

EXTRACCION DIRECTA DE LITIO

Origen, Evolución y Futuro

Pedro Morales Cerda

Santiago, 06 de Septiembre de 2023

- **Contexto**

- Reservas & Producción de Litio
- Producción Actual de Litio desde Salares

- **Origen y Evolución Tecnología DLE**

- Origen
- Evolución
- Participación en la Producción de LCE

- **Futuro de la Tecnología DLE**

- **Tecnologías Lanshen DLE**

- Resina
- El Módulo de Adsorción – Lavado de Resina – Desorción de Litio
- El Proceso DLE
- Plantas Modulares
- Desafíos

- **Desafíos**

Reservas de Litio – 2022

País	Ton	%
 Chile	9,300,000	35,7
 Australia	6,200,000	23,8
 Argentina	2,700,00	10,4
 China	2,000,000	7,7
 EE.UU	1,000,000	3,8
 Canadá	930,000	3,6
 Zimbabwe	310,000	1,2
Otros	3,610,000	12,9
Reservas Totales	26,050,000	100,0

Fuente: USGS 2023, 2022

Principales yacimientos explotados según el tipo de terreno

● Roca (pegmatita) ● Salmuera ● Arcilla



El triángulo del litio (Argentina, Bolivia y Chile) concentra las mayores reservas del mundo

Greenbushes, en Australia es la mina de litio de roca dura más grande del mundo

Producción de Litio – 2022

País	TPA	%
 Australia	61,000	46,9
 Chile	39,000	30,0
 China	19,000	14,6
 Argentina	6,200	4,8
 Brasil	2,200	1,7
 EE.UU	900	0,7
 Zimbabwe	800	0,6
 Portugal	600	0,5
Otros	300	0,2
Total	130,000	100,0

Fuente: USGS 2023, 2022

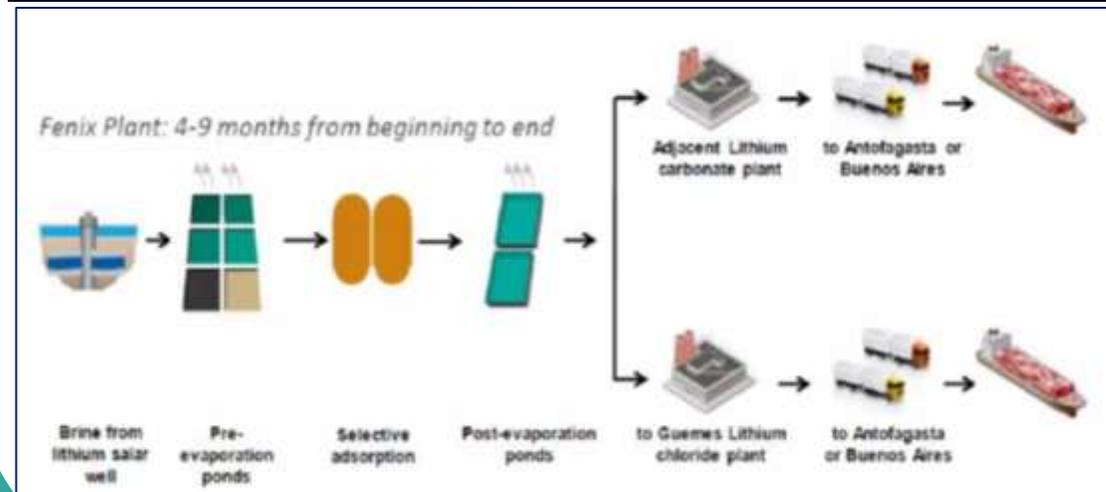
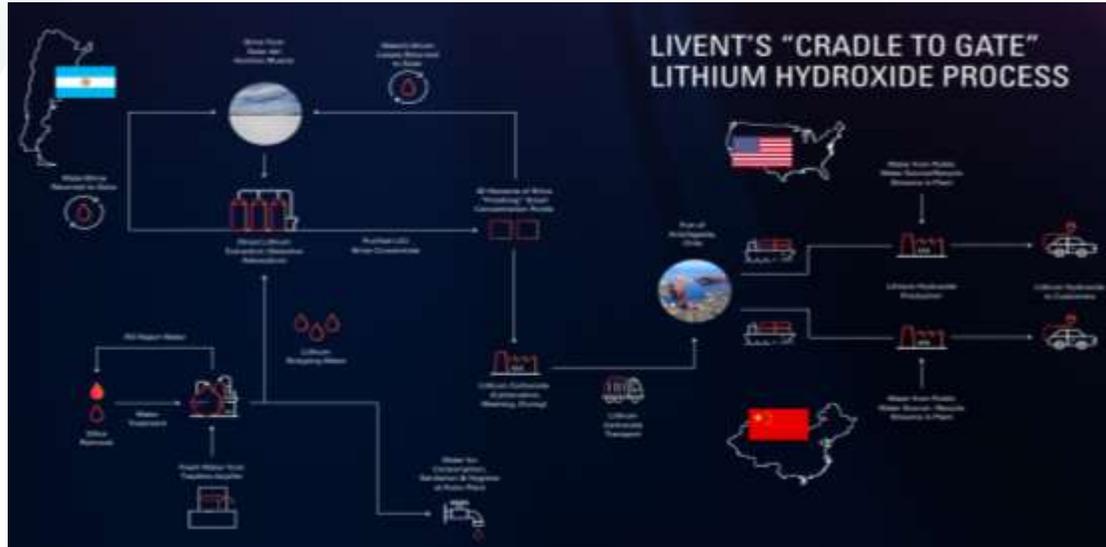
Producción de Litio desde Salares – 2022

Total	EE.UU	Argentina	China	Chile	País
47,1	0,7	4,8	11,6	30,0	%

Producción de Litio desde Roca – 2022

País	Australia	China	Brasil	Zimbabwe	Portugal	Otros	Total
%	46,9	~3,0	1,7	0,6	0,5	0,2	52,9

Infografía:
Álvaro Merino (2021)
Fuente:
Reuters (2019); USGS (2021)



LIVENT TECHNOLOGY	
Salar	Hombre Muerto
Compañía	Minera del Altiplano S.A
Tecnología Livent Proceso Híbrido Evaporación Solar Parcial + DLE + Concentración por Evaporación Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Evaporación Solar Parcial + DLE + Evaporación Solar Parcial • Resina en base a Alúmina (Gibsita) • Desorción con agua caliente • Temperatura Operación > 75°C • Consumo Especifico Agua : 75 m³/ton LCE • Consumo Especifico Energía: 12,500 KW-h/ton LCE
Salmuera Cruda	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de Litio: 420 ppm • Razón Mg/Li : 2
Recuperación Global Li [%]	75
Footprint Planta	Información No Disponible
Time to Market [meses]	9
Capacidad Producción [TPA LCE]	~20,000
Madurez Tecnología	Operación Industrial desde 1998
Salmuera Agotada en Litio se envía a pozas / piletas de infiltración natural	

Evolución Tecnología DLE

Proceso Híbrido Evaporación Solar Parcial + DLE



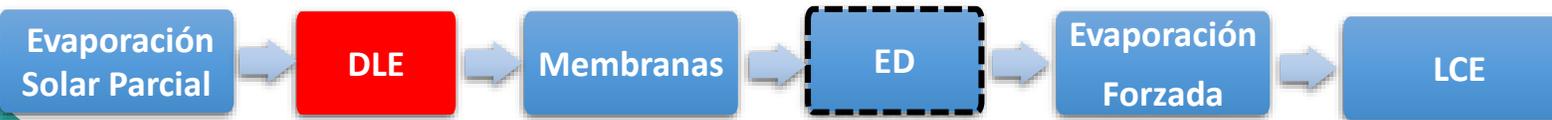
Qinghai Salt Lake Lanke Li Co., Ltd.
Lanke DLE 30,000tpa LCE



Golmud Zangge
Lithium Industry Co., Ltd.
Sunresin DLE 10,000tpa LCE



Parámetro	Lanke	Zangge
Salar	Qarhan	Chaerhan
Producción LCE [ton/año]	30,000	20,000
Puesta en marcha [año]	2017	2019
Flujo de Salmuera Natural [M ³ /hr]	6,025	13,380
Contenido de Litio Salmuera [g/L]	< 0,200	< 0,060
Área Evaporación Solar [Ha]		
Tiempo a Mercado [meses]	6	6
Agua evaporada [m ³ /ton LCE]		
Recuperación Li [%]	65	65
Generación Sales [ton/ton LCE] NaCl KCl		



Evolución de la Tecnología DLE

Proceso DLE



Qinghai Jintai Potash Co., Ltd.
Sunresin DLE 7,000tpa LCE



Minmetals Salt Lake Co
Lanshen DEL 1,000tpa LCE



Qinghai CITIC Guoan
Lithium Industry
Lanshen DEL 2,000tpa LCE



Zangge Lithium
Lanshen DLE 1,000tpa LCE

China	Li %	Mg %	Razón Mg/Li	Evaporación L/m ² /año	Precipitaciones mm/año
Yiliping	0,06	0,085	1,4	3,500	15



Parámetro	Jintai	Minmetals	CITIC	Zangge
Salar	Lenghu	Yiliping	Taijinar Este	Chaerhan
Producción LCE [ton/año]	3,000 + 4,000	1,000	2,000	1,000
Puesta en marcha [año]	2018 - > 2021	2021	2022	2022
Flujo de Salmuera Natural [M3/hr]	1,090	150	300	500
Contenido de Litio Salmuera [g/L]	0,21	< 0,20	< 0,20	< 0060
Tiempo a Mercado [meses]	2	2	2	2
Recuperación Li [%]	80	80	80	80
Generación RISES	Membranas			



Evolución de la Tecnología DEL

Participación Actual en la Producción de LCE

Reservas de Litio – 2022

País	Ton	%
 Chile	9,300,000	35,7
 Australia	6,200,000	23,8
 Argentina	2,700,00	10,4
 China	2,000,000	7,7
 EE.UU	1,000,000	3,8
 Canadá	930,000	3,6
 Zimbabwe	310,000	1,2
Otros	3,610,000	12,9
Reservas Totales	26,050,000	100,0

Fuente: USGS 2023, 2022

Principales yacimientos explotados según el tipo de terreno

● Roca (pegmatita) ● Salmuera ● Arcilla



Producción de Litio – 2022

País	TPA	%
 Australia	61,000	46,9
 Chile	39,000	30,0
 China	19,000	14,6
 Argentina	6,200	4,8
 Brasil	2,200	1,7
 EE.UU	900	0,7
 Zimbabwe	800	0,6
 Portugal	600	0,5
Otros	300	0,2
Total	130,000	100,0

Fuente: USGS 2023, 2022

Tecnologías Producción de Litio desde Salares – 2022

Tecnología	Litio [TPA]	Participación [%]	
		Salmueras	Producción Total
Sin DLE	43,630	69,5	32,7
Con DLE	14,170	30,5	14,4

Tecnología DLE:

- Es una tecnología madura
- Permite la explotación de salares con contenidos de litio ~ 0,060 gpL.
- Aumenta los recursos y reservas de litio
- Aumenta la sostenibilidad de la industria del litio
- Hace un uso más eficiente del agua contenida en las salmueras

Potencial Participación en la Producción de LCE - 2030

Recursos de Litio – 2030

País	Mt	%
 Bolivia	21,0	21,4
 Argentina	20,0	20,4
 EE.UU	12,0	12,2
 Chile	11,0	11,2
 Australia	7,9	8,1
 China	6,8	6,9
 Alemania	3,2	3,3
 Congo	3,0	3,1
 Canadá	2,9	3,0
 México	1,7	1,7
Otros	8,5	8,7
Recursos Totales	98,0	100,0

Fuente: USGS 2023, 2022

Principales yacimientos explotados según el tipo de terreno

● Roca (pegmatita) ● Salmuera ● Arcilla



Estimación Preliminar Producción de Litio por Tecnologías DLE – 2030

Tecnología	Litio [TPA]	Participación [%]	
		Salmueras	Producción Total
Sin DLE	53,525	29,2	14,2
Con DLE	129,810	70,8	34,5

Estimación Preliminar Producción de Litio – 2030

País	TPA	%
 Australia	134,500	35,8
 Chile	60,000	16,0
 Argentina	50,000	13,4
 EE.UU	43.000	11,4
 Congo	28,000	7,4
 China	25,000	6,6
 Bolivia	18,500	4,9
 Europa	17,000	4,5
Otros		
Total	376,000	100,0

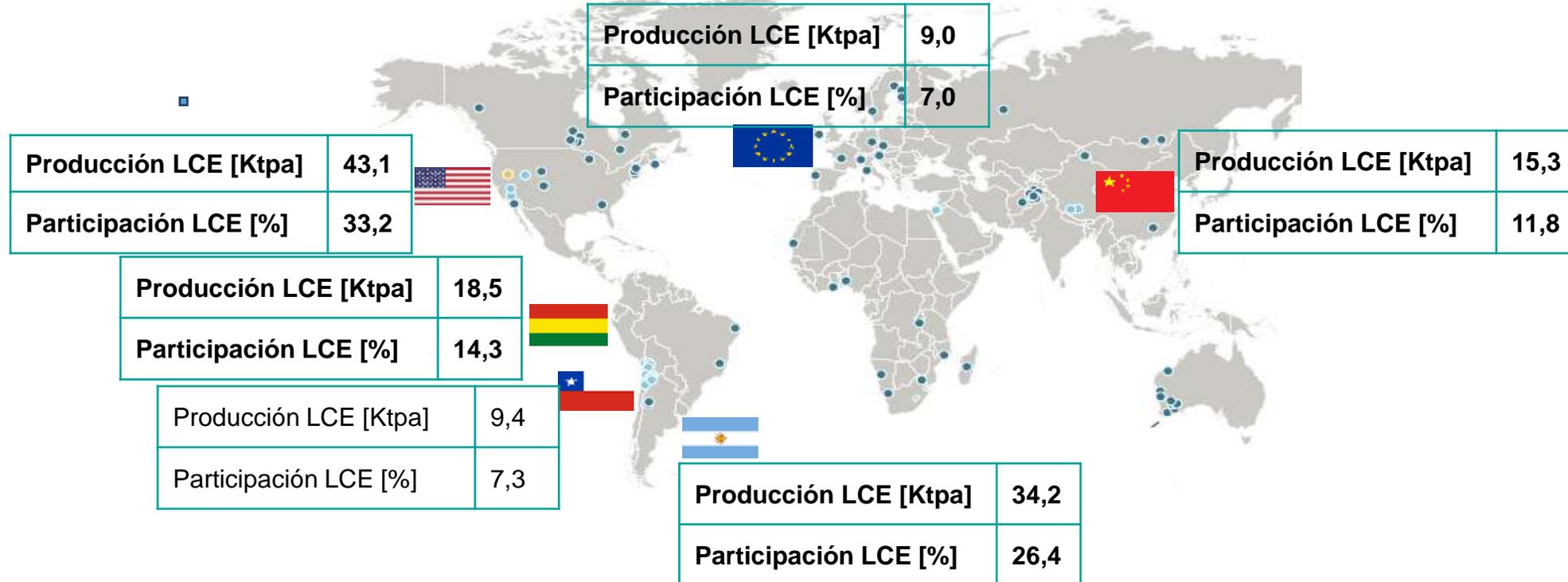
Fuente: Goldman Sachs - DLE, 2023; Sunresin, 2023; Cochilco - Litio, 2023; Elaboración Personal 2023

El Futuro de la Tecnología DEL

Potencial Participación en la Producción de LCE - 2030

Principales yacimientos explotados según el tipo de terreno

- Roca (pegmatita)
- Salmuera
- Arcilla

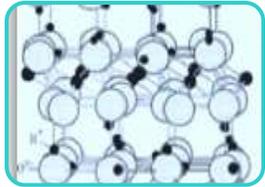


Tecnología Lanshen DLE

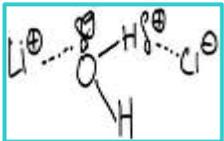
Resina Lanshen™



- Composición Química: $\text{Al}(\text{OH})_3$ / LiCl / NaCl / H_2O / Polímero
- Características Físicas: Densidad 0,62 gr/cc; Tamaño de Partícula D_{90} : 2,2mm; Porosidad: 40%.



- Cavity Octaédrica, de un radio equivalente al radio del ion litio. El litio es adsorbido por fuerzas de van der Waals. A su vez, el ion Li^+ atrae al ion Cl^- formando en la superficie de la resina LiCl ,
- La adsorción de ion Li^+ y la formación de LiCl es coadyuvada por la hidratación de las sales contenidas en la salmuera (NaCl , KCl , MgCl_2), facilitando el transporte del LiCl a la superficie de la resina.
- Capacidad Específica de Adsorción de Li^+ [mg Li /gr resina]: ~ 3 - 6
- Capacidad Específica de Adsorción de Cl^- [mg Cl /gr resina]: ~15 - 30
- Adsorción de Na, K, Mg, Ca and B es despreciables.



- Hidratación: $\text{K}^+ < \text{Na}^+ \ll \text{Li}^+ \llll \text{Ca}^{++} < \text{Mg}^{++}$

Ion	Li^+	Na^+	K^+	Cs^+	Mg^{++}	Ca^{++}	H_3BO_3	Cl^-
Radio Iónico [$\times 10^{-12}\text{m}$]	60	95	133	169	82	118	35	49
Razón Ion/Li	1/1				100/1	50/1		
Índice Hidratación Cloruros ¹ [moléculas de H_2O]	6,5	3,5	1,9		13,9	11,9		

¹Índice Hidratación, Stokes y Robinson



- Capacidad de Producción de Resina: 8,000 m³ Resina/año 2021 ⇔ ~60,000 tpa LCE/año

Tecnología Lanshen DLE

Resina Lanshen™

- **Fabricación**

Mezclado, Curado y Precipitación Materiales
Resina Lanshen DLE
($\text{Al}_2(\text{OH})_3 + \text{LiCl} \dots$) + Polímero



Filtración Precipitados Precusores
Resina Lanshen DLE



Fabricación, Secado y Envasado
Resina Lanshen DLE



Contenido Inicial de Litio en la Resina: 1,5 – 3,5%

- Condiciones de Operación Recomendadas

Parameter	Minimum	Maximum	Recommended
Solids (SS) [mg/L]	1	220	< 50
Resin Operation Temperature [°C]	-10	60	10 - 40
Adsorption Operation Temperature [°C]	15	30	30
Resin Washing Operation Temperature [°C]	10	15	10
Desorption Operation Temperature [°C]	10	30	30
pH	3	8	4,0 – 7,5
Superficial Velocity [(m ³ /h)/m ²]	1	25	< 15
Maximum Permissible Pressure Drop [Mpa]	0,4		

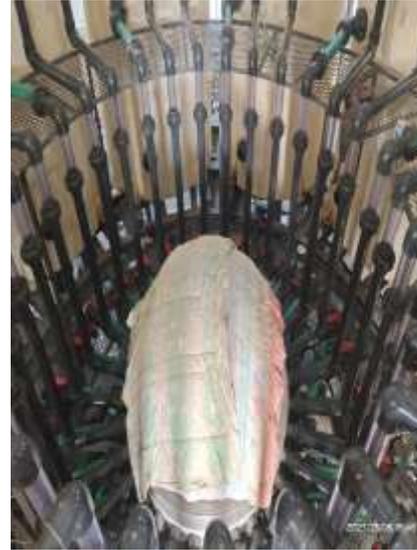
Ion / Chemical Compound	gpL
Li ⁺	< 10
Na ⁺	< 100
K ⁺	< 100
Mg ⁺⁺ /Li ⁺	< 100
Ca ⁺⁺ / Li ⁺	< 50
SO ₄ ⁼	< 35
Cl ⁻	~ 350
H ₃ BO ₃	< 30



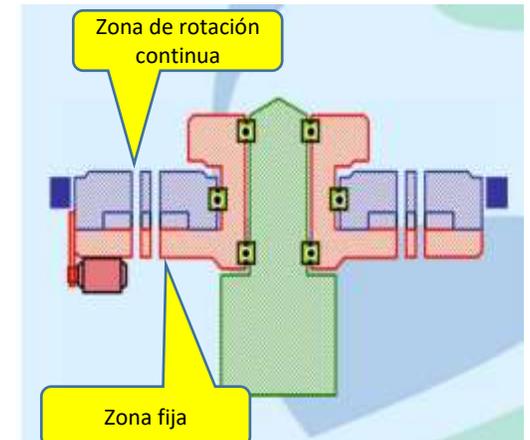
LANSHENTEC

El Módulo Lanshen

Adsorción – Lavado de Resina – Desorción de Litio



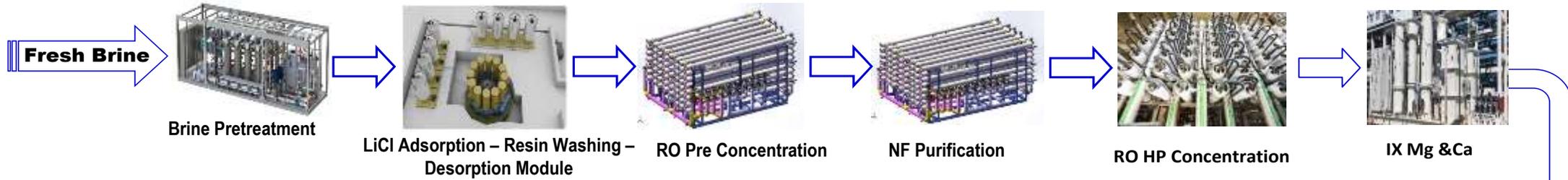
sello





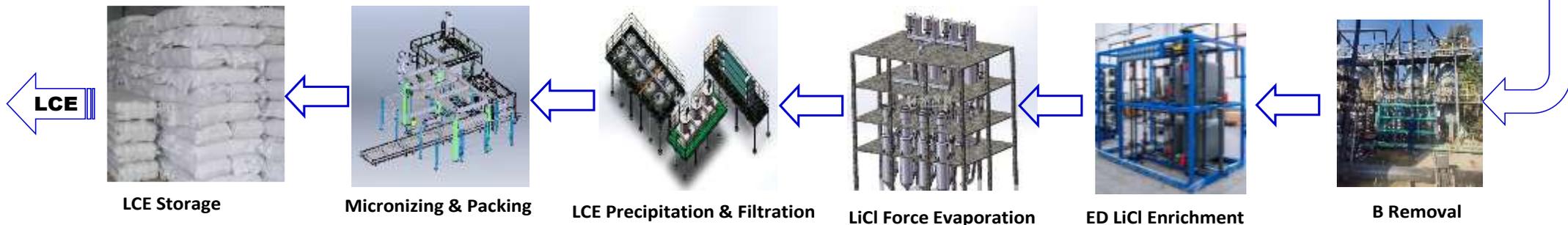
LANSHENTEC

El Proceso Lanshen DLE de Producción de LCE



Li Recovery Main Steps

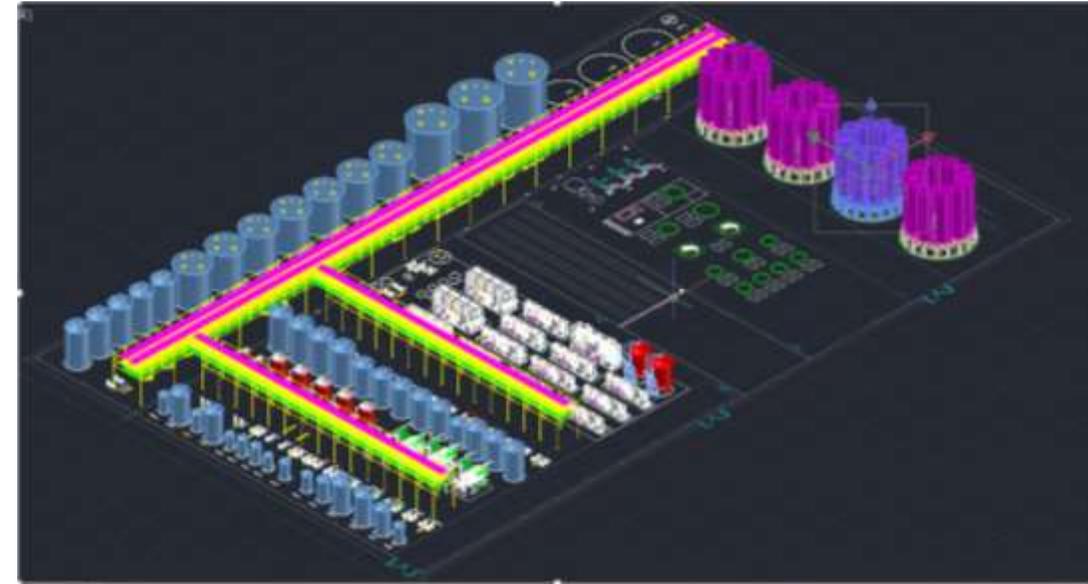
Step	Recovery [%]
LiCl Adsorption – Resin Washing - Desorption Module	90
Concentration & Refining by Membranes + IX	95
MVR Evaporation	98
LCE Production	96
Overall Li Recovery	80



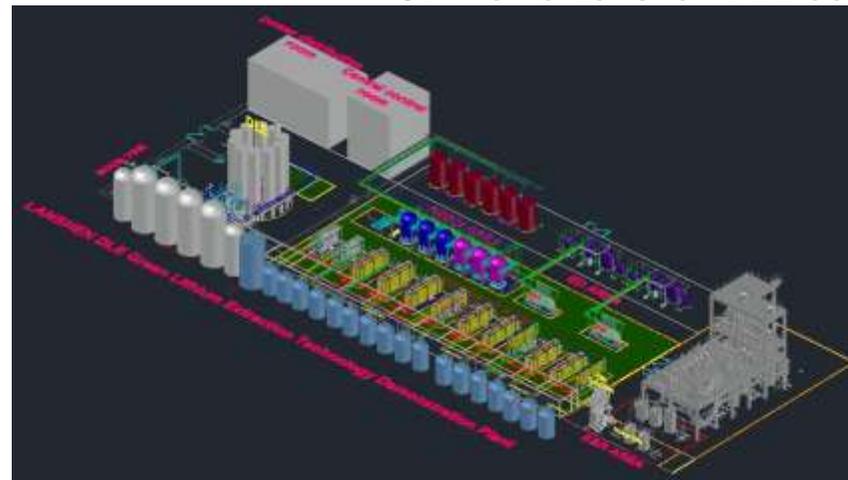
- Aplicable a salmueras con contenidos de litio entre 100 4,500 mg/L

Ingeniería y Fabricación de Plantas Modulares Lanshen DLE

- Ventajas
 - Plantas Modulares, a partir de módulos de 1,000 tpa LCE.
 - Menor requerimiento de Area de construcción: una planta de 10,000 tpa LCE requiere 6,000 m² de superficie.
 - Operación automática de las plantas
 - En general, Plantas fáciles de mantener y alta disponibilidad.
 - Periodo de construcción entre 12 a 18 meses, desde la firma del contrato de suministro hasta la puesta en marcha



3D Planta Lanshen DLE de Producción 3,000 tpa LCE



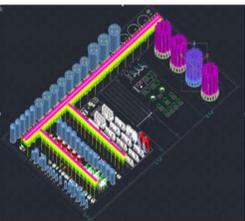
3D Planta Lanshen DLE de Produccion 1,000 tpa LCE



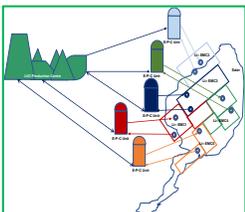
- **Proveer Resina Lanshen™**



- **Proveer Tecnología Lanshen DLE**

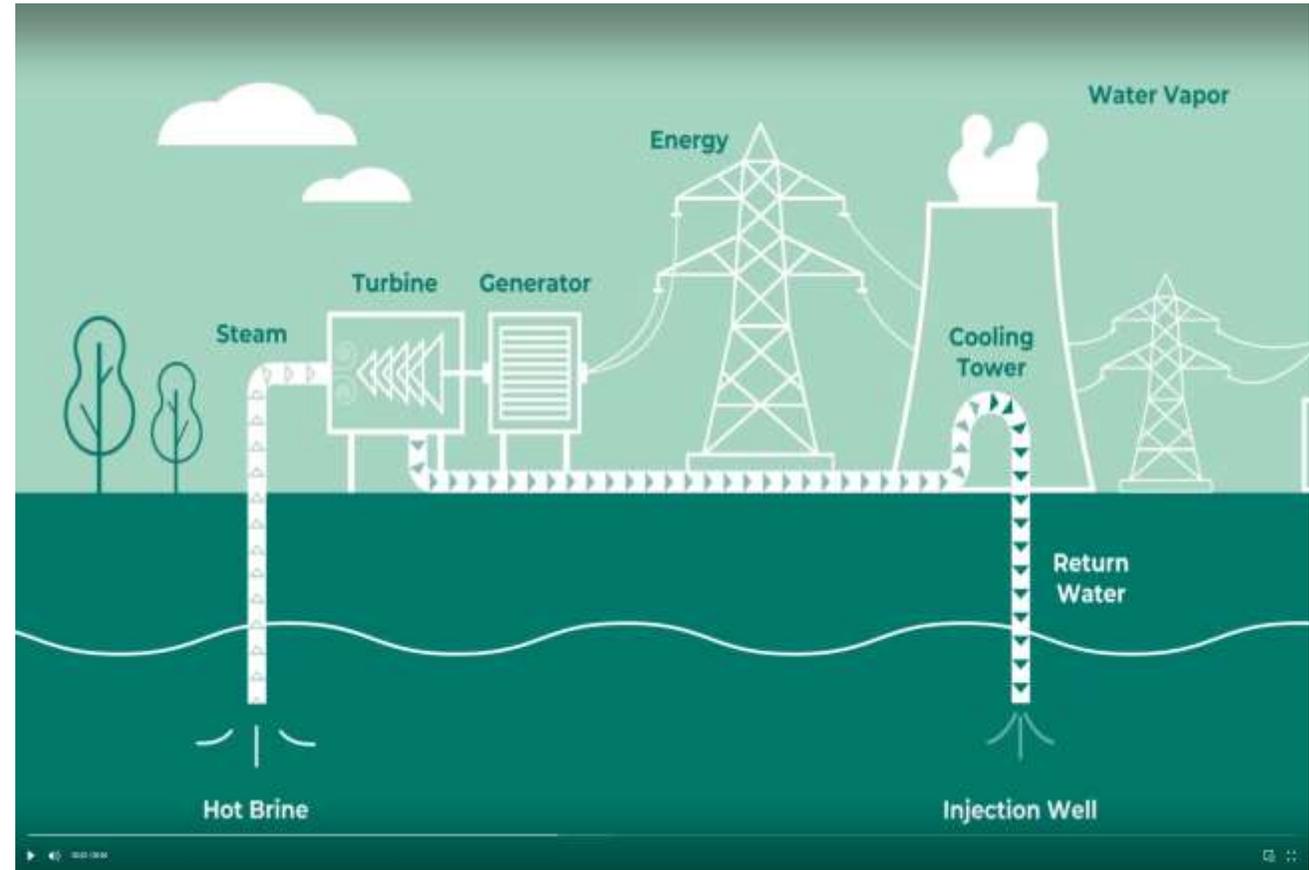


- **Proveer Plantas Modulares de Producción de LiCl / LCE**



- **Proveer Servicios de Maquila de Procesamiento de Salmuera para Producir LiCl / LCE**

- Suministro de Resina y de Insumos Críticos (i.e.: Na_2CO_3)
- Gestión Integral de Agua
- Producción de plantas Modulares en Serie
- Desarrollo / Adaptación Tecnología Reinyección de Salmuera Agotada



SALTON SEA

Factory Location: Pucheng County, Weinan City, Shaanxi Province

Factory Area: 30 ha

Adsorption Resin: 5000 cubic meters

Lithium Adsorbent: 8000 cubic meters





Filtro Cerámico



Carrusel DLE



RO / NF



Cristalizador

Mini Planta Piloto 50 L/hr



Planta Piloto Móvil 50L/hr

CIITL
Los Ceramistas 8625
Parque Industrial La Reina

GRACIAS!

Xi'an Lanshen New Material Technology Co., Ltd.

pamc@lithiative.com

+56 9 8419 4663