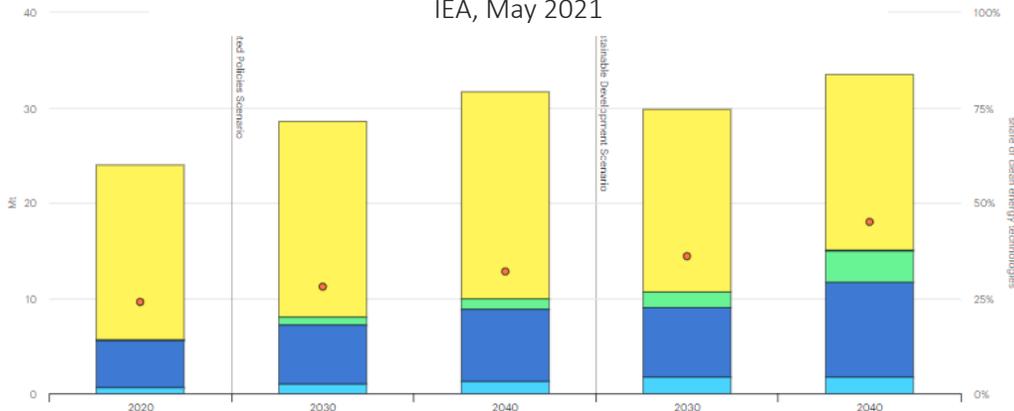
DEMANDA DE COBRE VERDE - UNA OPORTUNIDAD PARA CHILE

Copper demand, per year, from green sectors



Source: Goldman Sachs Global Investment Research

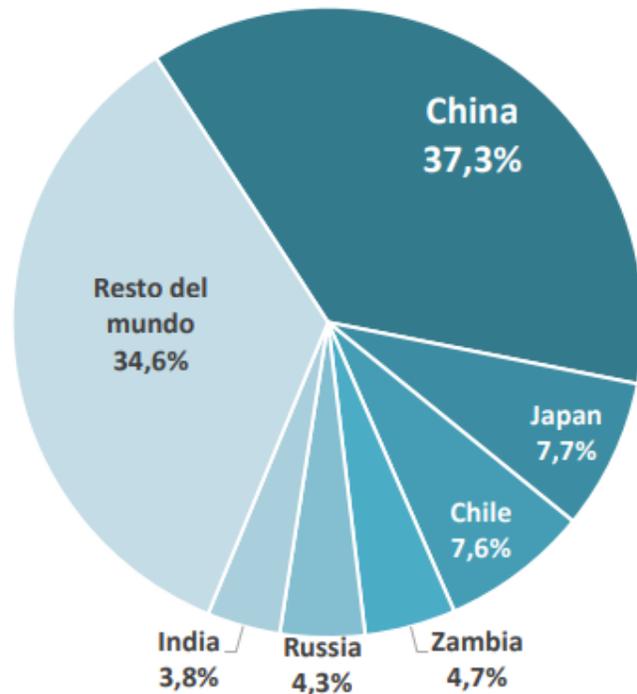
Total copper demand by sector and scenario 2020-2040
IEA, May 2021



- Escenarios de **demanda de “cobre verde”** o de baja emisión (para las industrias de energías renovables, electrificación y electromovilidad), según niveles de adopción de las tecnologías, en el rango:
 - **5,4 - 8,7 Mt de Cu al 2030**, (Goldman Sachs, Abril 2021)
 - **8 a 10 Mt de Cu al 2030**, y **9 a 15 Mt de Cu al 2040** (IEA, Mayo 2021).
- El “cobre verde” pasaría de ser una proporción del mercado total de cobre del 3% actual a un **16% en 2030** (Goldman Sachs, 2021) y a un **45% en 2040** (IEA, 2021).
- Chile tiene ventajas comparativas asociadas a energías renovables e hidrógeno verde que le permitirían **liderar la transformación de la industria**.



CADENA DE VALOR DEL COBRE Y SITUACIÓN ACTUAL

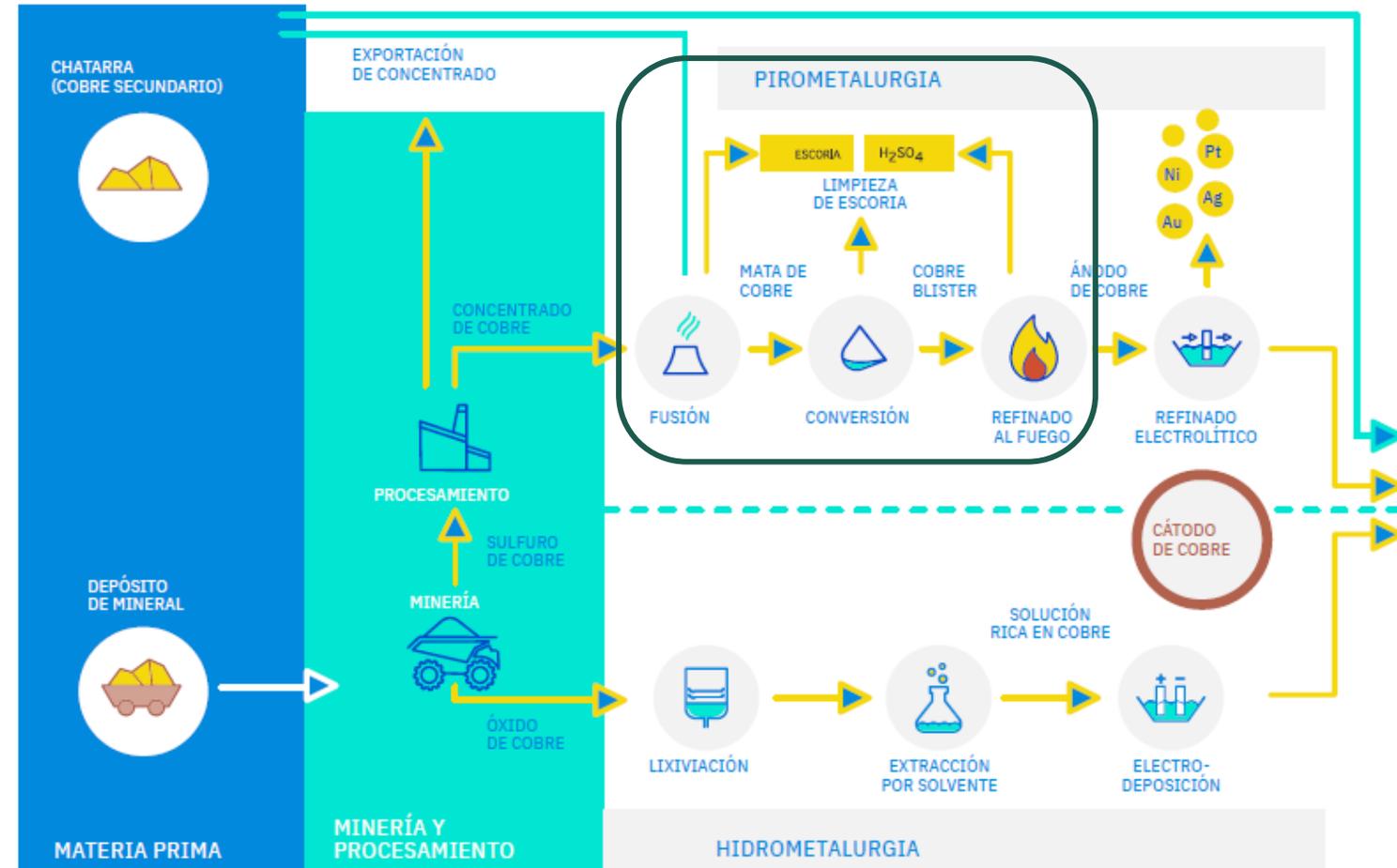


Capacidad de Fundición Mundial 2017
Cochilco 2018, en base a Wood Mackenzie

- Cerca de 1/3 de los concentrados se procesan localmente en fundiciones y refinerías, las que enfrentan **crecientes exigencias ambientales** (norma de emisión Fundiciones).
- Al 2030 los concentrados de cobre representarán un **88% del total producido** en Chile. Se aumentará la **exportación de concentrados** desde los 9,3 MMTon actuales a 16,6 MMTon (Cochilco, 2018).
- Por su parte, las mineras que exportan los concentrados de cobre para fundir en el extranjero,
 - enfrentan **amenazas comerciales** por las penalidades debido a impurezas como el arsénico u otros contaminantes,
 - crecientes **exigencias ambientales** del transporte marítimo.
 - Presión de los mercados y la sociedad por la **huella de carbono**.

PIROMETALURGIA DE COBRE CONVENCIONAL

- El proceso convencional de fusión/conversión ha tenido importantes avances en la captura de SO₂ y emisiones fugitivas.
- Los temas de contenido de **arsénico** siguen siendo una preocupación.
- Las tecnologías más modernas aun **generan 0.8 a 1.2 toneladas de escoria** por tonelada de cobre blister generado, debiendo generarse procesos de re-procesamiento para recuperar minerales y asegurar su disposición final.



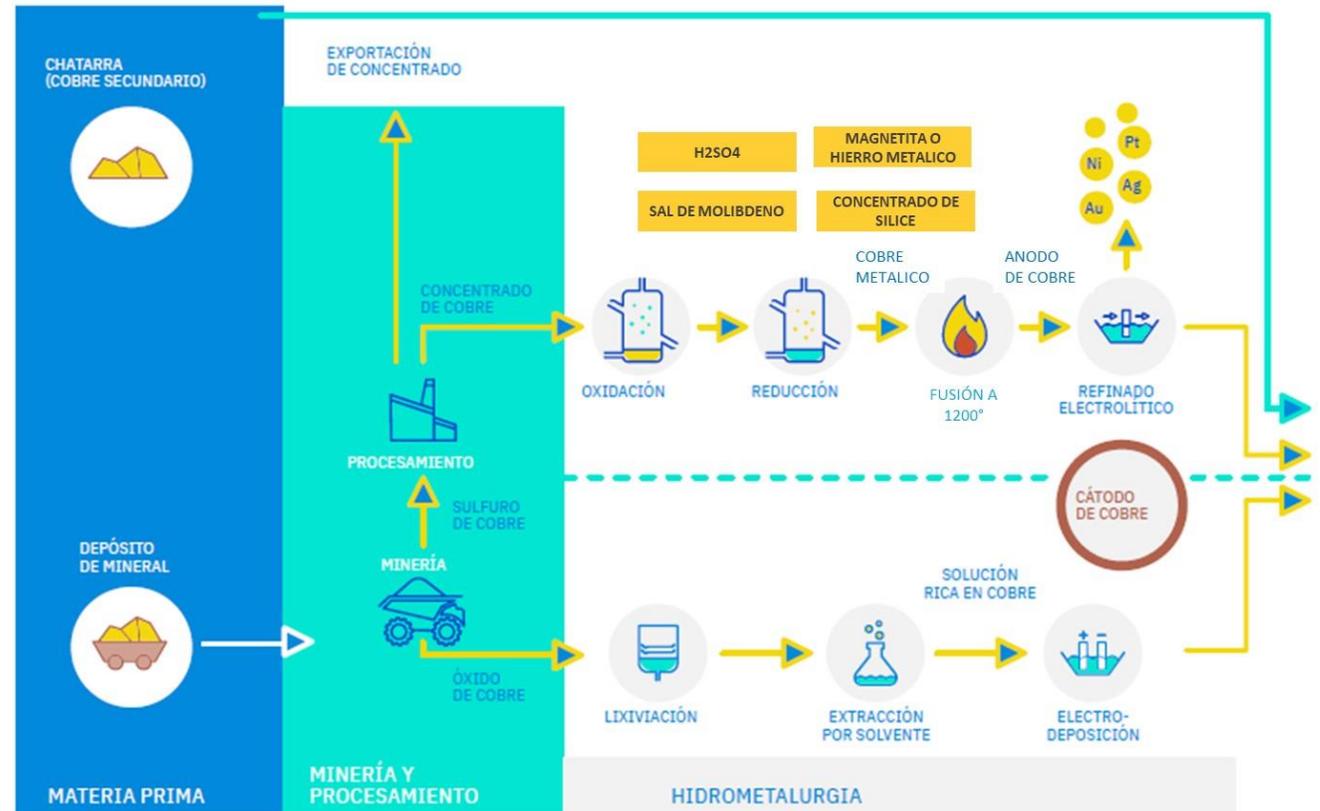
Fuente: adaptado de Estructura de la industria del cobre en Europa. European Copper Institute, 2016.



NUEVO PARADIGMA EN PROCESAMIENTO DE CONCENTRADOS DE COBRE

La tecnología UdeC de oxidación-reducción “cero emisiones – cero residuos”

- El nuevo proceso es una **tecnología disruptiva de oxidación-reducción** que opera en fase sólido/gas a 800-850°C en reactores cerrados, evitando el manejo de fases fundidas.
- El proceso logra un **aprovechamiento completo del concentrado**, generando otros productos comerciales como magnetita o hierro metálico, sal de molibdeno y concentrado de sílice, sin generación de escorias.
- Consume un **50% menos de energía** que un proceso convencional y usa **hidrógeno verde** en la etapa de reducción, logrando **huella de carbono cero** y un crédito por generación de excedente de energía limpia (1,3xconsumo).



Solicitud de Patente n°201903246, INAPI (13/11/2019)
Solicitud PCT/CL2020/050139. (21/10/2020)



VENTAJA COMPETITIVA DE LA SOLUCIÓN



VENTAJAS TÉCNICAS Y AMBIENTALES

- ✓ Captura de sobre el 99% de SO_2 y As.
- ✓ Recuperación sobre el 98,5% de cobre y sobre el 80% del molibdeno.
- ✓ Genera productos comerciales de fierro y sílice.
- ✓ Cero escorias
- ✓ Excedente de energía limpia (1,3x consumo)
- ✓ Huella de carbono cero (y bonos de carbono por excedente de energía).
- ✓ Mínimo consumo de agua (virtualmente nulo).
- ✓ Menor riesgo de seguridad para los trabajadores

Menor consumo de agua y energía, menor huella de carbono planta concentradora

Menor huella de carbono transporte marítimo producto final

Procesamiento

Aguas arriba

Aguas abajo

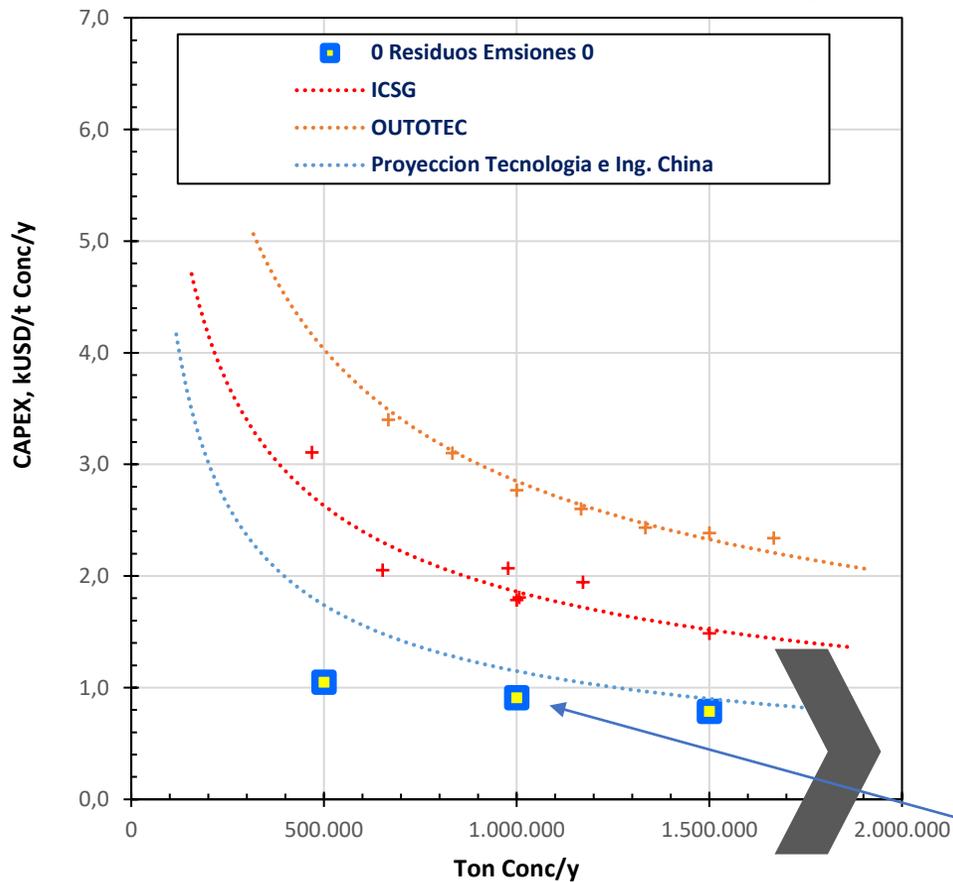


VENTAJA COMPETITIVA DE LA SOLUCIÓN

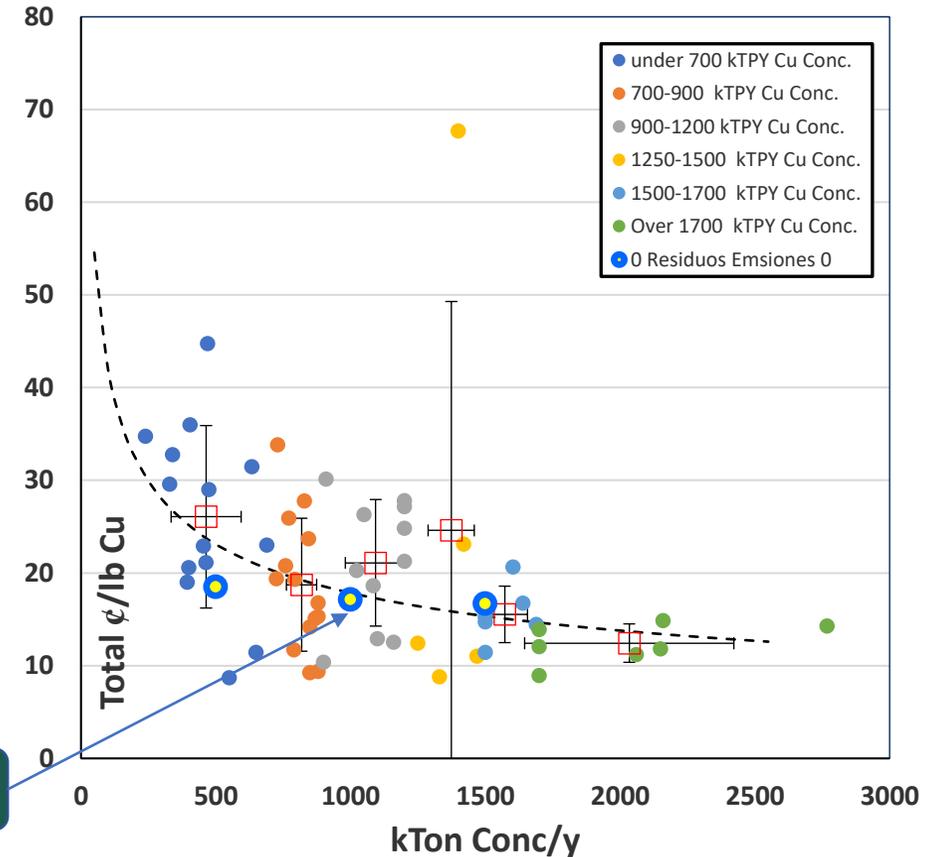
VENTAJAS ECONÓMICAS



- Se han evaluado 3 tamaños de plantas: 500 kTon/año, 1MMTon/año y 1,5MTon/año. En todos los casos, **la tecnología UdeC es competitiva** en capex y opex.
- El opex NO incluye el ingreso por venta de hierro, molibdeno y concentrado de sílice, con lo que llegaría a niveles **de 12-16 c/lb Cu (en primer cuartil de costos)**.
- Además tiene impactos económicos positivos **“aguas arriba” y “aguas abajo”**

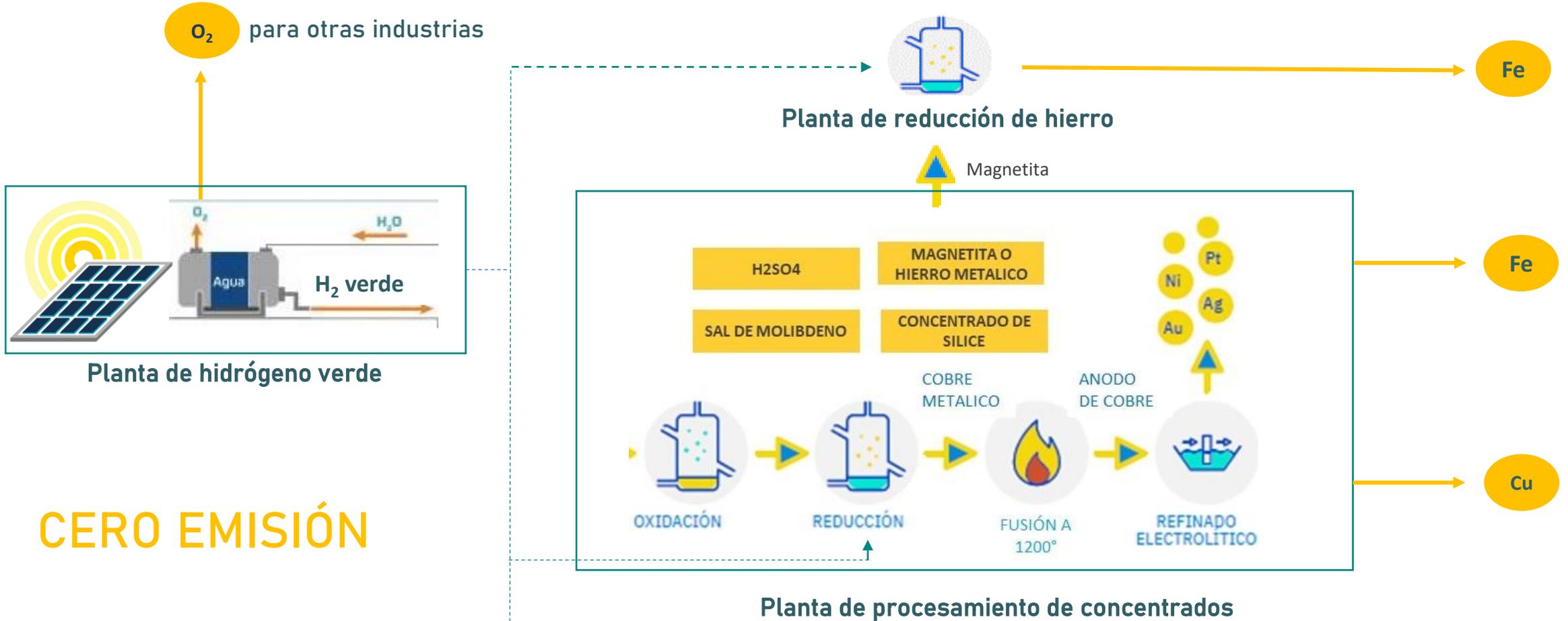


Tecnología UdeC





PERSPECTIVA DE MERCADO: REEMPLAZO DE CAPACIDAD O NUEVAS PLANTAS CON ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR



CERO EMISIÓN

CERO RESIDUOS

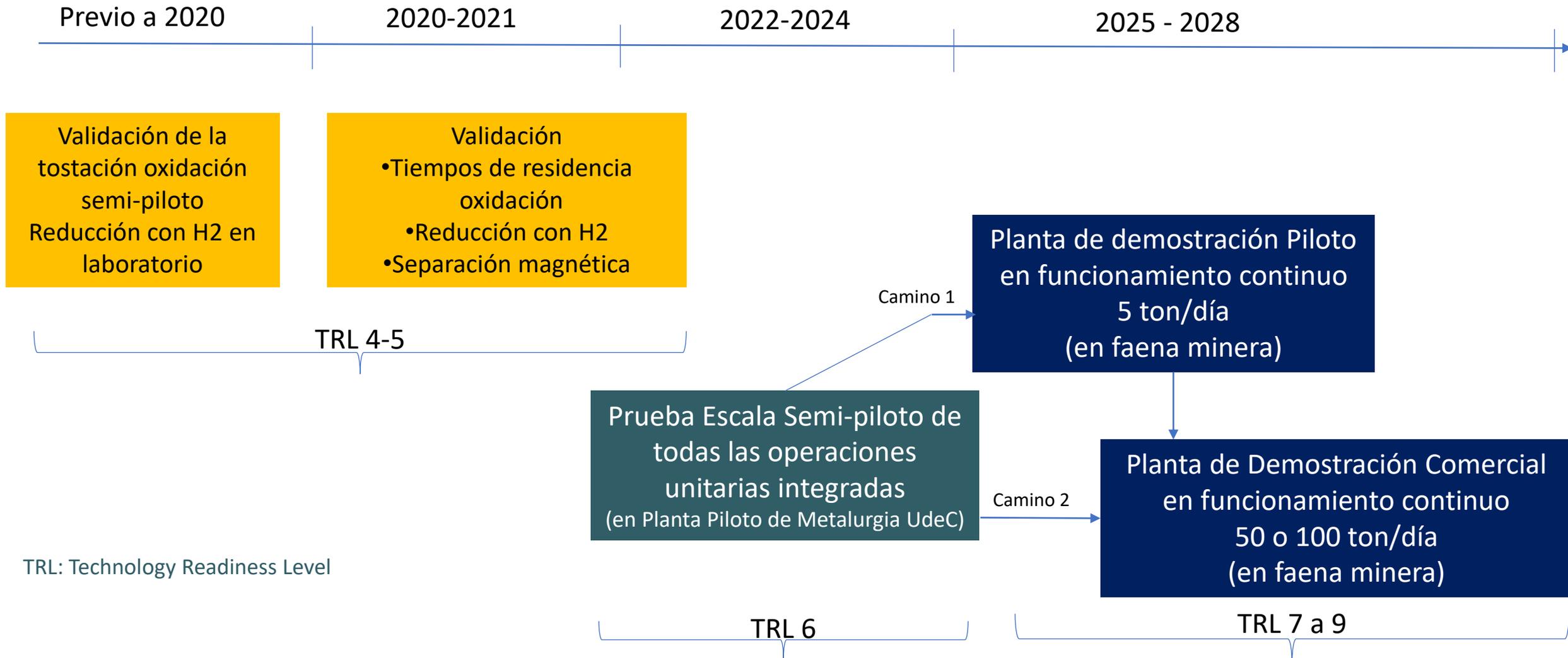
H_2 para otros usos



Referencia preliminar
Planta 1 millón Ton/año requiere 150 MW de capacidad instalada de electrólisis



HITOS DE LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO





EQUIPO DE PROYECTO

Investigadores principales del equipo de Metalurgia Química Depto. de Ingeniería Metalúrgica

+

Especialistas de Gestión Tecnológica



Igor Wilkomirsky F.

Ingeniero Civil Químico
M.Sc. Ing. Metalúrgica,
Colorado School of Mines,
USA
Ph.D. Ing. Metalúrgica, U. de
British Columbia, Canadá



Roberto Parra

Ingeniero Civil Metalúrgico UdeC
Dr. en Ingeniería y Ciencia de
Materiales, Institut Polytechnic
de Grenoble, Francia



Eduardo Balladares V.

Ingeniero Civil
Metalúrgico UdeC
Doctor en Ingeniería
Metalúrgica, Universidad
de Concepción



Fernando Parada L.

Ingeniero Civil Metalúrgico
Universidad de Concepción

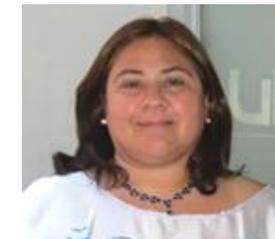


Marcela Angulo G.

Ingeniera Civil, Dra. en Ciencias Ambientales
Directora Unidad Santiago

Equipo de trabajo Laboratorio-Planta Piloto

- Hugo Rojas, Jefe de Proyecto, Ingeniero Metalúrgico
- Gonzalo Reyes, Investigador, Doctor en Metalurgia
- Maximiliano Roa, Tesista de Doctorado en Metalurgia
- Patricio Parada, Memorista Ingeniería Metalúrgica
- Karina Garcia, Memorista Ingeniería Metalúrgica
- Javier Ortiz, Memorista Ingeniería Metalúrgica
- Sergio Toledo, técnico mecánico planta piloto
- Edgardo Elorza, técnico eléctrico planta piloto
- Ricardo Roa, técnico laboratorio



Andrea Catalan L.

Ingeniero Civil Industrial,
Magister en Comunicación
Estratégica
Directora OTL UdeC



Ximena Sepúlveda T.

Abogada, Master of Laws
Directora Unidad de Propiedad
Intelectual UdeC



CAPACIDADES DISPONIBLES



Planta Piloto de Procesos metalúrgicos
Dr. Igor Wilkomirsky, Facultad de Ingeniería
UdeC, inaugurada en marzo 2019.



Vista panorámica de la Planta piloto



Reactor rotativo piloto de reducción



Reactor piloto de tostación de lecho fluidizado



HACIA EL ACERO CERO EMISIÓN: ESTRATEGIA DE SUECIA



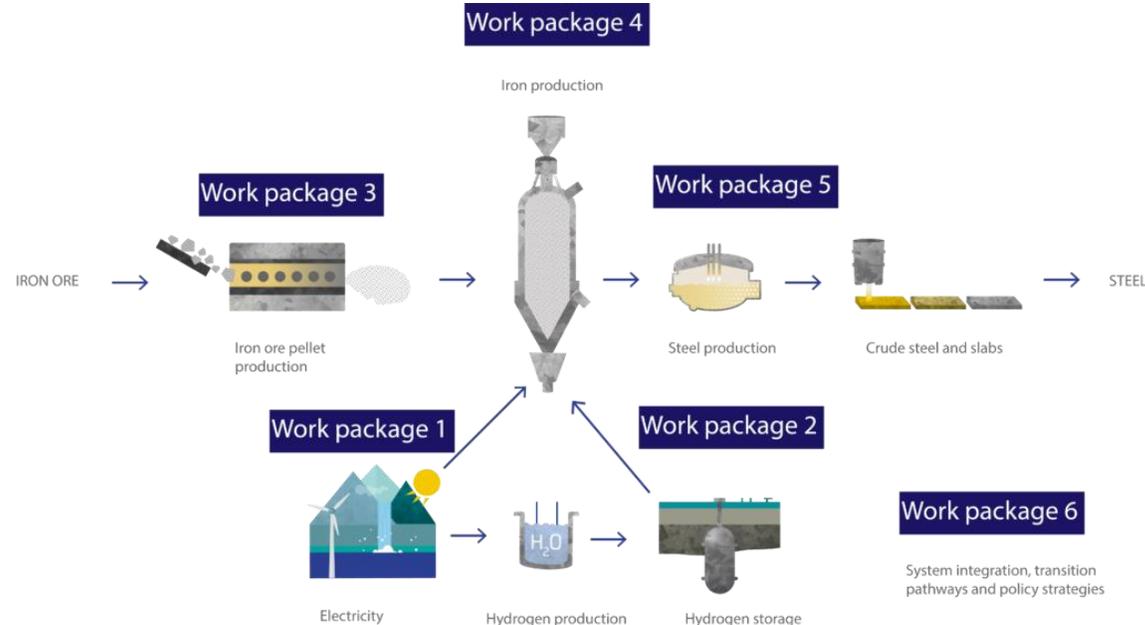
Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology

- Alianza de LKAB (productor de hierro-empresa pública) + Vattenfall (utility-empresa pública) + SSAB (productor de acero) en Suecia.

- Agencia Sueca de Energía entregó subsidio de € 51,3 millones, el más grande en la historia del país.

- Cartera de 6 proyectos de I+D y 2 plantas piloto, para usar H2 verde en el proceso.

- Proyección en implementación:
 - 10 GW de electrólisis renovable (equivaldría a 1/4 de la meta de la UE al 2030)
 - US\$ 46 billones en inversión en 20 años





CONCLUSIÓN



**TECNOLOGIA
“MADE IN CHILE”
PARA EL MUNDO**

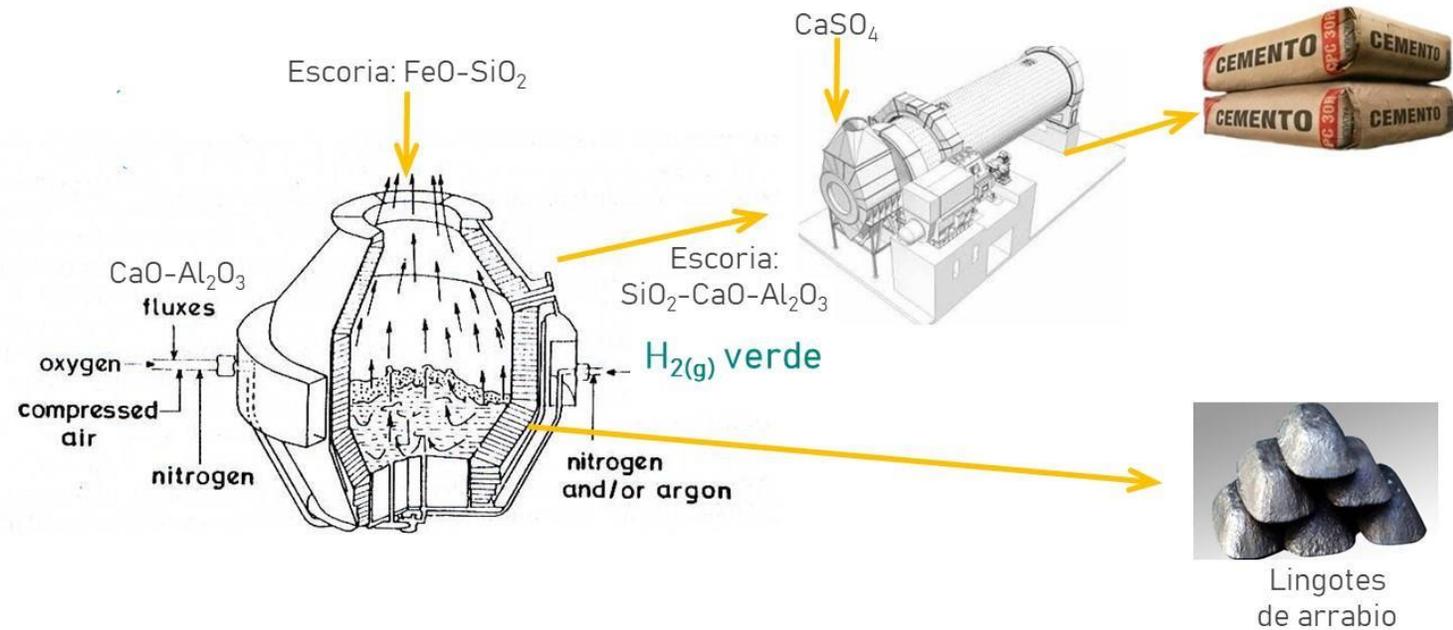
- **Chile es el mayor productor de cobre del mundo**; sin embargo, no ha sido capaz de crear un ecosistema de innovación en su entorno que genere nuevas tecnologías para uso local y para exportación.
- La tecnología UdeC es una solución disruptiva para el procesamiento de concentrados de cobre con cero emisión y cero residuos – pionera en el uso de hidrógeno verde. **La oportunidad de su escalamiento y despliegue en el mercado mundial es ahora.**
- La UdeC está buscando apoyo para continuar el escalamiento de la tecnología y se encuentra en proceso de **creación de un spin off** que permita atraer inversión privada.
- El apoyo de fondos públicos para desarrollo tecnológico e innovación será vital para que la tecnología se mantenga en Chile y despliegue sus beneficios para la **competitividad de la minería chilena.**



OTROS DESARROLLOS PROMISORIOS

Proceso para producción de arrabio – aditivos para cemento y/o cemento desde escorias fundidas de cobre usando hidrógeno verde.

- La mezcla de óxidos después de producir arrabio tiene un alto punto de fusión por lo que debe escorificarse para bajar su Temperatura de fusión.
- Como primera aproximación simplificada la escorificación de la SiO_2 se realizará en el sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$, también muy conocido en la operación de un alto horno. En él se identifican una diversidad de productos y/o aditivos para la industria del cemento, con valor comercial.
- Según las condiciones de mercado se puede llegar a la producción directa de cemento.
- Tecnología UdeC patentada



CONTACTOS

Dra. Marcela Angulo G.
Gerente de Proyecto
marcelaangulo@udec.cl
+56 9 63109367

Dr. Igor Wilkomirsky F.
Director Científico de Proyecto
iwilkomi@udec.cl

Dr. Roberto Parra F.
Director Técnico de Proyecto
rparra@udec.cl

