COMIBOL BOLIVIA

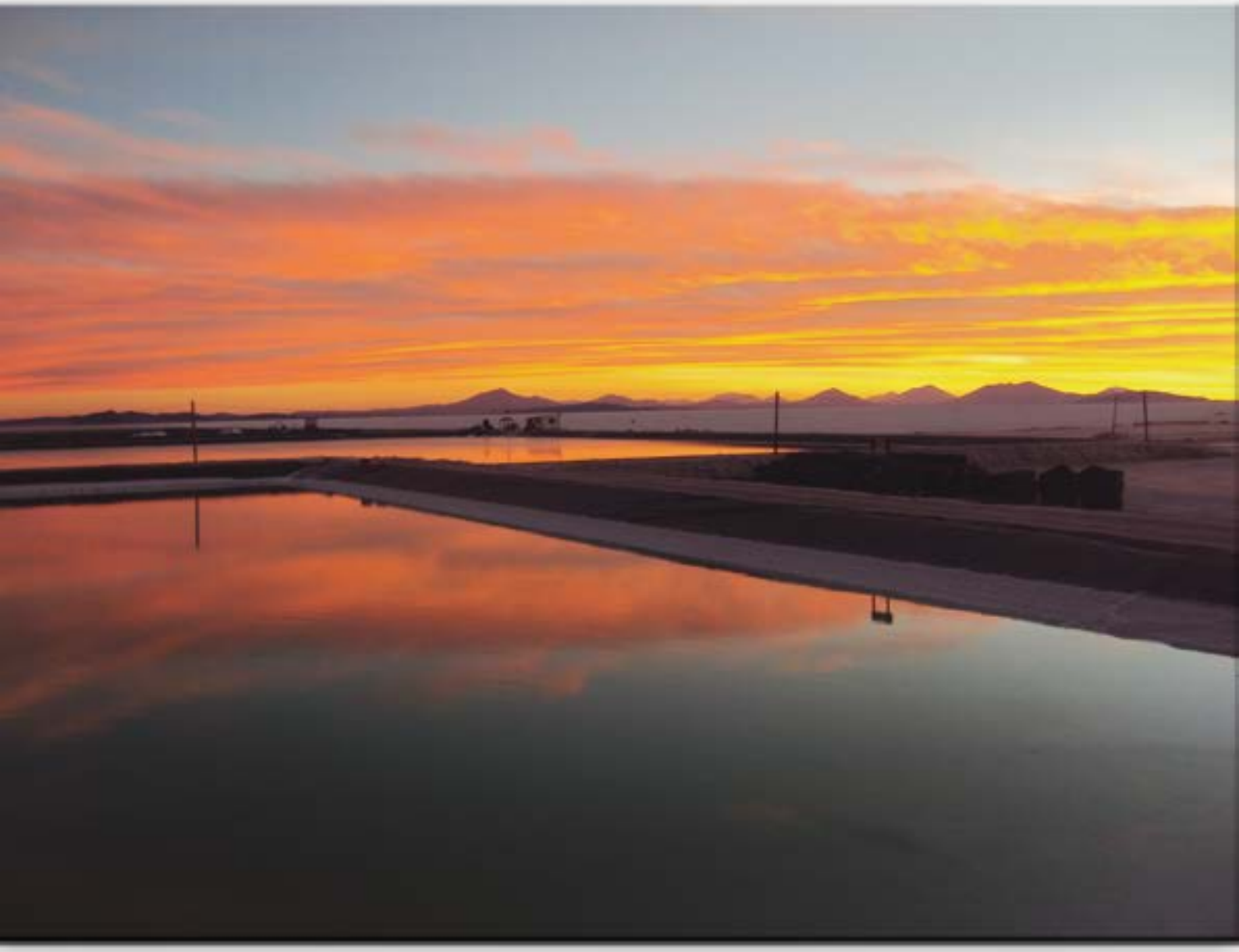
GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORÍTICOS

Memoria 2015

MEMORIA 2015

Responsable de Edición: Unidad de Comunicación GNRE
Fotos de portada: Ian Parker
Se autoriza la difusión de este documento citando la fuente

GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORÍTICOS



Memoria 2015

EVO MORALES AYMA

PRIMER PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

MEDALLA PRESIDENCIAL
SIMÓN BOLÍVAR

MEDALLA MARISCAL SANTA CRUZ
Y CALAHUMANA
GRADO: GRAN COLLAR

MEDALLA NACIONAL CÓNDOR
DE LOS ANDES
GRADO: GRAN COLLAR

PROCER DE LA REVOLUCIÓN
TUPAC KATARI
GRADO: ÚNICO

CESAR NAVARRO MIRANDA
MINISTRO DE MINERIA Y METALURGICA

ING. MARCELINO QUISPE LOPEZ
PRESIDENTE CORPORACIÓN MINERA DE BOLIVIA

PERSONAL EJECUTIVO GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORÍTICOS

GERENTE NACIONAL DE RECURSOS EVAPORÍTICOS
Ing. Luís Alberto Echazú Alvarado

DIRECTOR DE OPERACIONES
Ing. José Antonio Bustillos Castillo

DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Ing. Cecilia Quispe Vacaflor

DIRECTOR DE ELECTROQUÍMICA Y BATERÍAS
Ing. Juan Ronandt Carballo Fernández

DIRECTOR ADMINISTRATIVO FINANCIERO
Lic. Roberto Wilde Fernández Salazar

DIRECTORA JURÍDICA
Dra. Carmen Tanía Arratia Gutierrez

DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN
Lic. Leonardo Hernan Yapu Flores

DIRECTOR DE GEOLOGÍA Y SALARES
Ing. Guido Humberto Quezada Cortez

JEFE DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL
Ing. Bernard Edwin Jurado Aramayo

INDICE

1.1. Fase I – Plantas Piloto 21
1.1.1.Planta Piloto de Sales de Potasio 21
1.1.2. Producción de Cloruro de Potasio 21
1.1.3. Ventas de Sales 24
1.1.4. Planta Piloto de Carbonato de Litio (Li2CO3) 24
1.2. Fase II – Industrial 26
1.2.1. Planta de Indutrial sales de Potasio 26
1.2.2. Ingeniería de proyecto a diseño final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio 28
1.2.3. Vías de acceso 28
1.2.4. Diseño y construcción de la red de distribución eléctrica 29
1.2.5. Análisis recursos energéticos 30
1.2.6. Proyectos sobre recursos hídricos 31
1.2.7. Línea de aducción de agua de San Jerónimo 31
1.2.8. Construcción del tendido eléctrico de media tensión trifásica hacia pozos de bombeo de SanGerónimo 32
1.2.9. Línea red de agua para planta KCl 32
1.2.10. Construcción de piscinas industriales 33
1.2.11. Construcción de diques e impermeabilización 34
1.2.12. Diseño y montaje red de bombeo 34
1.2.13. Galpones de almacenamiento de Cloruro de Potasio 35
1.2.14. Inicio de obras Planta Industrial de sales de Potasio 35
1.2.15. Se inicia bombeo a piscinas industriales 36

2.1. Unidad de Investigación 39
2.1.1. Flotación inversa a partir 39
de sales mixtas 40
2.1.2. Tratamiento de la salmuera residual 40
2.2. Unidad de Desarrollo 40
2.2.1. Operación de piscinas de evaporación: circuito modular y acoplamiento 40
2.2.2. Cosecha de sales 41
2.2.3. Pruebas de evaporación 42
2.2.4. Datos meteorológicos 43
2.3. Unidad de Laboratorio 43
2.3.1. Norma NB ISO/TEC 17025:2005 43
2.3.2. Desarrollo de métodos analíticos alternativos 44
2.3.3. Capacitación 44
2.3.4. Servicio de análisis químico y mineralógico 45
2.4. Investigaciones desarrolladas en el Salar de Coipasa 45
2.4.1. Obtención de sales de Potasio 45
2.4.2. Estudio del comportamiento del Boro en la salmuera y cristal 45
2.4.3. Unidad de Desarrollo 46
2.4.4. Diseño y construcción de piscinas en pequeña escala 46
2.4.5. Investigación y desarrollo de métodos analíticos alternativos en Salar de Coipasa 46

3.1. Perforación de pozos de exploración en el Salar de Uyuni 49
3.2. Resultados de los trabajos de perforación 50
3.3. Perforación de pozos de producción en el Salar de Uyuni 51
3.4. Perforación de pozos de investigación en el Salar de Coipasa 52
3.5. Hidrogeología 53
3.8. Estudios de geofísica 54

4.1. Licencias ambientales y monitoreo 57
4.2. Gestión de residuos sólidos 59
4.3. Implementación de baños ecológicos secos 60
4.4. Tratamiento de aguas residuales 61
4.5. Estudio microbiológico 61
4.6. Capacitación en medio ambiente 63
4.7. Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (SISO 65
4.8. Capacitación en seguridad industrial 66
4.9. Inducción al personal nuevo en seguridad industrial 67
4.10. Capacitación al personal en seguridad industrial 67
4.11. Capacitación en salud ocupacional 68
4.12. Control estadístico de incidentes, enfermedades ocupacionales 69
4.13. Medio ambiente en el Salar de Coipasa 72
4.14. Capacitación en seguridad industrial 74

5 ELECTROQUÍMICA Y BATERÍAS

5.1. Acercamientos y negociación internacional 79
5.2. Planta Piloto de materiales catódicos 82
5.3. Planta Piloto baterías de Litio 90
5.4. Planta Piloto de purificación de Carbonato de Litio (Carbonato de Litio grado batería) 93
5.5. Producción de Carbonato de Litio grado batería 93
5.6. Proceso tecnológico de obtención de Carbonato de Litio grado batería (Li2CO3GB) 94
5.7. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Recursos Evaporíticos de Bolivia, CICYT MAT-REB 99
5.8. Resultados obtenidos en investigación 103
5.9.Cursos de capacitación especializada en baterías de ion Litio, impartidas por el CICYT-MAT REB de la DE&B 107
5.10. Estudio de mercado de celdas y baterías de ión-Litio en Bolivia y Latinoamérica 111
5.11. Pruebas piloto de aplicabilidad baterías de Alta Capacidad 10 Ah ensambladas en la PPB 112
5.12. Otras actividades complementarias 116
5.13.Refacción y rehabilitación del complejo habitacional de La Palca “El Rancho” 120
5.14. Becas de estudio para la soberanía científica y tecnológica 121

6 ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

6.1. Recursos Humanos 126
6.2. Contratación de bienes y servicios
6.3. Presupuesto y su ejecución 126
6.4. Financiamiento del Banco Central de Bolivia 126
6.5. Ingresos generados por la venta de los productos de la Fase Piloto 128
6.6. Labores jurídico legales 129
6.7. Visitas a planta Llipi 131

7 UNA MIRADA AL CONTEXTO INTERNACIONAL

7.1. El Litio en Sur América 135
7.2. El Litio en el contexto global 137
7.3. El Cloruro de Potasio en el contexto internacional 140
7.4. Sulfato de Potasio, otro subproducto del Salar de Uyuni 141
7.5. Importancia del Potasio en la agricultura 142
7.6. La GNRE en II Seminario internacional “ABC del Litio sudamericano” 143

Presentación

En esta oportunidad, tengo el agrado de entregar a ustedes la Memoria de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE), en la que se describe los resultados obtenidos durante el período 2015, así como una síntesis de los principales logros e hitos alcanzados por las direcciones y unidades operativas en el Salar de Uyuni, Estación Experimental Tauca del Salar de Coipasa y en la Planta Piloto de baterías de La Palca – Potosí.

El 2015 se han dado pasos muy significativos en la industrialización de los recursos evaporíticos, liderando un emprendimiento enteramente estatal en la región, con una inversión sustentada por el Estado y tecnología desarrollada por profesionales de nuestras universidades.

En la gestión que culmina se han realizado importantes tareas como la firma de contratos para la construcción, montaje y puesta en marcha de la Planta Industrial de sales de Potasio, contrato para el proyecto de ingeniería a diseño final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio y la firma de contrato para la implementación de una Planta Piloto de materiales catódicos, entre otras acciones.

En el año que culmina, un hecho significativo a destacar, es la obtención de Carbonato de Litio grado batería, nuestro equipo técnico ha logrado la purificación de este producto desde un grado comercial con 95% de pureza, a grado batería, es decir una pureza mayor a 99,6%, este es un gran logro de técnicos y científicos bolivianos.

La industrialización de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni, ha empezado de cero, con la explotación básica de materia prima (Silvinita y Sulfato de Litio) a través de las piscinas, estas sales precipitadas son procesadas en las plantas Piloto de Potasio y Litio.

Con la producción de Carbonato de Litio grado batería, se consolida el proceso tecnológico boliviano, esta materia prima con una pureza mayor a 99,6%, será procesada para la obtención de materiales catódicos, en la Planta Piloto de Cátodos que se implementa en el complejo industrial de La Palca – Potosí, con lo que cerramos la cadena productiva del Litio.

Otro logro a destacar, es la obtención de otros subproductos como el Cloruro de Magnesio, de amplia aplicación en el mantenimiento de caminos de ripio, sales mixtas de Potasio utilizadas como fertilizantes, en cantidades suficientes para su inmediata comercialización.

A medida que vamos avanzando en la industrialización del Litio, en perspectiva vemos que estamos ingresando a una estrategia de industrialización de largo plazo, la inversión que se realiza en el Litio, se constituirá en la locomotora que impulsará a otras industrias en el país, porque demanda el desarrollo de otras ramas de la química básica, como la industria de Ácido Clorhídrico, Alcalinos, precursores de Magnesio, Carbonato de Sodio, planta de Óxido de Manganeso entre otros.

Con esta breve consideración, invito a una revisión de los contenidos, en la que se explica con mayor amplitud los puntos mencionados y otros avances de gestión e infraestructura.

ING. LUÍS ALBERTO ECHAZÚ ALVARADO

1 Firma de contrato de Planta Industrial de sales de Potasio

El representante legal del consorcio China Camc en Bolivia Yao Yingying y el Ing. Luís Alberto Echazú, Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos mostrando los contratos firmados para la construcción, montaje y puesta en marcha de la Planta Industrial de sales de Potasio.

El 13 de julio de 2015, en la ciudad de Uyuni, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE) y la empresa China Camc Engineering Co. Ltd. Bolivia Branch, firman el contrato de construcción, montaje y puesta en marcha de la Planta Industrial de sales de Potasio a implementarse en el Salar de Uyuni.

El contrato fue firmado por el representante legal del consorcio China Camc en Bolivia Yao Yingying, y el Ing. Luís Alberto Echazú, en representación de la GNRE. El contrato establece un importe de Bs. 1.239.057.222,11.

La Planta industrial de sales de Potasio se ubica al Sur Este del Salar de Uyuni, sobre la costra salina a unos 27 Km de tierra firme, esta planta tendrá una capacidad de producción de 700.000 toneladas/año en dos líneas de producción (cada una de 350.000T/año), la Planta Industrial debe ser entregada en un plazo de 28 meses, con una capacidad de producción de 350.000 ton/año (una línea de producción).

2 Firma de consultoría para estudio de mercado de celdas y baterías de Litio

De izquierda a derecha: Ing. Juan Ronald Carballo Director del Proyecto Baterías, Ing. Luís Alberto Echazú Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos, Ing. Norka Blanco Técnico Administrativo del Proyecto Baterías, Dra. Tania Arratia Asesora Jurídica de la GNRE y Cecilia Esther Uriona Lanza representante de la consultora holandesa Battery Technology Internacional B.V.

El 28 de octubre de 2015, la GNRE y la consultora holandesa Battery Technology Internacional B.V., firman el contrato de consultoría para el estudio de mercado de celdas y baterías de ion Litio en Bolivia y Latinoamérica.

En representación de la consultora holandesa Battery Technology Internacional B.V., firmó la señora Cecilia Esther Uriona Lanza, y por la GNRE, el Ing. Luís Alberto Echazú, Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos, por un importe de Bs. 1.050.000, trabajo que debe concluir en un plazo de 152 días, con las respectivas conclusiones y recomendaciones, de conformidad a los términos de referencia.

Entre los términos de contrato, la consultora se compromete a prestar todos los servicios necesarios a la GNRE, para el diagnóstico y estudios de la oferta, demanda y sistemas de precios de baterías de ion-Litio en el contexto Boliviano y Latinoamericano con una proyección al 2025.

3 GNRE firma contrato con la alemana K-Utec Technology para el Proyecto de Planta Industrial de Litio

Ing. Echazú y el Director Ejecutivo de la empresa K-Utec, Heiner Marx con documentos de contratos firmados.

En Uyuni, el 16 de agosto de 2015, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos y la empresa alemana K-Utec Technology, suscriben el contrato para la elaboración del proyecto de ingeniería a diseño final, de la Planta Industrial de Carbonato de Litio a implementarse en el Salar de Uyuni.

El contrato con K-Utec Technology es por Bs 33.616.800, el proyecto a diseño final debe ser entregado en un plazo de 10 meses, esta Planta también estará ubicada en el Salar de Uyuni, con una capacidad estimada de 30.00 toneladas/año de Carbonato de Litio grado batería en dos líneas de producción.

En la oportunidad, el Presidente Evo Morales, aseguró que a partir de 2020 se consolidarán los resultados de esta etapa de inversión.

4 Firma de contrato para la instalación, montaje y puesta en marcha de Planta Piloto de materiales catódicos

Documentos firmados para la instalación de la Planta Piloto de materiales catódicos

En instalaciones del complejo industrial de La Palca – Potosi, el 13 de noviembre de 2015, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, y la empresa francesa Green Tech, firman el contrato para la instalación, montaje y puesta en marcha de la Planta Piloto de materiales catódicos, por un costo total de Bs. 26.062.765,43.

El documento contractual establece un plazo de 455 días para la entrega de la Planta en producción; con esta Planta Piloto de materiales catódicos, Bolivia cerrará la cadena productiva del Litio, que comienza desde la exploración, extracción, procesamiento y obtención de materia prima (Carbonato de Litio grado batería), industrialización de la materia prima con valor agregado (producción de materiales catódicos de Litio) y obtención de producto final (baterías de Litio, con Litio boliviano extraído del Salar de Uyuni).

Además, ECM Green Tech, se encargará del suministro de los equipos y materiales, instalación, supervisión técnica, puesta en marcha de la planta piloto de materiales catódicos, capacitación, ajustes y calibración de los equipos instalados y la transferencia de tecnología de las líneas de producción piloto de Óxido de Manganeso litiado (LMO) y Níquel Manganeso Cobalto litiado (NMC).

1

OPERACIONES

1.1. Fase I – Plantas Piloto

La Fase I comprende la producción piloto de Carbonato de Litio y sales de Potasio, para este propósito se comenzó con la construcción de la infraestructura y montaje de las plantas piloto de Carbonato de Litio (Li2CO3) y Cloruro de Potasio (KCl), construcción de piscinas de evaporación, habilitación de vías de acceso al salar (terraplén), sistemas de comunicación (Internet, telefonía celular y fax), implementación de los servicios básicos (energía eléctrica, agua potable, alcantarillado), campamento en el salar, implementación de equipos, maquinarias, transporte, galpones de almacenamiento, estación de servicio y otros.

La instalación de las plantas piloto ha concluido, con la puesta en marcha de la Planta semi-industrial de Cloruro de Potasio (9 de agosto de 2012), y la Planta Piloto de Carbonato de Litio, inaugurada el 3 de enero de 2013.

La Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos en la Fase Piloto, comenzó con la provisión de Cloruro de Potasio al mercado interno, con este resultado, nuestro país se encamina a la producción sostenida de este fertilizante para dejar de depender de la importación de KCl. Los resultados están a la vista, la GNRE ha logrado acomodar más de 1.000 toneladas de Cloruro de Potasio al mercado nacional a un precio superior a la cotización internacional.

La Planta de Carbonato de Litio, también ha ingresado a una producción regular en menor escala, a la fecha se logrado producir Li2CO3 grado batería, para su utilización como precursor en la Planta Piloto de materiales catódicos a instalarse en el complejo industrial de La Palca-Potosí.

1.1.1. Planta Piloto de Sales de Potasio

En la presente gestión, la Dirección de Operaciones pudo establecer una producción constante de la Planta Piloto de sales de Potasio; a través del diseño y optimización, en cada una de las etapas del proceso para la obtención de sales de Potasio, todo por medio de la capacidad de innovación e investigación del personal técnico de la GNRE, hasta alcanzar una producción de 1.500 TM/año.

La salmuera extraida del salar, es evaporada en las piscinas construidas e impermeabilizadas para este fin. Estos cristales son cosechados como materia prima (silvinita, KCl y NaCl), con los cuales se inicia el proceso de concentración de Cloruro de Potasio con una pureza mayor o igual al 95%. De acuerdo a especificaciones técnicas que se vienen estandarizando para la introducción al mercado de fertilizantes; tanto nacional como de exportación.

1.1.2. Producción de Cloruro de Potasio

Se ha incrementado la capacidad de producción; ya que durante este año se implementó una línea adicional de producción con la instalación de un filtro banda, el que permitió a su vez el mejoramiento en el tiempo de vida útil de las piscinas piloto.

Planta Piloto Cloruro de Potasio

• Mixtas 1	:	5.20 Ha
• Mixtas 2	:	1.50 Ha
• Litio 1	:	0.45 Ha
• Litio 2	:	0.45 Ha
• Residual	:	0.90 Ha
• Plataforma	:	0.40 Ha
• Pulmón	:	5.00 Ha
TOTAL	:	13.90 Ha

La construcción e impermeabilización de piscinas industriales , se ha realizado a un ritmo sostenido, logrando concluir con la construcción e impermeabilización de 508 hectáreas, lo que permitirá garantizar la provisión de materia prima, para el inicio de operaciones de la Planta Industrial de sales de Potasio.

La construcción de esta Planta está a cargo de la empresa China Camc, que ya comenzó con las obras de compactado de la plataforma en el Salar de Uyuni, sobre la que se levantará la infraestructura industrial.

Piscina impermeabilizada para la producción de materia prima a escala industrial

Con el objetivo de contribuir al mejoramiento de la producción agrícola en el país, la GNRE en convenio con el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), se están desarrollando estudios sobre calidad y rendimientos agrícolas, obtenidos a través del uso de Cloruro de Potasio como fertilizante en la producción de diferentes hortalizas; debido a que se considera al Potasio como un nutriente estratégico que cumple varias funciones como:

- Aumentar el rendimiento de los cultivos promoviendo la fotosíntesis, acelerando el flujo de nutrientes, mejorando la asimilación de nitrógeno y la eficiencia del uso del agua.
- Mejorar la resistencia de los cultivos frente el estrés de enfermedades y pestes, altas y bajas temperaturas, sequías, etc.
- Asegurar la calidad de un cultivo, aumentando la duración post-cosecha, mejorando el sabor, el contenido de vitaminas y la apariencia física.

Cosecha Cristales de Silvinita – Materia prima para la obtención de Cloruro de Potasio

Según el primer informe realizado por esta institución se ha determinado que nuestro producto ha dado buenos resultados, queda pendiente el estudio que se viene desarrollando sobre la verificación del impacto de Cloruro de Potasio en el proceso de producción de cereales, por el tiempo que requiere el mismo.

Con el objetivo de hacer conocer las características y bondades del producto elaborado, se realizó también convenios con la Fundación FAUTAPO, para realizar pruebas sobre el rendimiento y mejoramiento en cultivos con la aplicación de Cloruro de Potasio producido por la GNRE.

Envasado Cloruro de Potasio en maxisacos de una tonelada

1.1.3. Ventas de Sales

Este año se gestionó y coordinó con tres empresas para la venta de Cloruro de Potasio; así como, para la venta de Cloruro de Magnesio como un subproducto del proceso, como se muestra en el siguiente cuadro:

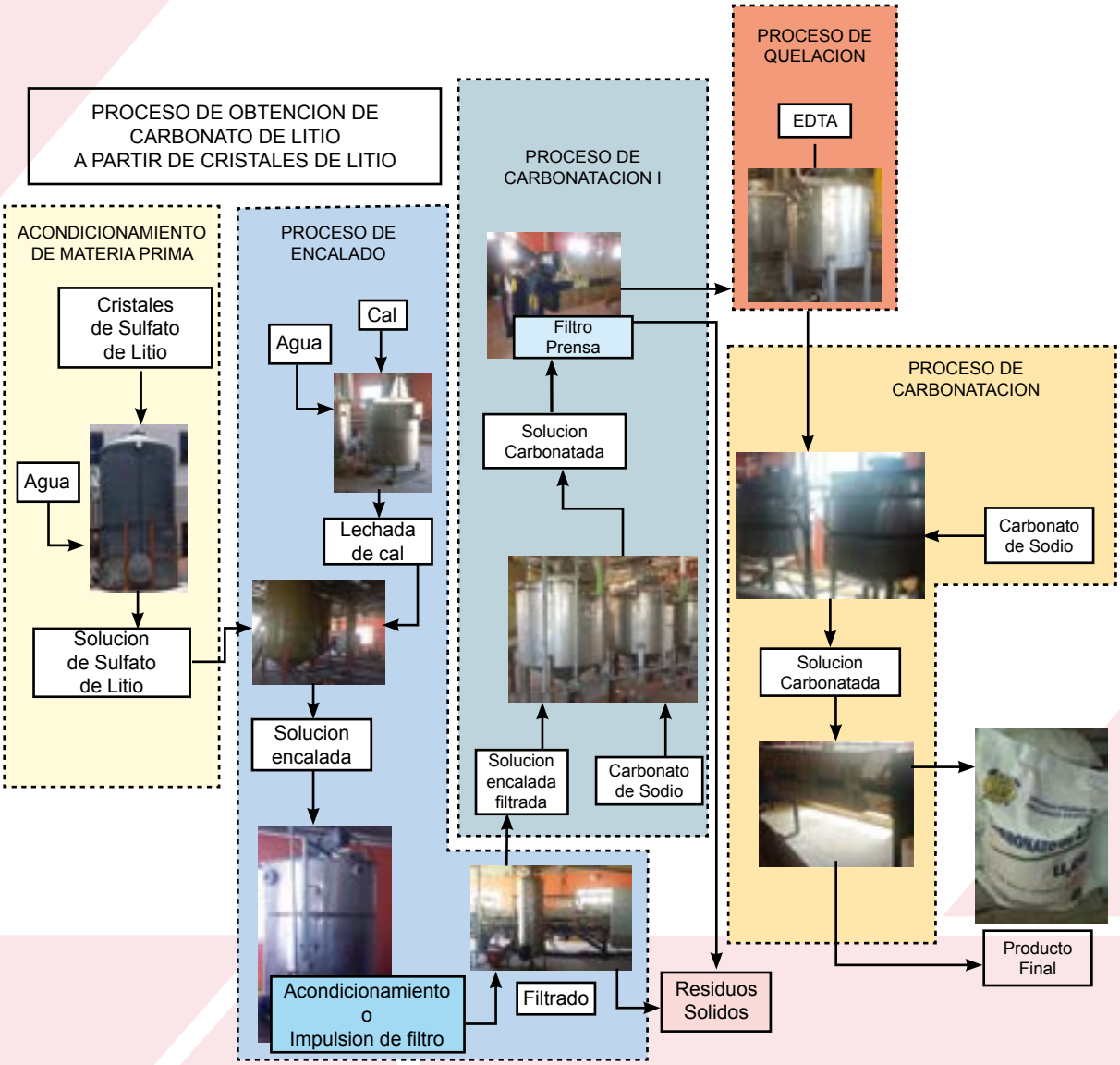
PRODUCTO	CANTIDAD [TM]	INGRESO [Bs]	CLIENTE
KCl	300.00	1,169,280.00	Brenntag Bolivia SRL
KCl	25.00	97,500.00	IMPROQUIM
MgCl	1,405.81	489,221.88	Minera San Cristóbal
	TOTAL INGRESOS	**1,756,001.88**	

Fuente: Jefatura de Comercio y Calidad (2015)

1.1.4. Planta Piloto de Carbonato de Litio (Li_2CO_3)

Dando continuidad con el proceso productivo en Planta Piloto de Carbonato de Litio; el 2015 se caracterizó por el desarrollo de una producción regular con la optimización permanente de los procesos tecnológicos.

La materia prima procesada (Sulfato de Litio), se obtiene a través de la cristalización fraccionada de la salmuera contenida en piscinas; por medio de un proceso de evaporación, logrando un incremento en la concentración de los iones disueltos.



La separación de los diferentes elementos que constituyen la salmuera extraída, se produce por evaporación fraccionada. En primera instancia logran separar la Silvinita para su procesamiento y obtención de Cloruro de Potasio, el proceso de separación de otros elementos continúa hasta la obtención de Cristales de Sulfato de Litio, materia prima que se procesa en la Planta Piloto para la obtención de Carbonato de Litio.

Las operaciones de la Planta Piloto de Carbonato de Litio, se va consolidando con la producción de Li2CO3 grado batería, que está siendo acopiada para su futura venta y disposición de volúmenes que requerirá la Planta Piloto de materiales catódicos, que se implementa en el complejo industrial de La Palca – Potosí.

En la Planta Piloto de Carbonato de Litio, durante esta gestión, se aprovechó las condiciones de instalación para investigar, desarrollar y optimizar los procesos de la misma, obteniendo como uno de sus logros la formulación de un proceso innovador que se presentó ante el Servicio Nacional de Producción Intelectual (SENAPI) para ser patentado.

Tanques reactores de la Planta Piloto Carbonato de Litio

1.2. Fase II – Industrial

Continuando con el desarrollo de los objetivos, en la gestión 2015, se culminó con los procesos iniciados anteriormente, hasta la contratación de empresas para la construcción de la planta industrial de sales de Potasio; así como para la elaboración del proyecto a diseño final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio, que se explica a continuación:

1.2.1. Construcción de la Planta de Sales de Potasio

De acuerdo a la Estrategia de Industrialización de los Recursos Evaporíticos, está definida la construcción, montaje y equipamiento de la Planta Industrial de KCl, con este objetivo, la GNRE publicó la convocatoria para la presentación de expresiones de interés para la identificación de empresas y potenciales proponentes, que puedan asumir este proyecto de gran envergadura.

A esta convocatoria presentaron sus propuestas, seis empresas: Tecna Bolivia S.A, Graña y Montero, Petroquim, China Camc Engineering CO.LD, Taunus y Grupo Larcos Industrial Ltda. Para la evaluación y revisión de la documentación se designó una Comisión de Evaluación de la GNRE, quienes calificaron en una primera instancia a tres empresas:

- China Camc Engineering CO.Ltda., con una oferta de Bs. 1.239.057.222,11
- Tecna Bolivia S.A. con un presupuesto de Bs. 1.238.919.565,00
- Graña Montero con un presupuesto de Bs. 1.239.451.022,59.

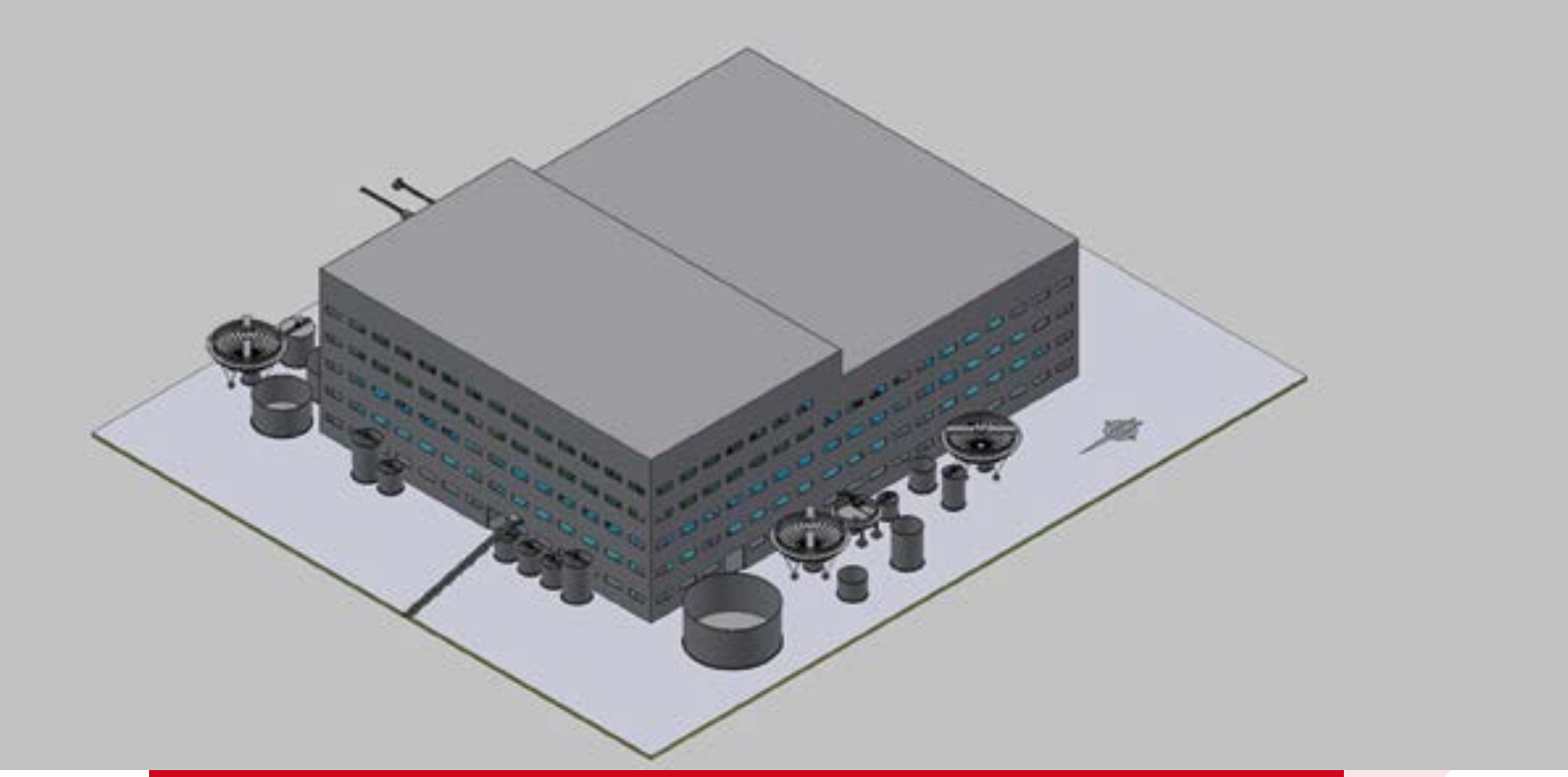
Después de una evaluación técnica y económica, la empresa China Camc Engineering Co. Ltd. Bolivia Branch, ha sido calificada para la construcción, montaje y puesta en marcha de la Planta Industrial de sales de Potasio.

Reunión entre ejecutivos de la empresa China Camc y de la GNRE

La suscripción del contrato se realizó en acto público en el Coliseo de la ciudad de Uyuni, firmaron Yao Yingying representante legal en Bolivia del consorcio Chino Camc Engineering Co. Ltd. Por la GNRE, el Ing. Luis Alberto Echazú Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos, por un monto total de Bs. 1.239.057.222,11.

Según el proyecto a diseño final preparado por la consultora alemana ERCOSPLAN, el área que comprende la Planta industrial es 2.500 m2 (500 m por lado), será una estructura imponente en el salar, con todos los estudios de suelos que permitan garantizar que una planta de esta naturaleza funcione correctamente. Se considera que será una de las diez plantas más importantes de mundo de sales de Potasio y una de las cuatro más grandes en Latinoamérica, asegurando que Bolivia ingrese como uno de los principales productores de fertilizantes potásicos para el desarrollo de la agricultura y la ganadería.

La instalación y montaje de la Planta Industrial de Sales de Potasio, comprende una sola línea de producción, para producir 350 mil toneladas de sales de Potasio por año, pero se construirá toda la infraestructura civil diseñada de acuerdo el proyecto que comprende las dos líneas de producción, la segunda línea se implementará de acuerdo al desarrollo del mercado interno y externo, hasta completar las 700.000 toneladas año.



Vista General del Proyecto - edificio Planta Industrial KCI

1.2.2. Ingeniería de Proyecto a Diseño Final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio

A partir de la inauguración de la planta Piloto de Carbonato de Litio, realizada en Enero de 2013, se logró producir Carbonato de Litio grado técnico con una pureza de entre 98 y 99%. En este año, se fueron innovando y optimizando las diferentes etapas del proceso de producción alcanzando una producción con mayor eficiencia hasta obtener un producto grado batería con una pureza mayor a 99,6%.

En el año 2014 se realizó la publicación en diferentes medios de comunicación escritos del país, la invitación pública dirigida a empresas nacionales y/o extranjeras para la presentación de expresiones de interés para la elaboración del Proyecto a Diseño Final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio. A esta convocatoria se presentaron cinco empresas interesadas: Arellano Ltda., K-Utec, Outotec, Petroquim- SEP y SETEC S.R.L/COMSET S.R.L.; donde la GNRE en la identificación y evaluación de las propuestas calificó y aprobó a la empresa Alemana K-Utec AG.

La suscripción del contrato se realizó en el mes de agosto en la localidad de Uyuni, para el proyecto a diseño final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio, con la empresa K-Utec AG, por un monto total de 33,6 millones de Bolivianos.

1.2.3. Vías de acceso

Al incrementarse las labores en Planta Llipi, así como el flujo de vehículos livianos y pesados, se generó la necesidad de mantener todas las vías de acceso en perfectas condiciones de transitabilidad, con el objetivo de asegurar que el trabajo no sea interrumpido, es así que las actividades de mantenimiento son desarrolladas de manera continua durante todo el año.

Mantenimiento continuo del terraplén, con la aplicación de Cloruro de Magnesio en compactado de plataforma

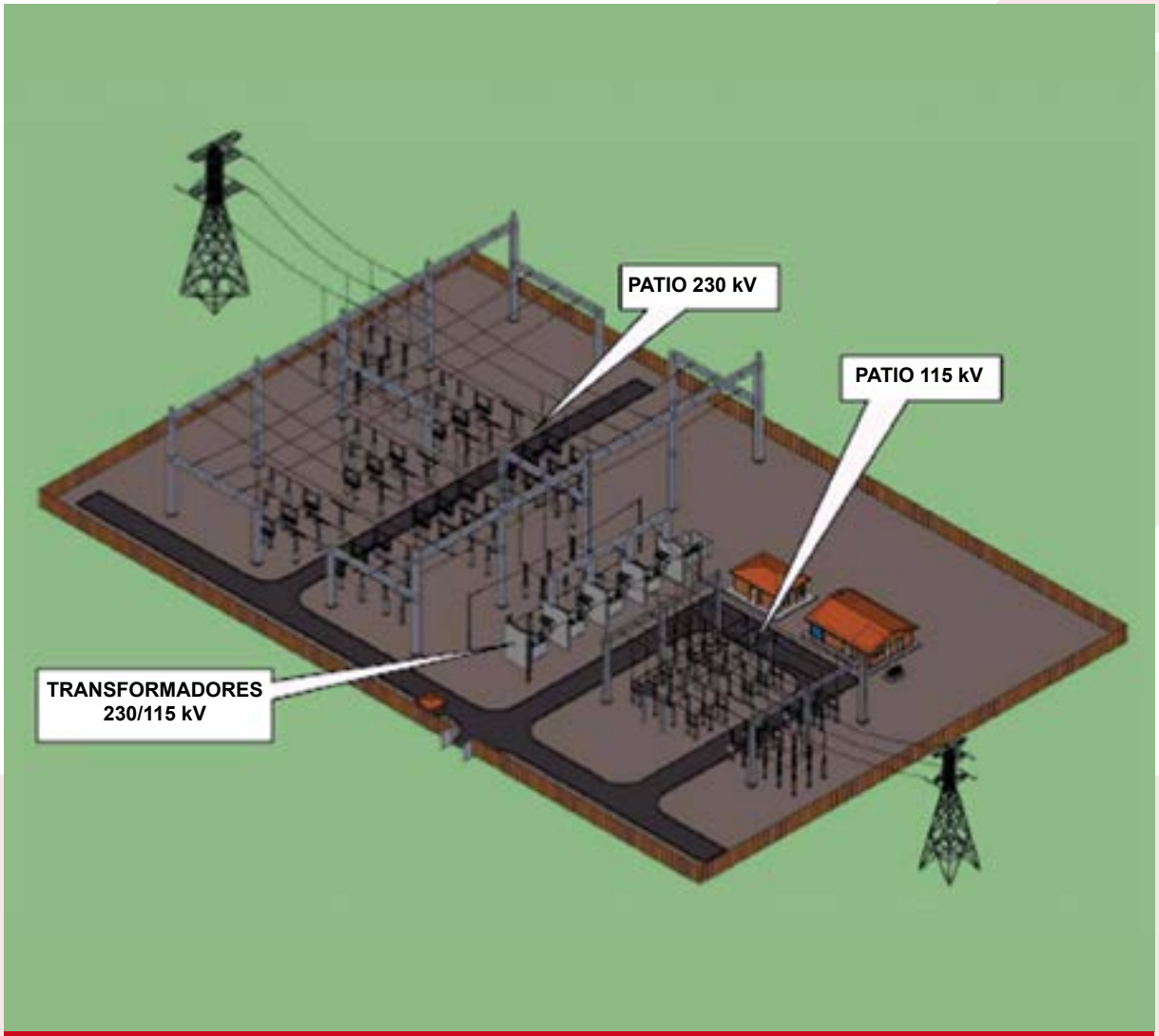
Es de considerar que en época de lluvias existe una elevada inundación de agua en el salar, que suele provocar problemas en el terraplén; principalmente por las condiciones geográficas del salar que está considerada como una cuenca endorreica y no se presentan drenajes por los cuales ese nivel freático pueda descender.

Para evitar que el terraplén vaya perdiendo resistencia por la saturación de agua, además precautelando las mejores condiciones para el tráfico de vehículos tanto livianos y sobre todo la maquinaria pesada que opera en el lugar, se diseñó el proyecto de construcción de alcantarillas y obras de arte con el objetivo de encauzar las aguas para la protección de las vías, las mismas estarán soportadas a través de muros de gaviones y colchonetas galfan (Alambre galvanizado de Zinc recubierto con un compuesto termoplástico a base de PVC).

1.2.4. Diseño y Construcción de la Red de Distribución Eléctrica

Durante esta gestión el Director General de Electricidad del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, ha elevado una nota donde se expresaba la confirmación de que el proyecto de transmisión de la estación “Litio Llipi Salar” formaba parte del presupuesto 2015; pero en comunicación directa durante el mes de Octubre el mismo funcionario ha informado de las diferencias técnico administrativas generadas que frenaron que esta parte del proyecto “Anillo Energético del Sur” pueda ser considerado dentro de este mismo presupuesto.

Por esto la GNRE a través de la dirección de operaciones ha gestionado un D.S. que permita el financiamiento de este proyecto a través de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), considerando que las actividades emprendidas por la Gerencia se encuentran en un proceso muy avanzado, que es necesario contar con este recurso a la brevedad posible.



Proyecto Sub-estación Electrica de Planta Llipi -1 230/115 kV

1.2.5. Análisis recursos energéticos

Durante esta gestión se incrementaron las actividades desarrolladas en Planta Llipi, respecto a los proyectos de construcción y mejoramiento relacionados con el proceso de industrialización del Litio en el salar de Uyuni; así también, las necesidades y requerimientos respecto al suministro de energía eléctica y el uso de combustibles se incrementaron.

Esta situación ha generado la realización de estudios respecto a la eficiencia técnica y económica en el uso de gas como recurso energético, considerando entre sus características su capacidad versátil, alto poder calorífico y la menor producción de CO2 generada en su combustión.

Realizando una comparación sobre la relación de precios respecto al Diesel normalmente utilizado, el GLP ofrece mejores ventajas económicas. Por estas razones se procedió a realizar el cambio en equipos de Diesel a GLP con el objetivo de obtener la mayor eficiencia de este equipo, siendo que en las condiciones de presión y temperatura en las que se trabaja en Llipi, se tienen mejores resultados.

Para el almacenamiento de tanques de GLP en condiciones óptimas y de seguridad, se procedió a la construcción de Plataformas ubicadas en cada una de las Plantas piloto, las mismas se realizan de acuerdo a normas y requisitos verificadas y certificadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

Plataforma para almacenamiento de tanques de GLP

1.2.6. Proyectos sobre recursos Hídricos

Con la finalidad de mejorar el suministro de agua, tanto para consumo humano y para las plantas del campamento Llipi y del salar, se demanda un mayor volumen de este recurso, por tanto, se planteó la necesidad de encarar proyectos referidos a la provisión de agua.

1.2.7. Línea de aducción de agua de San Jerónimo

El proyecto se realizó para llevar mediante tuberías, agua desde el sector San Gerónimo hasta Planta Llipi, el mismo se enfoca básicamente en la explotación de los recursos hídricos de los pozos perforados PSG-001 y PSG-002, mismos que según estudios técnicos, tienen un caudal de 16.5 (lts./seg.) y 13.5 (lts./seg.) respectivamente. La infraestructura básica del proyecto consiste en:

- Caseta de bombeo (infraestructura y equipo de bombeo)
- Construcción de un tanque elevado en cercanías del pozo PSG-002
- Línea de Aducción con tubería HDPE DN 6”
- Cárcamo de Bombeo en las cercanías de Planta Llipi.

Trabajo de entubado para el abastecimiento de agua potable de San Gerónimo a Llipi

1.2.8. Construcción del tendido eléctrico de media tensión trifásica hacia pozos de bombeo de San Gerónimo

El tendido eléctrico de la Línea de Media Tensión Trifásica hacia San Jerónimo, se encuentra en construcción, para alimentar a tres pozos de bombeo de agua dulce, con el objeto de suministrar agua al campamento de Llipi y el proyecto de construcción de la planta industrial de sales de Potasio, optimizándose el uso de diesel, bajo un estudio coherente y en apego a la ley de electricidad.

Este proyecto comprende la instalación de tres puestos de transformación de capacidad de 30KVA, con una longitud del tendido eléctrico de 12 Km, cuya derivación es del alimentador de Lipez I, operada por la empresa Eléctrica SEPSA S.A. el cual sale de la población de Rio Grande, asimismo, este proyecto, cuenta con la instalación y puesta en funcionamiento de 2 bombas de agua con los respectivos dispositivos de protección y maniobra.

1.2.9. Línea red de agua para planta KCl

La construcción se realizó para la provisión de agua desde el punto de interconexión ubicado en la planta piloto, hasta el área de construcción de la planta industrial de Cloruro de Potasio.

Termofusión de tubos de aducción de agua

1.2.10. Construcción de piscinas industriales

En la gestión que culmina, se ha concluido la construcción e impermeabilización de área basal de 6.000.000 m2, correspondiente a las piscinas de evaporación industrial; la Dirección de Operaciones mostrando idoneidad en organización, coordinación planificación entre sus áreas involucradas, logró cumplir con la meta planteada mejorando el avance de construcción de diques de piscinas de hasta 30.000 m2/día, haciendo una relación de 10 veces más las metas planteadas en años anteriores.

En la construcción de diques para piscinas industriales, se realiza el control de compactación, metodología de trabajo que consiste en ensayos de compactación para la determinación del protector de los materiales de préstamo, que son transportados hasta las áreas de construcción de diques de las piscinas industriales. Posteriormente se realizan ensayos de densidades in situ, por el método del cono de arena en tramos ya compactados, los cuales deberán ser aprobados por el servicio de laboratorio de suelos para la continuación en la construcción de la capa superior.

Replanteo topográfico de piscinas Industriales

1.2.11. Construcción de diques e impermeabilización

La concentración de salmuera para la obtención de materia prima, para las plantas piloto, se realiza a través de la evaporación en piscinas que están construidas sobre la costra salina del mismo salar.

Las piscinas de evaporación construidas con diques que se encuentran en el mismo salar de Uyuni, están diseñadas para la acumulación de salmuera en estado líquido, que en procesos de evaporación de cristalización controlada, nos proporcionan diferentes productos requeridos para la producción de Cloruro de Potasio, Carbonato de Litio y otros subproductos derivados de estos procesos.

Compactación de "cover" de piscinas industriales

1.2.12. Diseño y montaje Red de Bombeo

Las piscinas construidas e impermeabilizadas son alimentadas con salmuera, procedente de perforado para este efecto, esta operación se realiza mediante la instalación de una red de bombeo, con sus correspondientes tableros de control, protección y maniobra. El trabajo también considera la instalación y puesta en marcha de bombas centrífugas de recirculación y spols o sección de descarga de pozos.

Instalación de un punto de bombeo

1.2.13. Galpones de Almacenamiento de Cloruro de Potasio

Al trabajar en la optimización y mejoramiento de los procesos de producción de Cloruro de Potasio se incrementó la cantidad producida por mes; por tanto la capacidad de almacenamiento se redujo, generando la necesidad de construir ambientes con las condiciones necesarias para mantener el Cloruro de Potasio con los estándares de calidad como producto final.

Con este objetivo, se ha proyecta la construcción de seis galpones de almacenamiento en la ciudad de Oruro, de aproximadamente 28.5 x 20.2 mts cada una.

1.2.14. Inicio de obras Planta Industrial de sales de Potasio

Sobre la costra salina a unos 27 Km. de tierra firme, al Sur Este del Salar de Uyuni, la empresa China Camc ha iniciado sus operaciones con la preparación de la plataforma compactada sobre la que se erigirá esta nueva factoría, para el procesamiento de sales de Potasio a escala industrial.

Inicio de obras con la preparación de la plataforma para la Planta Industrial de sales de Potasio

Este procedimiento ya fue implementado por la GNRE en la Planta Piloto de Cloruro de Potasio, que consiste en retirar la costra salina, impermeabilizar la base para luego reponer con una capa de empedrado, sobre esta se rellena con graba y finalmente se consolida con una loza radier, sobre esta plataforma de 2.500 m2, se levantará la infraestructura de la Planta industrial de sales de Potasio.

Es una obra inédita de ingeniería desarrollada por técnicos de la GNRE, la plataforma compactada es como una nave flotante, porque debajo de esta infraestructura solo hay agua y lodo.

Avances en la compactación de plataforma para planta industrial de sales de Potasio

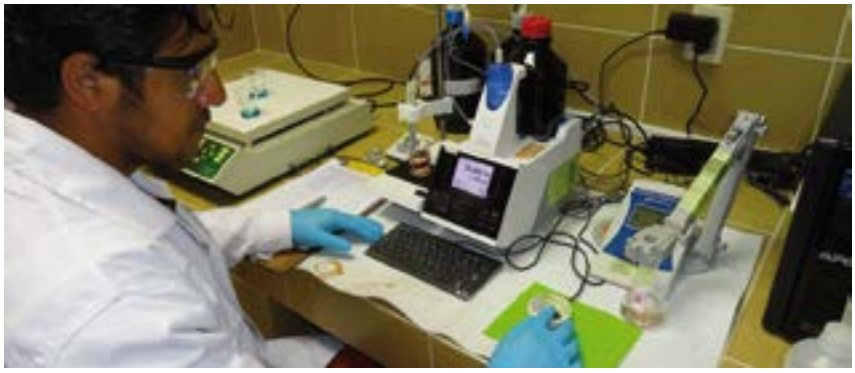
1.2.15. Se inicia bombeo a piscinas industriales

El sistema de bombeo en su primera etapa ha sido concluido el 18 de diciembre. A partir del día 19 se ha iniciado el bombeo a las piscinas industriales a través de 8 pozos con una distribución de más de 120 litros por segundo. Esto significa la alimentación al sistema de evaporación constituido por las piscinas que proveerán la materia prima para las plantas industriales de Potasio y Carbonato de Litio.

2

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

2.1. Unidad de Investigación



Trabajos de analis de Laboratorio

La Dirección de Investigación y Desarrollo, se constituye en uno de los pilares fundamentales en las tareas de control, certificación y producción de materia prima, además del permanente trabajo de optimización de los procesos industriales en la obtención de Carbonato de Litio, sales de Potasio, Magnesio y otros sub productos.

Con este objetivo se realizaron diferentes pruebas de laboratorio y de campo, con resultados muy alentadores, lo que nos permite ir mejorando continuamente los procesos industriales.

2.1.1. Flotación inversa a partir de sales mixtas

Esta investigación tiene por objeto desarrollar el estudio de la flotación de Cloruro de Sodio utilizando un colector tipo morfolina el cual se emplea para concentrar la carnalita mediante flotación inversa. Este método de flotación inversa se está implementando industrialmente en otros salares donde el mineral de carnalita contiene generalmente una cierta cantidad de halita (NaCl 15-30%), y requiere menos del 4% al 6% de halita para que a partir de este de la carnalita se obtenga Cloruro de Potasio.

Técnico de laboratorio de Llipi recogiendo muestras en piscina de Sulfato de Litio

En nuestro caso la flotación inversa se empleara para reducir el contenido de halita de sales producidas en la piscina denominada Mixtas-1 del circuito Piloto de Llipi. Las muestras empleadas para estas pruebas están compuestas mayoritariamente por sales de kainita, hexaedrita y carnalita con un contenido de halita del 16%. Los resultados de las pruebas preliminares muestran que en el float se tiene una distribución de sodio del 72%, obteniéndose una sal potásica-magnésica en el non float de la cual puede obtenerse Sulfato de Potasio o un fertilizante de segundo orden.

2.1.2. Tratamiento de la salmuera residual

Esta investigación se centra en la concentración y recuperación del Litio contenido en la salmuera residual generada luego de la etapa de cristalización de Sulfato de Litio, para ello se plantea tres alternativas: reinyección de una sal sulfatada que permita obtener nuevamente Sulfato de Litio de elevada concentración; el encalado que reduce el contenido de Sulfato que dando paso a la concentración de Litio en la salmuera y por último, el método de enfriamiento que permite obtener Sulfato de Magnesio favoreciendo así la recuperación posterior de Litio.

Los resultados del primer método muestran que la reinyección de una sal sulfatada a la salmuera residual, puede cambiar la química de la salmuera y alterar la precipitación de la sal llevándola a un área de estabilidad diferente donde vuelve a precipitar el Sulfato de Litio.

2.2. Unidad de Desarrollo

2.2.1. Operación de piscinas de evaporación: circuito modular y acoplamiento

Actualmente se cuenta con dos circuitos de piscinas de evaporación denominados Modular y Acoplamiento, en los cuales se procesa la salmuera en el campo de los sulfatos. Este proceso de evaporación natural fraccionada contempla las siguientes etapas de cristalización: Halita, Silvinita, Sales Mixtas, Sulfato de Litio y Bischofita.

Circuito de piscinas de evaporación, fase Piloto.

El circuito Modular cuenta con la línea completa dividida en sus respectivas etapas, en la presente gestión luego del restablecimiento de la operación de las piscinas posterior a la época de lluvias (diferente a la prevista) el circuito fue parcialmente operado debido a las cosechas de las piscinas de Sales Mixtas 1 y 2, las que iniciaron su restablecimiento a partir del mes de mayo y su puesta en operación, demoró más de lo previsto por las bajas evaporaciones que se presentaron hasta el mes de agosto.

Al igual que en las piscinas del circuito Modular, las piscinas de Acoplamiento tuvieron dificultad para el reinicio de su operación posterior a la imprevista época de lluvias, este circuito por ahora solo cuenta con las etapas de Halita y Silvinita esta última en operación en paralelo de dos piscinas, con el fin mejorar el producto entregado a la Planta de Sales de Potasio.

Durante la presente gestión se realizó la construcción de las piscinas complemento del Circuito Acoplamiento, es decir, Sales Mixtas, Sulfato de Litio, Bischofita, Plataforma de Escurrimiento y una piscina Pulmón (para las cosechas de Silvinita), poniéndose en operación hasta la etapa de sales mixtas.

La operación de ambos circuitos se realiza mediante bombeos programados para compensar el volumen de evaporado, y mantener de esta forma cada piscina en su respectiva etapa de cristalización establecida mediante cortes de concentración, el control de la concentración se realiza mediante la toma de muestras de salmuera las cuales son enviadas al laboratorio para su análisis químico, entre otros parámetros de operación también se controla la temperatura, densidad, pH y la altura de salmuera.

2.2.2. Cosecha de sales

Siguiendo con los procedimientos establecidos, en la presente gestión se llevó a cabo las siguientes cosechas de sales:

Silvinita Acoplamiento: Para el primer semestre de esta gestión, se programó la cosecha de sales de la piscina de la etapa Silvinita, es la primera vez que se realiza una cosecha en un área tan extensa (7,5/Ha), de donde se tomaron nota de los aspectos más importantes por la similitud que habrá en extensión con las piscinas industriales.

La cantidad cosechada tras un año de operación fue de aproximadamente 20.000 Tn., entregadas a la Planta Piloto de Potasio para su procesamiento y optención de Cloruro de Potasio de acuerdo a la composición de la materia prima.

Acopiado de materia prima (Silvinita) para Planta Piloto de sales de Potacio

Sales Mixtas: Tras un año de operación y en función a la altura considerable de cristales mixtas, se vio conveniente realizar las cosechas de las piscinas que contienen las etapas de cristalización de Sales Mixtas. De la cosecha de la primera piscina se obtuvo aproximadamente 4.280 Tn de cristal, y de la segunda piscina se cosechó alrededor de 1.253 Tn ambas sales han sido caracterizadas y sometidas a pruebas para la obtención Sulfato de Potasio y/o fertilizantes de segundo orden compuesto por mezclas de Sulfato de Potasio y Magnesio.

Sulfato de Litio: Durante esta gestión se realizaron 12 cosechas de las piscinas de Sulfato de Litio, las cuales se llevaron a cabo en sistema batch a partir del mes de agosto, debido al retraso de la época de lluvias y las bajas temperaturas, que provocaron que el restablecimiento operativo se de en un largo tiempo. La cantidad de Sulfato de Litio obtenido en esta gestión fue de aproximadamente 140 Tn.

Bischofita: Desde la gestión pasada se considera como un producto comerciable las sales de bischofita, teniendo como principal comprador a la Minera San Cristóbal, es así que, durante esta gestión también se realizaron dos ventas a esta misma empresa. Este producto es utilizado en la estabilización de suelos y para evitar la generación de polvo en vías de tierra.

Durante el mes de septiembre se concluyó con la cosecha de la piscina de Bischofita, la cantidad obtenida fue de aproximadamente 4.500 Tn.

2.2.3. Pruebas de evaporación

De acuerdo a los objetivos planteados se realizaron diferentes pruebas de evaporación, algunas de estas fueron presentándose durante el desarrollo de los trabajos, a continuación se resume las pruebas efectuadas:

- Evaporación de salmuera Silvinita acoplamiento diluida: Luego del receso de fin de año, con el objeto de verificar el punto de corte, esta prueba fue desarrollada durante el mes de febrero obteniendo el punto de corte de concentración en función del ión Potasio.
- Pruebas de lavado de Sulfato de Litio: Con el objeto de determinar la relación de adición de agua para el lavado de estos cristales y mejorar la relación Li/Mg, esta prueba fue desarrollada entre los meses de febrero y marzo, a la conclusión de las pruebas se determinó que la relación de lavado más óptima es de cristal/agua de 1:0.5, aunque las pruebas con el uso de salmuera bischofita también dieron buenos resultados.

Piscinas de evaporación de la línea de sulfatos

2.2.4. Datos meteorológicos

Se continúa con el análisis de los datos meteorológicos, en las tres estaciones ubicadas en Planta Llipi, Piscinas de Evaporación y UOP, en los parámetros de Temperatura, Humedad Relativa, Dirección y velocidad de vientos, precipitación pluvial y radiación solar.

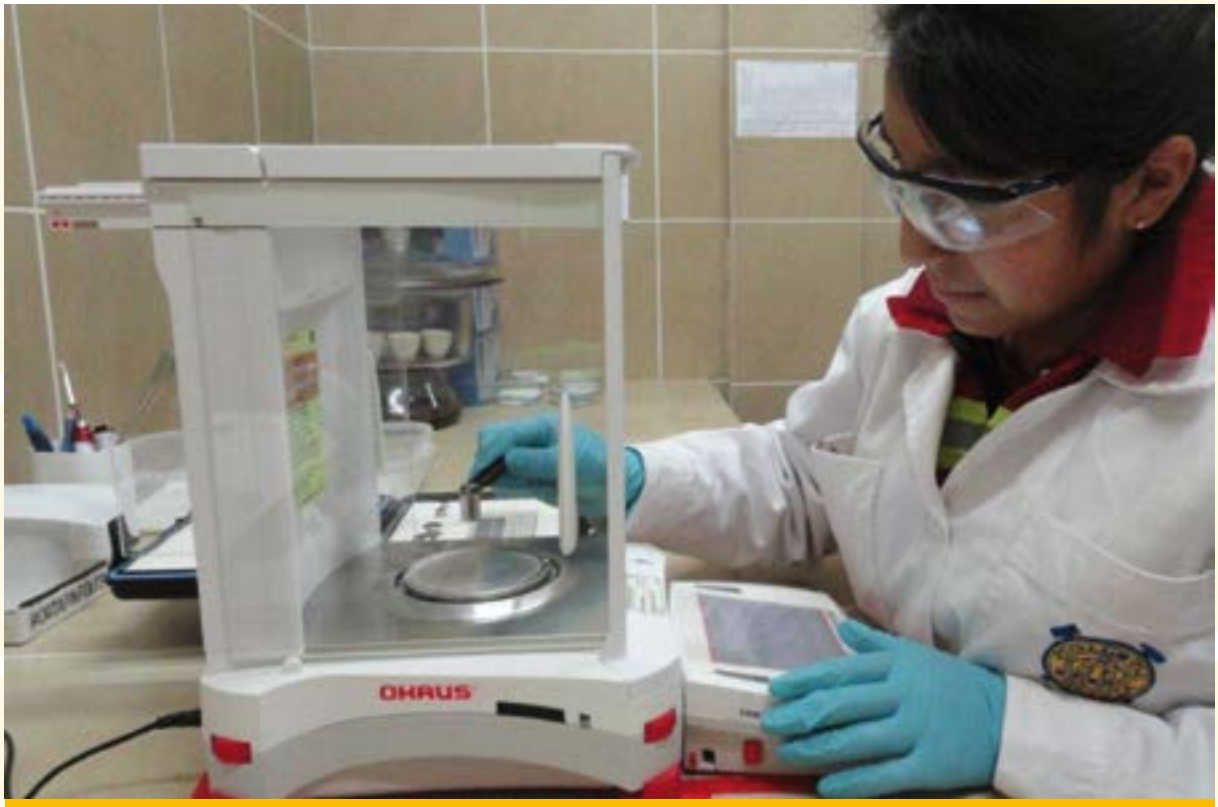
Esta gestión presentó eventos que no son tan frecuentes, como la caída de una intensa nevada a finales del mes de mayo, vientos que alcanzaron los 92 Km/h catalogado como Temporal Duro (de acuerdo a la escala de Beaufort) escala 10 de 12 ocurrido en el mes de julio, además de temperaturas que descendieron a los -14.8°C, resaltando que en el mes de septiembre se continúa con temperaturas muy bajas, que llegan hasta los -9ºC. La radiación máxima se presentó en la Estación de UOP alcanzando los 1.37 Kw/m2.

2.3. Unidad de laboratorio

2.3.1. Norma NB ISO/TEC 17025:2005

El personal de laboratorio de análisis químico de Planta Llipi y de la ciudad de La Paz juntamente con la consultora SIG “Acreditación y Certificación” en la gestión 2015, han concluido la implementación de la Norma ISO/IEC17025:2005 en el laboratorio de LLipi.

Esta norma tiene por objeto demostrar la competencia técnica en la realización de ensayos que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio, con el fin de brindar un servicio de ensayos confiable.



Laboratorista de GNRE, realizando análisis de laboratorio con muestras de sales

La norma exige que se deba efectuar requisitos de gestión y técnicos, los cuales se han cumplido de acuerdo a las siguientes actividades:

Tabla 1. Detalle de actividades para la implementación de la norma

ETAPAS	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO
Etapa - 1	Diagnóstico y evaluación situacional
Etapa - 2	Elaboración de documentación, del sistema gestión
Etapa - 3	Capacitación del personal
Etapa - 4	Asistencia técnica en la validación de métodos de ensayo
Etapa - 5	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración
Etapa - 6	Implementación del sistema de gestión Evaluación del laboratorio
Etapa - 7	Evaluación del sistema de gestión realizando auditorías internas bajo la normas establecidas
Etapa - 8	Asistencia técnica para el proceso de acreditación y presentación del informe final

En las etapas 4 y 5 se han validado cuatro métodos de ensayo: Litio y Potasio con métodos por Absorción Atómica, Cloruros con método volumétrico y Carbonatos por método Potenciométrico, estos dirigidos a la comercialización de los productos, Cloruro de Potasio y Carbonato de Litio.

2.3.2. Desarrollo de métodos analíticos alternativos

El personal de laboratorio de Planta LLipi ha realizado el desarrollo del método alternativo para el análisis de sulfatos por UV-VIS, a su vez realizó la verificación del principio activo de estándares para el equipo de Absorción Atómica.

De igual manera el personal de laboratorio de la ciudad de La Paz, ha desarrollado el método para la determinación de carbonatos por el método Potenciométrico, y las optimizaciones de los métodos de cloruros por volumetría, determinación de Litio y Potasio por Absorción Atómica.

Técnico de la GNRE recogiendo nuestras de cristalización en pruebas de evaporación en bañeras

2.3.3. Capacitación

La GNRE consciente de la importancia de la formación del recurso humano ha llevado a cabo capacitaciones internas con profesionales propios, así mismo se ha contratado entidades externas para la capacitación en las siguientes áreas: Manejo y Mantenimiento del Equipo de Absorción Atómica, Aplicación estadística y el cálculo de la incertidumbre en la calibración de balanzas y material volumétrico, Buenas Practicas de Laboratorio, Seguridad Industrial en laboratorios y manejo de sustancias peligrosas.

2.3.4. Servicio de análisis químico y mineralógico

Los laboratorios de la ciudad de la Paz y de Planta Llipi, brindan servicios de análisis químico y mineralógico, a las diferentes unidades con las que cuenta la GNRE dentro su estructura, Plantas Piloto de Potasio y Carbonato de Litio, Geología, Investigación, Desarrollo, Baterías y Medio Ambiente, y a proyectos de investigación que se llevan a cabo con Universidades según convenio.

2.4. Investigaciones desarrolladas en el Salar de Coipasa

2.4.1. Obtención de sales de Potasio

Esta investigación tiene por objeto realizar un estudio para el tratamiento de la primera etapa de sales mixtas provenientes del procesamiento de la salmuera del Salar de Coipasa. Para este propósito se hizo una caracterización química y mineralógica de las sales, identificando que está compuesta mayoritariamente por Halita (NaCl), Shoenita [K2Mg (S04)2 6H20] y Kainita KClMg(S04) 3H20.

Piscinas experimentales del Salar de Coipasa

De acuerdo a los compuestos identificados, el proceso propuesto es mediante la flotación de la Shoenita o Kainita, que posteriormente pasará a una conversión con Cloruro de Potasio y así obtener la sal de Sulfato de Potasio. Las primeras pruebas de flotación muestran que es posible la flotación de estas sales y con una recuperación de 58%, el concentrado obtenido fue sometido a la conversión con Cloruro de Potasio con la cual se obtuvo Sulfato de Potasio cercano al grado comercial.

2.4.2. Estudio del comportamiento del Boro en la salmuera y cristal

Este trabajo se enmarca en el estudio del comportamiento del ión Boro durante el proceso de evaporación de la salmuera de los pozos 3 y 5 realizados en el Salar de Coipasa, y sus respectivas sales correspondientes a las diferentes etapas de dicha evaporación.

Los primeros resultados muestran que el Boro tiende a concentrase gradualmente hasta un 50% del volumen total de agua contenida en la salmuera y es en ese punto donde empieza a precipitar.

Pruebas de bombeo en el Salar de Coipasa

2.4.3. Unidad de Desarrollo

En la gestión 2014 se construyeron piscinas a orillas del pre-salar en las cuales se trabajaron con volúmenes mayores de salmuera del pozo 1, de estas pruebas en el mes de junio de la presente gestión se realizaron cosechas de sales mixtas las cuales servirán para continuar con las pruebas de procesamiento del área de investigación. Así mismo en este año, en dichas piscinas se realizó pruebas de evaporación con salmuera proveniente del pozo 3 las cuales tuvieron un comportamiento similar, se identificaron las mismas etapas de cristalización pero con valores de concentración variable.

2.4.4. Diseño y construcción de piscinas en pequeña escala

Con los datos de: meteorología, evaporación, piscinas del pre-salar y bañeras, se ha realizado el dimensionamiento de un circuito de evaporación fraccionada, para la concentración de salmuera correspondiente al pozo denominado Nº 1, dicho circuito ha sido escalado a una dimensión experimental, debido a recortes de presupuesto, se ha logrado construir e impermeabilizar el 100% de piscinas, y están en funcionamiento con pruebas de evaporación el 80%.

2.4.5. Investigación y Desarrollo de métodos analíticos alternativos en Salar de Coipasa

El personal de laboratorios de la Estación Experimental de Tauca ha realizado la investigación y desarrollo de métodos alternativos para la determinación de: Calcio, Magnesio y Boro por volumetría, estos métodos han sido transmitidos a los laboratorios de La Paz y Llipi de la GNRE, para su implementación de acuerdo a las condiciones y particularidad del tipo muestra que cada uno presenta.

3

GEOLOGÍA

La Dirección de Geología encargada de la exploración superficial y mediante perforaciones en los salares, nos permite conocer la estructura, composición y características del Salar de Uyuni y Salar de Coipasa, habiendo aportado con información certificada muy valiosa, para la definición de los puntos de extracción de salmuera para su posterior procesamiento.

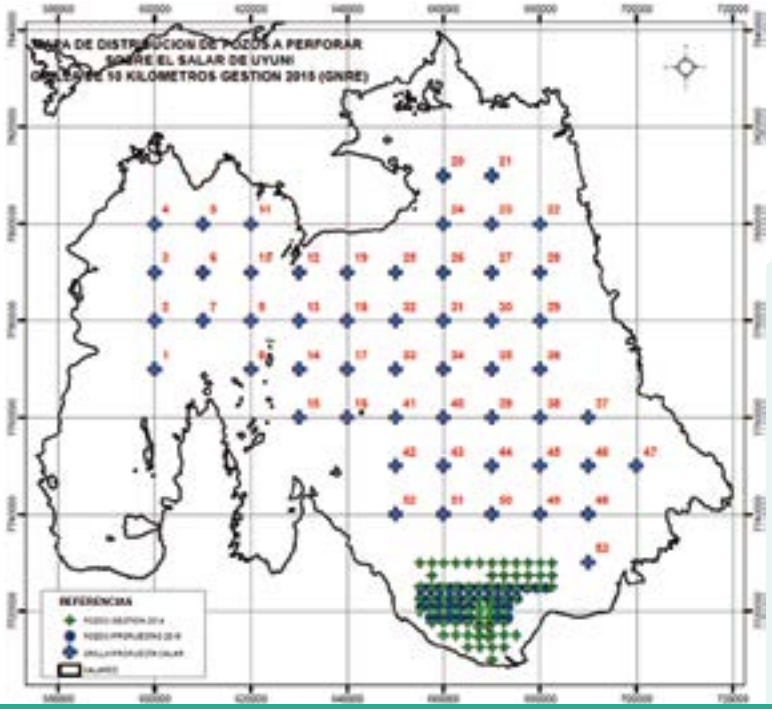
Los trabajos de exploración mediante perforaciones, se ha extendido prácticamente en toda la superficie de la costra salina del Salar de Uyuni, los resultados obtenidos, nos permiten establecer las concentraciones de Litio, Potasio y otros elementos, contenidos en cada punto de perforación.

Pruebas de bombeo de salmuera en uno de los pozos de producción en el Salar de Uyuni

3.1. Perforación de pozos de exploración en el Salar de Uyuni

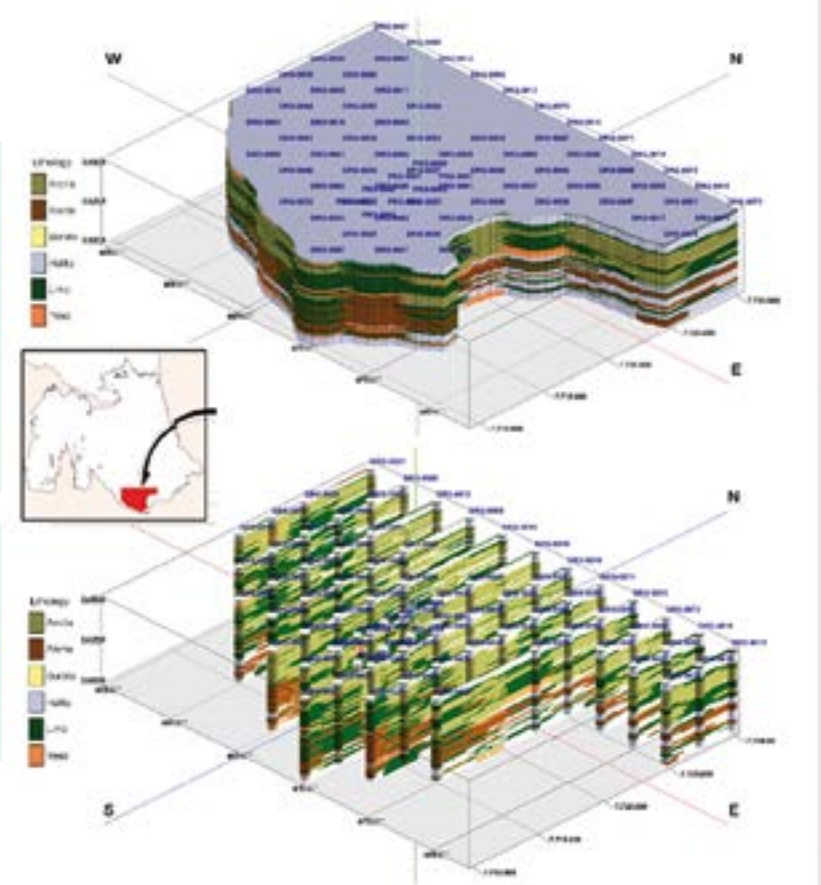
Durante el 2015 se ha iniciado la exploración en todo el Salar de Uyuni, con la perforación de 2.960 m a diamantina, metraje distribuido en una malla de 10 x 10 Km en todo el Salar de Uyuni, en pozos de 50 m de profundidad en los cuales se tomaron muestras de salmueras a diferentes profundidades. Este metraje incluye un pozo profundo (E-036) de 460 m que ha alcanzado el fondo del Salar.

En base a la malla de 10 x 10 Km en todo el Salar de Uyuni y el muestreo realizado se elaborará un mapa de isoconcentraciones de todo el Salar con muestras de la costra superficial y de salmuera profunda hasta 50 m, para conocer el comportamiento de las concentraciones en todo el Salar y poder cuantificar de forma más precisa los recursos del Salar de Uyuni.



Malla de perforación de pozos exploratorios a diamantina en el Salar de Uyuni

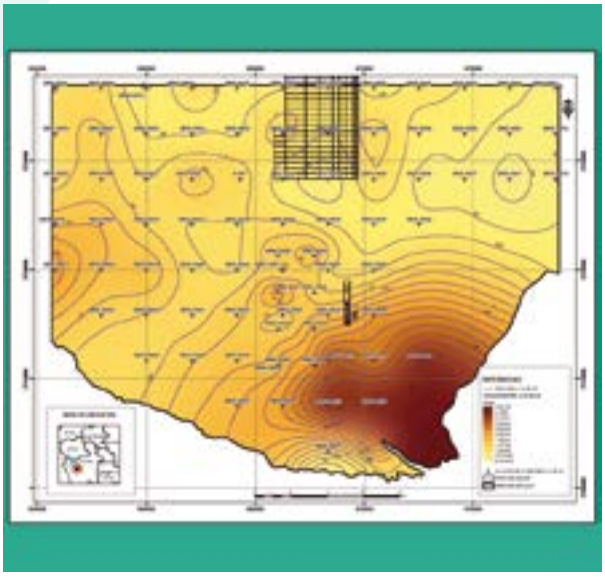
3.2. Resultados de los trabajos de perforación



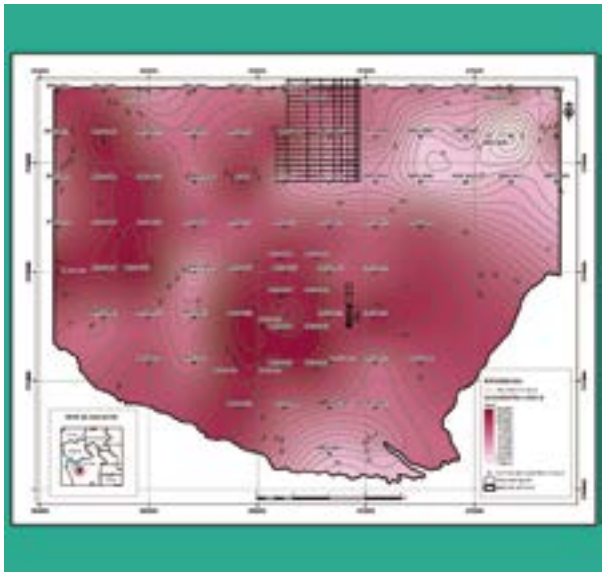
Modelaje 3D elaborado en base a las perforaciones a diamantina

Durante el año 2014 y parte del 2015 se completó una malla de pozos exploratorios a diamantina en una malla de 2,5 x 2,5 Km en un área algo mayor a 500 Km², con la finalidad de tener una idea clara del comportamiento de las capas subyacentes en el Salar de Uyuni y cuantificar las reservas, en base a estas perforaciones se realizaron correlaciones estratigráficas y se elaboró un modelaje 3D del sector, en el cual se puede apreciar la disposición de las capas litológicas por debajo de la superficie salina.

Durante las perforaciones a diamantina se tomaron muestras de salmuera a diferentes profundidades, a partir de cuyos resultados se elaboraron mapas de isoconcentraciones para diferentes elementos analizados y profundidades. Estos mapas confirman una mayor concentración de Li en la desembocadura del delta del Río Grande.



Mapas de iso-concentraciones de litio



Mapas de iso-concentraciones de Potasio

Desde el año 2013 se tiene un total de 7760 m perforados a diamantina, en un total de 135 pozos, distribuidos de la siguiente forma:

Pozos	Tipo de pozo	Cantidad	Profundidad	Total Metros	Año
ERCOSPLAN	Geotécnicos	9	Hasta 34 m	130	2013
D-000	Exploratorios	9	Hasta 155 m	1370	2013
DRG-000	Exploratorios	41	50 m	2050	2014
DRG-000	Monitoreo	19	50 m	950	2014
DRG-000	Exploratorios	6	50 m	300	2014
DRG-000	Exploratorios	5	50 m	250	2015
E-000	Exploratorios	45	50 m	2250	2015
E-036	Exploratorios	1	460 m	460	2015
TOTALES		135		7760	

Resumen de pozos a diamantina ejecutados por GNRE en el Salar de Uyuni

3.3. Perforación de pozos de producción en el Salar de Uyuni

Con el objetivo de alimentar las piscinas industriales durante la gestión 2015 se ha perforado un total de 2.000 m a circulación directa, distribuidos en 40 pozos de 50 m de profundidad, distribuidos en una malla de 2 x 2 Km.

Desde el año 2012, se tiene un total de 4192 m perforados a circulación directa, en un total de 76 pozos, distribuidos de la siguiente forma:

Pozos	Tipo de pozo	Cantidad	Profundidad	Total Metros	Año
RGE-000	Exploratorios	5	Hasta 84 m	404	2012
A-000	Exploratorios	12	Hasta 50 m	598	2013
B-000	Exploratorios	1	90 m	90	2013
C-000	Monitoreo	2	150 m	300	2013
P-000	Productivos	8	50 m	400	2013
PRG-000	Productivos	8	50 m	400	2014
PRG-000	Productivos	40	50 m	2000	2015
TOTALES		76		4192	

Resumen de pozos a circulación directa ejecutados por GNRE en el Salar de Uyuni

3.4. Perforación de pozos de investigación en el Salar de Coipasa

Durante las gestiones 2013-2014 y 2015 se han realizado perforaciones de pozos exploratorios, la profundidad estimada de los pozos inicialmente era de 164 m considerando la bibliografía existente y en base a estudios geofísicos de gravimentría realizados el año 1997 entre la Universidad Técnica de Oruro y la Universidad de Lieja. Los primeros resultados de la perforación ejecutada por la GNRE el año 2013 determinaron capas de halita profundas desde aproximadamente los 90 m, estas capas de halitas continúan en profundidad y no se ha podido determinar la profundidad del basamento, habiendo llegado a 258 m en el pozo de mayor profundidad.

En función a los resultados de las perforaciones realizadas el 2013 y 2014, se programó para el año 2015 la perforación de 5 pozos a diamantina, alcanzando una profundidad de 200 m cada uno, de igual forma se ejecutó la perforación de 330 m en pozos a circulación directa con sus respectivos piezómetros, para determinar el comportamiento de los acuíferos, los resultados de estas investigaciones están siendo evaluados y se tiene planificado concluir esta actividad durante la gestión 2016.

Perforación en Salar de Coipasa

Desde el año 2013 se tiene un total de 2704 m perforados a diamantina, en un total de 15 pozos exploratorios de acuerdo al siguiente detalle:

Pozos	Tipo de pozo	Cantidad	Profundidad	Total Metros	Año
DC-000	Exploratorios	5	Hasta 188 m	704	2013
DC-000	Exploratorios	5	Hasta 258 m	1000	2014
DC-000	Exploratorios	5	Hasta 200 m	1000	2015
TOTALES		15		2704	

Resumen de pozos a diamantina ejecutados por GNRE en el Salar de Coipasa

En el caso de los pozos a circulación directa a partir del año 2014 se tiene un total de 498 m perforados en 7 pozos exploratorios para la obtención de parámetros hídricos de acuerdo al siguiente detalle:

Pozos	Tipo de pozo	Cantidad	Profundidad	Total Metros	Año
CC-000	Exploratorios	1	CC-001 - 110 m	110	2014
TA-001	Productivo - agua	1	80	80	2014
CC-000	Exploratorios	5	CC-002 - 146,5 m CC-003 - 44.5 m CC-004 - 42.5 m CC-005 - 37.5 m CC-006 - 37.0 m	308	2015
TOTALES		7		498	

Resumen de pozos a diamantina ejecutados por GNRE en el Salar de Coipasa

3.5. Hidrogeología

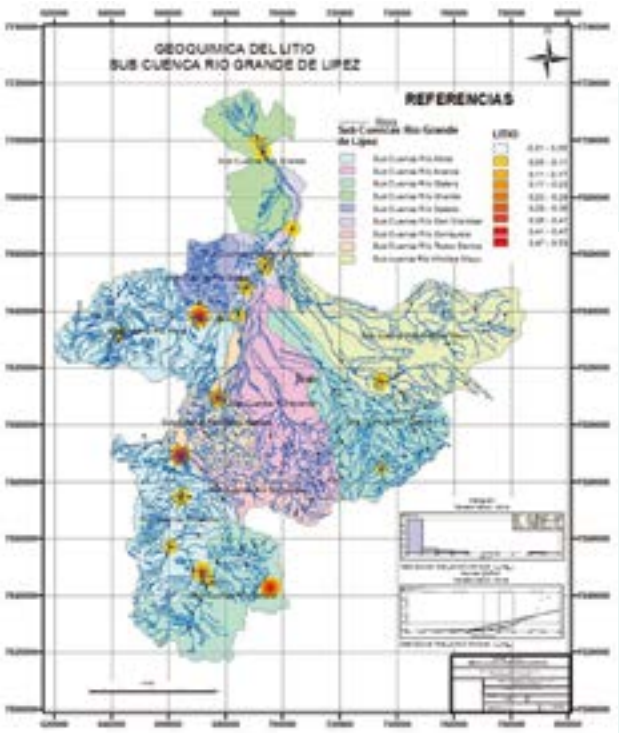
Con el fin de determinar las fuentes de origen del Li y otros elementos, además de identificar fuentes de agua tanto superficiales como subterráneas para su uso durante la actividad industrial, durante el 2015 se han elaborado Informes y mapas geoquímicos de los diferentes elementos en cada una de las subcuencas del Salar de Uyuni, muestreadas en época seca y húmeda del año 2014, en estas muestras se realizaron análisis multielementales y físico-químicos de acuerdo al siguiente detalle:

Análisis Multielemental de aguas y Sedimentos de Corriente

TIPO DE MUESTRA	TOTAL ELEMENTOS ANALIZADOS	ELEMENTOS ANALIZADOS
Aguas Superficiales	38	Li-Be-Na-Mg-Al-Si-K-Ca-Ti-V-Cr-Mn-Fe-Co-Ni-Cu-Zn-As-Se-Sr-Zr-Mo-S-Ag-Cd-Sn-Sb-Te-Ba-Ce-W-Tl-Pb-Bi-U-P-Hg-B
Aguas Subterráneas	38	Li-Be-Na-Mg-Al-Si-K-Ca-Ti-V-Cr-Mn-Fe-Co-Ni-Cu-Zn-As-Se-Sr-Zr-Mo-S-Ag-Cd-Sn-Sb-Te-Ba-Ce-W-Tl-Pb-Bi-U-P-Hg-B
Sedimentos de Corriente	48	Ag-Al-As-Ba-Be-Bi-Ca-Cd-Ce-Co-Cr-Cs-Cu-Fe-Ga-Ge-Hf-In-K-La-Li-Mg-Mn-Mo-Na-Nb-Ni-P-Pb-Rb-Re-S-Sb-Sc-Se-Sn-Sr-Ta-Te-Th-Ti-Tl-U-V-W-Y-Zn-Zr

Nº	DETALLE
1	pH
2	Conductividad
3	Temperatura
4	Color
5	Turbidez
6	Sólidos Disueltos Totales
7	Sólidos Suspendidos Totales
8	Sólidos Totales
9	Sólidos Sedimentables
10	Alcalinidad
11	Dureza total
12	Cloruros Cl-
13	Sulfatos $SO_4^{=}$
14	Nitratos NO3-
15	Nitritos NO2-
16	Cromo VI
17	N- Amoniaco NH4
18	Cianuro libre
19	Fosfato
20	Fluoruro F-
21	DBO5 (excepto aguas subt.)
22	DQO (excepto aguas subt.)
23	$CO_3^{=}$
24	HCO_3-
25	OH-
26	Coliformes Fecales
27	Parásitos

Análisis Físico-químicos de aguas Superficiales y Subterráneas



Mapa geoquímico de Litio en la sub cuenca del Río Grande de Lípez

3.6. Estudios de Geofísica

En base al levantamiento geofísico preliminar realizado para la GNRE durante la gestión 2013, a partir de la gestión 2015 la GNRE ha planificado realizar un levantamiento con Tomografías Verticales Geoeléctricas (TVG) en el Salar de Uyuni, este estudio permitirá definir con mayor exactitud la geometría y profundidad de anomalías, identificando posibles puntos para la perforación de pozos, mismos que posteriormente deberán ser correlacionados con la información litológica obtenida de las perforaciones a diamantina. Se han levantado pseudosecciones con diferentes resisitividades del subsuelo atravesado, datos de campo de un área aproximada de 500 Km² los cuales serán procesados y analizados durante los primeros meses del año 2016, época en la cual el Salar se encuentra inundado y no es posible la toma de datos con este método.

Levantamiento geofísico en el Salar de Uyuni (Tomografía Vertical Geoelectrica)

4

MEDIO AMBIENTE

4.1. Licencias ambientales y monitoreo

Los proyectos que se desarrollan en el Salar de Uyuni, cuentan con sus respectivas licencias ambientales y el Proyecto Planta Modular y Planta Industrial de Cloruro de Potasio, presenta cada gestión el Informe de Monitoreo Anual (IMA) a las Autoridades Ambientales Nacional, Sectorial y Departamental.

En la Gestión 2015 se elaboró el IMA de la gestión 1/6/2014 al 1/6/2015, en base al monitoreo periódico que realiza el Área de Medio Ambiente a todas las actividades y obras que se desarrollan en el proyecto.

	Corporación Minera de Bolivia Gerencia Nacional de Recursoso Evaporíticos	Ficha de Monitoreo Ambiental
Aspecto: Construcción de las piscinas y terraplenes y caminos de circulación		**Código:** MA-E-02
Actividad: Excavación de Zanja para anclado de membranas de impermeabilización		**Áreas:** Obras Civiles
Punto de Monitoreo: Piscinas Industriales		**Fecha:** Noviembre 2014

Registro fotográfico

No Conformidad	Real	Potencial
Ninguna		
Acción Correctiva		
Ninguna		
Análisis de Causa		
El trabajo de construcción se realiza en áreas delimitadas previamente y conforme una planificación y se trabaja con seguridad		
Acción Preventiva		

Resp. Implementación:	**Firma:**
Responsable Verificación: Responsable de Medio Ambiente	**Firma:**
Verificación de la Acción Correctiva / Preventiva	**Fecha:**

Para el monitoreo, se utilizan listas de chequeo y Fichas de Inspección que son llenadas por el personal de medio ambiente y los responsables de cada área, que en el mismo formulario se comprometen a solucionar cualquier observación en fechas establecidas.

Realizamos semestralmente muestreos y análisis de laboratorio de los factores agua, aire y costra salina. También se monitorean las aguas subterráneas próximas a nuestro lecho filtrante para determinar si su calidad es la misma que en zonas alejadas y para esto contamos con pozos piezométricos de los cuales sacamos las muestras.

Este año adquiriremos caudalímetros para medir el ingreso de agua a las deferentes plantas y al campamento, para tener registros que nos permitan realizar un seguimiento al uso del líquido elemento.

A solicitud del Ministerio de Medio Ambiente y Aguas, realizamos también monitoreos de fauna, por lo que tenemos fichas de reportes de fauna que son llenadas por el personal del área, pero este año se entregaran guías y libretas a todo el personal para que colabore con el monitoreo y reporte de avistamiento de fauna.

	Corporación Minera de Bolivia **Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos**			**Lista de Chequeo** **Monitoreo Ambiental**
Aspecto: Implementación del sistema de gestión de residuos sólidos				**Código:** MA-E-01 / **Fecha:** 6/15
Actividad: Acumulación de Residuos Sólidos				**Área:** Medio Ambiente
Punto de Monitoreo: Botadero de la Planta Llipi				**Frecuencia:** Mensual
Parámetros de verificación	**Cumple**			**Observaciones**
	Si	**Parcial**	**No**	
Establecer cronogramas para opreción de ordenamiento y limpìeza	X			El área Medio Ambiente cuenta con cronogramas mensuales, semanales y diariamente
Proporcionar los EPPs correspondiente a los trabajadores	X			La Unidad de MASI y SO ha proporcionado los EPPs correspondientes
Restricción o suspención temporal de actividades durante ocurrencia de vientos fuertes	X			El trabajo no se realizó durante la ocurrencia de vientos fuertes
Disposición inadecuada de residuos sólidos, por parte del personal		X		Falta de conciencia en los trabajadores respecto a la gestión de residuos sólidos
Establecer horarios de trabajo	X			La Unidad de Medio Ambiente realiza los trabajos en horarios establecidos
Restringir la afectación de áreas limitandose a las estrictamente necesarias	X			El trabajo se realiza en áreas intervenidas

	Corporación Minera de Bolivia Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos	Ficha de Monitoreo de Fauna
Aspecto: Monitoreo Fauna Silvestre		**Código:** MA-FS-01
Actividad: Reporte de avistamiento de fauna silvestre área del proyecto		**Área:** MA. SySO
Punto de Monitoreo:		**Fecha:** 30/03/2015

REGISTRO FOTOGRÁFICO

SITUACIÓN EN LA QUE SE LE ENCONTRO A LA ESPECIE:

El lunes 30 de Marzo de 2015, horas 8:45 aproximadamente,se observó la presencia de cuatro zorros fuera del cerco de la planta Llipi próximo a la colina denominada Allka Loma. Estos animales silvestres tenian el tamaño de un perro común, ademas tenia una coloración de color tierra y naranja. En ese momento se tomó vistas fotográficas de los animales.

COMENTARIOS:

Ya en noviembre de 2014 se observaron zorros en esta área pero en ese momento no se contaba con cámara para el registro fotográfico.

SUGERENCIAS RECOMENDACIONES:

NInguna.

Resp. del Reporte: Maribel Soria Cahuaya	**Firma:**
Responsable de Recepción de la Información:	**Firma:**
Verificación del Reporte:	**Fecha: 30/03/2015**

4.2. Gestión de residuos sólidos

En cuanto a la Gestión de Residuos Sólidos, contamos con una base de datos de los residuos sólidos generados en campamentos, oficinas, almacenes, áreas de mantenimiento, área de procesos, plantas piloto, área civil, etc., ya que todos los residuos son seleccionados y pesados antes de almacenarlos o darles una disposición final, semanalmente.

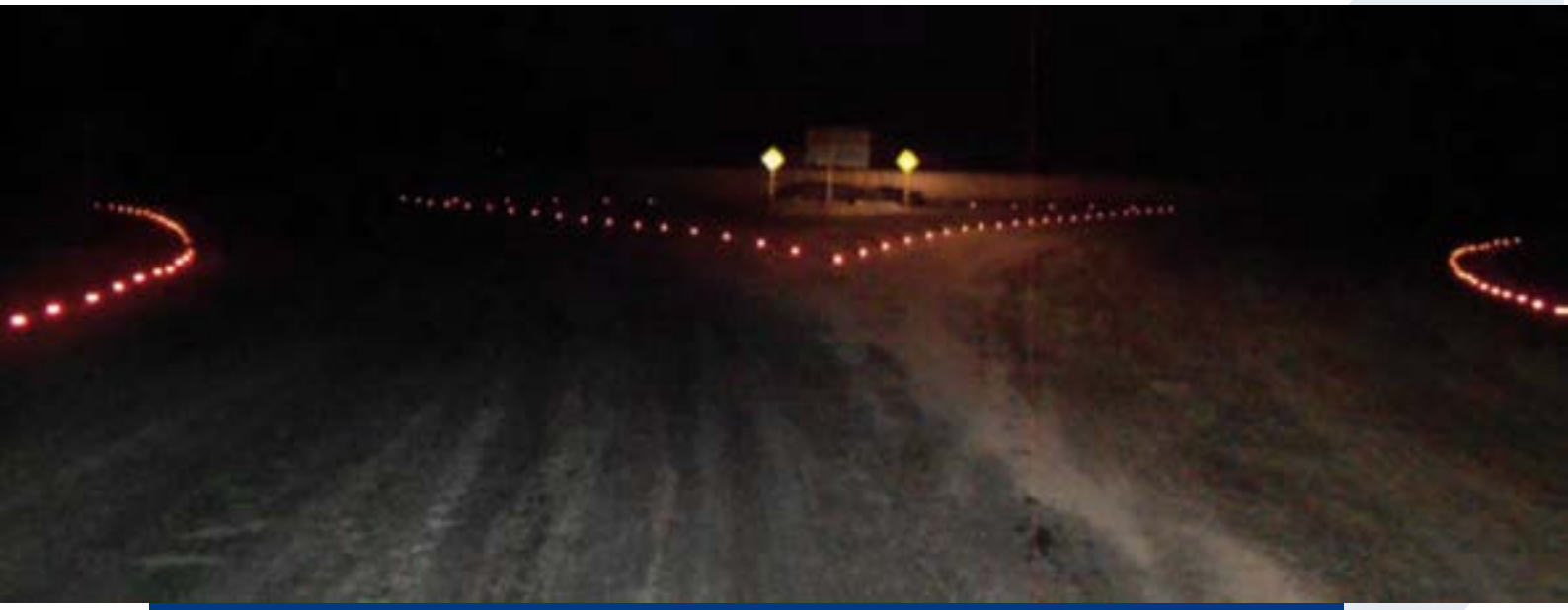
De acuerdo a lo establecido en nuestro Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, los residuos sólidos orgánicos son enterrados, los que no pueden ser aprovechados son incinerados y los demás son almacenados esperando una resolución de la COMIBOL que sea el respaldo legal para su transferencia o venta.

Para una buena gestión de residuos sólidos, es importante la correcta selección en origen por lo que periódicamente se capacita al personal y se lo evalúa, todo personal nuevo es capacitado a su ingreso.

Técnicos de la GNRE en tareas de incineración de residuos sólidos

En esta gestión las botellas PETs acumuladas fueron reutilizadas por la Encargada de Seguridad Industrial, que con personal de apoyo señalizó los caminos con las botellas que fueron llenadas de arena, se les colocó cinta reflectiva y se las enterró, como se observa en las imágenes.

Botellas llenadas de arena y selladas con cinta reflexiva para señalización de vías



Vista nocturna de la señalización con botellas

4.3. Implementación de baños ecológicos secos

Hasta el momento contamos con cinco baños ecológicos secos en el salar, para el uso de estos baños se tiene un manual y se capacita al personal en el uso de los mismos y el mantenimiento. Próximamente se adquirirán otros cinco baños ecológicos más.

Vista 1.- Como se puede observar en la imagen, se realiza la Inspección a los baños ecológicos.

Vista 2.- Baños ecológicos secos en el campamento de piscinas industriales.

4.4. Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales negras que son traídas desde el Salar de Uyuni, son tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas (PTA), el tratamiento es biológico y se trabaja con un biodigestor, posteriormente las aguas van a un lecho filtrante. Las aguas del campamento de Llipi son tratadas en cámaras sépticas después del paso por las cuales también pasan a un lecho filtrante mucho más grande.

Este año se iniciará en noviembre el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Origen Doméstico e Industrial para el Proyecto Desarrollo Integral de la Salmuera del Salar de Uyuni.

4.5. Estudio microbiológico

Finalizó el estudio "Comparación de las Estructuras de las Comunidades Microbianas en Salmueras y Tapetes de Áreas sin Intervención y Áreas de Aprovechamiento de Recursos Evaporiticos en el Salar de Uyuni" y contamos con una línea base del salar de Uyuni, para mitigar cualquier impacto a estas comunidades entre las cuales se encuentran bacterias, arqueobacterias, algas, hongos y virus extremófilos que aguantan condiciones de salinidad extrema sin desecarse (halófilos). En una segunda fase continuaremos investigaciones con institutos de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) y de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) que desde hace más de 10 años están trabajando con estos microorganismos halófilos que son de interés médico, alimenticio y cosmético.

Microorganismos extremófilos presentes en el Salar de Uyuni, pueden ser posiblemente empleados para optimizar o generar nuevas técnicas de procesamiento mineral (biominería), para implementar estrategias destinadas a controlar y prevenir la contaminación por desechos mineros o bien aprovechar su potencial biotecnológico en otras áreas de interés, como biomateriales, biosensores, y bioelectrogénesis.

También se puede trabajar en un proyecto para la extracción del magnesio de la salmuera con microorganismos aislado del salar, tal y como se está realizando en el salar del Hombre Muerto de Argentina, o la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados utilizando estos microorganismos.

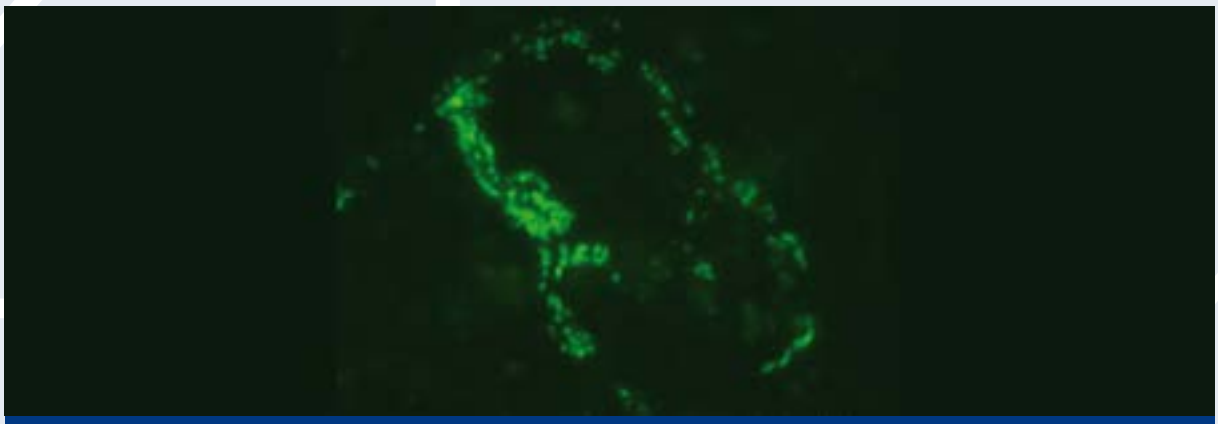
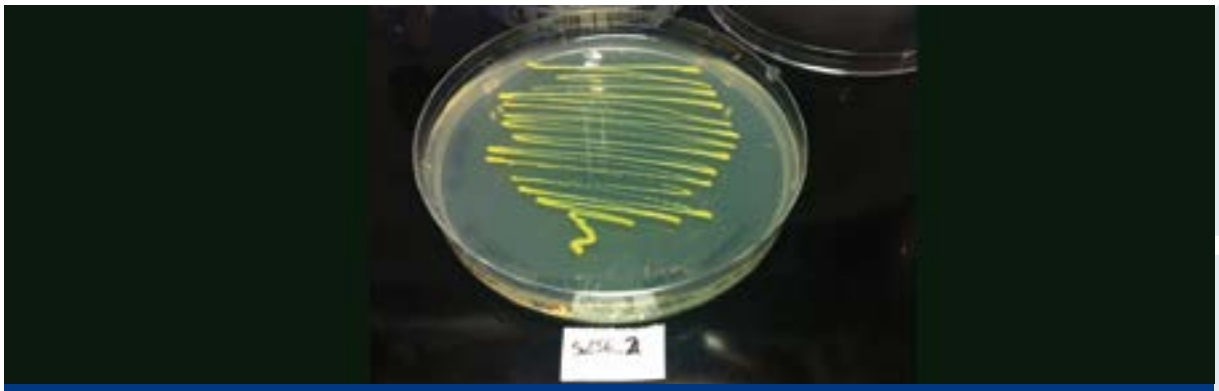


Imagen de bacterias del salar de Uyuni (microscopio óptico)



Cultivo de bacterias aisladas en un punto de muestreo del Salar de Uyuni

Arqueas del salar de Uyuni (microscopio óptico)

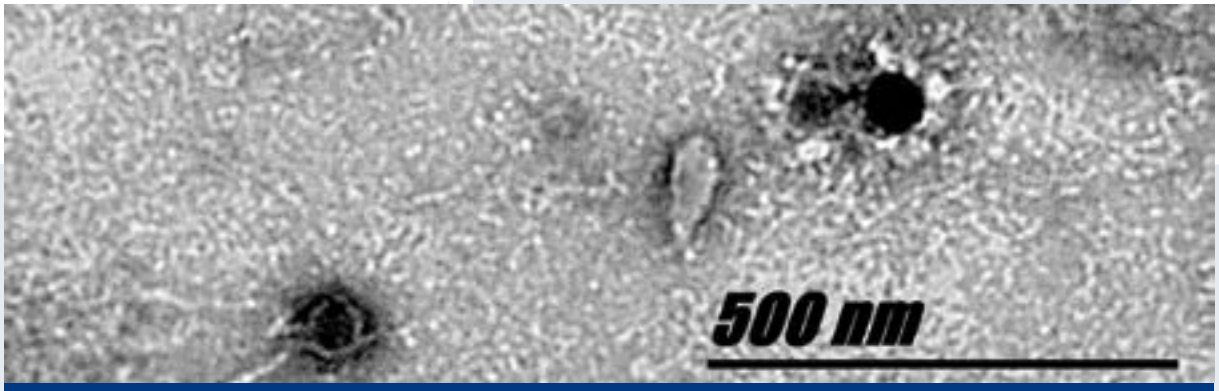
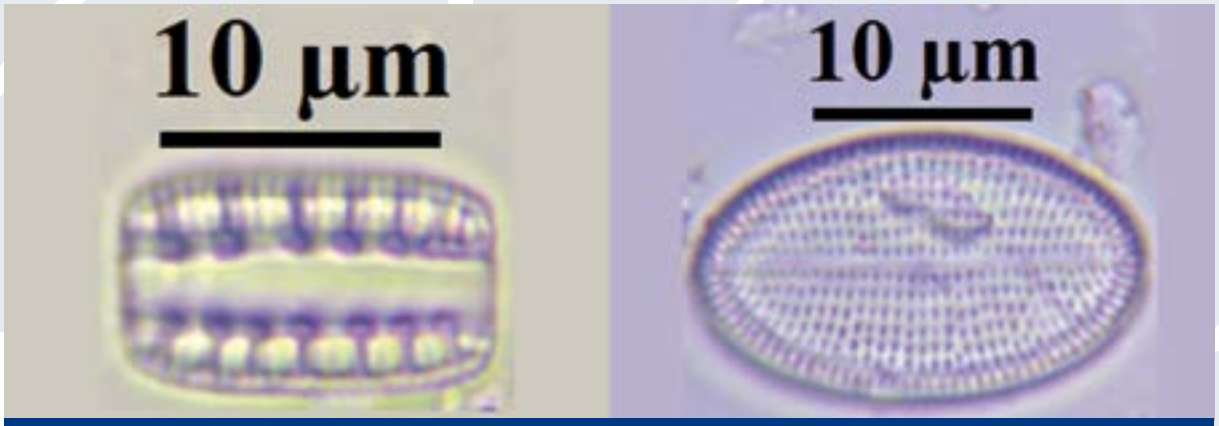


Imagen de microscopio electrónico en la que se observan virus del Salar de Uyuni



Diatomeas (algas unicelulares) que se encuentran al ingreso de las aguas del Río Grande al Salar de Uyuni, Denticula elegans y Cocconeis euglypta (imágenes de microscopio óptico)

4.6. Capacitación en medio ambiente

Las capacitación es permanente dirigida todo el personal de la planta, personal de las empresas contratadas, profesores y estudiantes de las unidades educativas dentro del área de influencia del proyecto.

AREA	Nº DE PERSONAS POR AREA	PERSONAS CAPACITADAS	PERSONAS CAPACITADAS EN CLASIF. DE RRSS.	PERSONAS CAPACITADAS EN BAÑOS ECOLOGICOS	PERSONAS CAPACITADAS EN GIRS	PERSONAS POR CAPACITAR
CARBONATO DE LITIO	10	10	10	0	0	0
PLANTA DE CLORURO DE POTASIO KCL	24	20	20	4	0	4
PLANTA DE ENCALADO	4	4	4	1	0	0
INVESTIGACION Y DESARROLLO – PROCESOS	4	4	4	1	0	0
INVESTIGACION Y DESARROLLO – LABORATORIO	13	11	11	11	0	2
AREA ELECTRICA	6	6	6	5	3	0
AREA MECANICA INDUSTRIAL	11	10	10	0	0	1
AREA OBRAS CIVILES PLANTA LLIPI	15	15	15	9	0	0
AREA OBRAS CIVILES SALAR	14	12	12	10	0	2
TOPOGRAFIA	6	6	6	6	0	0
AREA TRANSPORTES	33	30	30	25	0	3
MANTENIMIENTO DE VEHICULOS	7	7	7	3	0	0
GEOLOGIA	11	7	7	5	0	4
SALUD OCUPACIONAL	7	6	6	3	0	1
AREA DE ADMINISTRACION	33	25	25	13	1	8
EMPRESAS CONTRATADAS						
CRETA	29	21	21	0	0	0
RINCON EL SALAR	11	11	11	0	0	0
GERIMEX	1	1	1	0	0	0
TOTAL	247	214	214	103	13	33

Cursos de orientación sobre medio ambiente

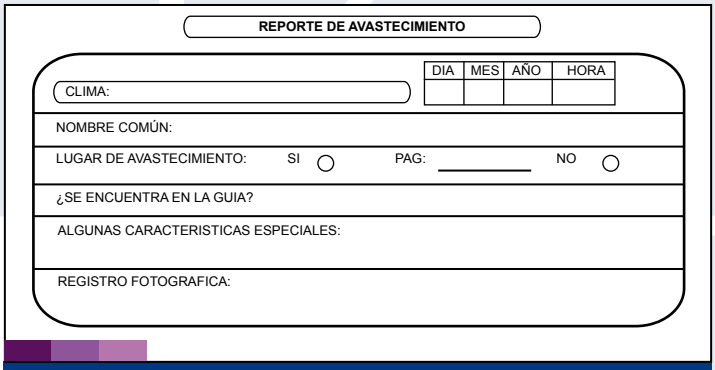
Capacitación al personal de la empresa Creta

Parte del personal de KCI en el Comedor.

Profesores de la Unidad Educativa "Nuevo Amanecer".

Para una futura capacitación en fauna y flora del lugar que tiene como objetivo el que todo el personal nos colabore en el cuidado del medio ambiente y el monitoreo se tiene la Guía de Flora y Fauna y la libreta de avistamiento de fauna.

Cartiilla informativa sobre medio ambiente



REPORTE DE AVASTECIMIENTO

CLIMA:	DIA	MES	AÑO	HORA

NOMBRE COMÚN:

LUGAR DE AVASTECIMIENTO: SI ○ PAG: _____ NO ○

¿SE ENCUENTRA EN LA GUIA?

ALGUNAS CARACTERISTICAS ESPECIALES:

REGISTRO FOTOGRAFICA:

Páginas de la libreta de avistamiento de fauna

4.7. Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (SISO)

4.7.1. Implementos de seguridad industrial (dotaciones y disposiciones)

La GNRE, preservando la integridad física y la salud de los trabajadores que desarrollan actividades en las diferentes áreas, realiza la entrega correspondiente de ropa de trabajo y equipos de protección personal, según la identificación de peligros y evaluación de riesgos de cada puesto, además de realizar la reposición de los mismos, considerando el tiempo de vida y verificando el desgaste de dicho implemento. De acuerdo a normas estipuladas por la DIMA (Dirección de Medio Ambiente) – COMIBOL, Ley 16998 de Higiene, Seguridad y Salud Ocupacional, el Departamento de SIySO.

Dotación de ropa de trabajo:

- Overol simple (tela caqui), a todo el personal
- Overol simple (tela jeans), al área mecánica industrial, mantenimiento automotor
- Overol térmico, a todo el personal
- Chaleco tipo geólogo, a todo el personal.

Ropa de abrigo:

- Parkas térmicas a todo el personal.
- Protección de los pies

Botines de seguridad:

En la actualidad todos los trabajadores calzan botines de seguridad, tanto dieléctricos como botines con punta de acero, según los riesgos de cada área.

Cascos de seguridad:

Se procedió a la dotación de cascos de seguridad de diferentes colores de acuerdo al área de trabajo, cumpliendo con la normativa vigente.

Implementos de seguridad de cambio frecuente:

Guantes, lentes, overoles desechables, respiradores de libre mantenimiento, entre otros. Los mismos que son cambiados de acuerdo al tiempo de vida útil y/o contingencia eventual.

TECNICOS SEGURIDAD INDUSTRIAL

TECNICO DE SISTEMAS

OPERTADOR DE MAQUINA PLANTA KCL

La entrega de estos implementos para los trabajadores del salar, es supervisada y registrada en una base de datos. La reposición, por desgaste de los mismos, se realiza por áreas de trabajo luego de realizarse las inspecciones correspondientes.

TECNICO

TRABAJADOR RECOGIENDO DOTACION

ENTREGA DE ROPA DE TRABAJO

4.8. Capacitación en seguridad industrial

Se tiene un procedimiento de charlas de 5 minutos implementado desde Febrero de 2015, mediante el desarrollo de un Cronograma Mensual de Charlas de 5 minutos en diferentes espacios y momentos de descanso y se realiza el seguimiento mediante indicadores establecidos.

INDICE	METODO DE CÁLCULO	MÉTODO DE MEDICIÓN	RESPONSABLE
CUMPLIMIENTO DE CRONOGRAMA DE CHARLAS DE 5 MINUTOS	Nº de Charlas de 5 minutos realizadas / Total Charlas de 5 minutos programadas	**Mensual**	**Encargada de Seguridad Industrial**

	AREA	CANTIDAD DE CHARLAS	CHARLAS PLANIFICADAS	%
1	PLANTA Li2CO3- ENCALADO	62	180	34%
2	ADMINISTRACION	89	180	49%
3	LABORATORIO	61	180	34%
4	ID PROCESOS	93	180	52%
5	PLANTA KCL	22	180	12%
6	OBRA CIVIL	0	180	0%
7	TALLER ELECTRICO	6	180	3%
8	TOPOGRAFIA	11	180	6%
9	MECANICA INDUSTRIAL	44	180	24%
10	TRANSPORTES MTTO	0	180	0%
11	GEOLOGIA	4	180	2%
		392	1980	20%

Cantidad de charlas de 5 minutos por área de febrero - septiembre 2015

4.9. Inducción al personal nuevo en Seguridad Industrial

Se realiza inducción de 30 minutos, al personal nuevo de la planta como a personal contratista en:

- Conceptos utilizados en seguridad industrial (peligro, riesgo, incidente, acciones y condiciones inseguras)
- Reporte de acciones y condiciones inseguras
- Equipos de protección personal
- Señalización
- Tipos de extintores

4.10. Capacitación al personal en seguridad industrial

Capacitación al personal de la planta como a personal contratista en:

- Normas de convivencia
- Manejo defensivo
- Uso y manejo de extintores
- Respuesta ante emergencias
- Uso de EPPs
- Uso de herramientas
- Prevención de incidentes

Capacitación en uso y manejo de extintores

4.11. Capacitación en salud ocupacional

Se realiza cursos (de 30 min) y charlas de concientización (de 5 minutos) en los siguientes temas:

- Primeros auxilios 2da parte
- Primeros auxilios 3er parte
- Botiquín de primeros auxilios vehículos
- Charlas de concientización sobre higiene, enfermedades diarreicas, problemas gastrointestinales y medidas a tomar
- Charlas de concientización sobre higiene, enfermedades respiratorias y medidas a tomar
- Charlas de concientización en enfermedades osteoneuromusculares y medidas a tomar

TEMAS	ADMINISTRACIÓN	ELECTRICIDAD	ELECTROQUÍMICA Y BATERÍAS	GEOLOGÍA	LABORATORIO	PROCESOS	MANTENIMIENTO AUTOMOTORES	MECÁNICA INDUSTRIAL	OBRAS CIVILES	ENCALADO	KCL	PLANTA DE LITIO	TOPOGRAFÍA	TRANSPORTE Y AUTOMOTORES
PRIMEROS AUXILIOS 1ER PARTE	10	3	0	3	11	9	3	3	4	3	8	4	3	15
PRIMEROS AUXILIOS 2DA PARTE	13	0	0	0	10	7	4	0	5	2	3	6	2	5
PRIMEROS AUXILIOS 3RA PARTE	4	0	0	3	11	7	3	3	14	1	8	5		15
BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS VEHICULOS	0	0	0				3							15
Charlas de concientización sobre higiene, enfermedades diarreicas, problemas gastrointestinales y medias a tomar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Charlas de concientización sobre higiene, enfermedades respiratorias y medidas a tomar	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Charlas de concientización en enfermedades osteoneuromusculares y medidas a tomar	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL ÁREA	27	3	0	6	32	26	13	6	37	8	19	15	5	50
TOTAL GENERAL	**247**													

Trabajadores de la GNRE en cursos de capacitación en primeros auxilios

Prácticas de formación en salud ocupacional

4.12. Control estadístico de incidentes, enfermedades ocupacionales

Actualmente se implementa indicadores de accidentabilidad considerando los siguientes eventos:

- Fatalidad (FAT): Cuando el trabajador fallece a causa de un accidente de trabajo.
- Tiempo Perdido (LTI): Cuando el trabajador sufre un accidente de trabajo y el personal médico recomienda baja médica, implicando su ausencia al trabajo por los días que indique la baja médica (se considera
- LTI si el trabajador no puede reincorporarse al día siguiente a su puesto de trabajo).
- Trabajo Restringido (RWC): Cuando el trabajador sufre un accidente de trabajo pero aún puede desarrollar parte del trabajo que normalmente realizaba (Ej. Un almacenero que sufre un esguince en pie ya no puede trabajar al 100% pero puede trabajar archivando documentos).

- Tratamiento Médico (MTI): Cuando el trabajador sufre un accidente de trabajo y el personal médico requiere invadir la capa dérmica por inyectables, suturas u otros tratamientos médicos realizados por especialistas. El trabajador puede reincorporarse a su puesto de trabajo el mismo día del accidente o al día siguiente de ocurrido el mismo.
- Primeros Auxilios (FAI): Cuando el trabajador sufre un accidente de trabajo pero donde sólo se le realice los primeros auxilios como curaciones simples, contusiones, golpes, etc. El trabajador puede reincorporarse a su puesto de trabajo el mismo día del accidente o al día siguiente de ocurrido el mismo.
- Daño Material (DMG): Cuando ocurre un accidente y el daño (del equipo en sí mismo y/o a terceros) corresponde a un bien material o activo de la empresa; es decir no existe ningún tipo de lesión personal. Los costos directos emergentes de la reparación o reemplazo de un equipo, maquinaria, vehículo o infraestructura serán cuantificados por el área que tenga la experticia o conocimiento necesario para su evaluación. Ejemplo: daños a vehículos - Taller de Mantenimiento equipo liviano.
- Casi Accidente (NMI): Un acontecimiento no deseado, el que bajo circunstancias ligeramente diferentes, podría haber resultado en lesiones a las personas, daño a la propiedad o pérdida en el proceso. Un acontecimiento no deseado que puede resultar o resulta en pérdida.

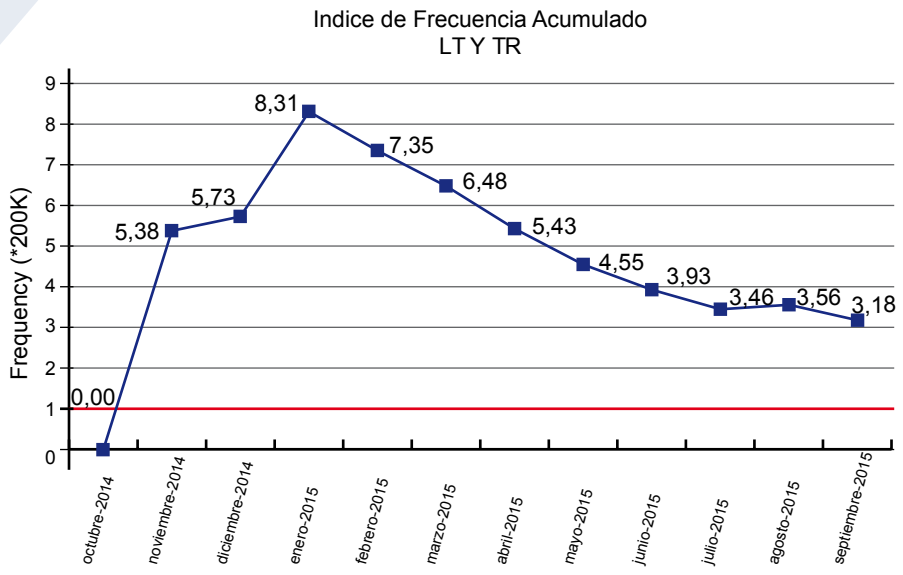
La reciente clasificación ha permitido calcular los índices de accidentabilidad:

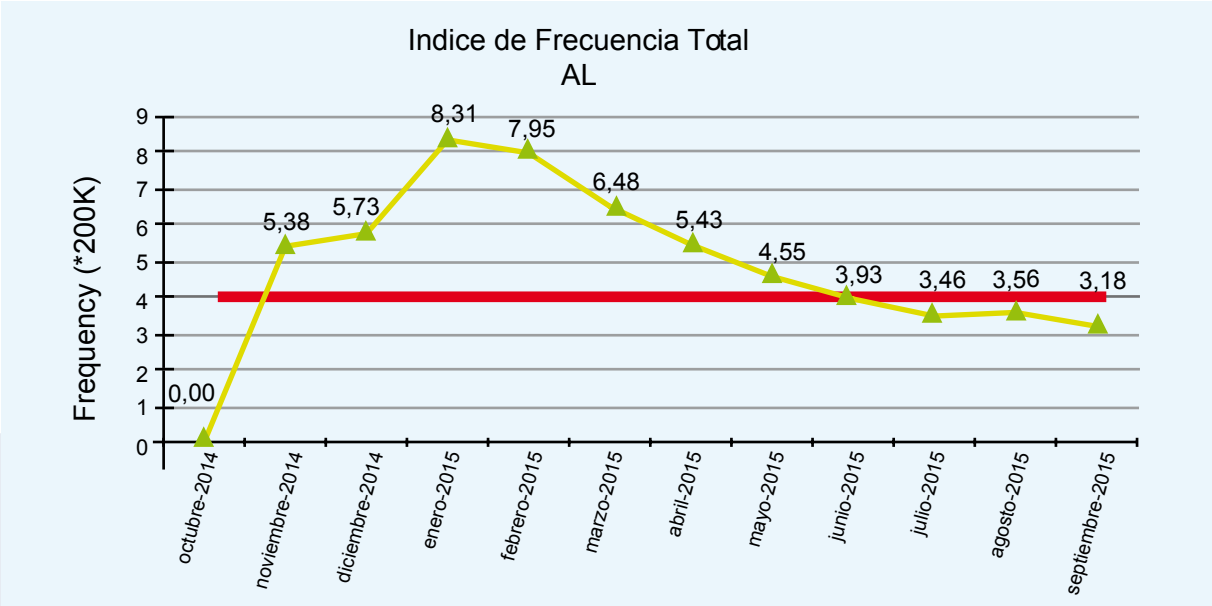
La tasa de incidentes de frecuencia se calcula multiplicando el número de casos registrables por 200.000, y dividiendo esa cifra por el número de horas de trabajo en la empresa.

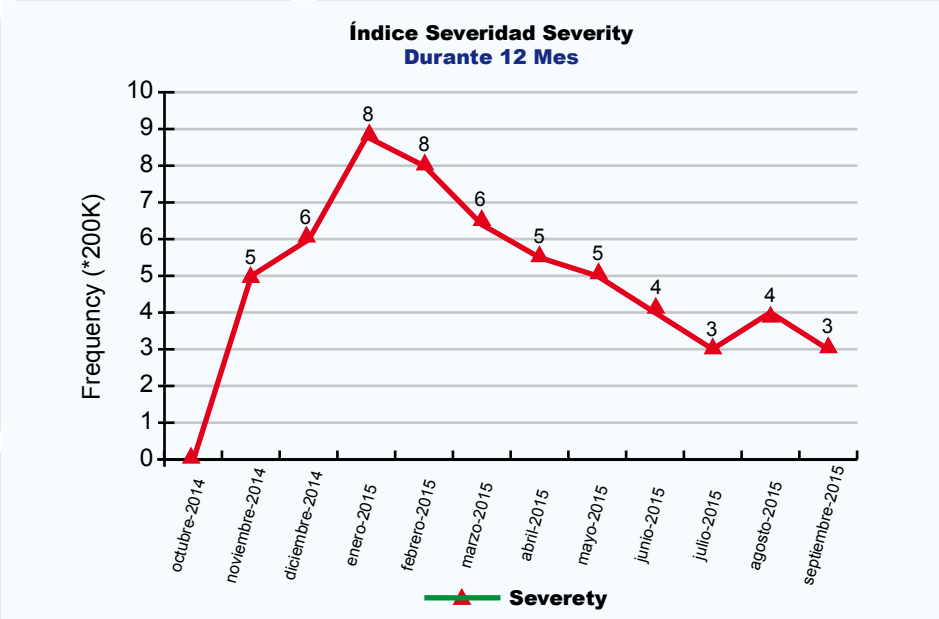
El índice de Severidad es un cálculo que da a la empresa un promedio del número de días perdidos por incidente con lesión ocurrido.

Así, se puede observar que existe una tendencia a llegar a los objetivos trazados al finalizar la gestión 2015.

INDICE	METODO DE CALCULO	ÍNDICE DE FRECUENCIA ESPERADO (OBJETIVO)	METODO DE MEDICION	RESPONSABLE
ÍNDICE DE FRECUENCIA LTIF	Nº Accidentes (FAT,LTI) x 200.000 / Total Horas trabajadas	0,3	Mensual	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
ÍNDICE DE FRECUENCIA TRFR	Nº Accidentes (FAT,LTI,RWC,MTI) x 200.000 / Total Horas trabajadas	1	Mensual	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
ÍNDICE DE FRECUENCIA AIFR	Nº Accidentes (FAT,LTI,RWC,MTI,FAI) x 200.000 / Total Horas trabajadas	4	Mensual	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
ÍNDICE DE SEVERIDAD	Nº Total de días perdidos / Total de Accidentes LTI y FAT	0	Mensual	Seguridad Industrial y Salud Ocupacional


Indice de Frecuencia Acumulado
LT Y TR
Frequency (*200K)
0,00
5,38
5,73
8,31
7,35
6,48
5,43
4,55
3,93
3,46
3,56
3,18
octubre-2014
noviembre-2014
diciembre-2014
enero-2015
febrero-2015
marzo-2015
abril-2015
mayo-2015
junio-2015
julio-2015
agosto-2015
septiembre-2015


Indice de Frecuencia Total
AL
Frequency (*200K)
0,00
5,38
5,73
8,31
7,95
6,48
5,43
4,55
3,93
3,46
3,56
3,18
octubre-2014
noviembre-2014
diciembre-2014
enero-2015
febrero-2015
marzo-2015
abril-2015
mayo-2015
junio-2015
julio-2015
agosto-2015
septiembre-2015


Índice Severidad Severity
Durante 12 Mes
Frequency (*200K)
5
6
8
8
6
5
5
4
3
4
3
octubre-2014
noviembre-2014
diciembre-2014
enero-2015
febrero-2015
marzo-2015
abril-2015
mayo-2015
junio-2015
julio-2015
agosto-2015
septiembre-2015
Severety

4.13. Medio ambiente en el Salar de Coipasa

4.13.1. Licencias ambientales

Este Proyecto cuenta con la Licencia Ambiental, Certificado de Dispensación Categoría 3 N° 04001-02-CD-358-2014 emitida por el Gobierno Autónomo Departamental de Oruro.

4.13.2. Gestión de residuos sólidos

En la Estación Experimental de Tauca, se realiza una selección de los residuos sólidos y para esto se cuenta con basureros de diferentes colores.

Colectores de residuos sólidos en Estación Experimental Tauca, Salar de Coipasa

Los residuos sólidos seleccionados se disponen de la misma manera que en la Planta Llipi, en celdas de almacenamiento, para su posterior aprovechamiento. El Proyecto de Coipasa esta en su fase de prospección e investigación por lo que cuenta con poco personal y la generación de residuos sólidos es mucho menor.

Las botellas PET al igual que en el Proyecto del Salar de Uyuni, son reutilizadas llenándolas de arena para señalización.

4.13.3. Seguridad industrial

El personal que trabaja en el proyecto de acuerdo al tipo de trabajo que realiza y los riesgos a los cuales está expuesto, recibió ropa de trabajo y equipos de protección personal.

Técnico del área de mecánica con sus implementos de seguridad industrial

Como medidas se seguridad se pintaron los desniveles y los ingresos de movilidades, se señalizó los extintores y se dispuso de manera segura los cilindros de acetileno y óxido nitroso:

Extintores adecuadamente ubicados y señalizados para prevenir cualquier emergencia de incendio

Cilindros de acetileno y óxido nitroso, debidamente asegurados para prevenir cualquier tipo de incidente o accidente dentro de la estacion

4.14. Capacitación en seguridad industrial

En el área de seguridad industrial se capacitó al personal en uso y manejo de extintores.

Se capacitó a las diferentes areas en el manejo y uso de extintores en la Estación Experimental de Tauca

4.14.1. Capacitación en salud ocupacional

En esta gestión, se capacitó al personal en primeros auxilios, vendajes, inocuidad alimentaria, cuidados para prevenir enfermedades gastrointestinales, atención de quemaduras, etc.

Adiestramiento en primeros auxilios

Capacitación en vendajes

4.14.2. Medio ambiente en Fase III planta piloto de baterías y CIDYP

En La Palca desde el año pasado se viene trabajando en un pilotaje que aún no generó gran cantidad de residuos, los cuales son seleccionados en origen y guardados, de igual manera los residuos líquidos son almacenados a la espera de un diseño de un sistema de tratamiento de los mismos.

Selección en origen de material anódico y catódico

Basureros para selección de residuos sólidos al exterior del Centro de Investigación, Desarrollo y Pilotaje (CIDYP), en La Planta Piloto de Baterías de La Palca Potosí

4.14.3. Seguridad Industrial

El personal de La Palca cuenta con la dotación de ropa de trabajo y equipos de protección personal, de acuerdo al área en la cual trabajan y al riesgo que presenta su trabajo.

Para el correcto funcionamiento de equipos electrónicos de análisis químico y para algunos procesos y se utiliza argón, nitrógeno y otros gases que se encuentran correctamente almacenados y son transportados de manera adecuada.

5

ELECTROQUÍMICA Y BATERÍAS

La Fase III, contempla la implementación del Centro de Investigación, Desarrollo y Pilotaje (CIDYP), mismo que, comprende varios proyectos operativos, inicialmente compuesta por la Planta Piloto de Baterías (PPB) y la Planta Piloto de Materiales Catódicos (PPMC), además de la implementación de un Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales y Recursos Evaporíticos de Bolivia (CICYT MAT–REB), para lo cual, se realizó la tramitación de un nuevo contrato de financiamiento, suscrito por la COMIBOL, Ministerio de Minería y Metalurgia y el Banco Central de Bolivia el 2014, con lo que, se da inicio al proyecto: "Implementación Centro de Investigación, Desarrollo y Pilotaje CIDYP- La Palca, Potosí"

La Dirección de Electroquímica y Baterías, lleva adelante tareas relacionadas a la industrialización de los Recursos Evaporíticos de Bolivia, para lo cual, se encarga de supervisar, gestionar y coordinar proyectos cubriendo campos de: coordinación en planificación, presupuestario, administración técnica, logística técnica; costos, finanzas y análisis de mercado; diseño de proyectos, entre otros, referidos a baterías de Litio, materiales activos (cátodos), electrolitos de Litio y otros productos avanzados, que requieren de tecnología de punta, la cual, no dispone Bolivia.

Por lo que, para la correcta y pronta ejecución del CIDYP, la GNRE lleva adelante acercamientos con empresas poseedoras de tecnología mediante compra y/o la alianza estratégica con empresas internacionales, realizando las gestiones correspondientes:

5.1. Acercamientos y negociación internacional

5.1.1. Francia

El 18 de noviembre del 2014 a través de la visita de Florence Lambert - Directora del Instituto de innovación para las energías nuevas LITEN y Frederic Journes, Director de Estrategias y Asuntos Internacionales Comisionado para la Energía Atómica y Energía Alternativa CEA, se firma una Carta de intención entre la COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (Comisión para la energía atómica y energía alternativa) (CEA), el Ministerio de Hidrocarburos y Energía, y el Ministerio de Minería y Metalurgia del Estado Plurinacional de Bolivia en el Campo de Apoyo a la Innovación.

Reunión técnica entre representantes de la firma Geen Tech y técnicos de la GNRE

El ACUERDO PARA LA COOPERACIÓN CULTURAL, CIENTÍFICO Y TÉCNICO, que firmaron Bolivia y Francia el año 1966, sirve de marco para la firma esta de esta Carta de Intenciones, entre estas dos instituciones gubernamentales de cada país, documento que considera al CEA como un Instituto de Investigación líder mundial en varias tecnologías claves para las aplicaciones industriales, incluyendo las energías libres de Carbono, las ciencias puras, microelectrónicas y nanotecnologías, con una reconocida trayectoria en el acompañamiento a nuevos líderes industriales, en sus campos de experiencia y considerando que el CEA tuvo éxito en la construcción de una capacidad de inversión de primer nivel, para acompañar el desarrollo de nuevas empresas tecnológicas y actualmente crea un nuevo "Fondo tecnológico de crecimiento" con socios estratégicos, para reforzar esta capacidad de inversión.

Además, en la carta de intención, se menciona que, "las partes tendrán debates técnicos y estratégicos con el fin de determinar los términos y condiciones necesarias para acuerdos en los ámbitos propuestos". Los ámbitos de discusión son:

- Un programa para el desarrollo de las condiciones fundamentales de una política de innovación eficaz, incluyendo la capacitación, la creación de laboratorios y las políticas de propiedad intelectual.
- La creación de una capacidad de innovación común para apoyar y reforzar las capacidades de las Partes en identificar, aconsejar y apoyar oportunidades para las empresas innovadoras en Bolivia y Francia.

La Carta de Intención es efectiva desde la fecha de su suscripción el 18 de noviembre de 2014 y continua por un periodo de dos (2) años.

5.1.2. Holanda

Un consorcio holandés de empresas compuesta por Battery Technology International B.V., DaVinci Laboratory Solution y Technnical University of Delft, presentó una propuesta para la implementación del proyecto de Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales y Recursos Evaporíticos de Bolivia (CICYT MAT–REB), misma que, fue descartada por exceder el presupuesto y por no enmarcarse en los lineamientos y estrategia de la GNRE; desde entonces, basados en el "PLAN MAESTRO" propuesto por el consorcio holandés, los acercamientos y negociaciones se abocaron principalmente a:

1. Estudio de Mercado: La GNRE proyecta la instalación de una planta industrial de baterías de ion-Litio con un enfoque en el contexto geográfico latinoamericano. Debido a la falta de información para la región seleccionada y previa a la implementación de la Planta Industrial, es necesario realizar un estudio de mercado sobre celdas y baterías de ion-Litio.
2. Planta Industrial de Baterías de ion Litio (sujeto a negociación y a licitación): la adquisición de la Planta Industrial, se la realizará mediante una adquisición tipo "llave en mano" o mediante asociación para adquirir el "know how", además de que se debe establecer el mercado (Nacional, Regional y Mundial) para la comercialización de las baterías de Litio obtenidas en ésa planta.
3. Adquisición de Equipos especializados y menores (aún no adquiridos) para el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología en Materiales y los Recursos Evaporíticos de Bolivia (CICYT MAT-REB).

Firma de contrato entre la holandesa Battery Technology International B.V. y la GNRE

Durante la gestión 2015 se abordaron varias reuniones (vía Skype) para seguir coordinando y afianzando el proyecto planteado en el "PLAN MAESTRO" y ajustándose a las necesidades y en beneficio de la GNRE. Actualmente se van desarrollando actividades conjuntas para la realización del Estudio de Mercado de Baterías de Litio.

5.1.3. Venezuela

En el marco del convenio suscrito el 26 de mayo de 2013 en Cochabamba – Bolivia entre el Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ), de la República Bolivariana de Venezuela y la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos (GNRE) de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) del Estado Plurinacional de Bolivia, donde ambas partes se comprometen a trabajar en acciones conjuntas de integración, desarrollo y formación para impulsar la industrialización del Litio (separadores, ánodos de grafito, sistema de gestión de baterías BMS y films de aluminio).

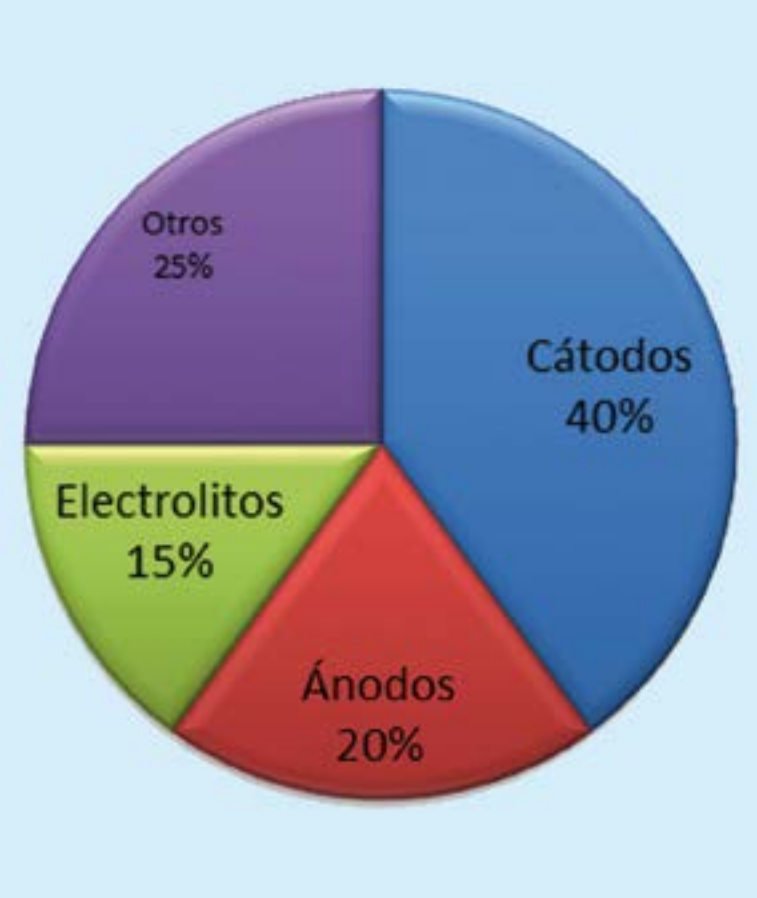
Se han realizado esfuerzos para concretar las siguientes actividades conjuntas:

- Realización de videoconferencia con equipo técnico binacional (GNRE, CNTQ, FIIDT, MPPEUCyT y Cancillería).
- Evaluación y control de calidad del Foil de Aluminio producido por CVG ALUCASA para su aplicación en Baterías de ion Litio producido en la Planta Piloto de Baterías de la Palca-Potosí.
- Reprogramación de visita técnica de los funcionarios del CNTQ y la FIIDT a Planta Piloto de Baterías en La Palca Potosí.

Aspectos que consolidan el equipo técnico Binacional en pro de impulsar el intercambio para consolidar las siguientes acciones:

- Mantener y cumplir el convenio de acuerdo al objeto del mismo, para dar continuidad a las 4 áreas.
- Plantear a Venezuela las posibilidades comerciales sobre venta de sales de Potasio producidas en la GNRE para uso como fertilizante.

5.2. Planta Piloto de Materiales Catódicos



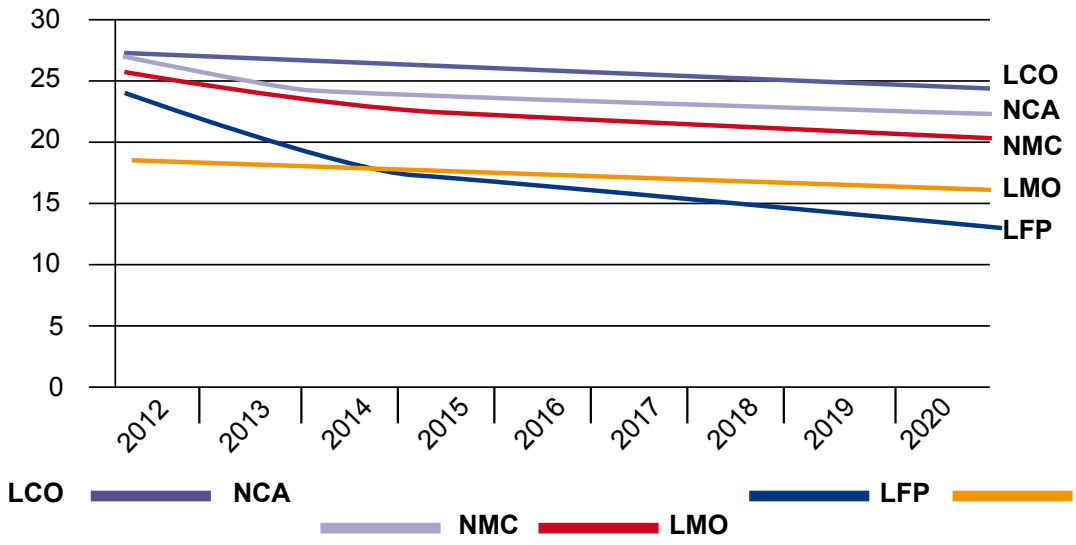
Dando continuidad a la Estrategia de Industrialización de los Recursos Evaporíticos, es necesidad de la GNRE-COMIBOL contar con la última tecnología para el desarrollo de Materiales Catódicos que nos permita concatenar las diferentes etapas y procesos de industrialización del Litio y también nos permita producir materiales avanzados para Baterías de ion-Litio.

Se conoce que, dentro de la estructura de precios para la manufactura de una celda para Baterías de ion Litio, el material catódico representa el mayor porcentaje de incidencia en cuanto a costo. La constitución de una batería secundaria de ion-Litio está compuesta de los siguientes materiales, repartidos por costos: cátodos (40%), ánodos (20%), sales de electrolitos (15%):

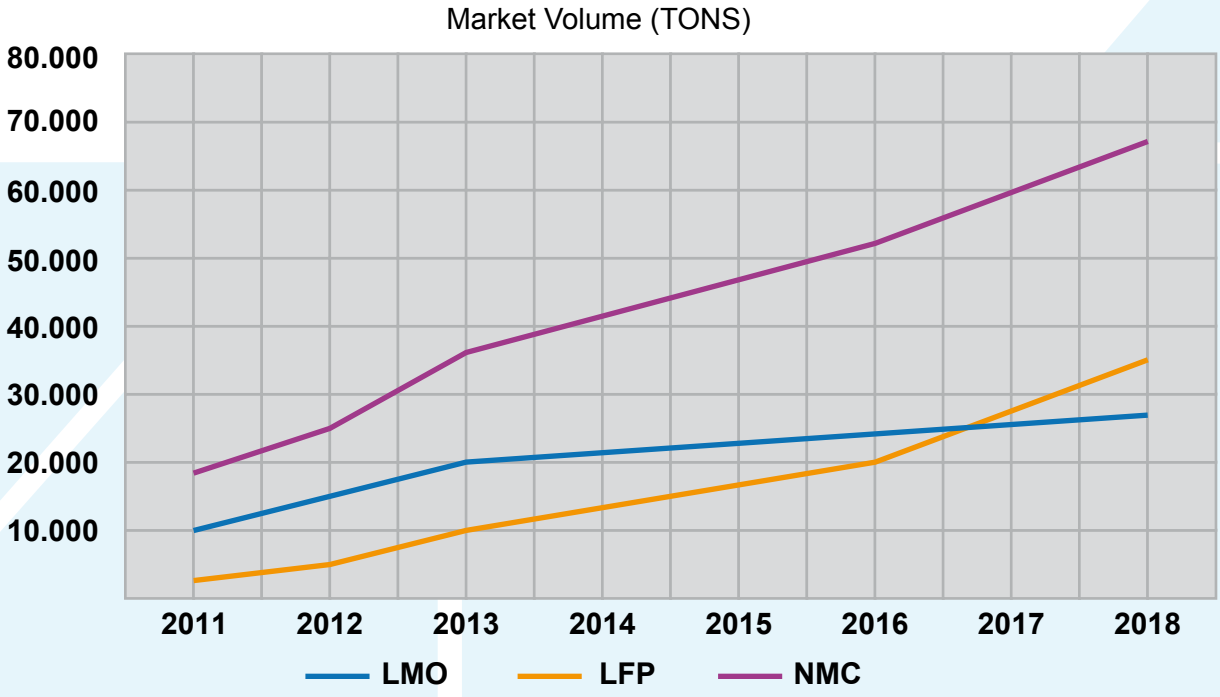
En base a la estrategia planteada por la GNRE para industrializar los recursos evaporíticos, se entabló contacto, conversaciones y negociación con la COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (Comisionado para la Energía Atómica y Energía Alternativa) – CEA y la empresa ECM Green Tech (subsidiaria de ECM Technologies) de Francia, referente a la implementación de una Planta Piloto de Materiales Catódicos en Bolivia, con precursores de óxidos-carbonatos-sulfatos de Manganeso, Níquel y Cobalto (Bolivia cuenta con yacimientos de estos minerales) y el Carbonato de Litio proveniente del Salar de Uyuni); es así que, las tecnologías y químicas a ser probadas en una primera etapa de pilotaje en ésta planta piloto son el:

- Proceso en estado sólido – Oxido de Manganeso Litiado (LMO): para dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos, ESS
- Proceso de Co-precipitación – Oxido de Níquel Manganeso Cobalto Litiado (NMC): para dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos.

Por otro lado, en cuanto a la proyección de costos de los diferentes materiales catódicos, se puede apreciar que el NMC y el LMO tienen una tendencia casi estática (variación en su costo) hasta el 2020, teniendo unos costos de mercado de aproximadamente 16.000 $us/tonelada para el LMO y de aproximadamente 22.000 $us/tonelada para el NMC como se muestra en la siguiente figura:

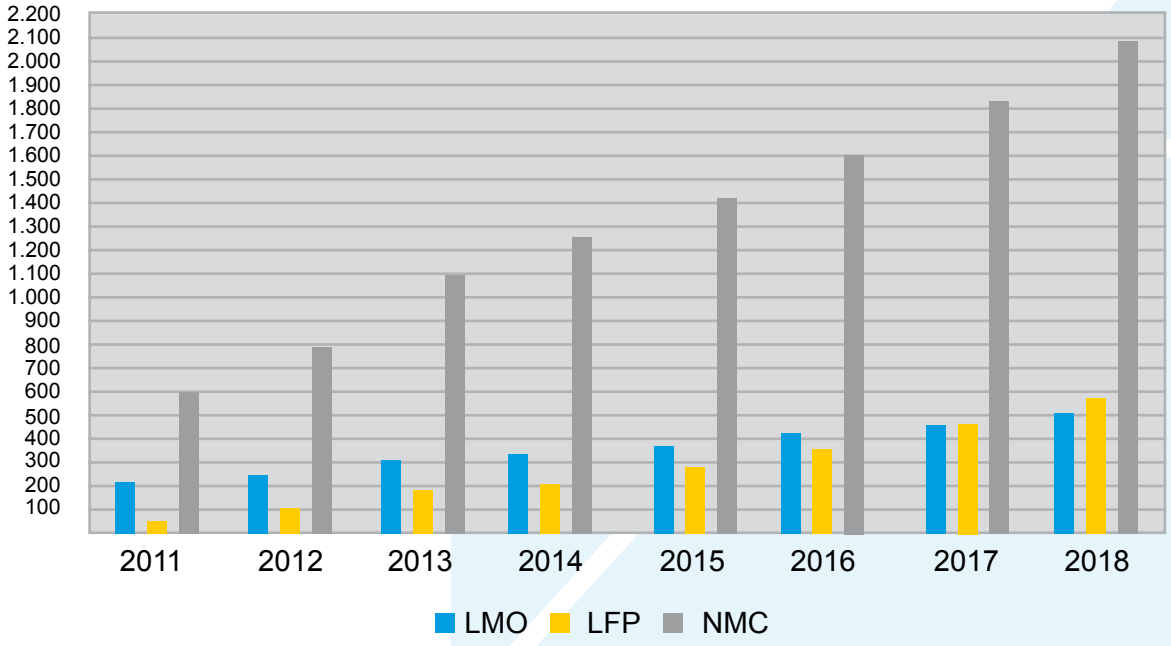


Y con respecto a la demanda de los materiales catódicos LMO y NMC, las mismas tienen una tendencia positiva, llegando a ser proyectada para el 2018 una demanda de: hasta 67.000 toneladas/año para el NMC y 27.000 toneladas/año para el LMO:



Y por último, la proyección en cuanto a ventas de materiales catódicos a nivel mundial, muestra que el LMO tenderá a una venta casi estable hasta el 2018 de 500 millones de dólares, en cambio el NMC será un material que tenderá a incrementarse (de manera muy tentativa) de 1.400 millones de dólares el 2015 a 2.100 millones de dólares el 2018.

Ventas de LMO, LFP y NMC (millones de dólares)



La Planta Piloto de Materiales Catódicos tiene el propósito de alcanzar los siguientes objetivos:

- Contar con el anteproyecto del diseño (Lay Out) necesario para operar la Planta Piloto, además del aval de los planos del Diseño Final proporcionados por la GNRE-COMIBOL y la validación del lugar destinado a la implementación del mismo.
- Adquirir los equipos especializados, insumos y materiales necesarios para la operación de la Planta Piloto en sus dos líneas.
- Realizar el Montaje, Instalación, Calibración y Puesta en marcha de todos los equipos de la Planta Piloto.
- Realizar la transferencia de tecnología para obtener materiales catódicos LMO estándar y NMC estándar, de acuerdo a los requerimientos del mercado mundial.
- Realizar las pruebas de verificación de correcto funcionamiento de los equipos y del producto final para garantizar la calidad en conformidad a los estándares.
- Entrenamiento y formación de personal técnico boliviano de la COMIBOL-GNRE en Francia, y en La Palca-Potosí (Bolivia).
- Contar con una guía de procesos definidos para la obtención de Material Catódico y experimentación.

Además, se realizará un Estudio de Proyección de los Materiales Catódicos con la finalidad de evaluar la factibilidad técnico-económica para un emprendimiento a escala industrial, para la producción de materiales catódicos en Bolivia, la cual contemplará:

- Establecer un diagnóstico de la oferta y demanda de materiales catódicos en el contexto de Bolivia, Latinoamérica, Norte America, Europa del este, Europa del oeste, Asia Pacifica, Medio Oeste y África.

- Descripción del impacto ambiental en la producción de Materiales Catódicos y detalle de los servicios necesarios para su implementación.

Para lo cual, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- En febrero de 2015 se hace presente en Bolivia una Comisión conformada por Yvan Troullot, Emmanuel Flaut, Sebastián Patoux, Julien Mustel, Joel Flores del CEA y ECM-GREENTECH, en oficinas del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas se realiza una reunión entre estas instituciones y la COMIBOL-GNRE analizan la posible implementación de una Planta Piloto de Materiales Catódicos enmarcada en los objetivos de la FASE III, asociada a una capacitación de alto nivel definida y focalizada en la GNRE y sus objetivos. A raíz de esta reunión se envía posteriormente a la GNRE una Propuesta.
- En abril de 2015. Se entrega a la COMIBOL-GNRE la primera propuesta del CEA y ECM GREENTECH, "Líneas piloto llave en mano de polvos activos para Baterías de ion Litio".
- En mayo se hace presente en Bolivia la comisión de FRANCIA y se coordinan los detalles técnico-económico-legales necesarios entre la GNRE y su contraparte francesa.
- El 12 de noviembre de 2015 en presencia del Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia – Evo Morales Ayma, el Ministro de Minería y Metalurgia - Dr. Cesar Navarro y otras Autoridades de Potosí (Gobernador, Alcaldesa de Yocalla, Alcalde de Potosí, representantes y miembros de diferentes organizaciones sociales), se realizó la suscripción del contrato para la "ADQUISICIÓN DE UNA PLANTA PILOTO Y ESTUDIO DE PROYECCIÓN DE MATERIALES CATÓDICOS", entre el Sr. Yvan Troullot – Gerente General de ECM GREENTECH de Francia y el Ing. Luis Alberto Echazú- Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia.

Líneas de Producción Piloto

a. Una línea de producción del óxido de manganeso litio (LMO) con una capacidad mínima de 1,2 kg. cada 100 horas continúas.

b. Una línea de producción del óxido de níquel manganeso cobalto litio (NMC) con una capacidad mínima de 1 kg. cada 100 horas continúas.

Item	Material Catódico	Material Catódico	Método de síntesis propuesto
1	LMO (Oxido de Manganeso Litio)	$LiMn_2O_4$	Reacción Química en Estado Sólido
2	NMC (Óxido de Níquel Manganeso Cobalto Litio)	"$LiNi_{1/3}Mn_{1/3}CO_{1/3}O_2$"	Co-Precipitación Vía Húmeda

Se entiende por LMO estándar y NMC estándar a los materiales catódicos que cumplen propiedades estructurales, fisicoquímicas y electroquímicas bajo las normas internacionales para su funcionamiento regular como ELECTRODO POSITIVO (Cátodo) en una celda electroquímica de Ión-litio. Además, se entiende por CÁTODO a la mezcla del material catódico (comúnmente polvo) con otras especies químicas con el objeto de mejorar sus propiedades electroquímicas.

5.2.1. NMC simboliza el Óxido de Cobalto Manganeso Níquel Litiado o “$LiNi_{1/3}Mn_{1/3}CO_{1/3}O_2$”

La ruta de síntesis propuesta para este material es un método húmedo con el siguiente diagrama de flujo.

La síntesis del material activo NMC requiere 3 etapas:

- La co-precipitación: Preparación de una mezcla de precursores Ni/Co/Mn. Mezclado de precursores previamente sintetizados con una fuente de litio. Calcinación para obtener el producto final.
- Una cuarta etapa puede ser implementada para garantizar una distribución de partículas adaptado para la procesabilidad y rendimiento de los electrodos. Esta cuarta etapa es llamada “Clasificación”.

5.2.2. LMO simboliza el Óxido de Manganeso Litiado o “ $LiMn_2O_4$”

La ruta de síntesis propuesta para este material es un método solido con el siguiente diagrama de flujo.

5.2.3. Caracterización del material

Antes de enviar los lotes de material catódico a la línea piloto de baterías, los materiales activos serán caracterizados y calificados, mínimamente según:

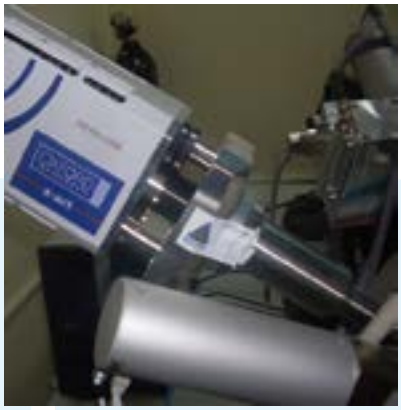
- Distribución de tamaño de partícula
- Medida de la superficie específica (BET)
- DRX (no está en el alcance de los suministros)
- MEB (no está en el alcance los suministros)
- Pruebas electroquímicas (Para hacer celdas botón)

Un área determinada es utilizada para realizar pruebas del material catódico. Para controlar la humedad y la atmosfera de las pruebas electroquímicas, el área, es equipada con una campana de humos de laboratorio y “glove boxes”.

En esta etapa, los materiales catódicos son aptos para su empleo, y esto, proporciona los datos necesarios para poder predecir cuál será la energía cuando se conviertan en una celda a una mayor escala. Hay una correlación constante entre las celdas botón fabricadas hasta esta etapa con los prototipos construidos en la línea piloto de baterías.

Ejemplo de los equipos que serán instalados en el “área de testeo de materiales activos”:

Analizador de área superficial (BET)



Detector EDS del DRX

Glove BOX

5.2.4. Suscripción de contrato

Entre los asistentes a la firma del contrato por parte de Francia estuvieron presentes

- Mr. Philippe Lay	ECM GREENTECH
- Mr. Sebastien Patoux	CEA
- Mr. Julien Mustel	
- Sr. Jean-Pierre Pauly - Primer Consejero	Embajada de Francia
- Sr. Romann Datus - Jefe de cooperación	Embajada de Francia

Acto de firma de contrato para la instalación de planta piloto de Materiales Catódicos (noviembre 2015)

Después de la suscripción del contrato, las responsabilidades y funciones de cada una de las partes son:

Empresa ECM Green Tech, se encargará del:

- Suministro de los equipos y materiales, instalación, supervisión técnica, puesta en marcha de la Planta Piloto de Materiales Catódicos, formación, ajustes y calibración de los equipos instalados y la transferencia de tecnología de las líneas de producción piloto de Óxido de Manganeso Litiado (LMO) y Níquel Manganeso Cobalto Litiado (NMC)

- Suministrar el anteproyecto del diseño (Lay out) el cual incluye:

  o Distribución de equipos y requerimientos de infraestructura
  o Requerimiento de agua y electricidad
  o Requerimiento de instalación para líneas de gases.
  o Requerimiento de válvulas tubos y tuberías.
  o Requerimiento de aislamiento, aire acondicionado
  o Requerimientos de ventilación y calefacción

La GNRE-COMIBOL se hará cargo del suministro de:

- Realizar el Diseño Final y construcción de la infraestructura
- Mobiliario
- Equipos Menores

Por último, las actividades complementarias antes, durante y después de la implementación de la Planta Piloto de Materiales Catódicos son:

- Uso de algunos equipos de nuestros laboratorios y de la Planta Piloto de Baterías de Litio.
- Capacitación de 2 profesionales bolivianos de la COMIBOL-GNRE por un periodo de 30 días en las instalaciones de la Empresa (Francia).
- Capacitación en La Palca-Potosí durante 5 meses, a profesionales bolivianos de la COMIBOL-GNRE.
- Evaluación final de las líneas de Oxido de Manganeso Litio (LMO) y Níquel Manganeso Cobalto (NMC), con la elaboración de baterías botón, que serán probadas utilizando materiales bolivianos:

  Como precursor el Carbonato de Litio grado batería (Li_2CO_3), proveniente de la Planta de Llipi del salar de Uyuni.

  Como precursores, el Carbonato de Manganeso ($MnCO_3$) y el Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$) suministrado por el proyecto de investigación con la Universidad Mayor de San Andrés - UMSA.

Directivos de la empresa francesa Green Tech, con responsables del proyecto de baterías de la GNRE

5.3. Planta Piloto Baterías de Litio

En base a la estrategia planteada por la GNRE-COMIBOL para industrializar los recursos evaporíticos de Bolivia, la Planta Piloto de Baterías tiene el propósito de alcanzar los siguientes objetivos:

Transferencia de Tecnología (Know-How) en baterías de ion-Litio

Capacitación de técnicos bolivianos

Conocimiento de la tecnología de baterías de ion-Litio

Desarrollar nueva tecnología a partir de la tecnología transferida

Las tecnologías adquiridas es para el ensamblado de los siguientes tipos de baterías:

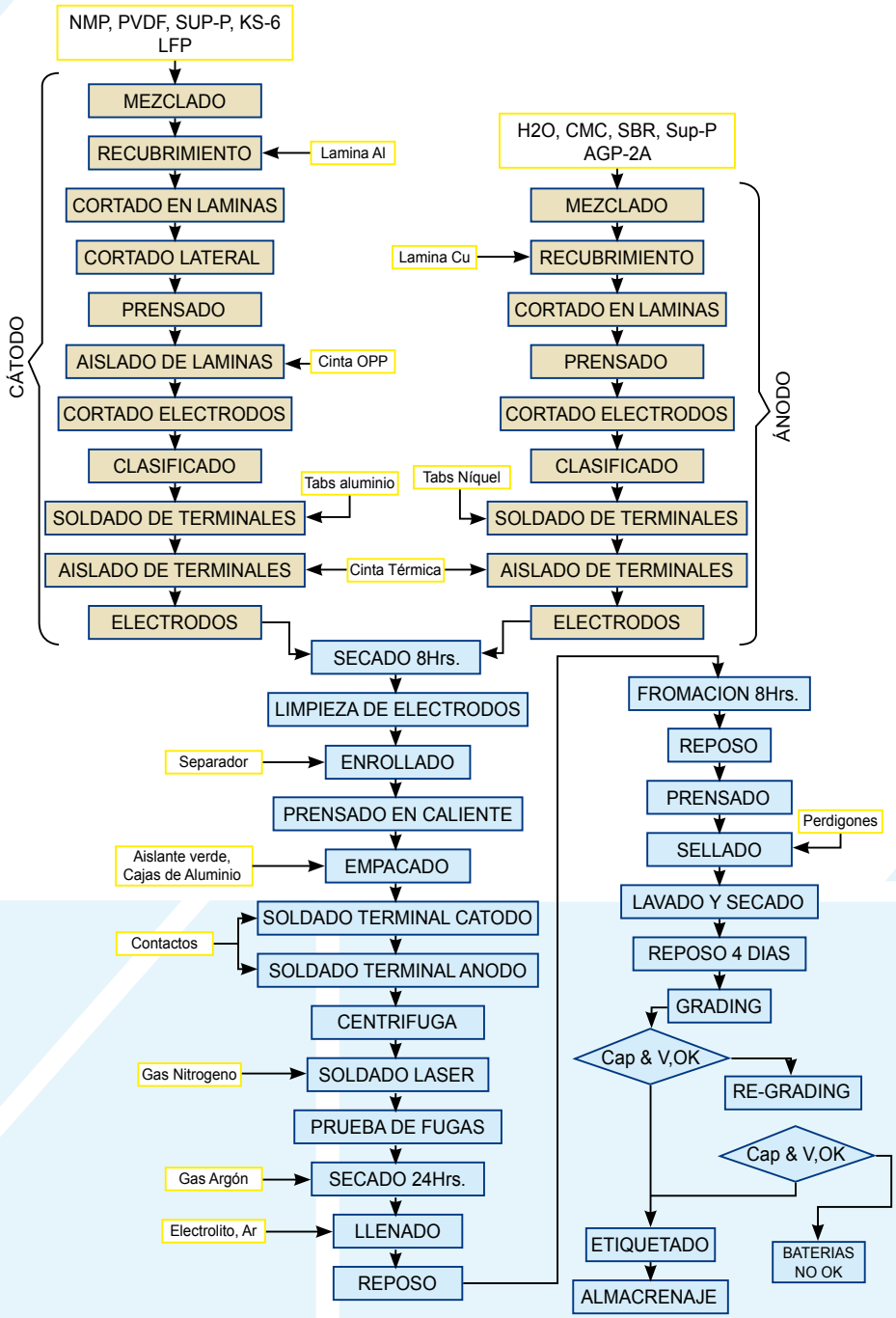
Baterías para bicicletas (10Ah/24V)

Baterías para celulares (0.8Ah/3,7V)

Configuración de baterias de Litio de diferentes capacidades

Una vez montada, calibrada la Planta Piloto de Baterías durante la gestión 2014, y posterior a la formación de recursos humanos (aptos) para realizar las tareas que involucran el desarrollo e investigación a nivel PILOTO, a continuación se muestra los pasos que actualmente se siguen en la Planta Piloto de Baterías para el ensamblado de baterías de ion Litio:

PROCESO GENERAL + INSUMOS 1865130



Es así que, durante la gestión 2015 se han realizado diferentes actividades a nivel de pilotaje en ambas tecnologías, de las cuales rescatamos:

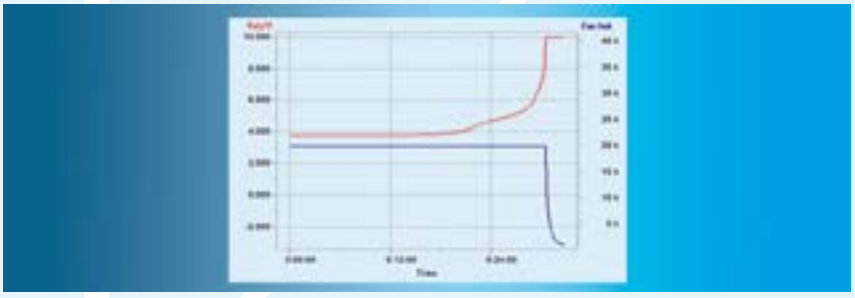
- Determinación de espesor óptimo (THICKNESS)
- Análisis del comportamiento de las baterías ante variaciones de corriente y tiempo durante el proceso de formación
- Comparación entre procesos de mezclado
- Ensamblado de baterías de 1000 [mAh]
- Evaluación de la influencia del suministro de energía eléctrica continua
- Ensamblado de un primer lote para “stock”

- Estudiar el comportamiento de las baterías
- Evaluación de unidades base de 10 [Ah]
- Variación en las dimensiones de electrodos
- Realización de pruebas de reposo a diferentes temperaturas
- Evaluar tiempos y cantidad de baterías ensambladas durante 2 turnos de trabajo
- Ensamblado de baterías anulando el tiempo de sedimentación de la mezcla anódica y catódica.

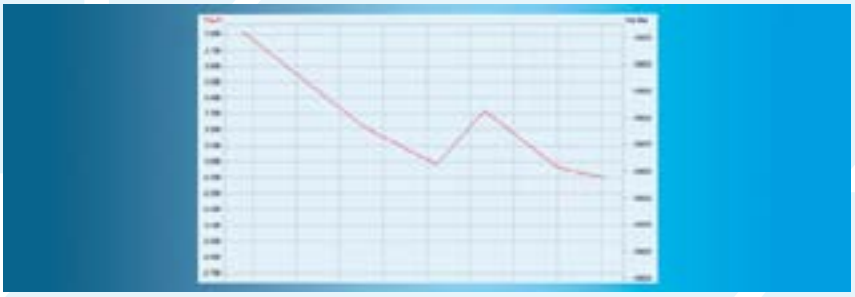
PRUEBA	ESPESOR (mm.)			RESISTENCIA INTERNA (m)			CAPACIDAD REMANENTE (mAh)
	INICIAL	FINAL	% VARIACIÓN	INICIAL	FINAL	% VARIACIÓN	
CAPACIDAD INICIAL (3 CICLOS)	18,36	18,41	0,27	14,00	14,00	4,29	10941,13
DESCARGA (0,5C,1C,2C)	18,20	18,48	1,54	7,93	18,48	133,04	11466,80
CICLAJE (300 CICLOS)	18,20	18,56	1,98	8,77	13,64	55,53	11216,30
RESIDENCIA A 60ºC POR 7 DIAS	18,50	18,80	1,62	8,20	9,00	9,76	11473,70
ALTA TEMPERATURA (85ºC)	No desprende humo, no explota y no produce fuego						
PUNCIÓN	No desprende humo, no explota y no produce fuego						
VIBRACIÓN (10-66Hz, POR 90 min)	No desprende humo, no explota y no produce fuego						
CAIDA LIBRE (ALTURA 1m)	No desprende humo, no explota y no produce fuego						
EXTRUSIÓN (17,2MPa, 13kN)	No desprende humo, no explota y no produce fuego						

ALTO IMPACTO
(610 mm, masa = 10kg)

SOBRE CARGA
(10V, 2C)



SOBRE CARGA
(0V, 1C)



5.4. Planta Piloto de Purificación de Carbonato de Litio (Carbonato de Litio Grado batería)

El Litio, debido a su elevado potencial electroquímico y al ser un elemento liviano, uno de los principales usos es la fabricación de material catódico para las baterías de ion Litio, las baterías de Litio actualmente tiene una gran demanda por la mayoría de los equipos electrónicos y en futuro no muy lejano se usaran en la mayoría de los vehículos eléctricos. Una de las principales ventajas de las baterías de ion Litio es su alta potencia, y extenso ciclo de vida y carece de efecto memoria.

Producto procesado en la Planta Piloto de Llipi

La principal materia prima para la síntesis de materiales catódicos es el Carbonato de Litio grado batería (Li2CO3, ≥ 99,5 %). Uno de los proyectos de alta prioridad de la GNRE, es la obtención de Carbonato de Litio grado batería.

En este marco, el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales y Recursos Evaporíticos de Bolivia (CICYT MAT-REB), realizó investigaciones para la purificación de Carbonato de Litio grado técnico (≤ 99,0 %) producido por la Planta Piloto de Carbonato de Litio, encontrando un método óptimo de purificación.

5.5. Producción de Carbonato de Litio grado Batería

El trabajo que desarrolla la GNRE para la obtención de Carbonato de Litio grado batería, se inicia con el producto de la actual Planta Piloto que está produciendo Carbonato de Litio grado técnico (90 - 99 % de pureza), en promedio el producto obtenido tiene la siguiente composición:

Análisis	Li	Mg	K	Na	Ca	SO4	Cl	CO3	HUMD	Li_2CO_3
%	18,35	0.100	0.030	0.019	0.202	0.194	0.237	79.54	11,18	97,30

Fuente: Análisis Químico, Laboratorio de la GNRE-LLipi

5.5.1. Investigación y desarrollo del proceso de purificación

En la fase de investigación se realizaron pruebas de distintos métodos de purificación del Li2CO3, de los cuales se logró desarrollar un método combinado para la purificación del Carbonato Litio.

5.5.2. Adquisición de normas para análisis de Carbonato de Litio grado batería

Para certificar la calidad de los productos de Carbonato de Litio y determinación de sus impurezas, se realizó la adquisición de normas de análisis de la República Popular de China, las cuales actualmente están en proceso de implementación en los laboratorios de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos.

5.6. Proceso tecnológico de obtención de Carbonato de Litio grado batería (Li2CO3 GB)

A la fecha se ha consolidado la implementación de la Planta Piloto de Purificación de Carbonato de Litio, instalado dentro de los ambientes de la actual Planta Piloto de Carbonato de Litio, la instalación y montaje de los equipos se inició en marzo, iniciando operaciones el 9 de julio del 2015, una vez superada la etapa de ajustes del proceso, la Planta Piloto se consolida con la producción regular de Carbonato de Litio grado batería, que está acopiando su producción para venta y disposición que requerirá el proyecto CIDYP (Complejo Industrial de Desarrollo y Pilotaje) para la implementación de sus respectivos proyectos.

La obtención del Li2CO3 GB, está basada en tecnología propia desarrollada por investigadores de la Dirección de Electroquímica y Baterías de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos.

5.6.1. Disolución

El proceso inicia con la disolución del Carbonato de Litio grado técnico (solido) en agua destilada, con gas carbónico bajo relaciones de CO2/Li2CO3, Li2CO3/H2O, y parámetros controlados, en sistemas construidos en material de acero inoxidable de 316 litros.

Dilución de Carbonato de Litio

Hasta alcanzar una mezcla homogénea sobresaturada, posteriormente se filtra para separar los residuos insolubles. Los residuos insolubles principalmente son $MgCO_3$ y $CaCO_3$.

La solución filtrada (salmuera saturada) se envía a la etapa de preparación para tratar con el acomplejante, como se muestra en la siguiente etapa.

5.6.2. Acomplejamiento de Salmuera

En esta etapa se prepara una salmuera saturada mediante la adición de agua desionizada, la cual es sometida a un acomplejante "Y", el cual permite la reducción de las impurezas "M++" presente el Carbonato de Litio grado comercial.

5.6.3. Desgasificación y cristalización de Carbonato de Litio

Técnico de la GNRE operando el cristalizador al vacío de la Planta Piloto de purificación de Li_2CO_3

Es la etapa donde el Carbonato de Litio disuelto y filtrado ($LiHCO_3$) acomplejado con agente quelante para la retención de los iones Calcio y Magnesio, se procede a la cristalización del producto.

5.6.4. Centrifugado

Preparación para el centrifugado de Carbonato de Litio

Es la etapa por el cual se separa el sólido (Li_2CO_3) del líquido por diferencia de densidad por medio de una fuerza giratoria hasta una frecuencia de 34 Hz, con este equipo se obtiene el Carbonato de Litio con un contenido de humedad del 5%.

5.6.5. Secado

El Li2CO3 con una humedad de alrededor del 5%, en el secador de lecho fluido se separa las pequeñas cantidades de agua, con el fin de reducir el contenido la humedad residual hasta un valor aceptablemente bajo.

Carbonato de Litio para la reducción de humedad en secador flash

5.6.6. Análisis de calidad del producto y envasado

Es la etapa final donde el producto Li2CO3 seco que se extrae del secador, se realiza el ensayo de análisis químico para determinar las concentraciones de las impurezas a nivel traza, si cumple con los parámetros estándares de Li2CO3 grado batería se realiza el empaquetado para su almacenaje.

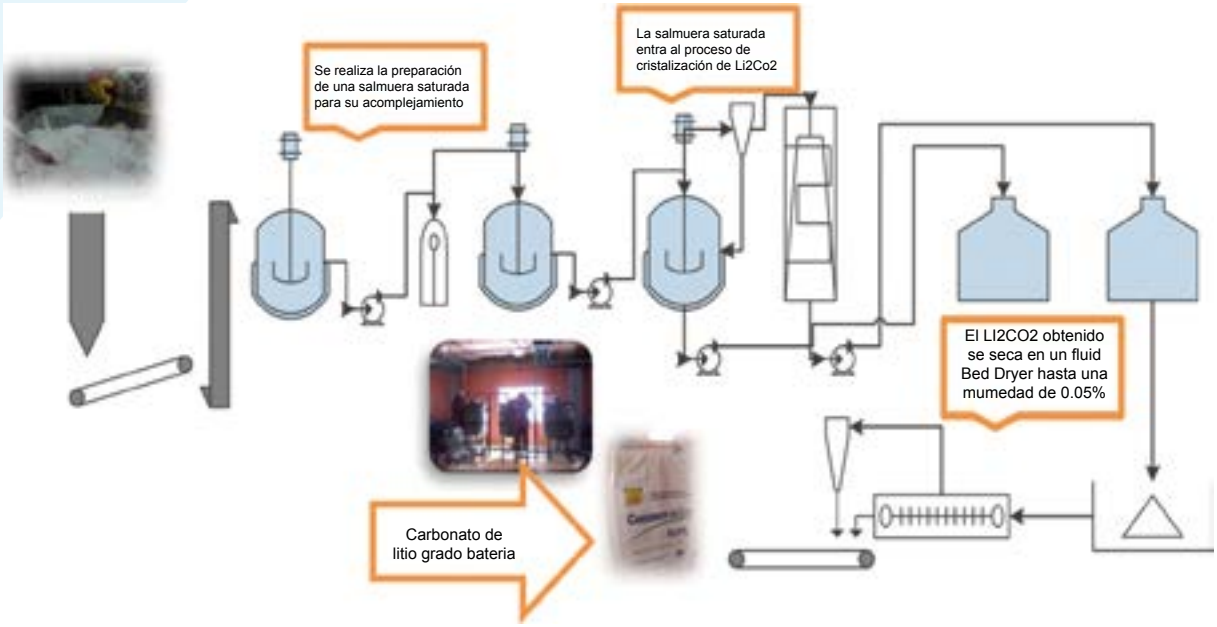
Análisis del contenido de impurezas del producto final y comparación con los estándares:

Contenido Li_2CO_3 %		Contenido de impurezas %							
		Mg	K	Na	Ca	SO_4	Cl	B	H_2O
Producto de la planta de purificación	99,79	0,003	0,001	0,005	<0,001	0,01	0,01	0,03	0,05
Estándar grado batería	≥99,5	0,008	0,001	0,025	0,005	0,08	0,003	-	<0,25

Fuente: Análisis Químico, Laboratorio de la GNRE-LLipi; YS/T 582 – 2013.

Como se puede observar en el anterior cuadro, hemos logrado superar el grado estándar, excepto en el contenido de Cloro el cual nos muestra que todavía estamos un poco por encima de lo permitido.

Asimismo hacemos notar que el Carbonato de Litio grado batería estándar contiene impurezas como Fe, Zn, Cu, Pb, Si, Al, Mn y Ni, del cual estamos seguros que en nuestro producto no tenemos impurezas de Zn, Cu, Pb, Mn y Ni, lo que posiblemente tendríamos como impurezas los cuales se requiere realizar los análisis son el Fe, Si y Al.



5.6.7. Investigación en obtención de Li_2CO_3 grado batería (GB) a partir de la salmuera preparada para carbonatación 2

Se procedió a realizar pruebas de carbonatación 2, en el sistema de cristalización, concentrando la solución preparada para la carbonatación 2 al doble de la concentración inicial, y posterior adición del acomplejante.

Las concentraciones de las salmueras con las cuales se trabajaron se muestran en el siguiente cuadro.

Salmuera	Li %	Mg %	K %	Na %	Ca %	SO_4 %	Cl- %	δ g/cc
Inicial carb. 2	0,22	0,007	0,259	0,85	0,0004	0,38	2,18	1,029
Concentrado carb. 2	0,46	0,01	0,55	1,68	0,001	0,84	4,59	1,059

Contenido Li_2CO_3 %		Contenido de impurezas %							
		Mg	K	Na	Ca	SO_4	Cl	B	H_2O
Producto de la planta de purificación	99,6	0,004	0,03	0,17	0,002	0,02	0,19	0,04	0,05
Estándar grado batería	≥99,5	0,008	0,001	0,025	0,005	0,08	0,003	-	<0,25

Fuente: Análisis Químico, Laboratorio de la GNRE-LLipi; YS/T 582 – 2013.

Es posible obtener Li2CO3 GB a partir de la salmuera preparada para carbonatación, sin embargo, como se puede observar en el cuadro anterior, nos falta reducir el contenido de impurezas de K, Na y Cl, los cuales son solubles y es posible reducirlos con etapas de lavado, puesto que estos últimos son altamente solubles frente al Li2CO3,

La GNRE todavía se encuentra realizando etapas de experimentación, también se está trabajando en la obtención de Hidróxido de Litio (LiOH·H2O), donde se obtuvieron los siguientes resultados a escala laboratorio y piloto.

Contenido LiOH·H2O %	Concentración % Peso							Observaciones
	Li	Mg	K	Na	Ca	SO_4	Cl	
97,20	15,97	0,001	0,16	0,11	0,001	0,08	0,06	Esc. Laboratorio
96,95	15,88	0,001	0,24	0,25	0,001	0,09	0,1	Escala Piloto

Fuente: Análisis Químico, Laboratorio de la GNRE-LLipi

5.6.8. Otras investigaciones

La Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos también está trabajando en la obtención de Hidróxido de Litio monohidratado (LiOH·H2O), la obtención de Hidróxido de Litio monohidratado comprende las reacciones de encalado, sedimentación, evaporación y cristalización por ahogamiento con alcohol, donde se obtuvieron los siguientes resultados a escala laboratorio y piloto.

Contenido LiOH·H2O %	Concentración % Peso							Observaciones
	Li	Mg	K	Na	Ca	SO_4	Cl	
97,20	15,97	0,001	0,16	0,11	0,001	0,08	0,06	Esc. Laboratorio
96,95	15,88	0,001	0,24	0,25	0,001	0,09	0,1	Esc. Laboratorio

Fuente: Análisis químico, laboratorio de Llipi

Debido a la necesidad de mejorar la calidad de la materia prima (Sulfato de Litio) se realizaron pruebas a nivel laboratorio de obtención de Sulfato de Litio monohidratado a partir de salmueras de Sulfato de Litio y salmueras de carnalita con contenido de Litio, y mediante una cristalización fraccionada se logra la obtención de Sulfato de Litio mono hidratado de la siguiente composición:

Salmuera	Li %	Mg %	K %	Na %	Ca %	SO_4 %	Cl- %	B %
Li_2SO_4 (Pozas)	4.17	5.23	2.20	2.83	0.031	24	23.69	0.136
$Li_2SO_4*H_2O$ (1 Cristalización)	Li %	2.27	3.01	1.33	0.016	53.41	10.61	0.120

5.7. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Recursos Evaporíticos de Bolivia, CICYT MAT-REB

Siendo la motivación principal impulsar el desarrollo científico con la implementación del Centro de Investigación en Ciencia Y Tecnología de Materiales y Recursos Evaporíticos de Bolivia CICYT MAT-REB en La Palca-Potosí, con el apoyo y uso de equipos de análisis y caracterización de materiales de última tecnología para el desarrollo y promoción de investigaciones en beneficio del progreso científico y tecnológico del país, cuenta con personal boliviano que lleva adelante estas actividades.

5.7.1. Implementación de laboratorios

Durante la presente gestión se han adquirido e instalado nuevos equipos de última tecnología, como ser:

- Espectrómetro de absorción atómica con horno de grafito
- Espectrómetro de emisión óptica por plasma de acoplamiento inductivo
- Difractómetro de rayos X
- Caja de guantes con atmosfera controlada.

Actualmente se encuentran instalados y operando los siguientes equipos:

5.7.2. Espectrómetro de absorción atómica (GFAAS)

El equipo de Absorción Atómica instalado en el Laboratorio de Análisis, correspondiente a la marca de Perkin Elmer, modelo 900H, presenta una configuración de doble haz, con ancho de rendija variable, con longitud de absorción variable, con una torreta para ocho fuentes de radiación (lámparas del tipo Cátodo Hueco, LCH o lámparas de Descarga sin Electrodo, EDL).

El equipo 900H presenta una zona de atomización para trabajar mediante la técnica de llama, alcanzado temperaturas entre 2200-3000 oC, llegando a determinar concentraciones del analito a nivel mg/L.

El equipo también presenta un compartimiento del sistema de horno de grafito para trabajar mediante la técnica de horno de grafito, alcanzado temperaturas de trabajo alrededor de 2400 oC - 2800 oC, llegando a determinar concentraciones de analito a nivel mg/L y µg/L.

Ambas técnicas están basadas en la absorción de la luz de longitud de onda característica proveniente de las lámparas de HCL o EDL por el analito que se encuentra atomizado en la llama o en el tubo de grafito.

La cuantificación está basada en la proporcionalidad de la absorción de luz por las diferentes concentraciones del analito presente en la muestra dentro de su región lineal. Es posible determinar más de 60 elementos químicos mediante la técnica de absorción Atómica.

Laboratoristas de PPB operando equipo de absorción atómica

5.7.3. Espectrómetro de emisión óptica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP -OES)

El equipo de Emisión Atómica de la marca Thermo Scientific, modelo iCAP 7400 Duo, presenta una zona de atomización bajo plasma, con longitud de emisión variable, con un automuestreador para estándares de calibración y muestras. El equipo iCAP 7400 Duo está basado en la técnica de emisión donde se alcanza temperaturas entre 8000-9000 oC, llegando a determinarse concentraciones a nivel µg/L.

La técnica consiste en la medición de los fotones emitidos con su longitud de onda característica de cada elemento que ha sido atomizado en el plasma. La cuantificación está basada en la proporcionalidad del número de cuentas que corresponden a los fotones emitidos por las diferentes concentraciones del analito presente en la muestra dentro de su región lineal.

Es posible determinar más de 70 elementos químicos mediante la técnica de emisión atómica, además es posible analizar varios analitos presentes en una misma matriz de forma simultánea.

Técnicos operando el espectrómetro de emisión óptica

5.7.4. Difractómetro de rayos X

Registro computarizado de datos del difractómetro de rayos X

El equipo de difracción rayos X de la marca BRUKER, modelo D8 ADVANCE, es usado para diferentes tipos de análisis de fases en muestras sólidas, se realiza tanto análisis cualitativo como cuantitativo de porcentaje en peso de las fases presentes en la muestra.

Los softwares utilizados para dichos análisis son DifracEva para lo cualitativo, Topas y FullProf para el análisis cuantitativo. La técnica de analítica cuantitativa que se usa es el refinamiento de Rietveld, que va desde la cuantificación de fases hasta la resolución de estructura cristalina de las muestras.

El difractómetro se complementa perfectamente con equipos de análisis elemental, razón por la cual se ha realizado servicios a diferentes unidades de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos como Geología, Planta de Llipi, Planta Piloto de Baterías y otros. Hasta la fecha se han analizado más de 200 muestras de diferentes tipos.

5.7.5. Microscopio electrónico de barrido

Este espectrómetro esta acoplado al microscopio electrónico de barrido, donde uno de los fenómenos producido por la colisión de electrones con la materia es precisamente los rayos X característico de los elementos químicos, por lo tanto, este se encarga de realizar el microanálisis químico en la región enfocada por el microscopio electrónico, la región puede ser puntual, lineal, mapeo de cierta área y global.

Es una técnica de análisis elemental que identifica elementos desde el Berilio hasta Uranio en un solo espectro hasta niveles de traza. Ésta es una técnica muy útil ya que se complementa perfectamente con el difractómetro de rayos X.

Equipo de microscopía de barrido electrónico (SEM)

5.7.6. Espectrómetro de energía dispersiva de rayos X (EDS

Espectrómetro de rayos X

Este espectrómetro esta acoplado al microscopio electrónico de barrido, donde uno de los fenómenos producido por la colisión de electrones con la materia es precisamente los rayos X característico de los elementos químicos, por lo tanto, este se encarga de realizar el microanálisis químico en la región enfocada por el microscopio electrónico, la región puede ser puntual, lineal, mapeo de cierta área y global.

Es una técnica de análisis elemental que identifica elementos desde el Berilio hasta Uranio en un solo espectro hasta niveles de traza. Ésta es una técnica muy útil ya que se complementa perfectamente con el difractómetro de rayos X.

5.7.7. Caja de guantes con atmosfera controlada (GLOVE BOX)

La caja de guantes con atmosfera controlada, generalmente con Argón, es utilizada para evitar descomposición, oxidación o reducciones de diferente muestra sensible a los componentes del aire. Los niveles de agua y oxígeno dentro de la cámara son menores a 0.1 partes por millón. También es aprovechada para realizar el ensamblado de diferentes tipos de celdas o baterías de ion Litio, para evitar descomposición del electrolito u oxidación del litio metálico.

Equipo GLOVE BOX con atmósfera controlada

5.7.8. Potenciostato/Galvanostato/ZRA

Este equipo es utilizado para la caracterización electroquímica de materiales en baterías de ion Litio, entre las técnicas más utilizadas podemos mencionar los procesos de carga y descarga, ciclovoltametria, espectroscopia de impedancia, mediciones de corrosión, conductividad electrónica y iónica, etc. Cuenta con un equipo de electrodo rotatorio, celdas especiales para análisis de electrolitos, donde cuenta con sus respectivos electrodos de referencia.

Potenciostato/Galvanostato

5.7.9. Impresora 3D

La GNRE-COMIBOL, para realizar el diseño de nuevos dispositivos y prototipos, procede a la adquisición de una impresora 3D, de la marca WEISENSANWEI de procedencia China, la Impresora 3D, tiene la facultad de realizar impresiones a base de plástico (polietileno), las impresiones tienen una resolución hasta 0.1 mm, que nos serán de gran utilidad para la elaboración de modelos como se observa:

Impresora 3D

5.8. Resultados obtenidos en investigación

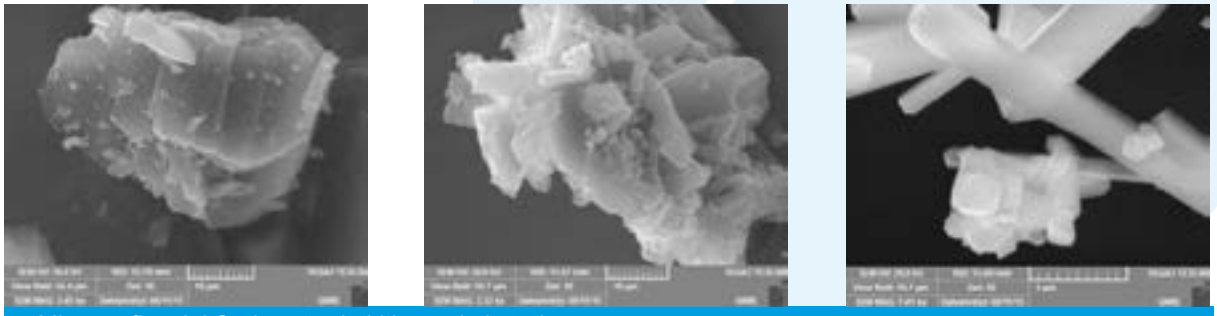
5.8.1. Materiales catódicos comerciales

Se ha puesto énfasis en la síntesis de materiales catódicos comerciales, como el óxido de Manganeso litiado (LiMn2O4) y el fosfato de hierro litiado (LiFePO4), a partir del Carbonato de Litio de grado batería obtenido en la Planta de Llipi. Además de los materiales mencionados:

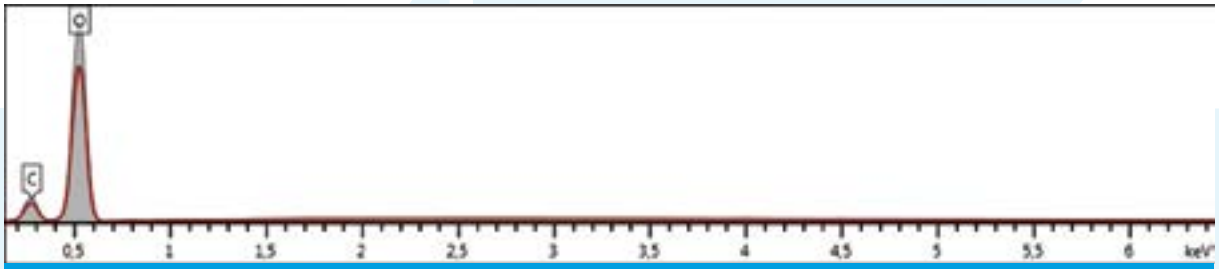
- Se han sintetizado sus derivados, realizado mediante procesos de dopado, en particular con Magnesio, para mejorar su rendimiento, estabilidad, conductividad, etc., para su aplicación en baterías de ion Litio
- Se ha diseñado y ensamblado celdas prismáticas de 600mAh con el material sintetizado, esto como un primer paso para ampliar a escalas mayores de producción, que posteriormente se lo puede aplicar en la planta piloto de cátodos a ser instalada el año 2016.

Lo importante es mejorar los procesos de recuperación de estos materiales, por las grandes reservas que tiene Bolivia en los yacimientos de Litio, Manganeso y Hierro, que aportarán a la reducción de costos en el producto final. Por lo tanto, la investigación no solo se centra en el Litio, sino también en procesos de purificación de Manganeso y Hierro.

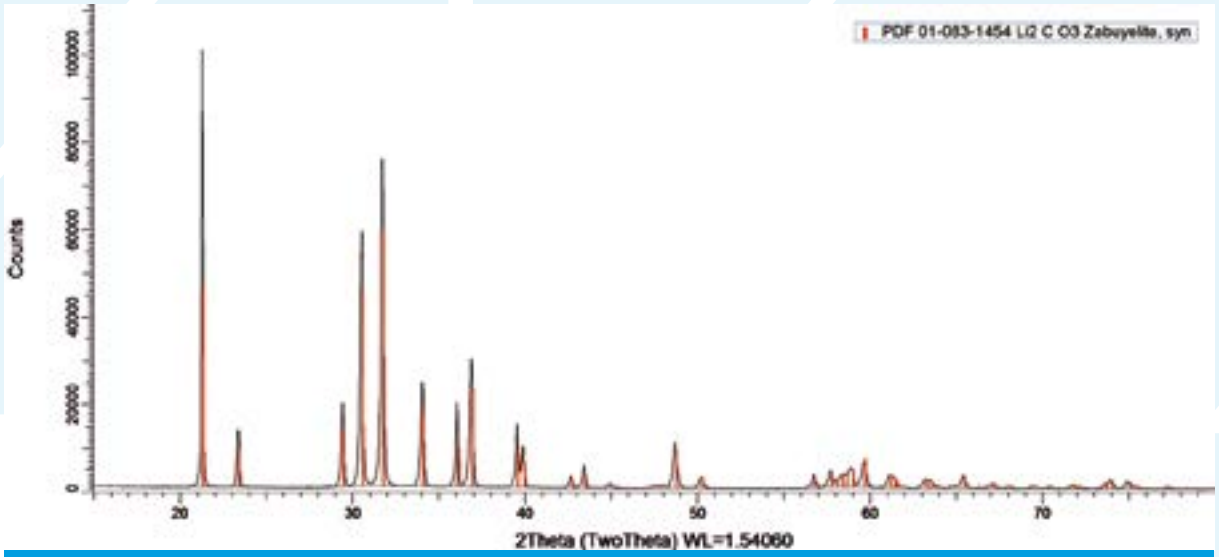
Para la síntesis de material catódico para baterías de ion Litio LiMn2O4 (LMO), ha sido utilizado como uno de sus precursores el Carbonato de Litio de grado batería obtenido en la Planta de Llipi, cuya caracterización física y química es la siguiente:



Micrografias del Carbonato de Litio grado bateria

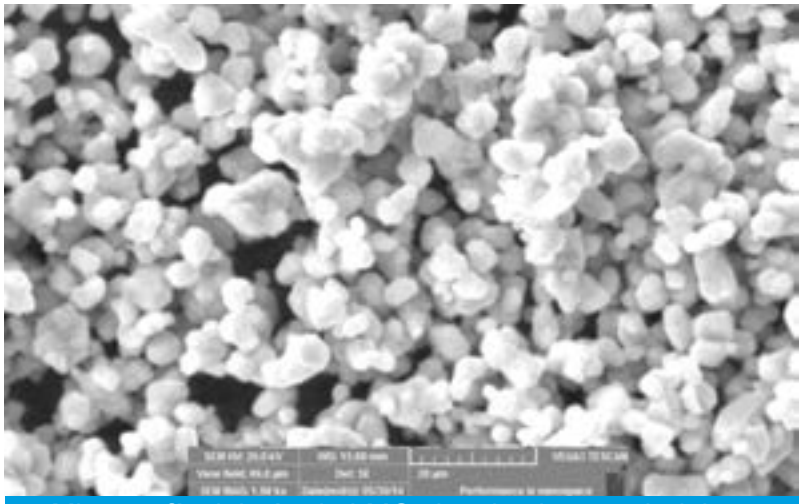


Espectro EDS del Carbonato de Litio grado batería



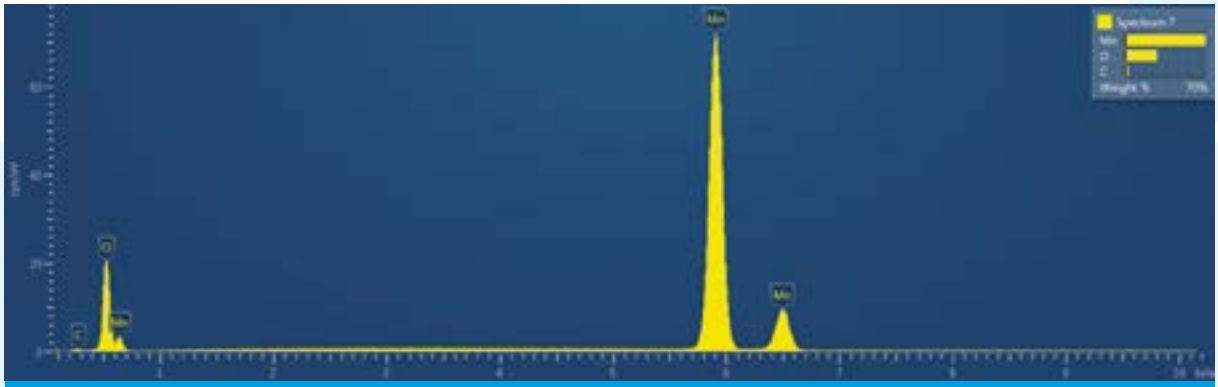
Difractograma de rayos X del Carbonato de Litio grado batería

El material catódico sintetizado (LMO) por la ruta de reacción en estado sólido se muestra en la siguiente figura, donde se puede apreciar la uniformidad de la forma y tamaño de partícula que es del orden de 1 micrómetro, requisito importante para el flujo de los iones Litio dentro de la partículas al momento de cargar y descargar en una batería.



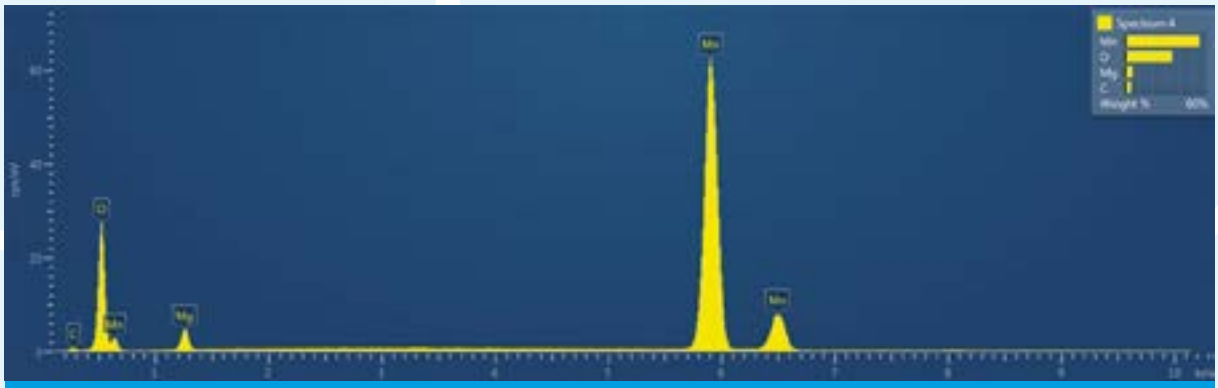
Micrografía del cátodo LMO sintetizado a partir del Carbonato de Litio boliviano

El microanálisis químico es mostrado a continuación, donde se puede apreciar un alto grado de pureza, donde pasan desapercibidos otros elementos a nivel traza.



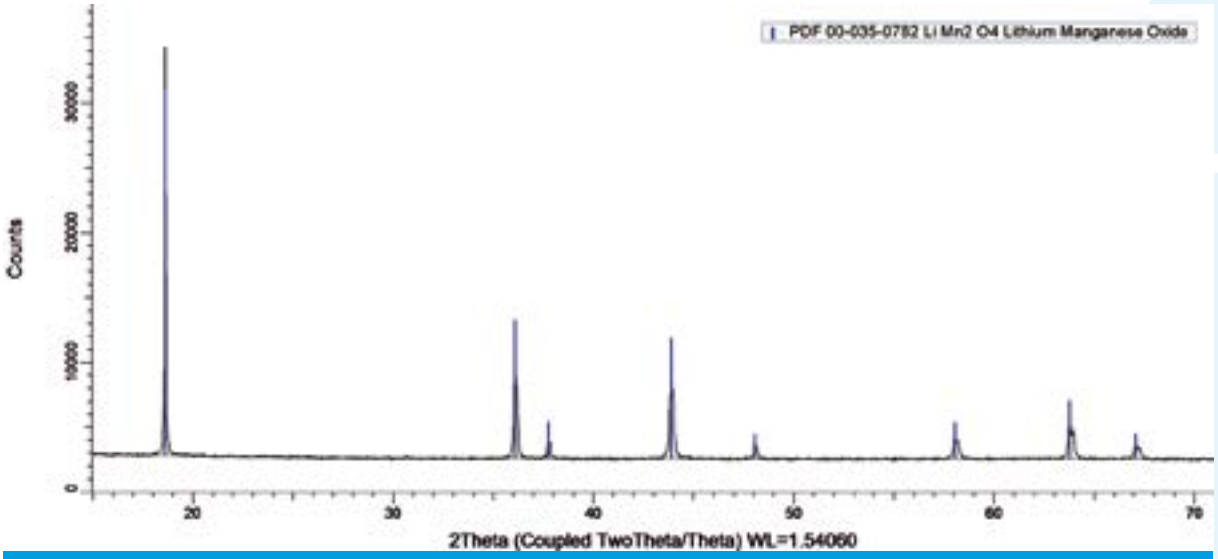
Difractograma de rayos X del Carbonato de Litio grado batería

Los elementos presentes en el material catódico LMO dopado con Magnesio, para evitar efectos de Jean Teller es:



Espectro EDS del cátodo LMO dopado con magnesio sintetizado en el CICYT

El difractograma obtenido en ambos casos (LMO y LMO dopado con Magnesio) presenta el siguiente espectro, donde la única fase formada es aquella que pertenece al LiMn2O4.



Difractograma del cátodo LMO sintetizado en el CICYT

La caracterización electroquímica en una batería de ion Litio de éste material sintetizado LiMn2O4 fue realizada por la técnica de espectroscopia de impedancia, ciclovoltametria y ciclado en un potenciostato/galvanostato, los resultados son mostrados a continuación:

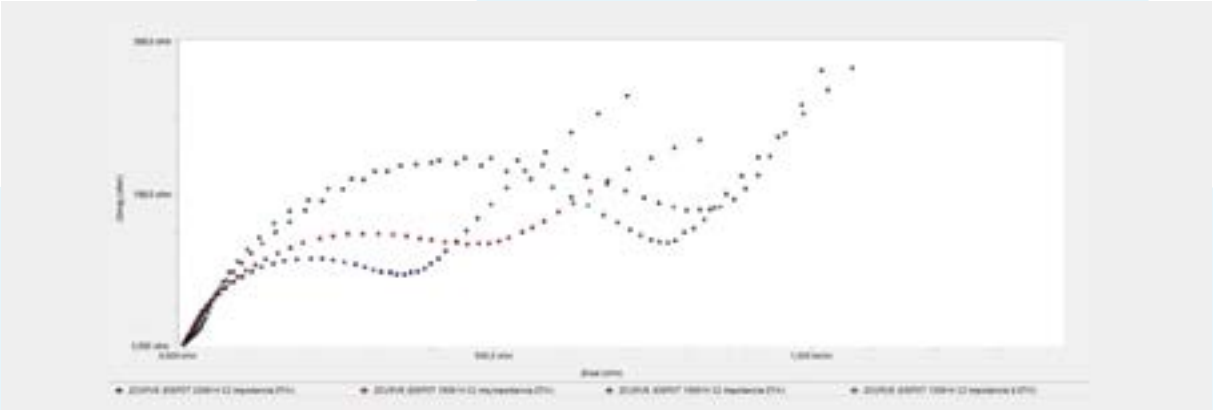
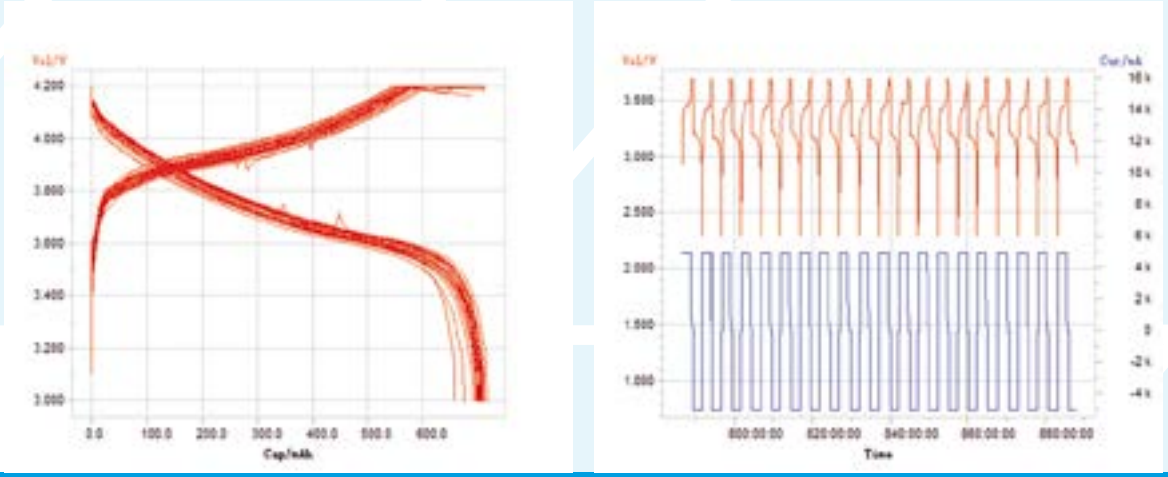


Figura: Diagrama de Nyquist



Caracterización electroquímica del cátodo LMO sintetizado

En consecuencia, la prospección de producción a escalas mayores es totalmente factible dada la producción de Carbonato de Litio en grado batería en la Planta de Llipi.

5.9. Cursos de capacitación especializada en baterías de ion Litio, impartidas por el CICYT-MAT REB de la DE&B

El CICYT-MAT REB, además de realizar investigación, tiene la función de prestar servicios, dar soporte técnico, los cuales, tienen como objetivo la formación y especialización de recursos humanos calificados en Bolivia, en lo que se refiere a ciencia de materiales y baterías de ion Litio. En ese sentido se realizaron las siguientes actividades:

5.9.1. Capacitación en la Universidad Autónoma Tomás Frías

Se han realizado cursos de capacitación en los laboratorios del Centro de Investigación ubicado en la Palca tanto teórico como práctico, dirigido a estudiantes y docentes de la Universidad Autónoma Tomás Frías (UATF), denominado “Jornadas en ciencia de materiales y sus aplicaciones en baterías de ion Litio”.

Los cursos han sido basados principalmente en los nuevos equipos de caracterización de materiales, se ha impartido el fundamento teórico de los nuevos equipos analíticos que se van a adquirir por parte de centro de investigación.

Docentes y estudiantes de la UATF en curso de capacitación

Por otro lado, se ha realizado el curso de síntesis de materiales de cátodo y ensamblado de baterías de ion Litio. En este curso participaron 25 asistentes entre docentes, investigadores, tesistas y estudiantes, quienes fueron seleccionados de diferentes carreras (química, física, Ing. geológica, Ing. de procesos, Ing. de minas y otras carreras afines al área de ciencia de materiales).

Los cursos teóricos fueron impartidos en las aulas de la Universidad Autónoma Tomas Frías y la parte experimental o laboratorio en el Centro de Investigación de GNRE ubicado en la Palca Potosí.

En la parte de laboratorio del primer curso se ha puesto énfasis en la parte de microscopía electrónica de barrido, espectroscopía de energía dispersiva y difracción de rayos X.

Técnico de la GNRE impartiendo resultado de sus investigaciones

En todos los casos se ha entrenado desde la preparación de muestras sólidas, manipulación individual de los equipos, generación e interpretación de datos. Como prueba final, cada participante contaba con su propia muestra obtenida en sus trabajos de investigación para poderlas finalmente caracterizar con estos 3 equipos.

En el segundo curso se ha sintetizado diferentes materiales de cátodo como ánodo dividido entre los grupos formados por los participantes. La síntesis de electrodos fue realizada por las técnicas de reacción en estado sólido e hidrotermal. Posteriormente se entrenó por grupos en lo que concierne la preparación de pastas tanto catódicas como anódicas, proceso de recubrimiento, ensamblados de baterías de ion Litio tipo botón en la caja de guantes (glovebox) con atmosfera controlada y finalmente los ciclos de carga y descarga en el potenciostato/galvanostato.

Instrumental de laboratorio utilizados en la capacitación de docentes y estudiantes de la Universidad Autónoma Tomás Frías

Diferentes momentos del curso de capacitación a docentes y estudiantes de la UATF

5.9.2. Capacitación en la ciudad de La Paz y La Palca a personal de la GNRE-COMIBOL

Taller interno de intercambio de experiencias en sala de reuniones de la GNRE

Se ha realizado el curso de capacitación en caracterización de materiales, en particular, en la técnica de difracción de rayos X dirigido a investigadores y técnicos de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia, con el objetivo de ampliar el conocimiento y transferir los métodos analíticos, tratamiento, interpretación de datos.

Un primer curso de capacitación en teoría y laboratorio fue realizado en el centro de investigación de la GNRE ubicado en la Palca-Potosí. La duración de este curso fue de 3 días, con la participación de 10 profesionales de diferentes Unidades Técnicos de la GNRE. Los 10 participantes fueron investigadores pertenecientes a la Planta de Llipi, laboratorio de Coipasa y laboratorio de la GNRE-La Paz de la Dirección de Investigación y Desarrollo.

La capacitación en la parte práctica consistió en la preparación de muestras, instrumentación, manipuleo del difractómetro D8Advance, obtención de datos, análisis e interpretación de datos por el software Difrac.Eva para diferentes muestras preparadas por los participantes.

El segundo curso fue realizado en la ciudad de La Paz, con la participación de 14 profesionales técnicos. Los asistentes a este curso fueron investigadores que pertenecían a distintas áreas de investigación de la Dirección de Investigación y Desarrollo de GNRE-COMIBOL que cubren diferentes proyectos relacionados al desarrollo y obtención de materiales refinados a partir de la salmuera del Salar de Uyuni como de Coipasa.

Por lo tanto, la importancia de esta técnica de análisis de fases es primordial su conocimiento y entrenamiento para cualquier investigador principalmente en el tratamiento e interpretación de sus propios datos.

5.9.3. Curso de actualización por estudiante boliviano de doctorado en Australia

La GNRE – COMIBOL, tiene contacto con muchos de nuestros profecionales bolivianos que están relazando estudios de Posgrado relacionados con la temática de industrialización de nuestros recursos naturales y en especial en el área de baterías (síntesis de materiales catódicos, espectroscopia, ensamblado de baterías y en el campo de procesos).

Ing. Erwin Rodríguez compartiendo sus experiencias aprendidas en Australia

Es así que el estudiante de Doctorado Erwin F. Rodriguez Tolava de la Universidad de Melbourne Australia, se encuentra realizando estudios de síntesis de materiales catódicos a base de titanio, quien en su visita a Bolivia, impartió un curso de actualización mostrando los avances tecnológicos en la síntesis del material catódico a base de titanio y la caracterización electroquímica, el curso se desarrolló en La Palca-Potosí, destinado al personal de la Planta Piloto de Baterías y del Centro de Investigación en Ciencia Y tecnología CICYT MAT-REB.

5.10. Estudio de Mercado de celdas y baterías de Ión-Litio en Bolivia y Latinoamérica

La mayor parte de los estudios disponibles se enfocan en América del Norte, Europa y Asia-Pacifico y existe un análisis global del mercado de baterías de ion-Litio en un grupo denominado “Rest of the World” donde se encuentra Latinoamérica, África y Oriente Medio. No existiendo información técnica desglosada para la región seleccionada por la COMIBOL-GNRE.

Como resultado de los acuerdos estratégicos establecidos en temas relacionados al Litio entre el Reino de los Países Bajos y el Estado Plurinacional de Bolivia se eligió a la empresa Battery Technology International B.V. La firma del contrato fue llevada a cabo el 28 de octubre de 2015 por USD 171.429,00 con un periodo de ejecución de 152 días.

En visita de inspección a Planta Piloto de baterías de Litio (20-04-2015), el Ing. Victor Ramirez (Centro) explica al Presidente Evo Morales y al Vicepresidente Alvaro García Linera, sobre el proceso laminación de materiales catódicos

Los alcances técnicos establecidos por la COMIBOL-GNRE fueron el análisis de la oferta, demanda, precios, canales de distribución de baterías de ion-Litio y un plan de negocios consecuente en el contexto planteado, los cuales permitirán realizar el dimensionamiento de la futura planta industrial, así como la definición de las celdas y baterías de ion-Litio a ser manufacturadas.

Dentro de la propuesta de la firma holandesa se destacaron la presencia de profesionales de amplia experiencia y trayectoria internacional, como ser:

- PhD Christophe Pillot socio y director de AVICENNE Energy una de las firmas especialistas en el análisis del mercado de las baterías de ion-litio en el mundo, con experiencia de 20 años en la cadena de valor del Litio.
- Dr. Klaus Brand con 35 años de experiencia en el negocio de las baterías de ion litio teniendo en su historial a empresas importantes como Moli Energy Limited (Canada), Varta Battery AG (Germany), The Gillette Co., (USA) entre otras. El nivel ejecutivo más alto ocupado por este profesional fue el de CEO - Chief Executive Officer.
- MSc Theo Kremers con 25 años de experiencia en negocios y 5 años en baterías de ion-litio en empresas como Lithium Technology Corporation y GAIA. El nivel ejecutivo de más alto ocupado por este profesional fue el de CEO - Chief Executive Officer.
- Adicionalmente se resaltó la inclusión la MSc Maria del Carmen Moscoso una profesional boliviana con experiencia en el campo estadístico.
- MSc Cees de Wit experto en negocios e inversiones

De esta manera, Bolivia a través de la COMIBOL-GNRE adquiere asesoramiento especializado y planifica la producción de baterías de ion-Litio “Hecho en Bolivia”.

5.11. Pruebas Piloto de aplicabilidad Baterías de Alta Capacidad 10 Ah ensambladas en la PPB

Durante la gestión 2015, la GNRE con el fin de probar el desempeño y aplicabilidad de las baterías de Litio de alta capacidad (10 Ah y 3,2 V) obtenidas en la Planta Piloto de Baterías, realizó el pilotaje de las mismas en diferentes sistemas:

5.11.1. Sistemas de iluminación para minería

La minería tiene un impacto importante en cuanto se refiere a fuentes de trabajo (sobre todo en el área del altiplano), donde básicamente este sector esta comprendido por minería estatal y cooperativizada, de los cuales, un alto porcentaje de sus labores se las realiza en interior mina.

Uno de los implementos indispensables para el trabajo en las operaciones mineras subterráneas son las lámparas para cascos, el empleo de lámparas para cascos se debe a que no existen condiciones de iluminación natural en los puntos de trabajo ni en las galerías donde transita el personal. Sin interesar la magnitud de las empresas mineras y de sus operaciones subterráneas, todas requieren de lámparas que se adapten al tipo de labor a realizar y las condiciones del área de trabajo.

Actualmente en la minería en Bolivia, se hace uso de lámparas para cascos, con una batería de plomo ácido, fijada al cinturón; en función a los intereses mostrados por empresas nacionales, a la fecha la Planta Piloto de baterías viene realizando trabajos para la aplicación de las baterías ensambladas en otras áreas de interés (sistemas de almacenamiento de energía), además de la correspondiente evaluación en los laboratorios de control de calidad y evaluación de desempeño de "performance" de las baterías en aplicaciones específicas.

Lámparas con baterías de Litio de baja capacidad

Las lámparas de casco, se caracterizan por un pequeño reflector que se engancha en el casco del minero, unida por un cable a una batería que se lleva colgada en el cinturón, para lo cual, la tecnología ha permitido cada vez reducir el peso y tamaño de las baterías haciéndolas más ligeras y cómodas de transportar.

En ese sentido la GNRE conjuntamente la empresa PHOCOS, realizaron el diseño y desarrollo de dos prototipos de sistemas integrados de lámparas para cascos mineros, empleando las baterías ensambladas en la Planta Piloto de Baterías de La Palca (con baterías de baja capacidad – 3,7 V y 0,8 Ah y con baterías de alta capacidad – 3,2 V y 10 Ah)

Lámparas con baterías de alta capacidad

El sistema integrado (lámpara, batería, sistema de control de carga y descarga, tecnología LED, niveles de luminiscencia, etc.), y en base a los datos obtenidos de la prueba y evaluación de desempeño del mencionado sistema, realizado en la Empresa Minera Huanuni - EMH, nos muestra que el mismo es apto para la aplicación en cascos de mineros, brindando las siguientes ventajas:

- Peso del sistema integrado aproximadamente de un tercio respecto al sistema actualmente empleado (baterías de plomo ácido)
- Tiempo de autonomía de iluminación por encima del sistema tradicional basado en plomo ácido
- Luminiscencia de mayor intensidad al tradicional
- Aplicación puntual de las baterías de Litio ensambladas en la Planta Piloto de Baterías (La Palca-Potosí), con carácter de uso social (minería pequeña, mediana y cooperativizada) en nuestro país.

Pero que, para el siguiente prototipo a desarrollarse, se deben contemplar aspectos como:

- Robustez de la carcasa
- Resistencia de acoplamiento al cinturón
- Focalización del punto de luminiscencia
- Etc.

5.11.2. Sistemas fotovoltaicos de almacenamiento de energía

Es de conocimiento, que en Bolivia existen alrededor de 500.000 familias sin acceso a energía eléctrica en 15.000 comunidades; y además que, en el área de educación al presente existe una demanda por “Acumuladores de Energía – Power Banks”. Es así que, dando continuidad al emprendimiento conjunto llevado adelante con la empresa PHOCOS, se plantea:

1) Realizar pruebas piloto de baterías de ion-Litio de alta capacidad (3,2 V y 10 Ah) aplicados en sistemas fotovoltaicos, y
2) Apoyar en el aspecto social con la provisión de energías alternativas en educación que cuentan con:
   - o Sistemas fotovoltaicos de acumulación de energía.
   - o Apoyar la iniciativa del Gobierno de mejorar el trabajo docente y estudiantil mediante la dotación de computadoras portátiles personales.

En los que, se utilizó herramientas tecnológicas (uso de laptop y señal antena satelital con la ayuda de una proyectora) soportadas por el sistema de energía alternativa a base de Litio (panel solar fotovoltaico proporcionado por la empresa PHOCOS y batería de Litio proporcionada por la GNRE).

Por otra parte, los representantes de la empresa PHOCOS mostraron mucho interés y optimismo, en llevar adelante el emprendimiento de afrontar la necesidad de uso de herramientas tecnológicas en el área de la educación en regiones rurales, con el uso de paneles solares fotovoltaicos complementados con pack de baterías de Litio ensamblados en la Planta Piloto de Baterías.

Sistema de alimentación con panel fotovoltaico y baterías de Litio

Sistema de iluminación con paneles solares y baterías de Litio

Sistema de cargadores para celulares con paneles solares y baterías de Litio

5.12. Otras actividades complementarias

Conjuntamente al desarrollo de todas las actividades operativas llevadas a cabo por la Dirección de Electroquímica y Baterías – DE&B de la GNRE, se llevaron a cabo algunas actividades complementarias necesarias para garantizar el logro de los objetivos y metas:

5.12.1. Convenio UMSA – GNRE-COMIBOL

La GNRE-COMIBOL concretó un convenio con el instituto de Investigaciones Químicas, de la Carrera de Ciencias Químicas de la Universidad Mayor de San Andrés, en temas de Síntesis de materiales catódicos, de acuerdo a los siguientes objetivos establecidos:

- Desarrollar materiales electro activos catódicos nano particulados del sistema LiNixMn2-xO4 (x de 0 a 2) por la nueva ruta atrano/pirolitica.
- Desarrollar materiales electro activos catódicos nano particulados de LiFePO4, obtenidos por las rutas de sol-gel/atrano, micro emulsiones y “salmueras residuales de evaporación”.
- Desarrollar materiales electro activos anódicos del sistema Carbón o Grafito/Oxido metálico o Sulfuro metálico (C/MO o C/MS donde M = Sn o Ti), por deposición de nano partículas obtenidas con agentes retardadores de procesos de hidrólisis y condensación.
- Caracterizar las propiedades electroquímicas (ciclabilidad y/o capacidad) de los materiales obtenidos por técnicas Galvanostaticas (carga-descarga), Voltametria Cíclica (CV) y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE).
- Evaluar la ciclabilidad y retención de capacidad de diferentes configuraciones en celdas de ion Litio ((LiFePO4//C/MO), y/o (LiFePO4//C/MS), y/o (LiNixMn2-xO//C/MO), y/o (LiNixMn2-xO//C/MS)) ensambladas con los materiales electro activos óptimos para determinar la configuración mas óptima orientados a energías renovables intermitentes.
- Caracterizar la ciclabilidad y/o capacidad de baterías de ion Litio ensambladas con las nuevas celdas electroquímicas optimizadas, para su potencial aplicación en sistemas estacionarios.
- Implementar una planta a escala bench para la producción de materiales electro activos (cátodos - ánodos). Actualmente estos objetivos se encuentran en ejecución, iniciando los estudios actividades experimentales, con coordinación del personal de la GNRE-COMIBOL.

5.12.2. Capacitación en Brasil por la empresa BRUKER: "Identificación de Fases por Difracción de Rayos X con DIFRAC.EVA"

Se ha participado del curso de capacitación para 3 técnicos de la GNRE, en difracción de rayos X en la ciudad de Atibaia de la República de Brasil, impartida por técnicos de la empresa Bruker-Brasil.

En este curso se ha podido obtener el conocimiento y las herramientas más importantes en lo que se refiere al análisis cualitativo de diferentes muestras basado en 2 tipos de difractómetros de última tecnología como son el D2Phaser y D8Advance. El software de análisis cualitativo es conocido como Difrac.Eva, propio de la empresa Bruker-Brasil.

Para la búsqueda de fases, el programa o software Difrac.Eva utiliza dos tipos de base de datos como son el PDF2 y PDF4, donde permite además de identificar fases la visualización probable de la estructura cristalina de la muestra que está siendo analizada.

Las cualidades de este software es que permite medir el tamaño de cristalito, análisis semicuantitativo, medición del grado de cristalinidad de la muestra, sintonizar parámetros cristalinos para el ajuste con la curva experimental, supresión de ruido y background, contiene un buscador con discriminador por elemento, etc.

Las temáticas del curso fueron diversas, tanto teóricas como prácticas, que comenzaban desde la preparación de muestras con diferentes tipos de porta-muestras, manipulación de diversos accesorios del difractómetro para distintos modos de operación, discriminación de energías por parte del detector para eliminar fluorescencia de ciertos materiales a los rayos X, puesta en marcha la colección de datos controlando parámetros para la optimización de los espectros, análisis e interpretación de los datos para la identificación de fases, cristalografía básica.

Todo el conocimiento adquirido en este curso de capacitación nos permite fundamentalmente identificar las diferentes fases o compuestos químicos que pueden estar presentes en cualquier tipo de muestra sólida. Este es el punto de partida para la resolución de estructuras cristalinas y técnicas de refinamiento para un estudio cuantitativo.

Capacitación por técnicos de la empresa brasilera Bruker

5.12.3. Inscripción y participación en el concurso “Premio Plurinacional de Ciencia y Tecnología” - Viceministerio de Ciencia y Tecnología

De acuerdo a la convocatoria del Ministerio de Educación, a través del Viceministerio de Ciencia y Tecnología, se invita a participar a las siguientes instituciones:

- Universidades Bolivianas: públicas, indígenas, privadas y de régimen especial
- Centros de Investigación: públicos y privados
- Fundaciones
- ONG’s
- Empresas públicas y privadas

A presentar sus proyectos de investigación científica y tecnológica para participar del “Premio Plurinacional de Ciencia y Tecnología”, en las siguientes áreas:

a) Salud
b) Desarrollo Agropecuario
c) Transformación Industrial y Manufacturera
d) Saberes Locales y Conocimientos Ancestrales de los Pueblos Indígena Originario Campesinos
e) Recursos Naturales, Medio Ambiente y Biodiversidad
f) Energías
g) Minería
h) Tecnologías de Información y Comunicación.

De acuerdo a la estrategia de la GNRE-COMIBOL, en junio del 2015 la Dirección de Electroquímica y Baterías inscribe uno de sus trabajos de investigación al concurso “Premio Plurinacional de Ciencia y Tecnología” a cargo del Viceministerio de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación, dentro de la categoría de Minería.

El 29 de octubre, el Viceministerio de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación, notifica a la GNRE-COMIBOL, que el trabajo presentado clasificó para su defensa a nivel público, con el título del proyecto: Proceso de Obtención y Purificación del Carbonato de Litio a grado Batería.

El trabajo presentado, tiene la finalidad de mostrar la importancia de la investigación y la aplicación a nivel industrial, que en sus características más importantes el trabajo posee un gran impacto social y económico. El trabajo de investigación, actualmente se encuentra en pleno desarrollo a nivel pilotaje en los predios del campamento de Llípi – Potosí.

5.12.4. Participación Congreso Internacional Científica de Ingeniería

Con la finalidad de dar a conocer las investigaciones que va desarrollando la GNRE-COMIBOL, nuestra Dirección E&B, participa en el Primer Congreso Internacional de Ingeniería, mostrando avances de investigación y desarrollo referente a:

Afiche de promoción del Primer Congreso Internacional Científico de Ingeniería

Con la finalidad de dar a conocer las investigaciones que va desarrollando la GNRE-COMIBOL, nuestra Dirección E&B, participa en el Primer Congreso Internacional de Ingeniería, mostrando avances de investigación y desarrollo referente a:

- Obtención del Carbonato de Litio a grado batería.
- Batería de ion Litio obtenida a partir del Carbonato de Litio de la Planta Llipi.
- Desarrollo de Nuevas Baterías de ion Litio.
- Comportamiento de Batería de ion litio “Hecho en Bolivia” y su aplicación en un sistema fotovoltaico.

Estos trabajos fueron desarrollados en el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales y Recursos Evaporíticos de Bolivia (CICYT MAT REB), con la colaboración de la Planta Piloto de Baterías (PPB), describiendo los avances tecnológicos; en la obtención del Carbonato de Litio grado batería a partir de un Carbonato de Litio grado comercial.

Aplicación del Carbonato de Litio grado batería boliviano, para la síntesis del material catódico y aplicándolo a una batería de ion Litio netamente boliviana, de esta forma incursionamos en el desarrollo de nuevas Baterías de ion Litio, finalmente se realiza el análisis y caracterización de la Batería de ion Litio "Hecho en Bolivia" que la GNRE-COMIBOL, realiza por medio de sus profesionales, mostrando en el congreso internacional, la cadena científica e industrial, desde el inicio del proceso hasta el nivel pilotaje y la aplicación del producto (Li2CO3 grado batería).

5.13. Refacción y rehabilitación del complejo habitacional de La Palca "El Rancho"

El complejo posee instalación para servicio de internet, cable de TV, como también servicio de vigilancia las 24 horas del día, y está conformado por 10 viviendas unifamiliares y un Monoblock de dos pisos con 12 habitaciones con baño privado. En febrero del 2015, se suscriben contratos administrativos con la Empresa Constructora ROBLEDAL para:

- "Rehabilitación y reacondicionamiento del Campamento de Viviendas El Rancho – La Palca", distribuidas de las siguiente manera:

o Tres de ellas han sido divididas en dos departamentos independientes, de dos dormitorios, baño, cocina y living-comedor.
o Siete viviendas han sido reacondicionadas para 5 dormitorios personales con dos baños, cocina y living-comedor compartido.

Campamento El Rancho - La Palca

- "Refacción y rehabilitación del Edificio (Monoblock), Campamento El Rancho – La Palca; cuenta con 12 habitaciones personales, cada una con baño privado, además de contar en la planta baja de un comedor, sala de juegos, cocina, baños para damas y varones.

ANTES

AHORA

ANTES

AHORA

Las dos obras refaccionadas, rehabilitadas y reacondicionadas están destinadas para viviendas de los técnicos, licenciados, ingenieros, investigadores y científicos que trabajen en:

- Planta Piloto de Baterías ion Litio
- Planta Piloto de Materiales Catódicos
- Centro de Investigación en Ciencia y Materiales de los Recursos Evaporíticos de Bolivia
- Otros proyectos a escala Piloto
- Plantas industriales a implementar.

5.14. Becas de estudio para la soberanía científica y tecnológica

En el marco del Decreto Supremo 2100 del 1 de septiembre del 2014, el gobierno autoriza al Ministerio de Educación otorgar hasta 100 (cien) becas de estudio de postgrado en el marco de la Soberanía Científica y Tecnológica a favor de profesionales bolivianos en las áreas estratégicas y productivas del Estado Plurinacional de Bolivia. Es así que, como GNRE-COMIBOL se ha solicitado durante esta gestión la incorporación del área de RECURSOS EVAPORITICOS, para permitir que proyectos de I+D+I referidos a problemáticas del sector sean desarrollados en las mejores universidades del mundo.

De acuerdo a informe del Ministerio de Educación sobre admisión de postulantes; de 53 postulantes seleccionados 3 becarios corresponden a la especialidad de Recursos Evaporíticos para un nivel de maestría, siendo aceptados a la fecha 2 en las siguientes universidades:

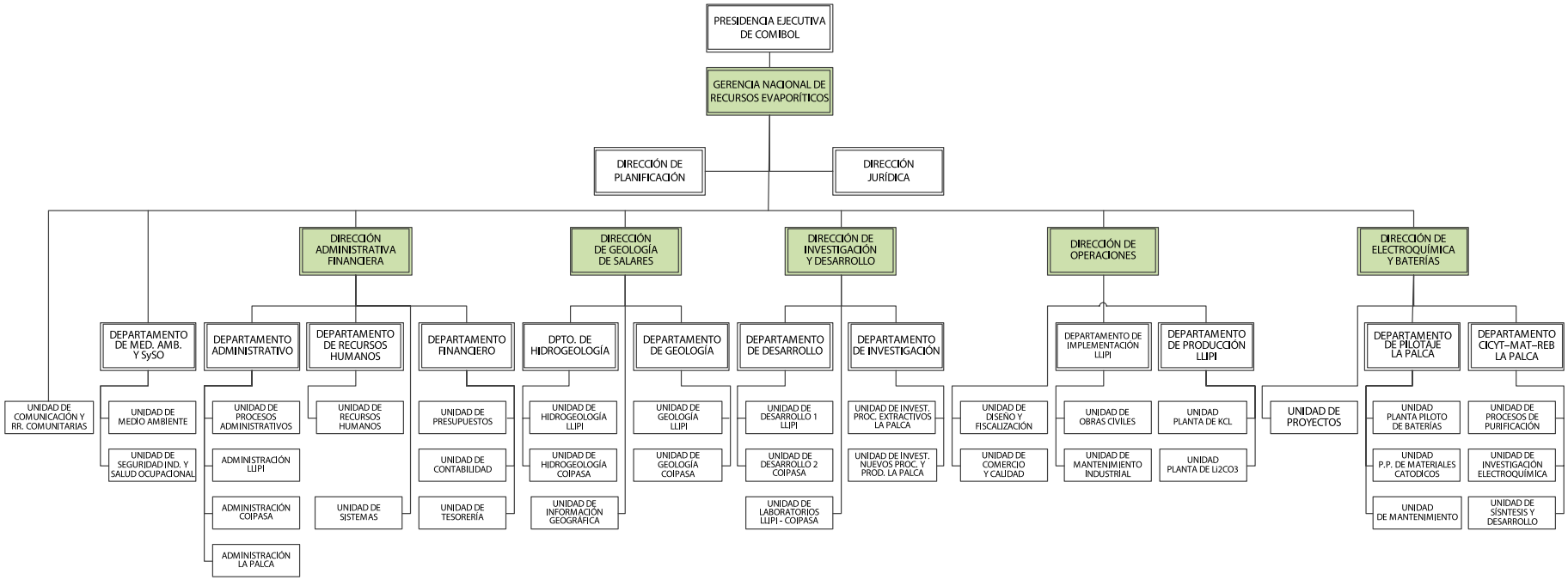
Universidad –País	Especialidad
Danmarks Tekniske Universitet (DTU)- Dinamarca	Maestría en Ingeniería Química y Bioquímica
Seoul National University-Korea del Sur	Ciencia de los Materiales e Ingeniería

Por otro lado, se inició acercamientos con la Dra. Victoria Flexer Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina; con el objeto de que, profesionales bolivianos puedan realizar estudios de Doctorado en la Universidad Nacional de Jujuy para el desarrollo de la Investigación Científica y Tecnológica del sector; contando a la fecha, con una postulante boliviana aceptada para realizar el curso de doctorado a partir de junio del 2016.

6

ADMINISTRACIÓN, FINANZAS Y PLANIFICACIÓN

ORGANIGRAMA GENERAL
GERENCIA NACIONAL DE RECURSOS EVAPORITICOS



Afiche de promoción del Primer Congreso Internacional Científico de Ingeniería

La Dirección Administrativa y Financiera, se constituye en el área operativa de gestión administrativa muy importante, que contribuye en los resultados a través de la organización, dirección, control antes, durante y después de cada proceso administrativo, como en los siguientes aspectos:

- En todas las unidades dependientes de esta Dirección, trabaja en torno a procedimientos administrativos basados en la normativa legal vigente, según procedimientos administrativos establecidos por nuestra entidad matriz, la Corporación Minera de Bolivia.
- Mejoramiento y reducción de tiempos en flujos de procesos administrativos de contratación de bienes y servicios.
- Optimización en la gestión de los servicios básicos y otros en favor del personal que desarrola sus labores en los centros operativos del Salar de Uyuni, Salar de Coipasa y Planta Plioto de baterías en La Palca-Potosí.
- Mejor flujo en las relaciones de gestión y comunicación con la oficina central de COMIBOL.
- Optimización en la contratación de nuevos recursos humanos, tomando la previsión de cumplimiento de perfil y formación de acuerdo al puesto de trabajo requerido.

Parte del personal administrativo oficina central La Paz

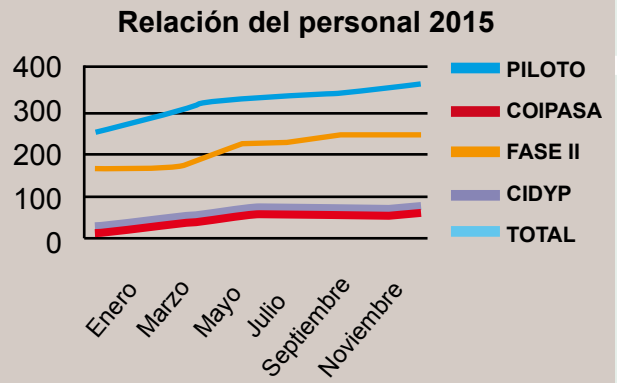
6.1. Recursos Humanos

Una de las taréas priorizadas por el Departamento de RRHH, fue la capacitación permanente del personal de la GNRE en las diferentes áreas que contempla el proyecto de industrialización de los recursos evaporíticos.

El proceso de contratación de personal, estuvo acompañado de la capacitación en el área correspondiente, para contar con personal altamente capacitado y un desempeño eficiente en las tareas encomendadas.

Es así que se coadyuvó con el personal del Proyecto CIDYP (proyecto baterías), con personal de investigación, además de la capacitación al personal en áreas de interés general como la CENCAP, (curso de la ley 1178, Ley de Administración y Control Gubernamentales), cursos de Seguridad Industrial, ISOS-IBNORCA, cursos de legislación laboral, curso en idioma aymara/ quecua, entre otras actividades.

MOVIMIENTO PERSONAL GNRE 2015		
PROYECTO	**ENERO**	**DICIEMBRE (parcial)**
PILOTO	37	49
COIPASA	22	34
FASE II	165	234
CIDYP	49	59
TOTAL	**237**	**376**



6.2. Contratación de bienes y servicios

De acuerdo a normas de procedimiento administrativo de la Comibol, definidas por las Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios (NB-SABS), que identifica a las unidades y cargos de los servidores públicos responsables de la aplicación y funcionamiento del Sistema de Administración de Bienes y Servicios en la entidad, y procedimientos específicos de nuestra entidad matriz, la Unidad de Contrataciones de la GNRE, al 15 de diciembre 2015, alcanzó certificar un promedio de 453 procesos entre contratos, ordenes de compra y de servicios.

6.3. Presupuesto y su ejecución

EL Presupuesto asignado a la Gerencia, conforme a la Ley N°. 614 de 13/12/2014 y la Resolución de Directorio General de COMIBOL N° 5812/2014 de 12/09/2014, las modificaciones realizadas y la ejecución; se expresa en el siguiente cuadro (datos a Octubre):

A nivel de Gasto Corriente, la producción Piloto se encuentra reflejada en la actividad denominada Desarrollo Integral de la Salmuera del Salar de Uyuni - Fase I, financiado con recursos propios de la COMIBOL.

		PRESUPUESTO APROBADO	PRESUPUESTO VIGENTE	PRESUPUESTO EJECUTADO	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
GRUPO PRESUP.	**DESARROLLO INTEGRAL DE LA SALMUERA DEL SALAR DE UYUNI - FASE I (ACT. DE PRODUCCIÓN)**	**11.040.945**	**11.040.945**	**5.155.622**	**47%**
10000	SERVICIOS PERSONALES	3.952.555	3.748.717	3.375.824	90%
20000	SERVICIOS NO PERSONALES	1.278.220	1.693.258	530.323	31%
30000	MATERIALES Y SUMINISTROS	5.288.750	4.430.750	1.121.635	25%
40000	ACTIVOS REALES	166.460	766.460	81.041	11%
60000	SERVICIO DE LA DEUDA	0	46.800	46.800	100%
80000	IMPUESTOS ,REGALIAS Y TASAS	354.960	354.960	0	0%

A nivel de Gasto de Inversión, se tienen asignados los siguientes proyectos:

- Desarrollo Integral de la Salmuera del Salar de Uyuni - Planta Industrial - Fase II, financiado con préstamo de recursos del Banco Central de Bolivia.
- Desarrollo Integral de la Salmuera del Salar de Coipasa, financiado con recursos propios de la COMIBOL
- Implementación Centro de Investigación Desarrollo y Pilotaje CIDYP La Palca Potosí, financiado con préstamo de recursos del Banco Central de Bolivia.

		PRESUPUESTO APROBADO	PRESUPUESTO VIGENTE	PRESUPUESTO EJECUTADO	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
GRUPO PRESUP.	**DESARROLLO INTEGRAL DE LA SALMUERA DEL SALAR DE UYUNI - FASE I (ACT. DE PRODUCCIÓN)**	**11.040.945**	**11.040.945**	**5.155.622**	**47%**
10000	SERVICIOS PERSONALES	3.952.555	3.748.717	3.375.824	90%
20000	SERVICIOS NO PERSONALES	1.778.220	1.693.258	530.323	31%
30000	MATERIALES Y SUMINISTROS	5.288.750	4.430.750	1.121.635	25%
40000	ACTIVOS REALES	166.460	766.460	81.041	11%
60000	SERVICIO DE LA DEUDA	0	46.800	46.800	100%
80000	IMUESTOS, RELIAS Y TAZAS	354.960	354.960	0	0%
GRUPO PRESUP.	**DESARROLLO INTEGRAL DE LA SALMUERA DEL SALAR DE UYUNI - PLANTA INDUSTRIAL - FASE II**	**942.019.067**	**1.045.388.850**	**936.921.558**	**90%**
10000	SERVICIOS PERSONALES	25.542.561	25.542.561	18.086.316	71%
20000	SERVICIOS NO PERSONALES	38.007.843	46.262.936	32.305.035	70%
30000	MATERIALES Y SUMINISTROS	23.569.613	176.212.658	172.479.627	98%
40000	ACTIVOS REALES	854.899.050	797.370.695	714.050.580	90%
GRUPO PRESUP.	**DESARROLLO INTEGRAL DE LA SALMUERA DEL SALAR DE COIPASA**	**10.000.000**	**10.000.000**	**7.607.307**	**90%**
10000	SERVICIOS PERSONALES	2.952.260	2.857.841	2.500.316	87%
20000	SERVICIOS NO PERSONALES	1.190.007	1.111.512	484.271	44%
30000	MATERIALES Y SUMINISTROS	1.796.345	1.878.816	924.246	49%
40000	ACTIVOS REALES	4.061.388	4.151.831	3.698.473	89%
GRUPO PRESUP.	**IMPLEMENTACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO Y PILOTAJE CIDYP LA PALCA POTOSI**	**176.654.223**	**73.284.440**	**14.010.418**	**19%**
10000	SERVICIOS PERSONALES	11.367.344	11.367.344	4.794.327	42%
20000	SERVICIOS NO PERSONALES	5.016.711	4.566.831	828.931	18%
30000	MATERIALES Y SUMINISTROS	9.952.897	9.978.816	1.434.493	14%
40000	ACTIVOS REALES	150.317.271	47.371.449	6.952.667	15%
	TOTAL INVERSIÓN	**1.128.673.290**	**1.128.673.290**	**958.539.282**	**85%**
	TOTAL EVAPORITICOS	**1.139.714.235**	**1.139.714.235**	**963.694.904**	**85%**

6.4. Financiamiento del Banco Central de Bolivia

Tras prolongada tramitación se pudo concretar la firma del “Contrato de Crédito Extraordinario en Condiciones Concesionales” Contrato SANO 169/2015 de fecha 18/05/2015 entre el Banco Central de Bolivia, la Corporación Minera de Bolivia y el Ministerio de Minería y Metalurgia, cuyo objeto es la inversión en el proyecto Desarrollo Integral de la Salmuera del Salar de Uyuni Fase II - Segunda Etapa.

De izquierda a derecha) Luís Alberto Echazú, Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos, Marcelo Zabalaga Estrada, Presidente del Banco Central de Bolivia, Cesar Navarro, Ministro de Minería y Metalurgia, Marcelino Quispe, Presidente de la Corporación Minera de Bolivia y Abraham Pérez Alandia, Director del Banco Central, en la firma de crédito correspondiente a la Fase Industrial.

Dicho proyecto logró la aprobación de su Estudio de Factibilidad mediante la Resolución de Directorio de COMIBOL N° 5926/2015 de 27/01/15 y la Resolución Ministerial N° 77/15 de 20/03/15 del Ministerio de Minería y Metalurgia.

	Condiciones del Contrato SANO 169/15
OBJETO	Desarrollo Integral de la Salmuera del Salar de Uyuni Fase II - Segunda Etapa
MONTO en $US.	
MONTO en Bs.	4,301,190,050
PLAZO	30 años
TASA DE INTERÉS	1.00%
GRACIA	5 Años al capital e interés

Asímismo la situación de los créditos a cargo de la Gerencia es la siguiente:

FASE II - PRODUCCIÓN DE SALES DE POTASIO Y CARBONATO DE LITIO	FECHA DE FIRMA	MONTO DEL CONTRATO	DESEMBOLSADO A LA FECHA	DESEMBOLSOS PENDIENTES
SANO 178/11	13/05/2011	**801,050,000**	**801,050,000**	**0**
SANO 169/15	18/05/2015	**4,301,190,050**	**1,262,557,138**	**3,038,632,912**
TOTAL FASE II		**5,102,240,050**	**2,063,607,138**	**3,038,632,912**
FASE III - INDUSTRIALIZACIÓN DE BATERÍAS Y MATERIALES CATÓDICOS	**FECHA DE FIRMA**	**MONTO DEL CONTRATO**	**DESEMBOLSADO A LA FECHA**	**DESEMBOLSOS PENDIENTES**
SANO 179/11	13/05/2011	**35,350,000**	**35,350,000**	**0**
SANO 33/14	26/02/2014	**237,274,016**	**49,597,005**	**187,677,011**
TOTAL FASE II		**272,624,016**	**84,947,005**	**187,677,011**
		TOTAL DE RECURSOS CONTRATADOS	**TOTAL DE RECURSOS DESEMBOLSADOS**	**TOTAL DE RECURSOS POR DESEMBOLSAR**
		5,374,864,066	**2,148,554,143**	**3,226,309,923**

6.5. Ingresos generados por la venta de los productos de la Fase Piloto

La actividad de pilotaje en las plantas que operan en el Salar de Uyuni, permite generar producciones, que si bien son de cuantías aun menores, son apreciables comercialmente. Es el caso del Cloruro de Potasio y el Cloruro de Magnesio, cuyos ingresos en la gestión 2015 permitieron recaudar 1.756.001,88 Bs. por el valor de su venta.

Detalle de ingresos para la COMIBOL:

PRODUCTO	CANTIDAD	Unidad	Precio de Venta Total Facturado (Bs.)	Comprador
CLORURO DE MAGNESIO	805,79	TM	280.414,92	Minera San Cristóbal
CLORURO DE MAGNESIO	600,02	TM	208.806,96	Minera San Cristóbal
	1.405,81		**489.221,88**	
CLORURO DE POTASIO	300	TM	1.169.280,00	Brenntag Bolivia SRL.
CLORURO DE POTASIO	25	TM	97.500,00	IMPROQUIM
	325,00		**1.266.780,00**	

6.6. Labores jurídico legales

La Dirección Jurídica de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos es responsable de otorgar asesoramiento legal especializado a todas las direcciones de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos de la Corporación Minera Bolivia, sobre el cumplimento de la normativa de los regímenes jurídicos, así como patrocinar las acciones judiciales, administrativas o de otra índole legal en la que se actúe como demandante o demandado.

Dentro sus funciones y atribuciones específicas podemos citar:

- Prestar asesoramiento legal especializado al Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos y Directores en aspectos relacionados con la normativa legal, análisis legal y otros de orden jurídico que rigen en el Estado Plurinacional de Bolivia
- Apoyar en las tareas de desarrollo normativo jurídico de competencia de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos, y absolver consultas o requerimientos de opinión jurídica
- Registrar y archivar las resoluciones de la GNRE y toda otra documentación, así como organizar las fuentes de información legal
- Atender los temas de análisis jurídico al interior de la GNRE y elaborar proyectos y propuestas de normas legales
- Emitir opinión jurídica y recomendar las acciones que se requieran sobre los diversos temas que se presenten en la GNRE
- Atender y procesar los aspectos jurídicos relativos a la aplicación de los Sistemas de Administración y Control Gubernamental
- Emitir opinión jurídica especializada sobre los proyectos de reglamento de funcionamiento de la GNRE
- Patrocinar y atender los procesos administrativos, presentar y tramitar los mismos ante las instancias correspondientes
- Coordinar y supervisar la función y gestión jurídica de la GNRE
- Elaborar proyectos de resoluciones, contratos, órdenes de compra, servicios y otros instrumentos de carácter jurídico de la GNRE
- Atiende procesos judiciales en las diferentes áreas.

Durante la presente gestión la Dirección Jurídica, gestionó la suscripción de contratos con empresas nacionales e internacionales para la exploración, investigación, explotación, industrialización y comercialización de los Recursos Evaporíticos.

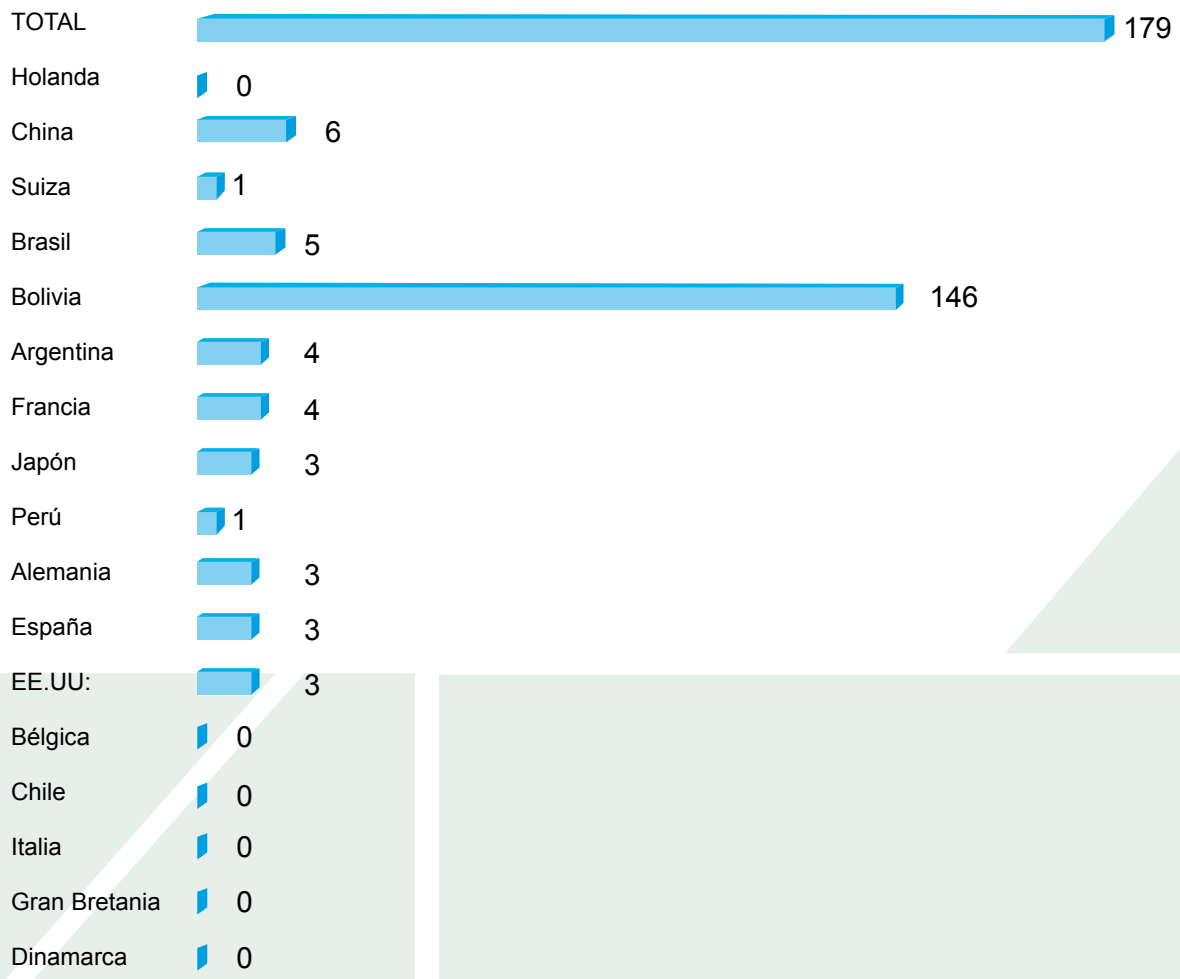
Dentro estos acuerdos podemos destacar:

- Con la empresa China Camc Engineering Co. Ltd., para la construcción, montaje y puesta en marcha de la Planta Industrial de sales de Potasio a implementarse en el Salar de Uyuni-departamento de Potosi, por un monto de Bs. 1.239.057.222,11
- Con la consultora holandesa Battery Technology Internacional B.V., para el estudio de mercado de celdas y baterías de ión Litio en Bolivia y Latinoamérica, por Bs. 1.050.000
- Con la Empresa Alemana K-Utec, para la elaboración del Proyecto de Ingeniería a Diseño Final de la Planta Industrial de Carbonato de Litio a implementarse en el Salar de Uyuni, por Bs. 33.616.800
- Con Green Tech empresa francesa, para la instalación, montaje y puesta en marcha de la Planta Piloto de Materiales Catódicos, en el complejo industrial de La Palca-Potosí, por el monto de Bs. 26.062.765,43

ACTIVIDAD	CANTIDAD
CONTRATOS	284
INFORMES	181
RESOLUCIONES	36
NOTAS INTERNAS	428
PROCESOS ADMINISTRATIVOS	7
PROCESOS JUDICIALES	7
TOTAL PROCESOS	**943**

6.7. Visitas a planta Llipi

En la gestión que culmina, las visitas a la Planta Piloto de Llipi, fue mayoritariamente por estudiantes y docentes universitarios, además de estudiantes de colegio, profesionales y público en general procedentes de diferentes departamentos del país, tambien llegaron a Planta Llipi periodistas e investigadores del extranjero, aunque en menor proporción como se observa en el siguiente cuadro.



Cantidad de Visitantes por pais

CAT

7

UNA MIRADA AL CONTEXTO INTERNACIONAL

7.1. El Litio en Sur América

En el contexto sudamericano, la explotación del Carbonato de Litio como materia prima, ha logrado significativos avances y dificultades en otros casos. Los yacimientos existentes en Chile, Argentina y Bolivia, se constituyen en la mayor reserva de este recurso a nivel mundial, como se puede ver en el siguiente cuadro:

Reserva* mundial de Litio por tipo y país (en toneladas).

País / Fuente	Pegmatitas	Pegmatitas	Salmueras geotermales y pozos petrolíferos	Arcillas (Hectorita)	Jadarita	Total Reservas
EEUU	2.830.000	40.000	1.750.000	2.000.000		6.620.000
Canadá	255.600					255.600
Zimbawe	56.700					56.700
Zaire	2.300.000					2.300.000
Australia	262.800					262.800
Austria	100.000					100.000
Finlandia	14.000					14.000
Rusia	1.000.000					1.000.000
Serbia					850.000	850.000
Brasil	85.000					85.000
China	750.000	2.640.000				3.390.000
Bolivia		9.000.000				9.000.000
Chile	14.000	6.900.000				6.900.000
Argentina		2.550.000				2.550.000
Total x fuente	7.654.100	21.130.000	1.750.000	2.000.000	850.000	33.384.100

Fuente: COCHILCO, 2009

** Reservas: es la parte de los recursos identificados que reúne los requisitos físico-químicos mínimos para llevar a cabo prácticas de producción minera y cuya explotación es económicamente viable en las condiciones actuales. Fuente: (Ministerio de Economía, Argentina, citado en Geopolítica del Litio Industria, Ciencia y Energía en Argentina, Buenos Aires, 2015).*

En esta parte del continente denominado como el “triángulo del Litio”, cada país lleva adelante una forma de explotación de acuerdo a sus políticas de Estado, en Argentina son emprendimientos mixtos entre privado y público, con proyectos que están avanzando, en la producción de Carbonato de Litio.

En Argentina, de acuerdo a estudios realizados, el rápido desarrollo e inversión privada en la explotación del Litio, le permitió consolidarse como uno de los paises exportadores de Litio, que junto a Chile, alcanzan casi el 80% del negocio de exportación, con lo cual, Latinoamérica podría aprovechar su supremacía sobre el mercado, lo que podría permitir implementar políticas de protección de los precios y buscar aumentar su valor agregado.

Producción de Litio por país

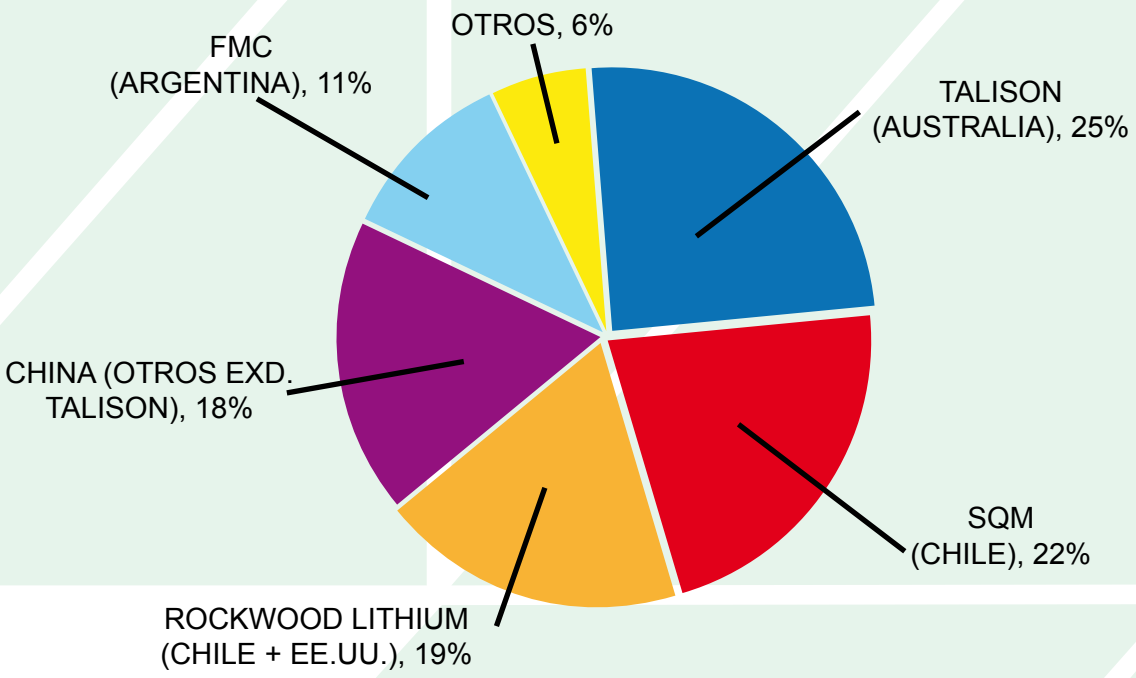
PAÍS	2013	2014e
Estados Unidos	870	W
Argentina	2.500	2.900
Australia	12.700	13.000
Brasil	400	400
Chile	11.200	12.900
China	4.700	5.000
Portugal	570	570
Zimbawe	1.000	1.000
Total mundial (rounded)	**34.000**	**36.000**

Fuente: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2015

En Chile, todavía no se impulsa una política para dar valor agregado, concentrándose únicamente en la producción y exportación de materia prima como Carbonato de Litio. Sin embargo, la Comisión de Energía y Minería del Senado de este país, ya advierte la necesidad de incorporar valor agregado a este recurso, que sería el objetivo de la creación del "Centro de Innovación del Litio".

De acuerdo al informe de U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, de enero 2015 y otros reportes, Chile se ubica como el segundo productor mundial de Litio superado por Australia.

Oferta de Litio por productor (2014)



Fuente:Signun Box, citado en informe final Comisión Nacional del Litio, Chile

Por ahora, el interés de Chile es continuar produciendo y exportando materia prima, buscando controlar el precio y el mercado, sin intenciones de incursionar en la producción de baterías. Tampoco ha mostrado interés en conformar una organización de los países productores de Litio, naturalmente que están más cerca del mercado libre.

Es posible que en este país pueda presentarse alguna modificación en la política de explotación del Litio, habrá que esperar el desenlace de los casos que enfrenta la principal empresa productora (SQM).

Mientras que Bolivia, con una política 100% estatal, ha dado pasos significativos en la industrialización de sus recursos evaporíticos, con la suscripción de contratos para el proyecto a diseño final de una Planta industrial de Carbonato de Litio grado batería, construcción y montaje de la Planta Industrial de sales de Potasio, construcción, montaje y puesta en marcha de una planta Piloto de Materiales Catódicos, conforme a una política de dar valor agregado a sus materias primas, hecho que permitirá en el mediano plazo, ingresar al mercado con una importante presencia en volumen y calidad de sus productos intermedios y finales (cátodos de Litio y baterías de Litio).

Exportaciones de Carbonato de Litio en valores totales (en millones de U$D), por país (en %) (2001-2013).

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
EXPORTACION MUNDIAL TOTAL (VALOR)													
Total (en U$D)	85	89	108	133	165	227	321	358	219	298	343	370	355
Países	EXPORTACION MUNDIAL POR PAÍS (EN%)												
Chile	60,9	62,38	59,9	56,3	57,1	54,3	58,7	61,1	51,1	58,4	59,4	66,72	63,5
Argentina	2,90	1,18	5,58	9,77	10,0	11,5	9,24	13,9	18,4	15,9	11,3	11,1	11,2
Bélgica	7,11	8,33	7,24	7,53	7,92	8,84	9,41	5,68	7,81	7,28	5,80	6,43	10,0
China	3,34	2,93	2,56	2,43	3,45	7,55	6,51	4,52	6,29	6,63	10,0	5,42	2,61
Alemania	6,49	5,96	7,34	6,50	6,51	6,34	5,89	5,08	6,59	5,00	6,26	4,26	6,27
EE.UU.	12,9	14,4	11,8	11,4	10,5	6,57	5,56	6,40	4,92	4,05	3,72	2,47	2,27
Corea del Sur	0,00	0,03	0,26	0,04	0,01	0,00	0,00	0,10	0,52	0,89	0,46	0,56	0,31
Eslovenia	1,20	0,85	0,81	0,95	0,85	0,66	0,57	0,58	1,29	0,66	0,57	0,50	0,37
Holanda	0,74	0,40	0,34	0,35	0,46	0,48	0,76	0,60	0,76	0,34	0,57	0,47	0,48
Reino Unido	0,50	0,33	0,49	0,33	0,44	0,60	0,36	0,19	0,48	0,16	0,13	0,22	0,17
Otros	3,88	3,17	3,60	3,48	2,65	3,10	2,99	1,81	1,36	0,62	1,69	0,79	1,68
Total (en %)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

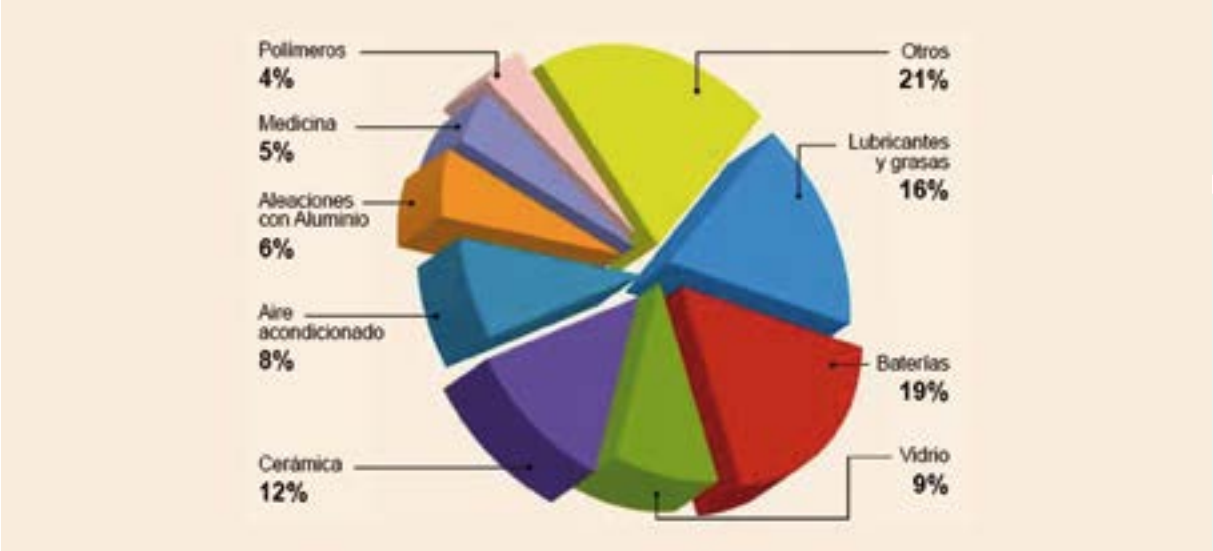
Fuente: Geopolítica del Litio Industria, Ciencia y Energía en Argentina, Buenos Aires, 2015

7.2. El Litio en el contexto global

El crecimiento de la demanda de la batería de Litio, es constante, por el desarrollo de tecnologías que demandan la energía limpia, estos cambios tecnológicos hicieron que las baterías tuvieran como insumo fundamental al Litio.

Por un lado, la revolución de la nanotecnología cobra un impulso inusitado, el cual permite que nuevos productos ingresen en el mercado, reemplazando por su precio y calidad a modelos que, de pronto, resultan obsoletos.

Principales aplicaciones del Litio:



Fuente: Informe Litio, DAR Desarrollo Argentino 2014

Actualmente el Litio impulsa el desarrollo de la industria automotriz, como componente de las baterías recargables para automóviles eléctricos (EV) e híbridos (HEV). El 25% de la producción mundial de Litio se utiliza para baterías de autos, celulares, cámaras digitales, notebooks y tablets, el 30%, para el sector metalúrgico, aire acondicionado y medicinas. El otro 50% lo demandan las industrias aeroespacial, de cerámica y de lubricantes.

Según el Informe Litio de Desarrollo Argentino, los principales mercados que demandan Litio son:

- China (29%)
- Japón (18%)
- Estados Unidos (13%)
- Europa (26%)
- Corea del Sur, Canadá, Rusia y otros (14%).

De acuerdo a estudios de mercado*, se proyectan tres escenarios posibles con respecto a la demanda total de Litio:

- Una tendencia base que sostenga una dinámica de crecimiento entre un 10 y un 11% por año
- Un escenario optimista, con un crecimiento del 15% anual
- Uno conservador, de entre 5 y 6%.

* *Según documento "Geopolítica del Litio Industria, Ciencia y Energía en Argentina", Buenos Aires, 2015*

De este modo, con los tres escenarios presentados, los estudios estiman que el consumo de Litio oscilará entre las 400 y las 600 mil toneladas para el año 2025.

Una comparación sobre la diferencia de precio entre la materia prima pura y la batería es significativa: una tonelada de Carbonato de Litio estaría alrededor de 6.000 $us, mientras que una batería de vehículo, que utiliza alrededor de 10 Kg, tendría un costo entre 10.000 y 20.000 $us.

Importaciones de Carbonato de Litio en valores totales (en millones de U$D), por país en % (2001-2013).

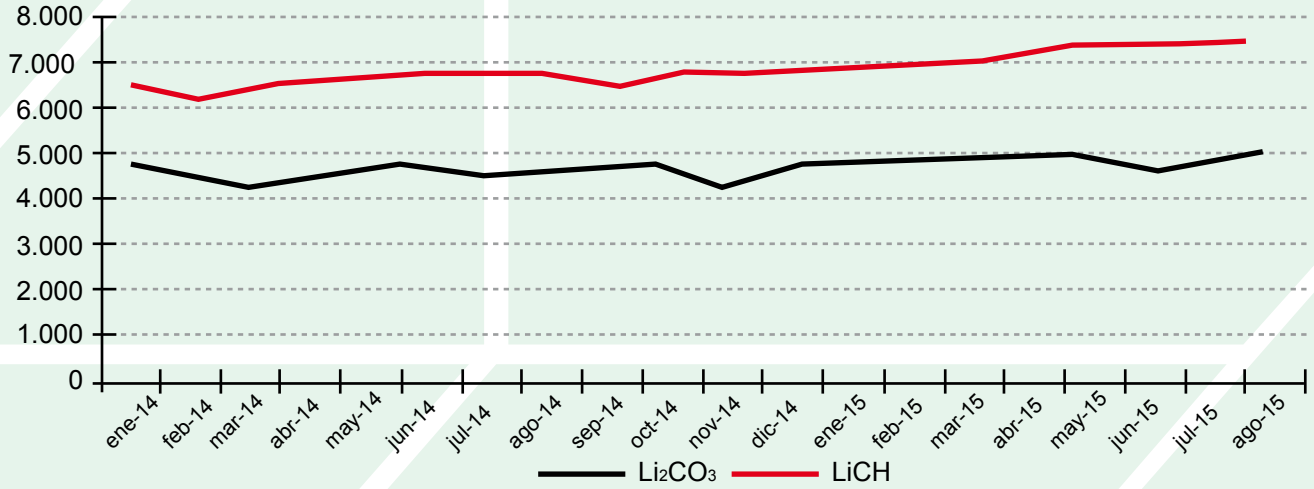
Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
EXPORTACION MUNDIAL TOTAL (VALOR)													
Total (en U$D)	77	86	103	132	161	231	329	353	239	298	383	423	354
Países	EXPORTACION MUNDIAL POR PAÍS (EN%)												
Japón	18,5	19,1	21,8	21,0	17,0	27,1	26,1	24,6	21,7	25,9	21,1	16,5	12,54
Corea del Sur	3,65	2.96	3,57	3,87	4,21	4,29	6,82	9,05	13,3	13,7	13,8	16,1	19,56
China	11,2	9,78	11,0	12,3	13,7	10,6	6,72	6,57	5,27	9,51	8,77	14,8	19,41
EE.UU.	20,9	19,2	18,5	21,3	18,4	17,3	17,3	20,6	18,2	14,4	15,2	13,7	13,58
Alemania	10,0	11,2	11,7	10,8	11,0	10,2	10,0	9,15	9,37	9,86	10,9	11,7	2,91
Bélgica	8,00	8,28	6,10	7,22	7,97	8,06	8,79	7,03	7,86	6,06	8,66	7,43	9,37
Francia	3,43	4,48	3,55	2,96	2,75	2,55	2,85	2,62	3,45	2,58	2,97	2,54	2,59
Canada	3,05	2,98	2,54	2,17	2,32	2,39	2,85	3,12	2,53	2,18	1,80	1,95	2,51
Rusia	4,54	4,16	2,88	3,61	3,80	1,21	1,20	1,23	0,83	0,98	2,27	1,91	1,80
Holanda	2,13	2,06	1,96	1,69	1,22	1,91	2,59	1,21	0,83	0,87	1,21	1,81	1,43
España	1,62	1,47	1,32	1,16	1,83	1,52	1,28	2,33	2,09	1,99	2,02	1,80	2,36
Turquia	0,52	0,59	0,81	0,84	0,85	1,03	1,49	1,13	1,54	1,34	1,21	1,45	2,38
Italia	3,88	3,70	3,63	2,73	5,13	3,48	2,42	2,39	2,80	1,76	1,67	1,28	1,88
Otros	8,44	9,83	10,4	8,12	9,59	8,5	9,43	8,91	10,0	8,77	8,31	6,84	7,68
Total (en%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Geopolítica del Litio Industria, Ciencia y Energía en Argentina, Buenos Aires, 2015

De acuerdo al Informe Security de Julio 2015, cerca del 80% de la oferta mundial de Litio está compuesta por cuatro compañías: SQM, Chemetall (perteneciente a Rockwood Holdings), FMC y Talison. Los tres primeros son productores en base a salmuera, con lo que su costo de producción por tonelada de Carbonato de Litio Equivalente (LCE) estaría entre $us 1.500-2.000, mientras que Talison extrae en base a pegmatitas o minerales, cuyo costo se eleva por sobre los $us 3.000-4.000 por tonelada de LCE.

La diferencia principal está en los costos de producción por el requerimiento de energía para su explotación: en el caso de la salmuera se utiliza evaporación solar para decantar distintos elementos hasta obtener Litio, mientras que el proceso en base a pegmatita es similar a la minería tradicional.

Precio fob Carbonato de Litio (Li_2CO_3) e Hidroxido de Litio (LiCH) (US$ Tolenada, FOB Chile)



Fuente: SignumBOX, octubre 2015

7.3. El Cloruro de Potasio en el contexto internacional

El denominado “efecto terremoto de Uralkali-Bielorruskali” (de mediados de 2013), finalmente parece haberse superado con la recuperación y estabilización del precio internacional del Cloruro de Potasio, tras la ruptura del consorcio BPC (formado por Uralkali de Rusia y Belarruskali de Bielorrusia), se anunció que se incrementaría la producción, priorizando una estrategia de volumen sobre precio.

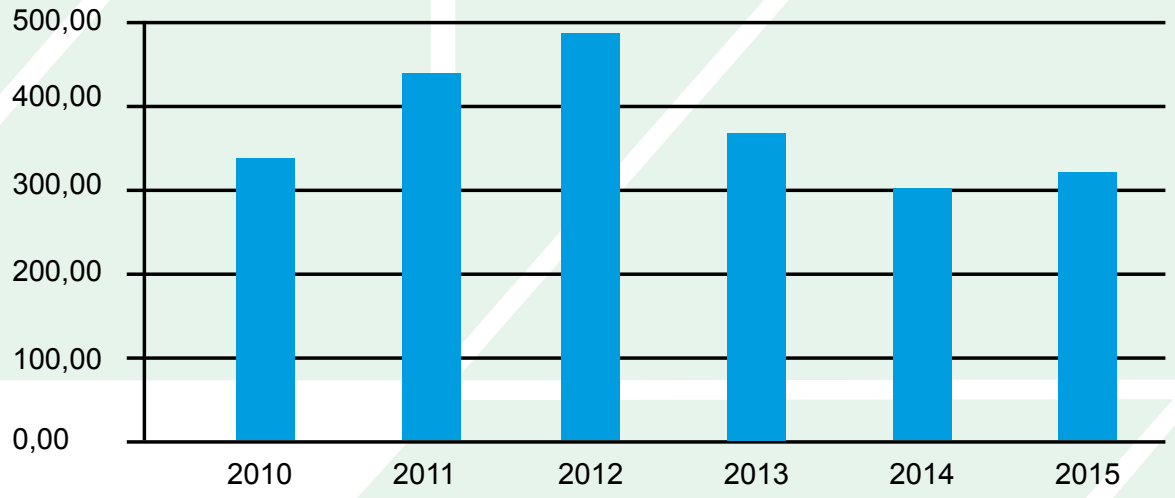
Comportamiento del precio internacional de Cloruro de Potasio

MES	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	354,38	367,50	476,25	395,00	323,00	305,20
Febrero	335,00	375,00	483,00	387,50	309,50	305,00
Marzo	312,50	380,00	480,00	390,00	309,50	305,00
Abril	314,38	413,75	468,75	391,50	287,00	307,00
Mayo	315,00	418,33	457,50	393,00	287,00	307,00
Junio	319,00	436,00	457,50	392,50	287,00	307,00
Julio	320,00	461,25	462,50	392,50	287,00	305,00
Agosto	345,00	482,50	467,50	393,25	287,00	303,00
Septiembre	337,50	470,00	464,25	389,50	287,00	300,00
Octubre	335,00	470,00	440,20	358,70	287,00	300,00
Noviembre	340,63	474,00	425,00	334,00	305,50	
Diciembre	354,00	475,00	425,00	332,00	305,63	
PROMEDIO AÑO	**331,87**	**435,28**	**458,95**	**379,12**	**296,84**	**304,42**

Fuente: Banco Mundial, promedios anuales, elaboración propia

Sin embargo, después de una baja del precio experimentada el 2014, el 2015 se ha recuperado moderadamente hasta estabilizarse en $us 300 la tonelada.

PRECIOS PROMEDIO DE KCL POR AÑO



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

Ante la baja de los precios internacionales, durante 2014 la compañía rusa tuvo que suspender el anuncio de una mayor producción de este fertilizante. En adelante, se estima que el precio de Cloruro de Potasio se mantendrá en un rango entre US$ 300-350.

7.4. Sulfato de Potasio, otro subproducto del Salar de Uyuni

En el Salar de Uyuni también se ha comenzado con la cosecha de sales mixtas en la etapa intermedia de cristalización, con la obtención de compuestos de Sulfato de Potasio, un fertilizante de segundo orden en la cadena productiva, pero con un valor económico interesante, lo que permitirá generar mayores ingresos por la explotación de este recurso.

COMPORTAMIENTO PRECIO DE SULFATO DE POTASIO EN $US/TON

MES	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	1.080,94	987,35	1.026,09	942,22	1.277,16
Febrero	1.122,70	1.028,06	1.026,80	946,95	1.271,61
Marzo	1.122,70	1.028,06	1.026,80	946,95	1.271,61
Abril	1.144,77	1.004,12	1.027,24	946,56	1.029,00
Mayo	1.092,51	981,71	992,74	985,10	1.061,55
Junio	1.088,60	965,13	956,47	1.159,23	1.031,76
Julio	1.103,81	971,68	956,47	1.148,53	999,78
Agosto	1.071,15	1.014,57	942,27	1.107,20	988,20
Septiembre	1.046,12	1.027,43	957,25	s/i	1.001,84
Octubre	988,78	1.039,21	986,40	1.344,11	1.011,22
Noviembre	995,20	1.027,95	951,37	1.338,49	s/i
Diciembre	978,40	1.016,49	955,71	1.293,81	s/i
PROMEDIO	**1.069,82**	**1.005,76**	**983,78**	**1.103,84**	**1.093,39**

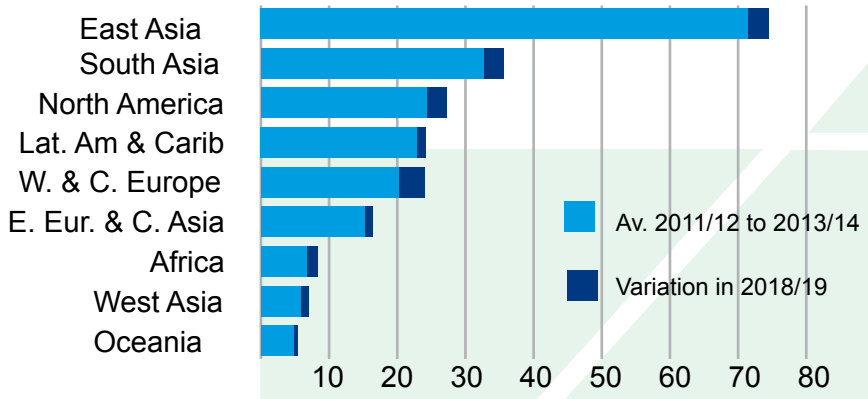
Fuente: Publicaciones de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), del Ministerio de Agricultura de Chile, (promedios elaboración propia).

Respecto a los fertilizantes potásicos, Canadá, Rusia y Bielorrusia son los principales productores con una producción estimada, en 2012, de 15,2 millones, 9 millones y 8 millones de toneladas (MT) respectivamente (según reporte de la International Fertilizer Industry Association (IFA, 2014).

Según la IFA, se prevé un incremento en la demanda de fertilizantes, el Potasio (K) aumentará más pronunciadamente, un 5,3%, hasta 30,2 MT, mientras que la demanda global de fertilizantes se expandirá un 2,1% hasta los 188 MT. Se estima que seguirán creciendo los pedidos de Potasio en un ratio estimado del 2,5%, hasta 31 MT.

Demanda de fertilizantes por región

Medium - Term Outlook For
Total Regional Fertilizer Demand (Mt nutrients)



Fuente: IFA, 2014

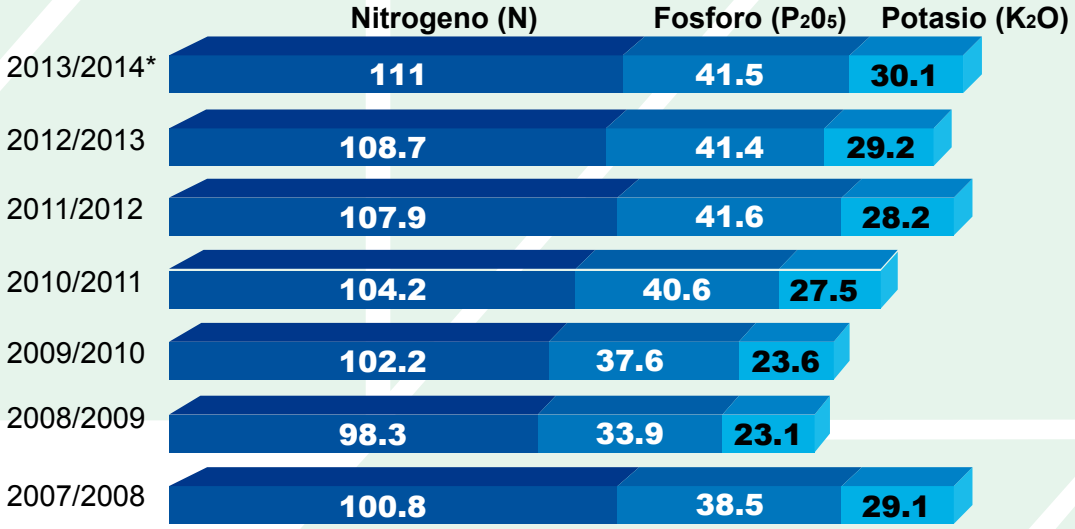
En los años siguientes, y por primera vez en la historia, el planeta demandará en el año 2019, más de 200 MT de fertilizantes. Según las estimaciones del organismo internacional, el crecimiento estará liderado por Latinoamérica, África y el Oeste de Asia.

De acuerdo al informe de la IFA, en el año 2014, las ventas de fertilizantes a nivel mundial presentaron un crecimiento moderado, donde el principal crecimiento se dio en América Latina y en África, mientras en Europa y en Asia oriental las ventas de fertilizantes se estancaron, y en América del Norte, en Asia meridional y en Asia occidental se registró un ligero descenso de las mismas.

7.5. Importancia del Potasio en la agricultura

El Potasio se encarga de estimular el contenido en agua de las células, por lo que este hecho está muy relacionado con el engorde y calidad de fruto, también ejerce un efecto de control sobre la permeabilidad de dichas membranas celulares, la menor pérdida de agua se traduce en mayor conservación de frutas y hortalizas.

Demanda mundial de nutrientes para uso fertilizante (Millones de Toneladas)



** Datos del informe "Short-Term Fertilizer Outlook 2014 – 2015"*
Fuente: (IFA, 2013- 2014)

Otro de los atributos del Potasio, es que contribuye a aportar resistencia a las plantas frente a las heladas, pues regula la concentración salina de los jugos celulares. Como el Potasio se encarga de reducir la velocidad de transpiración de la planta, en momentos de sequía tendrá mayor resistencia y será capaz de aguantar estoicamente en situaciones de estrés ambiental.

El Potasio también ejerce un papel importantísimo en la elaboración de azúcares, lo que hace que la manzana esté tan dulce, o la sandía tan jugosa.

Para la aplicación de Potasio, se debe evaluar, mediante análisis de suelo, para establecer posibles problemas relacionados con acumulación o carencia de este fertilizante, para mantener la fertilidad del suelo en los niveles naturales y adecuados.

7.6. La GNRE en II Seminario internacional "ABC del Litio sudamericano"

El Ing. Luís Alberto Echazú, Gerente Nacional de Recursos Evaporíticos, fue invitado como expositor, al "II seminario internacional del Litio sudamericano", evento realizado en el Centro Cultural de la Cooperación de la ciudad de Buenos Aires Argentina.

Este evento fue organizado por la Universidad Nacional de Quilmes, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y por el Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini, el evento se realizó los días 17 y 18 de noviembre de 2015.

El seminario, se desarrolló sobre la base de tres temas: la soberanía sobre los bienes naturales comunes; especialmente en relación a las actividades de investigación, desarrollo e innovación productiva.

Un segundo punto expuesto fue el tema: La compleja relación Litio/ambiente, tanto en relación al proceso extractivo como al impacto potencial de su industrialización sobre la matriz energética (acumulación de energías renovables y transporte público eléctrico).

Finalmente un tercer punto desarrollado se centró en las potencialidades tecno-productivas, en relación a las condiciones y consecuencias económicas, sociales y ambientales, de los distintos tipos de acumuladores electroquímicos, desarrollados y por desarrollar.

En su participación, el Ing. Echazú destacó la política minera implementada a partir de la aprobación de la nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, también realizó un análisis comparativo entra la política minera neoliberal y la que se implementa actualmente, y finalmente sobre la Estrategia Nacional de Industrialización de los Recursos Evaporíticos que desarrolla la GNRE, y sus logros alcanzados hasta la fecha.

Oficina La Paz
Av. Mariscal Santa Cruz, esq. Yanacocha
Edificio Hansa, piso 19
(591-2) 2145724 - (591-2) 2145725

Oficina Potosí
Av. Universitaria frente a
ex terminal de Buses, Edificio COMIBOL
(591-2) 68420306

Oficina Oruro
calle Junín, esq. Petot s/n
(591-2) 5251156

Planta Piloto Llipi Loma
Campamento COMIBOL
(591-2) 6138900 - (591-2) 6138923

Oficina Uyuni
Calle Loa, entre Ferroviaria
y Tomás Frías, Zona Vivienda N°.2
(591-2) 6933922

www.evaporiticos.gob.bo