

LA MECANIZACIÓN DE LA INDUSTRIA SALITRERA EN TARAPACÁ: LA OFICINA “VICTORIA” EN 1945, A TRAVÉS DE LOS INFORMES INÉDITOS DE H. M. CROZIER Y E.S. FREED

THE MECHANIZATION OF THE NITRATE INDUSTRY IN TARAPACÁ: THE
“VICTORIA” NITRATE WORK IN 1945, THROUGH THE UNPUBLISHED
REPORTS OF H.M. CROZIER AND E.S. FREED

Patricio Espejo Leupin¹

Este artículo analiza la implementación de la explotación mecánica a gran escala del caliche en la antigua provincia de Tarapacá, en especial presentando las informaciones contenidas en dos informes técnicos y económicos inéditos escritos en 1945 por el químico Hector M. Crozier y el ingeniero químico Dr. Edgar Stanley Freed empleados de The Lautaro Nitrate Co. Ltd. y la Compañía Salitrera Anglo Chilena – controladas por la firma Guggenheim Brothers – sobre la nueva planta salitrera Victoria, propiedad de la Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta (COSATAN). Dicha faena consideró la aplicación de un procedimiento mecanizado en las áreas de extracción, chancado y lixiviación del caliche, emulando el diseño del sistema Guggenheim, usado en las plantas María Elena y Pedro de Valdivia. La principal diferencia se presentó en la etapa de cristalización, donde incorporó el sistema “Krystal” o “Jeremiassen” de origen noruego. Los datos aquí presentados vienen a llenar un cierto vacío que existe en la historiografía salitrera sobre las características técnicas de Victoria.

Palabras clave: industria salitrera, Victoria, Tarapacá, procedimiento Guggenheim, sistema Krystal.

This article analyzes the implementation of large-scale mechanical exploitation of caliche in the former province of Tarapacá, especially presenting the

¹ Licenciado en Ciencias Geológicas en la Universidad Católica del Norte e investigador independiente. Correo electrónico: espejoleupin@gmail.com

information contained in two unpublished technical and economic reports written in 1945 by the chemist Hector M. Crozier and the chemical engineer Dr. Edgar Stanley Freed, employees of The Lautaro Nitrate Co. Ltd and the Compañía Salitrera Anglo Chilena –controlled by the Guggenheim Brothers firm- about the new Victoria nitrate plant, owned by the Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta (COSATAN). This operation considered the application of a mechanized procedure in the areas of extraction, crushing and leaching of caliche, emulating the Guggenheim process, used in the María Elena and Pedro de Valdivia plants. The main difference was presented in the crystallization stage, where it incorporated the "Krystal" or "Jeremiassen" system of norwegian origin. The data presented here fill a certain void that exists in nitrate historiography regarding the technical characteristics of Victoria.

Keywords: nitrate industry, Victoria, Tarapacá, Guggenheim process, Krystal system.

INTRODUCCIÓN

Los eventos que atravesó la industria salitrera en el periodo entre 1930 y 1934 cambiaron en forma dramática y definitiva no solo las condiciones económicas del negocio del nitrato y del país, sino que modificaron la faz de la pampa, como espacio natural y cultural. La crisis del comercio salitrero y del sistema de producción Shanks -y sus modificaciones- contrastaba sin embargo con la expansión que la técnica mecanizada había logrado en las pampas del Toco desde mediados de la década anterior, con la instauración del "Sistema Guggenheim" en las oficinas María Elena y Pedro de Valdivia. El sistema Shanks predominante se caracterizaba por la lixiviación metódica del caliche a alta temperatura y el amplio uso del trabajo manual, sobre todo en la extracción mina. Pero este procedimiento técnico había generado un amplio universo de repercusiones. A lo largo de las décadas, se habían establecido trabajos y oficios específicos, relaciones laborales y sociales características, todo lo cual acarreó la formación de una cultura propia de las comunidades dedicadas al salitre, lo que incluso llegó a expresarse en términos artísticos y lingüísticos propios. Esta realidad giraba en torno a la rutina de la faena

minera, y tenía todas las estrecheces y limitaciones de la vida monótona de los campamentos industriales. A todo ello se refirió el escritor e historiador Óscar Bermúdez como la "civilización Shanks": un mundo de estilos de vida y trabajo, y todas sus finas ramificaciones, concepto que rescatarán otros autores (Téllez, 1984; Durán, 1990, J. González, 2003).

Pero esta realidad comenzó a resquebrajarse, tanto por la competencia con los abonos nitrogenados artificiales como por la inadecuación del procedimiento Shanks frente a las condiciones de los yacimientos. La mecanización se insertará en un periodo de crisis económica real experimentada por la industria, que comenzó con la primera guerra mundial. Antes de ello, y coincidiendo con el lapso de expansión del negocio del nitrato, los altibajos de la producción eran en parte manejados por los industriales, asociados en las llamadas Combinaciones y luego en la Asociación Salitrera de Propaganda. Estas entidades colusivas buscaban no solo influir en los precios sino también representar posiciones de poder frente al Estado, esquema que ya no pudo sostenerse después de 1914, develando la falta de competitividad y atraso técnico del negocio (S. González, 2015). En el transporte y comercialización del salitre actuaban firmas mayoritariamente europeas, algunas de las cuales eran a la vez accionistas de las empresas elaboradoras. En la distribución solía producirse la especulación de precios, lo que dañaba el efecto de la propaganda organizada por los productores (Reyes, 1986).

No es casualidad que la década de 1920 estuviera plagada de intentos de mejora tecnológica, pero esta necesitaba tiempo y dinero, dos cosas que los salitreros ya rehuían gastar. En esta crisis comercial y técnica, el intento de organizar la industria en un nuevo orden, la Compañía de Salitre de Chile - COSACH- había fracasado. El proyecto, una asociación entre el fisco y los productores, no solo cargaba con los pecados de origen de su formación, sino que hubo de hacer frente a la baja de precios y de falta de ventas del salitre, producto de la crisis económica mundial que comenzó en 1929. Los hechos demostraron que el gobierno de Carlos Ibáñez se había convencido de que el futuro del salitre estaba

en implementar la llamada *racionalización* que propugnaba la firma de Guggenheim Brothers: la aplicación exclusiva de su sistema, que significaba la minería a gran escala del nitrato, imitando el desarrollo que habían llevado a cabo en los yacimientos de pórfidos cupríferos. Las ideas rectoras serían la producción en unas cuantas plantas de gran tamaño, transporte ferroviario y embarque en puertos mecanizados, trabajando grandes volúmenes de mineral de bajas leyes. La idea era similar a la que los norteamericanos habían planteado ya en 1919 y 1921 a Anthony Gibbs & Sons., pero considerando ahora la asociación con el fisco (Soto,1998).

La ley de la COSACH fue promulgada el 21 de julio de 1930, instalándose la compañía el 30 de marzo de 1931 (Lanyon, Morente y Gluncic, 1931). La serie de irregularidades en el proceso de su formación transformó a la gran empresa en un símbolo de todo lo aborrecible, sobre todo por los cambios drásticos que implicaba la aplicación del sistema mecanizado en la pampa, tanto en ahorro de personal como centralización de las operaciones. El control que se le entregó a Guggenheim en su organización alimentó el juicio de que ellos serían los únicos beneficiados. En ese aspecto debe tenerse en cuenta que las inspecciones técnicas y los avalúos de las oficinas Shanks para integrar la COSACH fueron hechas tanto por la Superintendencia de Salitre como por personal de las compañías norteamericanas, y que sus reservas de caliche eran cuantificadas en *base al sistema Guggenheim*, es decir, se valoraba lo que se estimaba sería aprovechable usando ese método (Compañía Salitrera Anglo Chilena, 1931). Una de las grandes críticas a la entidad fue que entre sus planes no estuviera reabrir oficinas Shanks que pudieran producir barato mientras en paralelo se proyectara la construcción de nuevas plantas mecanizadas. Por otro lado, se generó un fenómeno de curioso nacionalismo tecnológico: la prensa y distintos grupos de interés de la zona salitrera, en especial Tarapacá, comenzaron a hablar del *salitre chileno Shanks*, donde el trabajo manual y animal que caracterizaba a este método se exhibía como algo netamente nacional, frente al *maquinismo yankee* (Comisión Representativa de Tarapacá, 1932). La "civilización Shanks" estaba en decadencia, y la implementación de estos planes le habría puesto fin de golpe. El contexto de la dictadura de Ibáñez sumaba descrédito,

y la crisis del comercio del nitrato echó por tierra cualquier intento de demostrar que la organización pudiese ser conveniente. Caídos los regímenes de Ibáñez, Montero, la República Socialista y Dávila, el gobierno de Arturo Alessandri comenzó la liquidación de la COSACH en enero de 1933, para dar paso a un nuevo arreglo en enero de 1934: el estanco del salitre centralizado en la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo de Chile (COVENSA).

Como parte de los intentos de recuperación de la industria, se decidió organizar una entidad que aglutinara a la mayoría de las antiguas empresas con plantas productoras Shanks, y que habían estado en manos de la COSACH. Así mediante el decreto 2094 del 11 de julio de 1934 se aprobaron la formación y los estatutos de la que se conocería como COSATAN: Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta (Diario de Sesiones del Senado, 1959). The Lautaro Nitrate y Anglo Chilena siguieron en operación independiente, si bien la nueva oficina Pedro de Valdivia también se había visto afectada por la crisis, paralizando entre noviembre de 1932 y agosto de 1934 (Compañía de Salitre de Chile, 1932). Guggenheim de alguna manera renunció a sus afanes monopolizadores y en el futuro se contentaría con asegurar la operatividad y continuidad de sus inversiones, limitándose a su nicho geográfico, el cantón del Toco.

Entre las primeras acciones de la COSATAN estuvo poner en funcionamiento las oficinas que tuvieran mejores expectativas económicas, con reservas de caliche cuya explotación fuera de un costo adecuado para permitir su funcionamiento. De esta manera, en un comienzo retomaron el trabajo Rosario de Huara, Mapocho, Bellavista, Cecilia y La Palma, ahora llamada Santiago Humberstone (Diario de Sesiones del Senado, 1959). En los años siguientes diversas oficinas iniciarían y paralizarían labores, como Keryma, Empresa, Prosperidad y Rica Aventura. Otros productores lograrían volver a funcionar, destacando las firmas Urruticoechea y Compañía Salitrera Iquique.

En este contexto de leve recuperación de la industria, surgiría la necesidad de darle proyección al negocio salitrero tarapaqueño, y la COSATAN buscaría

colocarse a la cabeza de ese intento. Superando la idea tan difundida de que la actividad salitrera estaba condenada a desaparecer, sus proyectos serían, como se ha definido, un triunfo del entusiasmo venciendo al fatalismo (Guerrero y Basaure, 2017). Para ello, debería decidirse a incorporar la antes tan vilipendiada *mecanización* de la pampa.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS. EL SISTEMA “GUGGENHEIM” Y EL CRISTALIZADOR “JEREMIASSEN” O “KRYSTAL”

Es importante tener en cuenta lo que era llamado *mecanización* en la industria del salitre y en la opinión pública de la época (concepto que la historiografía salitrera ha heredado y utilizado) y por qué era considerada una *innovación tecnológica*. El concepto empezó a usarse cuando irrumpió el uso de maquinaria en todas las áreas de trabajo -asociado a la operación en gran escala- en especial en la extracción y lixiviación del caliche y el manejo de los *ripios*, o material desechado luego de la elaboración. Este cambio técnico se materializó en la puesta en marcha del sistema Guggenheim, por lo que el concepto de *oficina mecanizada* terminó siendo, en la práctica, un sinónimo de las plantas del procedimiento norteamericano. Esto no implicaba, por supuesto, que en el sistema Shanks o similares no existiese *mecanización* en algunas áreas, generalmente chancado y generación de energía. También hubo pruebas de palas y dragas mecánicas, perforación con aire comprimido o uso de camiones para transportar el caliche. Pero todas estas *mecanizaciones* eran parciales, no sistémicas, y coexistieron siempre con el trabajo manual masivo. Hacia la década de 1920 diversos actores de la industria habían experimentado con nuevos procesos para enfrentar la baja de leyes o las complicaciones químicas de los yacimientos, pero por distintos motivos estos habían quedado en el camino, incluyendo algunas investigaciones francamente revolucionarias, como el uso de la energía solar y la lixiviación del caliche en pilas. Pero en la realidad productiva, los cambios fueron mínimos.

La inserción tecnológica norteamericana no fue solo un asunto de magnitud o reemplazo del trabajo manual por una máquina, sino también significó un cambio

en la forma de enfrentar el negocio minero del caliche. La filosofía del proceso podía resumirse como el trabajar por medios mecánicos grandes volúmenes de mineral de bajas leyes, su tratamiento a baja temperatura, y la cristalización del salitre por enfriamiento artificial, buscando bajos costos por tonelada con uso eficiente de la energía. Este sistema nació de la investigación científica rigurosa, logrando su aplicación a gran variedad de tipos de yacimientos de caliche. Todo ello en respuesta a la baja de ley de los yacimientos disponibles, y a que los procesos tradicionales tipo Shanks de alta temperatura, de explotar estos depósitos, hubiesen debido tratar enormes volúmenes de soluciones con un altísimo gasto de combustible, lo que no era compatible con la baja en el precio mundial del salitre (Graham, 1935). Desarrollado desde 1919 en Nueva York, y probado entre 1922 y 1923 en una planta piloto junto a la oficina Cecilia, el *Guggenheim process* fue una larga investigación encabezada por el noruego nacionalizado norteamericano Elías Cappelen-Smith, secundado principalmente por Paul H. Mayer, Charles L. Burdick y Edgar Stanley Freed (Espejo, 2019).

El procedimiento fue instaurado a escala comercial en el cantón El Toco, donde Guggenheim compró terrenos salitreros fiscales y la empresa The Anglo Chilean Nitrate and Railway Company, con lo que se hizo de tres oficinas Shanks, reservas salitrales, un ferrocarril, muelles de embarque en Tocopilla y concesiones de agua en el río Loa. Es decir, toda una base logística, a la que se sumaba la planta termoeléctrica que operaba en el puerto, que abastecía sus instalaciones cupríferas en Chuquicamata. La nueva planta fue diseñada por los ingenieros Hjalmar E. Skougor y Sydney Apolant, mientras que el campamento fue obra del mismo Skougor y el arquitecto Harry Brainerd. El proyecto, inicialmente llamado Canadá, tomaría luego el nombre de Coya Norte, y finalmente María Elena en 1927 (Espejo, 2021). La instalación consideraba 260.000 toneladas anuales de capacidad, la que se aumentó a 500.000 en 1928, misma fecha en la que se debió agregar una etapa de granulación del salitre, ya que el producto cristalizado, a pesar de lo aseverado en las patentes, se endurecía al acumularse en grandes volúmenes (la producción máxima de María Elena se daría entre los años salitreros 1945/1946 y 1947/1948,

donde superó las 500.000 t anuales). Entre 1930 y 1931, después de tomar control de la firma The Lautaro Nitrate Company Ltd., de manos de Pascual Baburizza, Guggenheim levantaría Pedro de Valdivia, con una capacidad de 750.000 t/año, si bien el máximo sería de 725.900 t el año 1950/1951 (SOQUIMICH, 1971). El sistema sería modificado en 1951 en María Elena al conectarse esta planta a los Pozos de Evaporación Solar construidos en la oficina Coya Sur, como resultado de un nuevo episodio de desarrollo científico industrial. Pero la innovación y carácter rupturista que representaron los métodos norteamericanos no se limitaba solo a las novedades técnicas y laborales: estas tuvieron una contraparte urbanística-habitacional y social, surgiendo comunidades que representaron uno de los cambios más significativos que la pampa salitrera había experimentado en toda su historia.

De manera contemporánea a este *Guggenheim Process*, una de las tantas opciones técnicas evaluadas para ser incorporadas al procesamiento del caliche fue el cristalizador conocido como "Jeremiassen", "Krystal" u "Oslo".

Los principios del método de cristalización "Krystal" fueron propuestos en 1925 por los ingenieros noruegos Isak Tobias Isaachsen (1863-1955) y Finn T. Resch Jeremiassen (1885-1960), el que fue desarrollado para la empresa *Aktieselskapet Krystal*, de donde tomó su nombre (Isaachsen & Jeremiassen, 1925), si bien ya con anterioridad Isaachsen había trabajado conceptos similares para la empresa *A/S de Norske Saltverke*. Se consideraba adecuado para el cloruro de sodio y sobre todo substancias que presentan distintas formas cristalinas dependiendo de la temperatura a que cristalizan, como el nitrato de amonio (Society of Chemical Industry, 1925). El funcionamiento del proceso se basa en los fenómenos fisicoquímicos que suceden en soluciones de sales donde se produce un periodo de sobresaturación, pero no la suficiente como para que se genere la cristalización espontánea (sobresaturación metaestable) situación en la que, si se agregan cristales de la sal, estos actúan como núcleos en torno a los que se va depositando el compuesto. De esta manera, crecen cristales a los que se les puede dar teóricamente una dimensión a voluntad en forma controlada y continua, bajando

la temperatura en etapas mientras se recuperan los cristales (Low, 1947). El enfriamiento se logra mediante la mezcla de la solución entrante con la que contiene los cristales "semilla", para luego ser refrigerada mediante aparatos externos de intercambio de calor. Existen dos patentes iniciales relacionadas al proceso, una presentada por Isaachsen y la empresa Krystal en Noruega en septiembre de 1924 y en los EE. UU. en septiembre de 1925, otorgándose en 1928, (United States Patents Office, 1928) y otra de Jeremiassen y Krystal presentada en Noruega y en los EE. UU. en las mismas fechas, concediéndose esta última el 5 de marzo de 1929 (United States Patents Office, 1929). Luego se inscribirían una serie de diseños hasta 1936, incluyendo distintas variaciones o aplicaciones del principio enunciado, que incluían evaporación o diferentes aparatos.

Pero el que sería llamado en Chile "sistema Krystal" tenía antecedentes en la industria del nitrato de sodio. Una primera prueba se había hecho instalando una planta experimental en 1930 en la oficina San Andrés del Toco, propiedad de la Tarapacá and Tocopilla Nitrate Company. Las pruebas se llevaron a cabo entre abril y junio de 1930, para luego entre ese mes y diciembre construir la instalación (Tarapacá And Tocopilla Nitrate Co, 1930). La crisis que poco después afectaría al negocio, que provocó la paralización de San Andrés al año siguiente, impidió seguir con las experimentaciones del cristalizador de Jeremiassen². San Andrés pasó a integrar la nómina de la COSACH en 1931 y de la COSATAN en 1934, por lo que es posible que la compañía conoció así la experiencia del método "Krystal". En 1940, y ya como parte de las pruebas de la COSATAN para explorar el uso del sistema, se construyó en la oficina Alianza una instalación experimental como piloto (Freed, 1945).

En Tarapacá, la inserción de los procesos Guggenheim y Krystal generaron un fenómeno tecnológico, laboral y social de características propias, diferente de la experiencia norteamericana en el Toco. Victoria fue así un caso especial: significó

² Freed en su reporte de 1945 menciona el año 1925 para esta prueba, pero la oficina comenzó a trabajar en 1927. Los datos de la Tarapacá and Tocopilla Nitrate Co que tenemos a la mano y que citamos indican por otra parte que el proceso de prueba fue durante 1930.

por una parte la expansión del método mecanizado ya probado, pero incorporando un nuevo episodio de experimentación. Si bien en un comienzo los deseos eran concretar un proyecto industrial completamente nuevo, la coyuntura histórica y económica obligó a conjugar elementos innovadores y tradicionales, nuevos y usados, donde el reciclaje fue un rasgo distintivo. No obstante ello, la implementación de la explotación mecánica del caliche en Tarapacá, si bien tardía, significó a la larga la sobrevivencia de la industria salitrera al norte del río Loa, después del colapso de las oficinas Shanks.

EL PROYECTO MECANIZADO DE LA COSATAN. NACE "VICTORIA"

A pesar de que la COSATAN se abocó desde sus inicios a rehabilitar las oficinas Shanks de mejores perspectivas, era evidente que su futuro estaba en la explotación de las enormes reservas de caliche de bajas leyes. Para la empresa la elección fue obvia: había que implantar, en lo posible, la técnica de los Guggenheim. En 1936, a solo dos años de su formación, la COSATAN comenzó a estudiar la posibilidad de levantar una planta mecanizada que tuviera una capacidad de producción anual de 500.000 toneladas de salitre. En 1937 se definió que la locación ideal era cerca de la oficina Peña Chica, pues se contaba con terrenos propios y los estacamentos fiscales de Pissis y Nebraska, que podían comprarse al Estado. Ese mismo año se inició la reconstrucción del campamento Humberstone para la futura planta, y en 1938 quedó definida su ubicación en terreno (Diario Cámara de Diputados, 1968). La pampa Pissis-Nebraska tenía leyes adecuadas -promedio de 9,5% de NaNO_3 - con una sobrecarga muy ligera de no más de 75 cm y al menos la mitad del terreno tenía una morfología conveniente para la extracción con palas mecánicas. La disponibilidad de mineral se estimaba en 120 millones de toneladas de caliche, que podía subir a 130 si se consideraba una capa intermedia de menor ley que presentaban los yacimientos, bajando la ley total a un 8% (Martínez & Reagan, 1928)³. La COSATAN se abocó entonces a gestionar créditos en el

³ En marzo de 1928 el Departamento Mina de la Anglo Chilean Consolidated Nitrate Corp. exploró las pampas fiscales Pissis-Nebraska como parte de la evaluación para un proyecto de instalación de una oficina Guggenheim en la zona, incluyendo la posibilidad de ocupar los campamentos de las oficinas Buen Retiro y

extranjero. Pero el Fisco negó la transferencia de Pissis-Nebraska. Se debió entonces buscar una segunda alternativa, definiéndose que el mejor lugar era el sector de las oficinas Brač y Alianza, donde se disponía de yacimientos propios sin trabajar. Con el estallido de la guerra europea en 1939, la empresa perdió los créditos que ya había tramitado, por lo que la única alternativa fue emprender la tarea por sí misma. La capacidad máxima de la planta se disminuyó a 180.000 anuales, y para las instalaciones se debió reciclar equipos provenientes de desarme de oficinas Shanks, como fue el caso de los equipos mina, el chancado secundario y terciario, la generación de energía eléctrica, la maestranza y los campamentos para trabajadores, donde se habilitaron los de Brač, Franka y Alianza (Diario Cámara de Diputados, 1968).

Como ya se ha mencionado, desde 1940 la COSATAN contaba con pruebas a escala industrial del cristalizador 'Krystal' hechas en Alianza, lo que nos insinúa que la decisión de incorporar este procedimiento fue tomada, si no desde el comienzo del proyecto, al menos desde el momento en que se debió buscar alternativas de ahorro frente a la pérdida del financiamiento externo. Es importante puntualizar que el método de Jeremiassen no era un procedimiento o "sistema" de elaboración de salitre, sino un proceso de cristalización asociado a un dispositivo con características específicas. Se había usado en diversas industrias -lo sigue siendo- y su adaptación a la producción comercial de nitrato de sodio se concretó, en la práctica, integrándolo al sistema Guggenheim. Esto significó modificar el diseño del proceso norteamericano en dos aspectos: los cristalizadores según la patente de C.L. Burdick y la empresa Anglo Chilean se reemplazaron por una serie de aparatos Krystal, y por otra eliminaba la granulación del producto, y así parte importante del costo final. Como diría el que fue Ingeniero Jefe de su construcción:

Carmen Bajo, por entonces paralizadas. También se exploraron las pampas estatales de Soronal, entre las oficinas Gloria, Pan de Azúcar y Alianza, cerca de lo que después poseería la COSATAN. Estas investigaciones serían la base para definir la ubicación de una posible oficina mecanizada en el contexto de la "racionalización" de la COSACH, retomando el antiguo proyecto de los Guggenheim de 1919.

“fue diseñada con el mismo sistema Guggenheim, salvo las lógicas variantes que aconsejaba la experiencia de más de diez años” (Canessa, 1988:121).

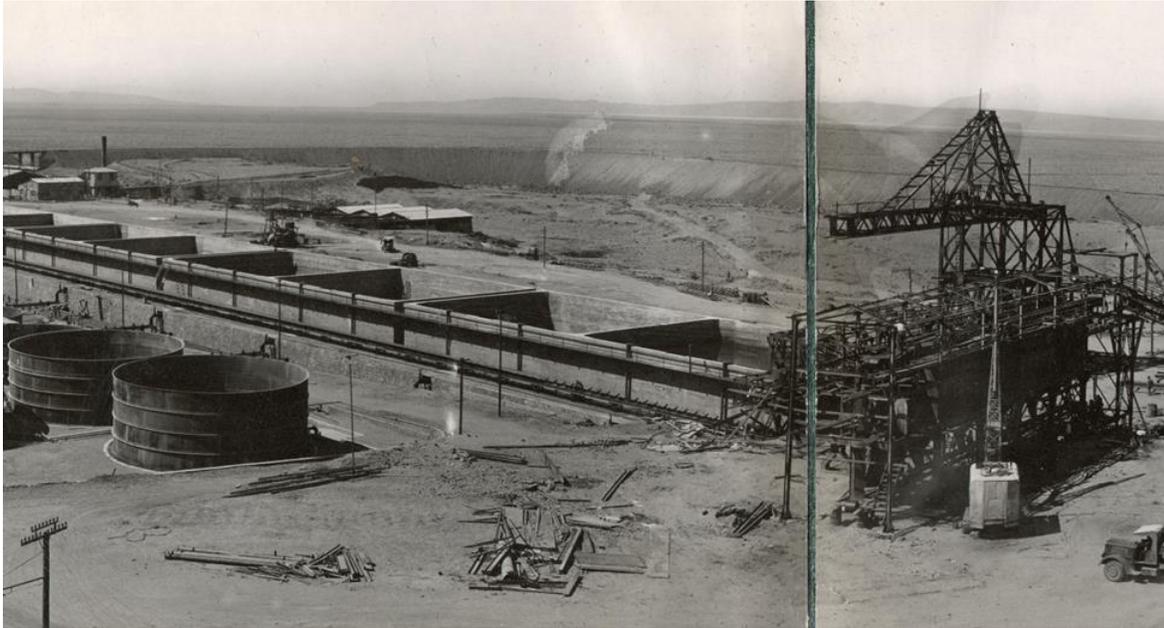
El sitio donde se radicaría la planta y el núcleo administrativo del nuevo establecimiento sería finalmente la oficina Brač. Las obras comenzaron a inicios de 1941 con el nombre de “Planta Nueva” y se extendieron hasta fines de 1944:

“Nueva planta 'Victoria': después de cerca de cuatro años de trabajo se ha dado término a la construcción de la oficina salitrera Victoria, ubicada al sur de la Provincia de Tarapacá. La planta inició sus faenas de producción el 18 de noviembre de 1944 y la elaboración seguirá en aumento progresivo hasta alcanzar la capacidad prevista de 180.000 toneladas anuales” (Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta, 1944:3).

La capacidad de 180 mil toneladas anuales, en concreto, nunca fue posible alcanzarla, y suele mencionarse la cifra de capacidad de 150.000 t/año (Zolezzi, 1990; Díaz, s/f), si bien el máximo histórico fue de 144.300 t en el año salitrero 1954/1955 (SOQUIMICH, 1971). La puesta en marcha de la planta Krystal se efectuó en diciembre de 1944, y la primera producción de nitrato se registraría en enero de 1945 (Crozier, 1945:1). Durante parte de este periodo (hasta junio de 1943) la COSATAN reactivó la elaboración en la planta Shanks de Brač (Zolezzi, 1990).

Al 16 de diciembre de 1942 lo invertido en la planta nueva alcanzaba a \$45.557.735, 84; al 30 de junio de 1944 ascendió a \$174.852.447,51, lo que aumentaría a \$233.328.752,27 hasta el 30 de junio de 1946 (Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta, 1942; 1944; 1946). Las obras de la oficina contaron con la concurrencia de las empresas Anglo Chilena y The Lautaro Nitrate, que facilitaron las patentes y los diseños de las oficinas Guggenheim, proyectándose siguiendo el modelo de Pedro de Valdivia. Una variación fue introducida con respecto al intercambio de calor necesario

Figura 1. Construcción de la planta "Victoria", hacia comienzos de 1944, en un detalle de una panorámica de la obra. Se observan los "cachuchos" o "bateas" de concreto para lixiviación, y a la derecha el armado de los puentes de carga y descarga de caliche. Abajo a la izquierda, algunos de los estanques para soluciones. Al fondo, la troya de la torta de ripios ya construida. La chimenea y los edificios que se aprecian arriba a la izquierda corresponden a la pequeña planta Shanks "Franka", junto a su propia torta de ripios. Colección fotográfica P. Espejo.



para mantener la temperatura de las soluciones entre los cachuchos o bateas de lixiviación, que en las oficinas norteamericanas se hacía aprovechando el calor de los motores diesel de la Casa de Fuerza. En el caso de Victoria, se instaló una planta de intercambiadores de calor aparte.

La planificación estuvo a cargo del conocido ingeniero salitrero Waldemar Schütz (Schuetz), antiguo hombre de la Compañía de Salitres de Antofagasta, de The Lautaro y de la COSACH⁴. La planta de cristalización se construyó con la asesoría de la empresa noruega Krystal y del propio ingeniero inventor Jeremiassen, siendo Antonio Corcuera el ingeniero chileno por parte de la COSATAN. En la construcción propiamente tal actuaron Fernando Canessa Traversari y Alfredo Ibáñez del Campo (Vásquez, 2020), estando el primero a cargo

⁴ Entre otros cargos, fue administrador de las oficinas Francisco Puelma y Chacabuco, constructor de José Francisco Vergara, y luego de la crisis salitrera participaría de la aventura del cemento de Cerro Blanco, que iniciaría el salitrero Siegfried Gildemeister.

de las obras, siendo su primer Administrador (Canessa, 1988). Si bien el procedimiento Krystal difería sustancialmente de la cristalización Guggenheim, en la colocación de los aparatos en serie se generó una similitud: las soluciones salientes del proceso (aguas madres o *Mother Liquor* en terminología norteamericana) eran usadas en contracorriente para enfriar algunas etapas de la serie, siendo las restantes refrigeradas con un compuesto tipo salmuera.

No todo el equipamiento de Victoria, ciertamente, era de segunda mano tomado de oficinas en desarme. Diversas secciones contaron con equipos y materiales de origen norteamericano. Así se indica en las memorias de la compañía:

“La construcción de la planta mecanizada, que se inició a principios de 1941 en la Provincia de Tarapacá, se ha intensificado al máximo gracias a que se ha podido adquirir en los Estados Unidos la totalidad de las maquinarias y materiales que se requerían para completarla” (Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta, 1943:3).

Sin duda, la compra de equipamiento en los EE. UU. y su envío a Chile en pleno esfuerzo de guerra, no deja de ser una proeza. En la obra trabajaron 2255 obreros y 199 empleados, y la prensa local consideró la faena un ejemplo de la ingeniería chilena, con un desbordante pero comprensible entusiasmo patriótico (Recabarren, 1944, en Guerrero y Basaure, 2017).

GENERALIDADES DE LOS REPORTE. LOS INFORMANTES

La construcción de Victoria fue la principal novedad en la industria salitrera durante la Segunda Guerra Mundial. La aplicación de los procedimientos combinados Guggenheim/Krystal y las posibilidades de mejora que eso podía significar llamó la atención de la administración técnica de las empresas norteamericanas. Para la fecha, la administración de las compañías Guggenheim se encontraba explorando una serie de posibilidades para aumentar la producción en los años salitreros 1945 a 1947, llegando a 105.000 toneladas mensuales de salitre. Este trabajo se redujo a una serie de informes que distintas áreas

transmitieron al Administrador General en la pampa, John A. Peebles. Este, a su vez, los remitió al Vicepresidente Ejecutivo Paul Frederick Kruger. El estudio que hizo Kruger de las diferentes investigaciones, junto con los informes de detalle, se consolidaron en una carpeta que fue titulada *Increased Production 1945-1947*, fechada el 1 de junio de 1945, la que fue enviada al Gerente General Jorge Vidal de la Fuente, y que hoy se halla en el Fondo Salitre del Archivo Histórico Nacional. Los distintos reportes abarcaron una amplitud de temas, tales como el estado del arte de la investigación de los pozos de evaporación solar, un estudio de la capacidad de energía, las alternativas de combustible, la posibilidad de implementar el carguío mecanizado de salitre, o la opción de reanudar la producción en la oficina Shanks Los Dones. El análisis del *Krystal Process* fue parte de este portafolio. Se comisionó así a dos hombres de la organización para llevar a cabo una visita a la nueva planta y conocer sus detalles: el químico Hector M. Crozier y el ingeniero químico Dr. Edgar S. Freed.

Hector McIver Crozier (4 de junio 1896-19 de enero de 1990), irlandés de Newry, estudió química en la Universidad de Manchester -se describía a sí mismo como químico técnico- y antes de llegar a Chile se desempeñó en la firma Levinstein Ltd., fabricante de anilinas de Manchester. Había llegado contratado por la Asociación de Productores de Salitre de Chile en 1926 para estudiar distintos aspectos de la industria, sumándose poco después a la Anglo Chilean Consolidated Nitrate Corporation. Era veterano de la Primera Guerra Mundial, donde estuvo entre 1915 y 1916 en el frente occidental, primero en el cuerpo de Royal Highlanders y luego los Royal Engineers, para ser finalmente enviado a la reserva en la fábrica de explosivos Gretna⁵. Haría carrera en las compañías Guggenheim, siendo Administrador de María Elena en 1935, de Pedro de Valdivia hasta 1944, Administrador General a fines de la década de 1940, luego Segundo y Primer Vicepresidente Ejecutivo de Anglo Lautaro, abandonando Chile en 1970.

⁵<https://www.devilsporrige.org.uk/hm-factory-gretna-workers-database/name/hector-crozier>

Edgar Stanley Freed (8 de agosto de 1889-2 de noviembre de 1950), norteamericano nacido en Mount Pleasant, Pennsylvania, era ingeniero químico de la Universidad de Tennessee, magister y doctor en ingeniería química del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Había sido parte del equipo de diseño del sistema Guggenheim desde 1920 en Nueva York y en 1922 fue uno de los encargados de las pruebas de la planta piloto construida en la oficina Cecilia, mientras también desarrollaba tareas en Chuquicamata. Desde la construcción de María Elena había ocupado el puesto de *Research Superintendent*, estando a su cargo las mejoras y las nuevas investigaciones. Desde 1938 se había abocado al estudio de la obtención de subproductos del proceso del salitre y la aplicación de la evaporación solar, por lo cual pasaría a la historia del nitrato como uno de sus grandes innovadores. Hombre reservado y gentil, siempre abstraído en sus cavilaciones científicas, tuvo fama de sabio y de conocedor experto del caliche (Espejo, 2021).

La visita de los dos técnicos a la nueva planta de la COSATAN duró 9 días, entre el 22 y el 30 de mayo de 1945. La administración de Victoria no solo dio acceso a todas sus instalaciones, sino que entregó los datos tanto técnicos como económicos, sobre los cuales Crozier y Freed presentaron sus conclusiones. Esto permite asegurar que la caracterización que ambos llevaron a cabo es una representación precisa y confiable de lo que sucedía en “Victoria”.

Figura 2. Los autores de los reportes de 1945. A la izquierda, Hector M. Crozier (1896-1990) y a la derecha Edgar Stanley Freed (1889-1950). Fuente; Zig Zag (1935) y Colección fotográfica Sebastián Freed.



Este fenómeno de colaboración técnica, que podría parecer sorprendente entre empresas, en realidad no fue extraño entre las compañías Guggenheim y la COSATAN. La visita de los técnicos era de interés para esta última, pues se trataba de profesionales de larga carrera en el salitre. Para las empresas Anglo Chilena y The Lautaro, por su parte, el objetivo era tener una opinión técnica sustentada por cifras sobre el sistema Krystal, para evaluarlo seriamente como una alternativa. En conjunto con el personal de la oficina realizaron diversas observaciones analizando los problemas de la planta y proponiendo soluciones. Algunas de ellas, como queda mencionado en los informes, fueron de hecho puestas en uso. Esta cooperación se mantendría en los proyectos más ambiciosos que ambas compañías emprenderían: la aplicación de la evaporación solar para la rebaja de costos. El jefe de investigaciones de la empresa chilena, el PhD de la Universidad de Texas Sherman D. Lesesne, conducía los estudios que culminarían en la década siguiente en el sistema llamado *Butterfly*, que utilizó muchas de los datos de las investigaciones que en paralelo llevaba a cabo Freed (De Castro, 1955).

El examen de la información hecho por P.F. Kruger y transmitido a Jorge Vidal se basó preliminarmente solo en el reporte de Crozier, que destacaba la

posible disminución de costos que significaba el sistema "Krystal". Sin embargo, eran necesarias nuevas investigaciones para dilucidar las verdaderas ventajas del proceso, lo cual era compartido por Kruger. Así lo explicó en el documento que dio portada a los informes:

"Sistema Krystal

Los señores Crozier y Freed volvieron anteayer de su visita a la Oficina Victoria, trayendo datos muy interesantes. Incluimos aquí el informe del Sr. Crozier datado el 1 de junio de 1945. El reporte del Dr. Freed será enviado apenas esté terminado. Podrá usted notar que el Sr. Crozier estima un ahorro posible de \$0,40 por tonelada en relación con nuestros costos combinados de cristalización y granulación, y recomienda más estudios de las ventajas y menores costos del salitre 'Krystal'. Esto está en línea con nuestra propia opinión sobre el asunto, y es por esta razón que las consideraciones sobre el sistema Krystal, para el propósito de este informe, pueden ser dejadas de lado por el momento. Si el informe del Dr. Freed, y posteriores estudios adicionales que se hagan revelan mayores posibilidades, entonces podría ser retomado" (Kruger, 1945:4).

Las vicisitudes que fue experimentando la oficina Victoria en los años siguientes, dio motivo para que la experimentación en las oficinas norteamericanas no se llevara a efecto. El gran proyecto de las compañías Guggenheim pasaría a ser el proceso de Evaporación Solar, que comenzaría a tener sus avances definitivos en 1947, con la construcción del primer pozo de prueba a escala industrial en la oficina Coya Sur (Espejo, 2021)⁶.

EL INFORME CROZIER

El informe se titula *Krystal Plant at Oficina Victoria* (Planta Krystal en Oficina Victoria), está dirigido al *General Manager* -Administrador General- de la Compañía Salitrera Anglo Chilena y The Lautaro Nitrate Co. Ltd., John A. Peeples, residente en la oficina "María Elena". Fechado el 1 de junio de 1945, consta de 10 páginas, mecanografiado y en inglés, con dos figuras anexas de la Planta Krystal. Está

⁶ Damos en ese trabajo el análisis completo del desarrollo de este proceso.

organizado de secciones (mina, chancado, filtros, lixiviación, Krystal) junto al capital invertido y otros datos generales. Seguiremos esta estructura, entendiéndose que las informaciones son provenientes del reporte, salvo comentarios o cita de otra fuente.

De manera introductoria, Crozier (1945) nos indica las fechas de la visita junto al Dr. E.S. Freed (22 al 30 de mayo) y que el propósito era estudiar el sistema Krystal y la capacidad productiva de la oficina. La planta Krystal había comenzado a funcionar en diciembre del año anterior, y en los pocos meses de trabajo se habían tenido numerosos problemas con el equipo y con la inexperiencia de los operadores. En otras secciones de la oficina el fenómeno era el mismo, hasta que se había ido ajustando el funcionamiento de las maquinarias y los trabajadores habían ganado práctica en su manejo. La estadística de las operaciones se entrega en una tabla resumen (Tabla 1):

Tabla 1: Resumen operación Oficina Victoria enero-mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo*
Salitre producido (base seca) [toneladas]	3.990	4.000	3.550	6.380	7.500
Toneladas de mineral vaciado	81.460	108.189	102.300	146.162	150.150
Ley %	8,94	7,72	7,59	8,15	8,7
Mineral a las bateas Grueso	60.862	79.620	73.135	102.660	117.975
Mineral a las bateas Fino	7.934	24.954	19.906	15.509	-
Mineral a las bateas Total	68.796	103.974	93.041	118.169	117.975
Ley del mineral a las bateas (%)	9,42	7,81	7,71	8,27	8,9
Toneladas de Finos rechazados	12.664	4.215	9.259	27.993	32.175
Ley de los Finos rechazados	6,95	4,56	6,36	7,63	7,8
Análisis de ripio de las bateas (% ley)	3,61	3,42	3,74	2,12	2,07
Recuperación respecto a mineral vaciado	53,8	47,7	45,8	52,0	57,4
Recuperación con respecto al mineral tratado	60,4	48,9	49,5	63,3	71,4
Extracción en la lixiviación en bateas	62,5	61,8	54,6	76,3	78,7
Toneladas de mineral vaciado por tonelada de nitrato producida	20,4	27,0	28,8	22,9	20,0
* Las cifras de mayo se han estimado de datos obtenidos hasta el 28 de mayo. [Nota en el original]					

De esta tabla podemos destacar algunos puntos. Al quinto mes la producción logró alcanzar la mitad de la capacidad teórica deseada (7.500 t vs 15.000 t), mientras que la ley de NaNO_3 del caliche tratado en las bateas⁷ y la del ripio o material de desecho no era muy diferente a las presentes en las oficinas norteamericanas. Con el paso del tiempo ambas cifras alcanzaron un valor estable de poco más de 8% y 2%, respectivamente. Todas estas situaciones pueden adscribirse al proceso de puesta en marcha de la planta, y a los ajustes mencionados por Crozier. Algo similar sucede con la recuperación de salitre, que después de un periodo variable llega al 71%, ligeramente menor a las otras oficinas mecanizadas.

Mina

En la pampa estaban en trabajo terrenos nuevos, ya explotados a mano y mixtos. Se utilizaban tres palas Bucyrus 100-B nuevas (mismo tipo que en el Toco) más dos palas pequeñas antiguas con balde de 1 yarda cúbica, estando estas en terrenos de repaso. Parte de este material ya explotado a mano era de baja ley (5,0 a 6,0% de nitrato). El dragado previo de la sobrecarga en los terrenos nuevos era insuficiente para la capacidad de las palas, pues se usaban dos dragas antiguas P&H de balde de 1 m³, más una draga mayor traída desde la oficina Castilla de Aguas Blancas. Para solucionar el problema se habían mandado a comprar dragas nuevas 100-B⁸. El 70% del carguío se hacía con las palas 100-B y el 30% restante con las palas chicas. Los carros cargaban 30 toneladas.

Según el personal de la mina se cargaban 7.500 a 8.000 toneladas diarias, de un promedio de 9% de ley. No se hacía explotación a mano, pero era posible en caso necesario. La cantidad de mineral entregado por la mina cubría la capacidad

⁷ Nota: en los documentos originales, y como era la costumbre en las compañías Anglo Chilena y The Lautaro, se utiliza la palabra *vat* para los estanques de lixiviación. Este término, traducible como *batea*, es equivalente al de *cachuchos*. Ambos eran usados en la terminología en español del sistema Guggenheim, pero con los años se hizo más común el de *batea*.

⁸ Este punto es refrendado por lo indicado en el Balance y Memoria de la COSATAN del año salitrero 1945-1946.

máxima de cristalización, y cuando se construyese la Planta de Filtros la mina podría trabajar solo 6 días para alimentar 7 días de operación de la planta Krystal.

Figura 3. Draga diésel en la mina de la Of. Victoria. La imagen pertenece a una postal circulada en 1947 (por tanto la imagen es anterior), debiendo corresponder a uno de los equipos usados mencionados en el informe Crozier. Ello es coincidente con su estado aparente. Colección fotográfica P. Espejo.



Planta de chancado

Crozier (1945) nos indica que el chancado estaba organizado en tres etapas: una primaria con un chancador giratorio Traylor de 42 pulgadas con apertura de 8 pulgadas, la segunda con cuatro chancadores Traylor giratorios de 16 pulgadas (apertura 3 a 4 pulgadas) y para la última etapa había cuatro molinos Symons de conos de 48 pulgadas (apertura 5/8 de pulgada). El primario Traylor limitaba la razón de chancado a cerca de 350 toneladas por hora. Con las condiciones de alimentación de la mina, se podía chancar un promedio de 7.500 toneladas por día.

Existían varios problemas en el proceso. Se producían atascamientos de material debido a que las palas 100-B cargaban trozos muy grandes para el chancador, lo que causaba retrasos. Los carros de la mina eran empujados a una *cuna* o volteador por una locomotora, en vez de con una *mula* como en María Elena

o Pedro de Valdivia⁹. La entrada a la cuna era de menor tamaño que la de esas oficinas, por lo que se necesitaba más tiempo y cuidado para ajustar trozos levantados o colgantes de mineral antes de que los carros entraran al volteador. Se habían destinado dos hombres para ese trabajo, para evitar dañar el vaciador de carros.

No existía depósito de descarga (*dump pocket*) y el caliche se vaciaba en un plano inclinado forrado con placas de acero, que estaba colocado sobre un harnero de barras (*grizzly bars*). El mineral caía demasiado rápido hacia el chancador primario y para el momento de la visita la tapa ya se encontraba quebrada. Para disminuir la velocidad del caliche que caía se había colocado una cortina de cadenas suspendida sobre las *grizzly bars*. Con respecto a los harneros se hallaban variadas deficiencias. Estas instalaciones servían para ir separando el material grueso o fino, y se detectó que los disponibles de tipo malla o cernidor eran muy pequeños para los volúmenes de cada etapa de chancado.

La siguiente tabla resume la actividad del chancado entre enero y mayo de 1945 (la medida de malla 20 corresponde a 0,841 mm y la malla 100 a 0,149 mm):

Tabla 2. Operación del chancado Of. Victoria enero-mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Mineral vaciado	81.460	108.189	120.300	146.162	150.150
Operación Toneladas por hora	173	253	272	315	320
% Mineral sobre 1/2 pulgada a las bateas	25,5	26,8	27,6	27,2	27,0
% Menos de malla 20 a las bateas	-	24,4	24,8	13,3	13,0
% Menos de malla 100 a las bateas	7,2	7,8	7,1	3,4	3,0
kWh por tonelada vaciada	2,76	1,93	2,00	1,84	1,85

⁹ Mula: equipo automático para empujar y/o enganchar carros y llevarlos al volteador, como la operativa en el chancado de Chuquicamata o en las salitreras Guggenheim.

Planta de Filtros

En esta planta del sistema Guggenheim se trataba el material fino proveniente de los molinos, utilizando soluciones calientes o frías. En Victoria, Crozier indica que para el momento de la visita todavía no se había construido, ni se había decidido qué tipo de maquinaria se instalaría. Los finos generados por el chancado, por tanto, se desechaban. A este respecto podemos agregar, en base a las Memorias de la compañía, que para 1946 ya estaba en desarrollo:

“Victoria: (...) las instalaciones de tratamiento de finos se encuentran en construcción y se espera que inicien sus operaciones en el primer semestre de 1947” (Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta, 1946:3).

Planta de Lixiviación

Las principales estadísticas para esta sección se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 3. Lixiviación Of. Victoria enero-mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Total de mineral a las bateas	68.796	103.974	93.041	118.169	117.975
% Ley de mineral a las bateas	9,42	7,81	7,71	8,27	8,9
% NaNO ₃ del ripio de las bateas	3,61	3,42	3,74	2,12	2,07
Cantidad de bateas tratadas	26	34	32	45	44
% de extracción en la lixiviación	62,5	61,8	54,6	76,3	78,7
Peso promedio de carga de las bateas	2.790	2.954	2.910	2.657	2.72
Toneladas de agua por carga de cada batea	313	376	306	311	310
Toneladas de combustible usadas	66,3	68,5	68,9	69,8	75

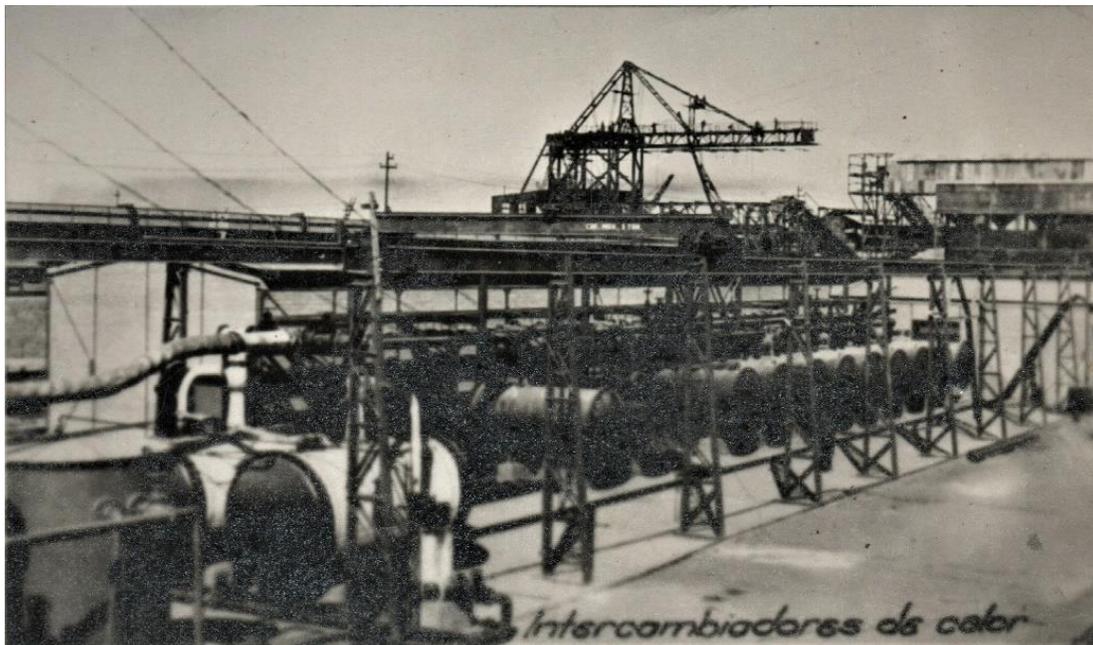
Ya comentamos que el porcentaje de ley en nitrato del caliche llevado a las bateas era similar a las oficinas del Toco. Lo mismo puede decirse del porcentaje de extracción, que alcanzó a 78,7% al momento de la visita, considerándose que para mayo las operaciones de lixiviación ya eran normales. Sobre la ley de los ripios, esta también era adecuada para el sistema Guggenheim:

“Los ripios de 2,0% en las bateas se comparan favorablemente con los ripios de 1,3% en las nuestras, ya que el lavado con soluciones [*brine*]

llevado a cabo en las bateas para hacer luego el lavado en nuestra Planta de Filtros reduce nuestro ripio en un 0,7%" (Crozier, 1945:4).

Las bateas o cachuchos de Victoria eran 10, cada uno de 22 m de largo, 20 m de ancho y 5 m de alto. Crozier informa que cada batea podía cargar 3.000 toneladas de caliche cuando se cargaban *hasta arriba* (en comparación con 7.200 de María Elena y 11.300 de Pedro de Valdivia). Otra fuente menciona 2.700 toneladas para las bateas victorianas (Díaz, s/f), lo que estimamos era el tonelaje normal de operación. La distribución era similar a la de Pedro de Valdivia, por la posición de las cañerías, del puente de carga de caliche y el de descarga de ripio. Todas las cañerías eran de 8 pulgadas de diámetro, con una capacidad de 220 metros cúbicos por hora.

Figura 4. Intercambiadores de calor en la sección Lixiviación de la Of. Victoria. Al fondo, el puente de descarga de ripio, diseño ícono de la maquinaria del procedimiento Guggenheim (creado por la empresa Wellman). La imagen pertenece a una postal circulada en 1947 por lo que ilustra las instalaciones originales. Colección fotográfica P. Espejo.



Los calentadores de soluciones eran similares a los de Pedro de Valdivia. Los intercambiadores de calor tenían tubos de 2 pulgadas de diámetro, con los cuales se había tenido muchos problemas de corrosión al comenzar a trabajar la planta. Para mayo de 1945 este ya no era un asunto grave, pues la alcalinidad de

las soluciones había ido aumentando lentamente. Se estaban haciendo experimentos para cerciorarse de la alcalinidad mínima requerida para detener la corrosión y se consideraba la posibilidad de añadir carbonato de sodio al *mother liquor* [M.L.]¹⁰ para obtener la alcalinidad deseada.

Planta Krystal

Durante la visita fue evidente que la planta de cristalización era la que presentaba más *oportunidades de mejora*: "hasta ahora esta sección ha sido el cuello de botella de las operaciones y la responsable de la baja producción de nitrato" (Crozier, 1945:4). El reporte incluye un resumen de la base teórica del sistema implementado en Victoria:

"El proceso Krystal se basa en la teoría de que es posible enfriar una solución de nitrato bajo el punto de saturación y que no cristalizará si la solución está en un contenedor limpio, aunque esté en una condición de super saturación. Si se mantienen en suspensión cristales de nitrato en esta solución super saturada, los cristales continuarán creciendo (...) se introducen cristales en suspensión mediante un flujo ascendente en el estanque de cristalización. Con este flujo ascendente de la solución los cristales pequeños son arrastrados a la parte superior del estanque y luego, a medida que crecen, caen hacia el fondo y cuando tienen el tamaño deseado son extraídos mediante un sifón hacia las centrifugas, para ser secados" (Crozier, 1945:4)

En la planta Krystal se habían instalado siete grandes estanques cristalizadores, de 15 pies de diámetro (4,572 m), cada uno equipado con tres enfriadores (conocidos localmente como *calandrias*) colocados sobre los estanques, para refrigerar la solución que circulaba en el tanque. La solución concentrada de nitrato pasaba a través de los siete estanques en serie y al entrar a cada uno se enfriaba unos 5°C. La planta estaba diseñada para enfriar 100 m³ de solución concentrada en nitrato desde 40°C a 10°C. La solución caliente que entraba al estanque se mezclaba con la solución que estaba circulando dentro de

¹⁰ *Mother Liquor*. abreviado M.L., corresponde al nombre del agua vieja o agua madre (solución que quedaba luego de la cristalización del salitre) según la terminología del sistema Guggenheim. Se usará en inglés como en los informes originales.

él, y la mezcla resultante (que se enfriaba inmediatamente debido a esta mixtura) pasaba a una bomba que la hacía circular a 1.800 m³ por hora a través de los enfriadores o calandrias para su refrigeración. La solución volvía al estanque por un tubo central hasta la base, estando 0,7°C por debajo de la temperatura que le correspondería teóricamente si hubiese estado saturada (es decir, volvía sobresaturada). El nitrato se comenzaba a depositar sobre los cristales que estaban suspendidos en el tanque cristizador, gracias al flujo ascendente de la solución circulante. Al cristalizar nitrato, la sobresaturación disminuía (la solución estaba ahora 0,2°C por debajo de la temperatura que le correspondería teóricamente si hubiese estado saturada) y con esta pequeña sobresaturación el volumen de la solución concentrada (*Strong Solution* o S.S.) se desbordaba de estanque a estanque.

La tabla 3 resume los datos de operación de la planta.

Tabla 3. Datos de la Planta Krystal, Of. Victoria, enero-mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945)

Mes	Enero	Febrero		Marzo	Abril	Mayo
Toneladas de salitre producido	3.990	4.000		3.550	6.380	7.500
Temperatura de la solución (<i>Strong Solution</i> o S.S.)	40,7	41,1		40,1	39,7	40
Temperatura del <i>Mother Liquor</i>	11,3	10,4		10,7	11,1	11,5
Nitrato de la S.S. (gpl)	483	456		442	438	438
Volumen de la S.S. (m ³)	-	45.824		43.974	84.932	99.230
Kilos de nitrato producido por m ³ de S.S.	-	87		81	75	75
kWh por tonelada de salitre producido	145	146		158	135	129
% de nitrógeno en el salitre por análisis químico	16,16	16,17		16,19	16,20	16
% de nitrato de sodio en el salitre	98,25	98,20		98,22	98,2	98,20
% de cloruro de sodio por análisis químico	0,39	0,35		0,39	0,46	0,38
% de sulfato de sodio por análisis químico	0,14	0,10		0,11	0,11	0,11
Insolubles	0,01	0,01		0,01	0,01	0,01
Agua	1,21	1,26		1,27	1,15	1,30
Mg como MgO	0,03	0,03		0,07	0,07	0,07

Perclorato de potasio	0,01	0,07		0,06	0,05	0,05
K como KNO ₃	-	-		0,23	0,21	0,21
Borato de sodio	-	-		0,02	0,02	0,08
Yodo	-	-		-	0,005	0,005

Análisis de tamizaje del salitre						
+10 mallas	18,5	28,4		22,7	18,2	14,4
+14 mallas	37,3	35,7		40,3	37,7	33,5
+20 mallas	25,3	21,6		23,0	27,7	30,0
Menos 20 mallas	18,9	14,3		14,0	16,4	22,1

Los problemas estaban en el enfriamiento, y con los tubos de las calandrias:

“Casi todas las dificultades con la planta Krystal han sido debido a la falta de capacidad de los enfriadores para la refrigeración eficiente de las soluciones calientes, a la corrosión y a las incrustaciones de nitrato depositadas en los tubos. Estas incrustaciones se forman mucho más rápidamente que lo anticipado y son responsables de la baja eficiencia de los enfriadores. El diseño de los enfriadores está basado en obtener una transferencia de calor de 1.500 kilocalorías¹¹ por metro cuadrado de superficie refrigeradora, pero, debido a la colmatación de los tubos y al tiempo perdido en lavar los enfriadores, el calor transferido solo es de un promedio de 610 kilocalorías por cada °C de diferencia, por metro cuadrado” (Crozier, 1945:5).

En el proceso era clave que la diferencia de temperatura entre la solución que salía del enfriador (calandria) y el líquido usado para enfriar fuera la menor posible (2 a 3°C) pero eso no se lograba, subiendo a 4°C y a hasta 7°C. Las etapas que más producían nitrato eran las que presentaban más diferencia de temperatura, y los que tenían más incrustaciones en los tubos de las calandrias, por lo que debían lavarse tres veces al día, en vez de dos como el resto. Esto se hacía haciendo circular por ellos *mother liquor* tibia. La tabla 4 presenta las diferencias de temperatura en los enfriadores, la temperatura en cada estanque, y entre cada etapa.

¹¹ En los informes se utilizan las unidades *kilogram calorie* y *ton calorie*, Estas se conocen también como *kilocaloría* y *megacaloría*, y corresponden a la energía necesaria para elevar la temperatura en 1°C de 1 kg y 1 tonelada de agua, respectivamente. Una *megacaloría* equivale a 1000 *kilocalorías*. Esas unidades han caído en desuso en el ambiente científico, usándose el *joule* (J), la unidad del Sistema Internacional.

Tabla 4. Temperaturas Planta Krystal, enero-mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945)

	Diferencia de temperatura en enfriadores	Temperatura de solución en cristalizadores	Diferencia de temperatura entre etapas	Producción diaria de salitre en toneladas
Caldo [S.S.] entrante al tanque N°1	40°C			
Tanque N°1	6,3°C	34,5°C	5,5°C	
Tanque N°2	5,1	30,7	3,8	
Tanque N°3	5,4	27,6	3,1	66
Tanque N°4	5,8	23,9	3,7	
Tanque N°5	5,4	21,2	2,8	69
Tanque N°6	7,1	15,9	5,2	
Tanque N°7	6,0	11,4	4,5	105
				240

La producción de salitre para mayo había sido de unas 250 toneladas diarias, enfriando por hora un promedio de 130 m³ de *strong solution* desde los 40°C a 11°C. Esto daba una producción de solo 75 kilos por metro cúbico de solución enfriada, en vez de 100 kilos, que había sido usada como base para calcular la capacidad de la planta.

Un fenómeno que pudo detectarse, y frente al cual Crozier y Freed propusieron una solución, fue el problema que causaba la temperatura a la que la *strong solution* entraba al sistema:

“Se ha descubierto que la solución concentrada proveniente de la planta de lixiviación tiene una saturación de solo 75%, como sucede en nuestras plantas, y como resultado de esto los primeros dos estanques cristalizadores funcionan solo como pre-enfriadores. Para hacer que estos dos estanques actúen como cristalizadores, y distribuir la producción de nitrato más uniformemente en los 7 estanques Krystal, hemos sugerido que se instale un pre-enfriador para refrigerar a unos 35°C la solución concentrada entrante; este pre-enfriador está siendo instalado. Con él en servicio debería ser posible incrementar la producción de nitrato en unas 70 toneladas por día y así obtener 320 toneladas diarias” (Crozier, 1945:6).

Otro problema de la planta era que, al no tener la capacidad de enfriamiento necesaria, al final de la serie quedaban demasiados cristales pequeños que no habían podido crecer. Esto generó otra sugerencia:

“Bajo las condiciones actuales de operación cerca de 50 toneladas de cristales finos son arrastrados en el rebalse desde el último estanque Krystal, y estos cristales se vuelven a disolver en el *M.L.* de retorno, cuando se calienta al pasar a través de los enfriadores. En orden de recuperar estas 50 toneladas de cristales hemos sugerido que se instale un espesador de 30 pies para recibir el *M.L.* que rebalsa del último estanque cristalizador (N° 7)”. (Crozier, 1945:6).

Los cristales pequeños recuperados se utilizarían después como semillas. Con este espesador, se esperaba aumentar en 50 toneladas a producción diaria, llegando a unas 370. De acuerdo con el reporte, ambas sugerencias fueron puestas en ejecución. El tamaño de los cristales era menor de lo anticipado, y se consideraba que disminuiría al aumentar la producción. El porcentaje de cristales finos producidos en cada estanque era variable, aumentando en los estanques del final de la serie (6 y 7), que eran los que producían más salitre. La mezcla de tamaños se estimaba era posible venderla en el mercado, pero podía producirse el apelmazamiento (*caking*) al almacenarlo, por lo que propusieron hacerlo pasar por un secador rotatorio antes de ser embarcado. Las tablas 5 y 6 presentan la producción por cada estanque Krystal y los tamaños de tamizaje del salitre producido para cada uno, en el periodo 14 al 28 de mayo de 1945, cuando la producción promedió 240 toneladas diarias.

Tabla 5. Producción por estanque Planta Krystal, 14-28 mayo 1945.
 Fuente: traducido de Crozier (1945)

Estanque cristalizador	Toneladas por día	Porcentaje de producción
N° 1	-	-
2 y 3	66	27,5%
4 y 5	69	28,8%
6 y 7	105	43,7%
Total	240	100,0%

Tabla 6. Tamaños del nitrato producido, Of. Victoria, 14-28 mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945)

Mallas	mm	Estanques 2 y 3	Estanques 4 y 5	Estanques 6 y 7
Sobre 6	3,36	-	0,4 %	0,2 %
Sobre 8	2,38	0,6 %	2,0	1,2
Sobre 10	2,00	13,2	18,4	15,8
Sobre 14	1,41	36,0	49,6	22,2
Sobre 20	0,841	26,4	8,0	15,4
Sobre 28	0,70	16,6	17,8	34,4
Sobre 35	0,50	4,4	3,2	9,6
Menor a 35	0,50	2,8	0,6	1,2

Sobre el gasto de energía por tonelada de la planta Krystal, Crozier nos presenta los datos recogidos y la proyección al gasto que podría lograrse en caso de implementarse el pre enfriador y el espesador (producción de 370 t/día), en la tabla 7:

Tabla 7. Energía por ton de nitrato producida P. Krystal, enero-mayo 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945)

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Estimado para producción de 370 t/día
Energía para Cristalización kWh	60	100	108	76	70	50
Energía para Refrigeración kWh	61	40	42	52	52	47
Energía para Centrífugas y cancha	4	6	8	7	7	
Total	145	146	158	135	129	104

Con estos datos en mente, la comparación con las plantas de cristalización Guggenheim del Toco era muy decidora: estas consumían por tonelada solo 40-42 kW/h, de los cuales 24 eran para enfriar la salmuera de refrigeración, es decir, poco menos de la mitad de las necesidades de la Planta Krystal. La dependencia de la generación de energía del sistema de cristalización de Victoria era evidente.

La Planta Krystal experimentó en los años siguientes cambios notables, que buscaban aumentar la producción y solucionar los problemas del proceso:

“Planta Victoria. Se han continuado los trabajos de ampliación de esta planta, dotándola de nuevas unidades generadoras de fuerza motriz y de *mayor capacidad de cristalización*” (Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta, 1946:3).

El aumento de producción se logró sumando nuevas unidades cristalizadoras. Del circuito de siete existente en 1945 se pasó a 12, en dos series de 6 (Díaz, s/f). Considerando lo informado por los técnicos de Guggenheim, el aumento de etapas habría permitido recuperar más salitre y disminuir lo que se perdía al final del ciclo. Quizás esta ampliación implicó eliminar el pre enfriador y el espesador de salida, que se construyeron debido a sus sugerencias en 1945. Aun así, hasta el fin de operaciones de Victoria la cantidad de cristales finos al final del proceso siguió siendo elevada (30%), la que se embarcaba mezclada con el producto de mayor granulometría (Díaz, s/f).

Costo de operación planta Krystal, comparaciones y proyecciones

Un ejercicio que Crozier (1945) realiza en su reporte es comparar el costo de cristalización de una tonelada de salitre en Victoria versus el costo si se implementaban el pre enfriador y el espesador (es decir, produciendo 370 toneladas diarias). Esto se compara con el costo por tonelada de la cristalización más granulación del sistema Guggenheim en Pedro de Valdivia, y una proyección de cuál sería ese valor en caso de convertir la cristalización de María Elena al sistema noruego.

Tabla 8. Costos de cristalización Krystal por tonelada de salitre y comparación cristalización Guggenheim, 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945)

	Abril 1945	Mayo 1945	Costo estimado para producción de 370 t/día.	Costo directo de cristalización y granulación Of. P. de Valdivia en abril 1945	Costo estimado para proceso Krystal 40.000 t/mes en María Elena
Producción mensual	6.380	7.500	11.100		
Costo por t moneda norteamericana					

Supervisión	0,115	0,101	0,100	0,061	0,050
Mano de obra	0,550	0,484	0,363	0,349	0,200
Materiales	0,167	0,147	0,110	0,027	0,070
Energía	1,522	1,434	1,178	0,511	1,100
Maestranza	0,066	0,058	0,044	0,014	0,020
Mantenimiento eléctrico	0,029	0,026	0,020	0,026	0,020
Agua dulce	0,001	0,001	0,001	0,004	0,004
Agua salada	0,003	0,003	0,002	-	-
Laboratorio	0,046	0,046	0,035	0,005	0,006
Garaje	0,008	0,007	0,005	-	-
Varios	0,012	0,010	0,008	0,089	0,020
Petróleo	-	-	-	0,775	-
Reserva para renovaciones	0,043	0,040	0,040	0,120	0,040
Secado del nitrato	-	-	-	-	0,050
Costo total por t	2,572	2,377	1,906	1,981	1,580

Era claro que el alto costo de la cristalización Krystal era debido al alto consumo de energía por tonelada, casi el triple que en Pedro de Valdivia. Esto mejoraba si se ampliaba la producción a 370 t/día (se consideró el cambio de 31 pesos por dólar), quedando el costo prácticamente igual al del sistema combinado cristalización/granulación. Crozier llegaba a la conclusión que, en caso de adoptarse el sistema en María Elena, allí se podría reducir el consumo por tonelada de 104 kW/h proyectado para la planta Krystal de Victoria a 92kW/h, debido a una mejor recuperación de calor. La proyección de adoptar el sistema en la cristalización de María Elena se veía promisorio, aun cuando el consumo de energía fuese mayor, pues se disminuían los gastos en otros ítems, como el de petróleo ya que se eliminaría, teóricamente, la granulación:

“Este costo muestra un ahorro de US\$0,40 por tonelada, en favor del proceso Krystal, cuando lo comparamos con nuestro costo actual de US\$1,98 por tonelada para nuestras operaciones combinadas de cristalización y granulación. Creemos que el sistema Krystal ofrece para nuestras plantas la posibilidad de una reducción de los costos operacionales, y que merece mayor estudio ver cómo este proceso puede adaptarse a nuestro actual equipamiento de cristalización. Naturalmente esto dependerá de cómo el producto es recibido en el mercado” (Crozier, 1945:8).

Finalmente, el sistema no fue adoptado por las oficinas norteamericanas. La producción en Victoria de 370 t/día que se lograría con las mejoras propuestas

implicaban unas 111.000 toneladas anuales, y el irlandés opinaba que cambiando los tubos de los enfriadores por unos que evitaran la formación de incrustaciones se podría llegar a 168.000 t/año (Crozier, 1945) cifra que solo quedó en la teoría. La capacidad de enfriamiento en la planta Krystal no mejoró ostensiblemente, y si bien en los años siguientes fue modificada y aumentó la producción, como vimos agregando nuevas unidades Krystal (Díaz, s/f), el producto cristalizado nunca logró ser de un tamaño homogéneo, siempre presentó un elevado porcentaje de cristales pequeños, y se mantuvo el problema del *caking*.

Costo Planta Krystal y total invertido oficina Victoria

Tabla 9. Costo de capital Planta Krystal, Of. Victoria. Fuente: traducido de Crozier (1945)

Planta Krystal		Moneda norteamericana
Edificios y grúas		74.504,84
Estanques Krystal	18.772,54	
Enfriadores sobre los estanques Krystal	51.403,41	
Bombas y motores	102.598,50	
Cañerías y adaptadores especiales	45.021,26	
Estanques	1.754,67	
Medidores	209,30	
Juntas de goma y adaptadores	15.368,90	
Desmantelamiento y transporte	2.754,70	
Equipos para montaje	63.850,80	
Válvulas	21.523,10	323.257,18

Planta de refrigeración

Compresores (3)	75.276,10	
Motores eléctricos	26.315,50	
Sistema de circulación de salmueras (<i>brine</i>)	391,50	
Sistema de freón	3.178,60	
Bombas y motores	2.397,60	
Medidor	0,80	
Equipos de montaje	8.444,30	116.004,40

Refrigeración de agua salada

Bombas y motores	395,30	
Cañerías y adaptadores especiales	593,90	

Montaje de los ítems anteriores	347,70	
Torre de evaporación	1.351,10	
Estanque de almacenamiento en pozo	17.417,90	20.105,90

Refrigeración del *Mother*

Liquor

Bombas y motores	28,20	
Cañerías y adaptadores especiales	2.958,40	
Montaje de los ítems anteriores	3.263,90	
Torre de evaporación	18.263,70	
Estanques en la planta Krystal	1.610,60	26.124,80

Centrífugas

Centrífugas con motores	34.321,70	
Motores, bombas y accesorios	1.619,60	
Varios	47,00	
Montaje de ítems anteriores	1.077,80	
Estructura de acero	5.201,80	
Edificio	256,80	42.524,70

Krystal

Viaje, gastos, honorarios y gastos de empleados de Krystal	5.997,30	5.997,30
--	----------	----------

Costo de Planta Krystal		608.519,12
Proporcional de los gastos generales		61.338,88
Total del costo de la Planta Krystal		669.858,00

Tabla 10. Capital invertido en Oficina Victoria hasta mayo de 1945. Fuente: traducido de Crozier (1945)

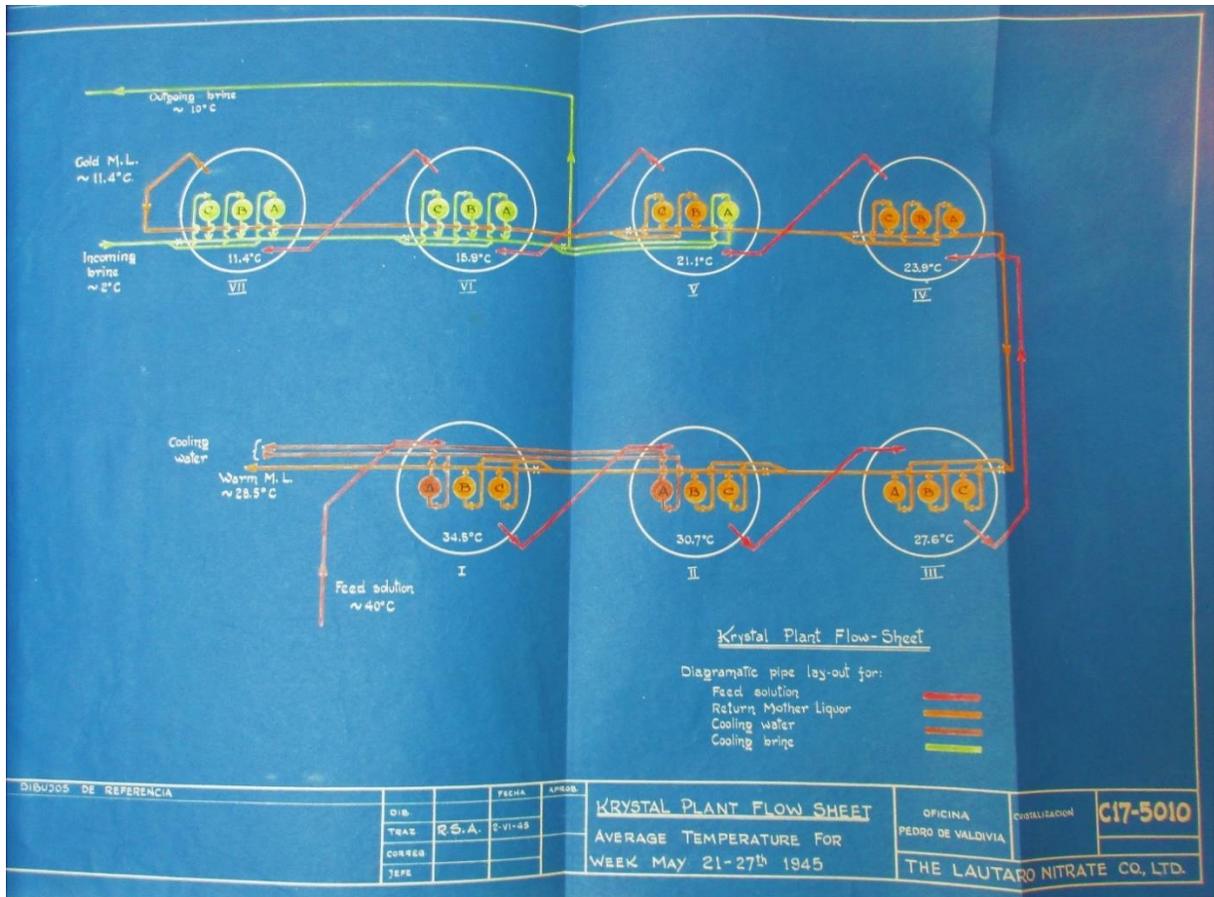
	Dólares norteamericanos
Departamento Mina	1.752.330,90
Planta de Chancado	615.474,90
Planta de Lixiviación	504.494,20
Planta Krystal	608.519,12
Disposición de Ripios	338.934,48
Planta de Energía eléctrica	322.849,70
Maestranzas	172.474,70
Campamento	74.096,80
Fundaciones	329.322,50
Varios	1.032.471,30
Gastos generales	645.064,40
Total de capital	6.396.033,00

De la tabla 9, que resumen lo invertido en la Planta Krystal al momento de comenzar su operación, destaca de inmediato que el ítem más abultado pertenece a bombas y motores, por sobre 100.000 dólares, seguidos de las máquinas compresoras de freón, equipos para montaje de la planta, y los enfriadores o calandrias. Si consideramos los valores de lo invertido en todas las obras de la oficina, resumidas en la tabla 10, vemos que el costo de la planta de cristalización por sí sola representaba solo un 9,51% del total, cifra que subía a un 10,47% al incorporar el proporcional de los gastos generales, muy por debajo de lo gastado en habilitar la mina e incluso el chancado. Es interesante el registro de los gastos del personal de la empresa *Aktieselskapet Krystal* -que como sabemos incluyó a Finn Jeremiassen- y que como indica la tabla incorpora los viajes, honorarios y otros estipendios, sin duda incluyendo alojamiento, alimentación y transporte. La cifra no pasa de los 6.000 dólares, apenas el 0,99% del costo de la planta Krystal y un 0,09% de lo invertido en el proyecto. Otro dato sin duda llamativo de lo presentado en la tabla 10 es la cifra de campamentos: solo 74.096,80 dólares, un magro 1,16% del total, comparable con lo gastado en las tres compresoras. El destino de esos dólares no se conoce, pero puede asumirse que fueron utilizados en reparaciones urgentes o en habilitar servicios básicos de los campamentos antiguos de Brač, Franka y Alianza, quedando para una fecha posterior nuevas construcciones.

La figura 5 presenta un diagrama del proceso de la Planta Krystal, en base a lo observado en la oficina Victoria en la semana del 21 al 27 de mayo de 1945, con las temperaturas medidas en cada etapa. Están representados los 7 estanques de cristalización, y los tres enfriadores (calandrias) de cada estanque. Una calandria de las etapas I y II (A) se enfriaban con agua, y las restantes con el agua vieja en contracorriente (B y C). En las etapas III y IV todas las calandrias se enfriaban con el agua vieja de retorno, y en la etapa V solo dos (B y C). La calandria restante de esta etapa (A), y todas las de los estanques VI y VII se refrigeraban con la salmuera (*brine*) que, como veremos en el informe de Freed, era de cloruro de calcio, enfriada a su vez con freón.

La figura 6 nos presenta el ejemplo de una etapa de un estanque Krystal de la oficina Victoria con solución entrante a 35°C (etapa II), indicando las partes del equipo, el sentido de flujos y las temperaturas implicadas.

Figura 5. Diagrama de flujo de la Planta Krystal, Of. Victoria, 21 al 27 de mayo de 1945. Dibujado en la Oficina Pedro de Valdivia. Fuente: Crozier (1945).



El informe Freed

El reporte de E. S. Freed corresponde a su memorándum de investigación (*Research Memorandum*) número 522, titulado *Krystal Process in operation at Oficina Victoria* (Proceso Krystal en operación en la Oficina Victoria), está dirigido, al igual que el de Crozier, al *General Manager* John A. Peebles. Está fechado el 5 de junio de 1945 en María Elena y consta de 7 páginas mecanografiadas en inglés. Para mejor entendimiento hemos agrupado las informaciones en secciones.

Freed introduce el tema mencionando que el sistema Krystal, según se decía, había tenido éxito en la fabricación de cristales de cloruro de sodio, cloruro de potasio, sulfato de sodio y nitrato de amonio. Como mencionamos antes, informa que la primera prueba en el nitrato de sodio se hizo en la oficina San Andrés, y luego por la COSATAN en oficina Alianza en 1940¹². Un punto para destacar es que los aparatos Krystal de Victoria eran los más grandes construidos hasta la fecha. La teoría del sistema era bien conocida, con respecto al uso de la sobresaturación y los cristales semilla para lograr cristales del tamaño deseado, por lo que el equipamiento estaba diseñado para proveer esta pequeña sobresaturación, mientras la solución mantenía los cristales en suspensión por el flujo ascendente dentro del estanque. Es interesante comprobar que el norteamericano había ya analizado el proceso, equipamiento y los cálculos de calor en su Memorándum de Investigación N°469 del 25 de noviembre de 1942, donde fueron comparados con el proceso de cristalización Guggenheim. La planta de Victoria no alteraba las conclusiones de ese estudio, salvo que el consumo energético para el bombeo de soluciones era menor (Freed, 1945).

¹² Como dijimos anteriormente, Freed da la fecha de 1925 para San Andrés, pero la documentación que citamos indica 1930.

Equipamiento y proceso

La descripción de la planta Krystal es precisa (entre paréntesis indicamos las medidas en sistema métrico):

“El equipo en Victoria consiste en siete unidades cristalizadoras, cada una comprendiendo un cristalizador y tres enfriadores. Estas unidades están instaladas en un edificio de 45 metros de largo, 18 metros de ancho y 22 de alto, y, excepto por su largo, el edificio parece ser tan grande como nuestra planta de cristalización.

El cristalizador es un estanque ligeramente cónico de 31 pies 3 pulgadas de alto [9,525 m] colocado 3 pies por sobre el piso del subterráneo [0,914 m]. El diámetro de la parte superior es 16 pies 9 pulgadas [5,105 m], con una superficie de la sección transversal de unos 20 metros cuadrados (esta es una medida usada para calcular capacidad). Los tres enfriadores son de 3 pies de diámetro cada uno por 11 pies 6 pulgadas de alto [0,914 x 3,505 m] y contienen 151 tubos de 1 a 1 ¼ pulgadas [2,54 a 3,175 cm], o una superficie para la transferencia de calor de 30 metros cuadrados cada uno. Estos tres enfriadores están colocados verticalmente sobre el cristalizador, de manera que la altura total de la unidad cristalizadora sobre el piso del subterráneo alcanza unos 55 pies [16,764 m]. Cada cristalizador funcionaba con seis bombas” (Freed, 1945:1-2).

En relación con el procedimiento, la descripción es por lo demás clarificadora, haciendo algunas comparaciones con el proceso Guggenheim:

“Al operar la planta, el gran cristalizador cónico se mantiene parcialmente lleno de cristales en crecimiento –unas 40 toneladas- que están en suspensión por un flujo ascendente de solución. Para mantener este flujo ascendente, una bomba de gran tamaño toma 1.800 metros cúbicos de solución por hora desde la parte superior del cristalizador y la eleva a lo más alto de los tres enfriadores. Luego la solución fluye por gravedad a través de los enfriadores hacia una cañería central y hacia la base del cristalizador, donde se distribuye y sube por entre los cristales semilla. Este flujo de solución puede compararse con un gran sifón, que tiene justo la presión de bombeo suficiente para mantenerse en movimiento.

En los enfriadores la solución se enfría solo una fracción de un grado centígrado, y teóricamente no se precipita nitrato; la solución queda entonces levemente supersaturada para proveer el nitrato para los

crisales en crecimiento. Las soluciones concentradas desde la planta de lixiviación [S.S.] son bombeadas a la unidad N°1 y el mismo volumen se desborda a los N°s 2, 3, 4, 5, 6 y 7 (igual que como funcionan nuestros cristalizadores). El líquido frío desde el N°7 vuelve a través de los enfriadores de las unidades 5, 4, 3, 2 y 1 para proporcionar un enfriamiento de contra corriente al igual que lo hacemos nosotros. Los enfriadores de las unidades 6 y 7 se enfrían con una salmuera [*brine*] de cloruro de calcio, refrigerada con freón (no amoniaco).

La S.S. proveniente de la planta de lixiviación entra a la unidad N°1 a unos 40°C; deja la unidad N°7 y vuelve a entrar al enfriador de la N° 5 a 11 °C. Existe una disminución de temperatura de aproximadamente 4,1°C entre cada unidad" (Freed, 1945.2).

Es importante la descripción que se hace del uso en contracorriente del agua vieja o *mother liquor* para refrigerar los enfriadores de algunas etapas, (lo que puede observarse en la figura 6), de manera similar a la cristalización del sistema Guggenheim. Para enfriar la salmuera de cloruro de calcio de las últimas etapas se usaba freón, y no amoniaco como en las oficinas norteamericanas. La planta funcionaba con 75 operarios.

Según diseño, los cristalizadores, que tenían en total 140m² de superficie de sección transversal, permitían hacer crecer crisales a una razón de 3,5 toneladas por metro cuadrado. El espíritu analítico y metódico del científico le hacía opinar al norteamericano que "sería muy difícil decir qué está sucediendo en el interior de estos estanques sin hacer un largo estudio, haciendo variar todas las condiciones posibles" (Freed, 1945:5). Con respecto al sistema de refrigeración, el reporte nos informa:

"Hay instaladas 3 máquinas centrífugas de refrigeración de la Carrier Corporation, de 375 toneladas, que usan Freón 11 (tricloromonofluorometano, CCl₃F). Cada máquina es impulsada por un motor de 400 HP a una velocidad de 5.000 RPM. Cada una se ha montado junto al enfriador de salmuera de cloruro de calcio y el condensador (enfriado con *mother liquor*), y debemos asumir que las capacidades del enfriador y el condensador están en relación con el tonelaje nominal de la máquina.

Estas son máquinas de 5 velocidades y al presente son operadas en la cuarta velocidad (la quinta es la más alta). A la quinta velocidad se

afirma que la máquina hace demasiado ruido - efecto sirena. El freón líquido es enfriado desde 102°F (temperatura del condensador) a 30°F (temperatura del enfriador)" (Freed, 1945:5-6).

Este sistema era el que refrigeraba la salmuera de cloruro de calcio, que servía para enfriar una calandria del quinto estanque, y todas las de los estanques 6 y 7 (figura 6). A diferencia de este reporte, Díaz (s/f) indica que el gas utilizado era Freón-12 (CCl₂F₂), pudiendo corresponder a una época posterior. Freed y Crozier estimaron, para dos centrifugas en operación, que la circulación de salmuera era de 1.000 galones por minuto, o sea 226 m³ por hora. Considerando que se enfriaba desde 8,3°C a 1,0°C, resultaban 250 toneladas de refrigeración por máquina. La capacidad teórica de cada máquina era de 375 toneladas, que restando lo que se usaba para enfriar el freón, dejaba 308 toneladas para la refrigeración de la salmuera. Como operaban a 250, las máquinas se estaban usando a un 81,5% de su capacidad. A este ritmo, su gasto de energía era de 312 kW, es decir, una tonelada de refrigeración requería de 1,25 kW/h (Freed, 1945).

Capacidades y dificultades con los tubos en los enfriadores

Con respecto a las capacidades de producción y transferencia de calor, en su reporte Freed analiza una serie de escenarios, presentando un conjunto de cálculos muy detallados. Consideraremos los más relevantes y conclusivos. La capacidad calculada de la planta era de 500 toneladas diarias, o 3,5 ton por día por metro cuadrado de sección transversal de estanque cristalizador (recordemos que esta última medida era un parámetro para comparar capacidades de cristalización de un aparato). Pero para esto se debían enfriar 210 m³ de solución por hora, desde 40°C a 11°C, a lo largo de los siete estanques. Esto permitía que la concentración en nitrato de la solución bajara 100 gpl (gramos por litro), comparando la entrante y la saliente de la planta, lo que correspondía al nitrato que se recuperaba cristalizado. Para ello se necesitaban 6.235 megacalorías de enfriamiento por hora. La superficie total de los 21 enfriadores era de 1.050 m², y considerando que hubiese 4°C de diferencia entre el líquido enfriador y el que salía enfriado (en el diseño del sistema Krystal era de 2°C o 3°C), implicaba una transferencia de calor requerida de 1.500

kilocalorías por metro cuadrado, por hora y por grado centígrado de diferencia de temperatura. Esta era una transferencia muy alta y solo podía ser lograda si los tubos de intercambio de calor de las calandrias estuvieran muy limpios y con una circulación rápida (en comparación, en María Elena esta transferencia era de solo 194 kilocalorías).

Pero esto era lo teórico. En realidad, la planta solo podía enfriar 125 metros cúbicos por hora de 40°C a 11°C, debido a la falla de los enfriadores, que no lograban la transferencia de 1.500 kilocalorías, sino que solo 700, y con diferencias de temperatura entre el líquido enfriador y el enfriado que promediaban 5,8°C. La capacidad real terminaba siendo 3.700 megacalorías de enfriamiento por hora (incluyendo el calor de cristalización del nitrato) versus las 6.235 megacalorías requeridas para una plena producción. Esto implicaba, como resultado, que la producción de salitre era de solo 250 toneladas diarias, la mitad de lo diseñado (Freed, 1945).

El gran problema que describe Freed, al igual como lo hizo Crozier, era la formación de incrustaciones de nitrato al interior de los tubos de intercambio de calor de los enfriadores o calandrias, que dificultaban la transferencia de calor y el enfriamiento de las soluciones, que era el núcleo del sistema. Esto, que teóricamente no debía ocurrir, en la práctica implicaba hacer dos limpiezas diarias (hasta tres en las etapas 6 y 7), haciendo circular *mother liquor* tibia por los tubos, accionando unas llaves colocadas *exprofeso*. Si no era suficiente se podía limpiar cada tubo individualmente con agua. Los grandes inconvenientes eran la demora que estas limpiezas provocaban, y que el equilibrio del intercambio de calor en las calandrias podía verse alterado, aumentando la diferencia de temperatura entre las soluciones enfriadora y enfriada. La solución definitiva era cambiar los tubos por unos de acero cromado o metal monel pulido, y no colocar calandrias de mayor tamaño, pues estas consumirían más energía y demorarían más en limpiarse (Freed, 1945). Sobre la composición de los tubos de la planta, desconocemos la original, pero Díaz (s/f) proporciona el dato de que los tubos de Victoria eran de una

aleación de cobre/níquel en proporción 30/70%, lo que corresponde a un tipo de monel. Esto puede corresponder a una época posterior a 1945, pero el fenómeno de las incrustaciones siguió verificándose, de acuerdo con este mismo autor. Esto también sucedía en los tubos de los cristalizadores del sistema Guggenheim, pero en ese caso se limpiaban mediante máquinas que circulaban sobre los estanques y, según Freed, debido a la amplia capacidad de cristalización que tenían las plantas del Toco (20 y 22 estanques recuperadores) esto no provocaba los mismos inconvenientes.

Tamaño de los cristales

De igual manera que en el reporte de Crozier, el trabajo de Freed informa que el producto final de la planta Krystal era una mezcla de cristales de distintas granulometrías, asunto al cual no se le había dado la importancia requerida:

“Se han hecho tantos esfuerzos relativos a la producción, que poco o nada de tiempo se ha dedicado al estudio del tamaño de los cristales. Y, de hecho, la habilidad de producir a voluntad cristales pequeños o grandes parece ser algo así como un misterio” (Freed, 1945:4).

Una de las principales ventajas teóricas del sistema Krystal era, supuestamente, la posibilidad de obtener cristales de la dimensión deseada, cosa que sobre la cual, como vemos, Freed tenía sus dudas. Los trabajos en la planta piloto habían indicado que un buen tamaño de cristal (6 a 8 mallas, es decir, 2,38 a 3,36 mm) podía ser producido a razón de 3,5 toneladas por día por metro cuadrado de área transversal de estanque cristizador. Esto equivalía a 70 toneladas por día por estanque, o 500 toneladas para los siete. Pero la producción real era no más de 250. Mientras más producía un estanque, mayor era su porcentaje de finos. Así, los más productivos (6 y 7), tenían un 45,2% de cristales bajo la malla 20 (0,841 mm). El tamaño para el mes de abril fue el siguiente:

Tabla 11. Tamaño de cristales producidos en abril de 1945.
 Fuente: traducido de Freed (1945)

Tamaño			Porcentaje
+	10	Mallas	18,2 %
+	14	"	37,7%
+	20	"	27,4%
-	20	"	16,7%
			100%

Solo el 55,9% de los cristales era mayor a 14 mallas, o sea, 1,41 mm. Esto era mucho menor que lo obtenido en la planta piloto, y se consideraba que al aumentar la producción, el tamaño de cristales disminuiría aún más (Freed. 1945).

Para el crecimiento de los cristales el flujo en los estanques debía ser a una razón uniforme, sin turbulencias, pues si esta existía los cristales podían ser arrastrados fuera antes de crecer. En el caso de la planta piloto, con un cristalizador pequeño, la suspensión de los cristales era quizás fácil de mantener, pero al construirse estanques grandes la situación era más compleja. Pero a pesar de todo el problema, Freed consideraba que lo más importante era que, aún si el cristal promedio disminuía un poco su tamaño, era aceptable para el mercado. Comparativamente, serían más grandes que los producidos en las cristalizaciones Guggenheim. Una mejora que sugería era pasarlo por un secador antes del embarque, considerando que el salitre salido de las centrífugas tenía 1,3% de humedad.

Cristales en suspensión al final del ciclo y mejora con un espesador

De acuerdo con la capacidad de enfriamiento real de las instalaciones, que como hemos indicado era de 125 m³ por hora (cristalizando nitrato de manera que la concentración de las soluciones bajaba 100 gramos por litro) la planta debía producir 12,5 toneladas por hora, es decir, 300 por día, en vez de las 250 que lograba. El motivo de esto era el que también analiza Crozier en su informe: los cristales pequeños que quedaban en suspensión al rebalsar la solución desde el último estanque, y que no habían crecido lo suficiente como para decantar por sí mismos. Estos correspondían a unos 17 gramos por litro (Freed, 1945).

El *mother liquor* que salía de la planta Krystal hacia los cachuchos tenía 370 a 380 gpl de nitrato, en comparación con 355 gpl del *mother liquor* que salía del estanque 7. Este aumento se debía a la disolución de estos cristallitos a medida que la *M.L.* se calentaba al usarla como líquido enfriador en las calandrias. En el fondo, ese nitrato sí se había producido, pero no se había recuperado, y el trabajo gastado en su cristalización se perdía. La cantidad calculada de esta pérdida era de 50 toneladas diarias. Como comparación, en María Elena y Pedro de Valdivia se tenía al final del ciclo unos 10 gpl de cristales en suspensión, pero por la amplia capacidad de cristalización esto no era muy relevante. La sugerencia para Victoria fue colocar a la salida del estanque 7 un espesador o decantador para recuperarlos y usarlos como semillas, y así darles la oportunidad de crecer y aumentar la capacidad a las 300 toneladas al día (Freed, 1945).

Recuperación en primeras etapas, mejora con un pre enfriador y un estanque

Otro punto de interés analizado en la visita con relación a la capacidad de la planta Krystal fue la saturación de la *strong solution* que venía desde las bateas o cachuchos, que en el caso de Victoria consistía en 125 m³ por hora de solución directa. Al igual que en María Elena y Pedro de Valdivia, esta tenía una saturación de solo 70 a 75%, a la temperatura de lixiviación de 40°C. Al entrar al primer cristalizador, el enfriamiento no era suficiente para que se depositara nitrato, por lo que no producía salitre y el segundo solo la mitad de su capacidad. La solución no estaba saturada en nitrato, pero sí en cloruro de sodio, así que en el estanque 1 se precipitaban unas cuantas toneladas de sal al día (Freed, 1945). Ya que la planta tenía solo 7 etapas (en 1945), esto no era tolerable.

Para enfrentar este problema se propuso, como también hemos visto en palabras de Crozier, instalar un pre enfriador antes del estanque Krystal 1, de manera que la solución fuerte que entrara a él estuviera más cerca de su punto de saturación en nitrato. Otra sugerencia fue que se construyera un estanque de almacenamiento para la *S.S.* proveniente de la lixiviación, para lograr tener una solución equilibrada antes de enviarla a la planta Krystal. Esto debido a que la

saturación de las soluciones en las bateas era diferente a lo largo del ciclo de lixiviación, variando entre 80% (al comienzo) y 60% (al final). De esta manera primero se equilibraría la solución al mezclarla, luego se enfriaría a unos 33°C, y solo ahí se enviaría a la planta Krystal.

De acuerdo con los reportes, tanto el pre enfriador como el espesador de salida fueron construidos. Por otro lado, y como ya hemos indicado, la planta Krystal fue posteriormente ampliada a 12 estanques recuperadores, lo que quizás fue el intento definitivo de enfrentar este problema de falta de capacidad cristalizadora. Es posible que este cambio estructural esté relacionado con las modificaciones que pueden advertirse en el edificio y estructuras de la planta Krystal a lo largo del tiempo, según fotografías. En un comienzo el gran edificio presentaba un cuerpo anexo frontal (considerando como frente la cara que daba hacia el campamento), y la correa que llevaba el salitre a la cancha se proyectaba saliendo cerca de este punto. Luego este cuerpo fue ampliado y la correa trasladada al otro extremo del edificio. Finalmente, el volumen frontal desapareció (ver figura 7).

Proyección considerando las mejoras propuestas en la visita

Asumiendo que las propuestas se llevaban a cabo, Freed pudo proyectar sus resultados y la nueva organización que debería tener la refrigeración. La capacidad de refrigeración era, como se indicó anteriormente, de 3.700 megacalorías por hora. Instalado el pre enfriador, la planta recibiría la solución a 33°C. Para enfriar 1 metro cúbico desde 33°C a 1°C y producir 100 kilos de nitrato eran necesarios 23,5 megacalorías de enfriamiento. La capacidad de la planta era entonces $3.700/23,5=157$, es decir, casi 160 m³ por hora. Esto implicaba producir 16 toneladas de nitrato por hora, o 375 por día (similar a la indicada por Crozier, de 370 toneladas/día). Esta sería la capacidad máxima de producción, hasta que se cambiasen los tubos para evitar las incrustaciones de nitrato en las calandrias.

Considerando esto, la S.S. entraría al primer estanque a 33°C, y se enfriaría a 30°C por la mezcla con la solución. Después, bajaría su temperatura una fracción de grado al pasar por las calandrias. Estas calandrias del estanque 1 se refrigeraban

con la *M.L.* que venía de retorno, y si existía una diferencia promedio de temperatura de 5,8°C entre soluciones enfriadora y enfriada, esta *M.L.* salía con 24,2°C, que era la temperatura con la que volvía a la lixiviación. Todo esto implicaba que la recuperación de calor no pasaba de 60,2%, versus 80% que se lograba en María Elena (Freed, 1945).

La *M.L.* de retorno que se usaba para enfriar eran 160m³, aportando con 1.900 megacalorías de enfriamiento por hora, y ya que se necesitaban 3.700, faltaban 1.800 que debían ser suministradas por el refrigerante de cloruro de calcio. Esto significaba que 3 1/3 de los cristalizadores (5, 6 y 7, y uno de los enfriadores del cristalizador número 4) deberían ser enfriados con el cloruro de calcio, a diferencia de lo que se hacía en el momento, en que solo enfriaba el 6, el 7 y una calandria del 5. En resumen, logrando esta nueva producción, los gastos de energía bajaban notablemente:

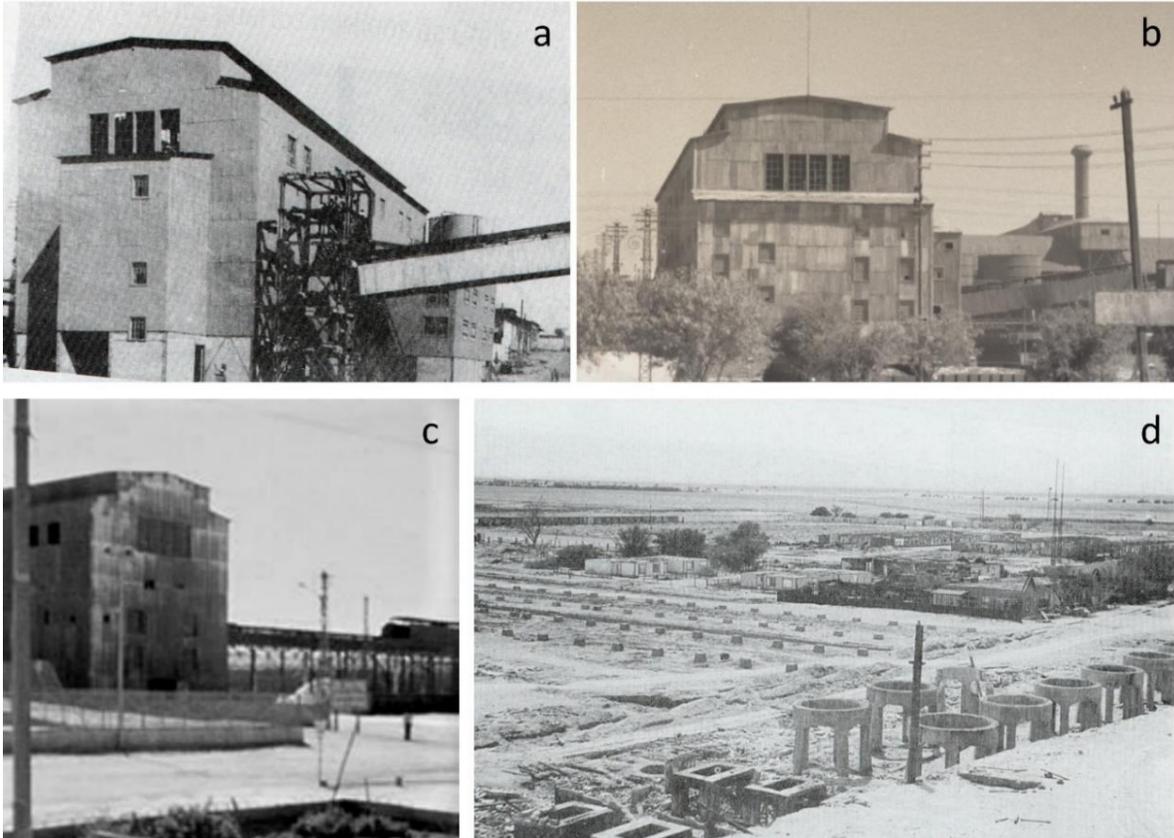
Tabla 12. Consumo de energía para producción de 375 ton salitre/día. Fuente: traducido de Freed (1945)

Tarea	Energía	
Bombeo de solución	50	kWh
Refrigeración	47	"
Centrifugado	7	"
Total	104	"

Esto comparado con el total de 135 kWh por tonelada de salitre necesitado en abril en las condiciones reales. Ambas cifras contrastaban con los 42 kWh totales por tonelada de nitrato de las plantas Guggenheim, lo que vuelve a manifestar las elevadas necesidades de energía de la instalación Krystal. Con este escenario de 375 toneladas diarias, los 75 trabajadores y los misceláneos definidos por Crozier, el costo de producción por tonelada podía descender de US\$2,4 a 1,91 por tonelada (ver tabla 8).

Figura 7. Evolución de la Planta Krystal. En **a** su aspecto original, con la construcción frontal y la correa transportadora instalada en la parte delantera de la planta. En **b** la construcción frontal ya se encuentra ampliada a todo lo ancho, y la correa se ha trasladado a la parte trasera (foto ca. 1950). En **c** el aspecto con la construcción frontal ya eliminada (imagen de la época de cierre). En **d**, ruinas de la planta hacia fines de la década de 1980, donde pueden observarse estructuras de concreto asociadas a los doce estanques Krystal.

Fuente: elaboración propia en base a fotografías Archivo Roberto Montandón ©, archivo propio y Reales (1996). Ver figura 8.



Proyección considerando las propuestas y cambio de tubos

Un segundo escenario hipotético que Freed analiza en su reporte es considerando la instalación del pre enfriador y que se logran cambiar los tubos de las calandrias por unos que permitieran alcanzar la transferencia de calor teórica, de 1.800 kilocalorías.

En ese caso, considerando la superficie total de tubos de 1.050 m^2 , que la solución entrara a 33°C , y una diferencia de 4°C en los enfriadores, el enfriamiento total era de 5.300 megacalorías por hora. Con esto se podrían refrigerar 268 m^3 por hora, produciendo 26,8 toneladas por hora, es decir 644 por día o 19.200 por mes.

Esto requeriría que la capacidad de los estanques de hacer crecer cristales fuera de 4,6 toneladas por metro cuadrado, en vez de las 3,5 según diseño. Esto traía el problema de que quizás estos cristales no alcanzaran un tamaño adecuado para la venta, aunque de todas maneras serían mayores que los cristales del sistema Guggenheim (Freed, 1945). En este escenario, poco probable, Freed calculaba una recuperación de calor de 68%. Se necesitarían 6.300 megacalorías de enfriamiento, de las cuales 3.600 deberían ser aportadas por la M.L. de retorno y 2.700 por la salmuera de cloruro de calcio. Esto implicaba 900 toneladas de refrigeración y un consumo total diario de 1.120 kW de energía. Los consumos de energía por tonelada de salitre bajarían a los siguientes:

Tabla 13. Consumo de energía para producción de 644 ton salitre/día. Fuente: traducido de Freed (1945)

Tarea	Energía
Refrigeración	42 kWh/ton
Bombas:	30 "
Centrífugas	7 "
Total	79 "

Considerando 85 trabajadores en vez de los 75 que operaban en mayo, y usando los ítems dados por Crozier, se tendría en este caso hipotético de 644 toneladas diarias -que nunca fue alcanzado- un costo por tonelada de \$1,39, siendo la energía \$0,90, la mano de obra \$0,24 y los ítems misceláneos \$0,25.

2. *Figura 8. Una de las medallas mandadas a acuñar por la COSATAN con motivo de la construcción de "Victoria", diseñada por el grabador René Thenot. En el anverso, la novedad tecnológica, la planta Krystal con su aspecto original (ver Figura 7a). En el reverso, uno de los símbolos por excelencia de la mecanización salitrera: la pala mecánica. Colección P. Espejo.*



COMENTARIOS FINALES

El origen de la oficina salitrera Victoria fue, en cortas palabras, la búsqueda de la COSATAN por prolongar su vida industrial, previendo que la explotación de sus oficinas con el sistema tradicional Shanks tendría una vida útil limitada. Llama la atención constatar que los métodos mecanizados de explotación del caliche, tan combatidos en la época de la creación de la COSACH (1930/1931) por buena parte de las organizaciones civiles de la zona salitrera -en especial Tarapacá- fuesen asumidos por la COSATAN como su salvación, de acuerdo con las fuentes, al menos desde 1936. Su implementación, debido a las circunstancias económicas, terminó siendo tardía, pero la decisión de seguir ese camino fue temprana, solo dos años después de creada la empresa y reorganizada la industria.

Victoria, si bien no correspondió al mismo fenómeno de capitalismo minero que las oficinas mecanizadas norteamericanas, desde otro punto de vista sí representó un proceso de inserción tecnológica de una metodología distinta a la existente en Tarapacá, siendo allí el único ejemplo mecanizado antes de las transformaciones de fines del siglo XX, sumando, en desfase, ese territorio al cambio de paradigma tecnológico que esa modalidad de trabajo significó para la industria. Si bien desde el diseño, hasta la implementación y la operación, la nueva faena fue hecha a imagen y semejanza del sistema Guggenheim, tuvo diferenciaciones fundamentales con las oficinas del Toco. El nuevo proyecto por una parte utilizó esta técnica ya probada hacía 15 años, pero haciendo su propio proceso de innovación, modificándolo al incorporar el "sistema" noruego Krystal. Este no fue -ni es- un procedimiento de explotación o procesamiento de caliche, sino un método de cristalización, con sus aparatos asociados, que se adaptó a la industria del nitrato de sodio. No involucró la existencia de un grupo de nacionalidad extranjera en la pampa, numeroso y parcialmente segregado, como en el caso norteamericano. Otra gran diferencia de la experiencia industrial de Victoria fue que, en términos de habitabilidad de sus trabajadores, no trajo aparejado nuevos modelos urbanísticos y estándares como en María Elena y Pedro de Valdivia. Solo se reciclaron campamentos Shanks, mejorándolos, pero no cambiando su

fisonomía. Es dable asumir que todo esto influyó en términos sociales y en la idiosincrasia de sus habitantes.

El nuevo plantel fue fruto de la combinación de saberes ingenieriles de diverso origen. Por una parte, los procedimientos que eran rupturistas para la técnica salitrera imperante en Tarapacá: el sistema norteamericano y el método noruego y, por otro lado, la adaptación, diseño y construcción de las instalaciones propiamente tales, ejecutadas por personal chileno. Esto no contradice el carácter nacional del proyecto, pero sí matiza el discurso de *chilenidad* que existió durante su construcción (Guerrero & Basaure, 2017). Esto también es válido para la propia COSATAN, compañía chilena, cuyos estudios de investigación estarían poco después en manos de un norteamericano: Sherman D. Lesesne.

En términos más amplios, no podemos dejar de mencionar la trascendental influencia que tuvieron ingenieros escandinavos en la industria salitrera. Este influjo científico y técnico se hizo patente desde que se comenzaron a establecer los procedimientos de explotación a gran escala. Así tenemos los casos de Elías Cappelen-Smith (líder del diseño del sistema Guggenheim), Hjalmar Skougor (diseñador de la primera oficina mecanizada), y la pareja de Isak Isaachsen y Finn Jeremiassen, inventores del sistema Krystal.

Con respecto a la existencia de los reportes de H.M. Crozier y E.S. Freed, ya hemos indicado al tratar sus generalidades el por qué la visita y sus resultados fueron de interés tanto para Guggenheim como para la COSATAN. Es un ejemplo del fenómeno de colaboración que se fue concretando entre ambos productores, y que seguiría en los años siguientes, tanto en investigación como en los cambios del marco legal de la industria. Ahora bien, en términos de su contenido, los informes nos presentan una vista general y a la vez detallada de los procesos de la nueva oficina Victoria, con una sistematización de datos única. Nos indican varias realidades sobre el nuevo proyecto: el uso de equipos de segunda mano, los defectos de operación o infraestructura, las características de los procesos de extracción y lixiviación del caliche, costos y consumo de energía. Es posible que

algunos de los inconvenientes hayan tenido su génesis no solo en la falta de equipos o material, sino también en el diseño, aunque es factible que este haya estado determinado, a priori, precisamente por la escasez de elementos disponibles. La información de capital invertido en cada área o tarea permite dimensionar la importancia del proyecto, y da luces de las prioridades adoptadas, con datos fidedignos que constituyen novedad.

El sistema Krystal, la gran primicia de la planta y diferencia con el procedimiento Guggenheim, es descrito con prolijidad, y evaluado tanto en el cumplimiento de sus supuestos teóricos como en los resultados concretos. Freed es un tanto escéptico de los fenómenos que sucedían en el proceso, que podemos resumir en dos de sus frases: "la habilidad de producir a voluntad cristales pequeños o grandes parece ser algo así como un misterio" (Freed, 1945:4), y "sería muy difícil decir qué está sucediendo en el interior de estos estanques sin hacer un largo estudio haciendo variar todas las condiciones posibles" (Freed, 1945:5). La falta de capacidad de enfriamiento por incrustaciones de nitrato en los enfriadores (que era el gran problema de la planta), el tamaño heterogéneo de los cristales y su exceso de finos (en contradicción con la teoría del sistema) y el alto costo por su enorme gasto de energía, son elementos que marcaron su puesta en marcha y, en realidad, permanecieron a lo largo de toda su vida productiva. En ese sentido, la conveniencia de reemplazar la granulación, que era el objetivo de adoptar el método Krystal, quedó en entredicho. Debe considerarse que ya en 1954 se consideraría necesario construir una granuladora para Victoria (COVENSA, 1954).

Como resultado de la visita y de los reportes, se generaron soluciones a algunos problemas. Las propuestas de un pre enfriador y un decantador del rebalse en la planta Krystal fueron puestas en ejecución. Ya sea por estas mejoras, y evidentemente por la posterior ampliación a 12 estanques Krystal, la producción de Victoria logró sobrepasar las 10.000 toneladas mensuales, si bien a lo largo de su historia de 35 años, en solo 13 de ellos la producción anual total pasó las 120.000 toneladas (Díaz, s/f). Ya que su capacidad debió reducirse en un 65% del proyecto

original por falta de recursos -la que no pudo ser ampliada por los mismos motivos- el caso de Victoria significó, más que un alto volumen de producción, el aprovechamiento a largo plazo de yacimientos de baja ley, uno de los propósitos principales de la minería mecanizada a gran escala. Los resultados económicos, por cierto, no alcanzaron las expectativas.

El corolario de la investigación hecha en 1945, para las empresas norteamericanas (como bien lo indicó el Administrador General P.F. Kruger al referirse a los informes) fue dejar el asunto en compás de espera hasta nuevos antecedentes, y con el tiempo la trayectoria productiva de Victoria los decidió a no aventurarse en la implementación de los aparatos Krystal.

La relevancia de los reportes de Crozier y Freed para la investigación histórica de la industria salitrera es manifiesta, desde que permiten una caracterización nunca vista de los inicios del proyecto Victoria. Estamos convencidos de la importancia de enriquecer la historiografía salitrera incorporando lo técnico, ingenieril y químico, pues al tratar de la *historia del salitre* nos referimos a las distintas realidades creadas en torno a una actividad minera vigente hasta hoy. Los datos contenidos en estos informes permiten seguir estudiando, con mucho mayor detalle que hasta el momento, el papel de Victoria y la COSATAN en la historia tecnológica de la explotación del nitrato de sodio.

BIBLIOGRAFIA

CANESSA, Fernando

1988 "Andanzas de un ingeniero. Memorias". Impresos Ogar; Santiago, Chile.

COMISIÓN REPRESENTATIVA DE TARAPACÁ.

1932 "El escándalo de la COSACH". Imprenta Slava; Iquique, Chile.

COMPAÑÍA DE SALITRE DE CHILE

1932 "Informes mensuales de Administración y Explotación". N°18 y 20, octubre y noviembre de 1932, Oficina María Elena. Colección documental P. Espejo.

COMPAÑÍA SALITRERA ANGLO CHILENA (OFFICE OF VICE PRESIDENT)

1931 "Aportes COSACH". Colección documental P. Espejo.

COMPAÑÍA SALITRERA DE TARAPACÁ Y ANTOFAGASTA

1942 "Balance general y memoria año 1941-1942". Santiago de Chile.

1943 "Balance general y memoria año 1942-1943". Santiago de Chile.

1944 "Balance general y memoria año 1943-1944". Santiago de Chile.

1946 "Balance general y memoria año 1945-1946". Santiago de Chile.

CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO

1954 "Salitre. Problemas de la industria". Zig Zag; Santiago, Chile.

CROZIER, Hector McIver

1945 "Krystal Plant at Oficina Victoria". En *Increased Production 1945-1947. Compañía Salitrera Anglo Chilena*. Carpeta 246, Caja 34, Fondo Compañía Salitrera Anglo Chilena, Archivo Histórico Nacional, Santiago, Chile.

DE CASTRO, Alfonso.

1955 "Posibilidades financieras y técnicas de la industria salitrera, nuevos financiamientos y sistemas de producción". En *Estudios sobre la industria salitrera de Chile*. Informe del Instituto de Ingenieros; Santiago, Chile.

DIARIO DE SESIONES CÁMARA DE DIPUTADOS

1968 Sesión ordinaria n°9, 27 junio 1968.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=recursoslegales/10221.3/43682/3/C19680627_09.pdf

DIARIO DE SESIONES DEL SENADO

1959 "Informe comisiones de Hacienda, Economía y Minería". Sesión extraordinaria N°37, 5 de mayo de 1959.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=recursoslegales/10221.3/16024/1/S19590505_37.pdf

DÍAZ, Patricio

s/f "Oficina salitrera Victoria Guggenheim".
<https://es.scribd.com/document/236545352/Oficina-Salitrera-Victoria-Guggenheim>

DURÁN, Senén.

1990 "El drama de los enganchados del salitre". *Camanchaca*, 12/13, Pp. 26-33.

ESPEJO, Patricio

2019 "La planta experimental del Sistema Guggenheim en la oficina salitrera Cecilia de Antofagasta (1922-1923). *Taltalia*, 12, Pp. 73-9.
<http://doi.org/10.5281/zenodo.3750459>

2021 "Edgar Stanley Freed, los Guggenheim y la industria del salitre". Editorial Pampa Negra; Antofagasta, Chile.

FREED, Edgar Stanley

1945 "Research Memorandum 522. Krystal Process in operation at Oficina Victoria". En *Increased Production 1945-1947. Compañía Salitrera Anglo Chilena*. Carpeta 246, Caja 34, Fondo Compañía Salitrera Anglo Chilena, Archivo Histórico Nacional; Santiago, Chile.

GRAHAM, Horace Reynolds

1935 "La técnica Guggenheim". *Revista Zig Zag*, edición especial 2 de agosto de 1935, Pp 83-88.

GONZÁLEZ, José Antonio.

2003 "La pampa salitrera en Antofagasta. Auge y ocaso de una era histórica. La vida cotidiana durante los ciclos Shanks y Guggenheim en el desierto de Atacama". Corporación Pro Antofagasta; Antofagasta, Chile.

GONZÁLEZ, Sergio.

2015 "Normalización de la crisis y posición estratégica empresarial durante la expansión de la economía del salitre". *Polis, Revista Latinoamericana*, 40, Pp. 397-419.

GUERRERO, Bernardo & BASAURE, María Francisca

2017 "La Victoria de los Morenos". Instituto de Estudios Andinos; Iquique, Chile.

ISAACHSEN, Isak & JEREMIASSEN, Finn

1925 "Ein neues industrielles Kristallisierungs-verfahren". *Angewandte Chemie*. 38, Pp. 317-322.

KRUGER, Paul Frederick

1945 "General covering letter". En *Increased Production 1945-1947. Compañía Salitrera Anglo Chilena*. Carpeta 246, Caja 34, Fondo Compañía Salitrera Anglo Chilena, Archivo Histórico Nacional, Santiago, Chile.

LANYON, J., MORENTE, J., y GLUNCIĆ, P.

1931 "La Cosach. Estudiada bajo los aspectos técnico, económico e industrial". Imprenta y Litografía Skarnić; Antofagasta, Chile.

LOW, Freddy

1947 "Charla sobre actividades de la industria salitrera". *Boletín Minero, SONAMI*, Año LXIII, LIX (569), Pp. 550-559.

MARTÍNEZ, Marcial & REAGAN, Paul H.

1928 "Preliminary report on Pissis-Nebraska and Soronal Pampas, Tarapacá, Chile". Colección documental P. Espejo.

REALES, Félix

1996 "Victoria". FRV Producciones; Iquique, Chile.

REYES, Enrique

1986 "Salitre chileno, mercado mundial y propaganda". *Cuaderno de Investigación Social*, (17). Centro de Investigación de la Realidad del Norte; Iquique, Chile.

SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE (SOQUIMICH)

1971 "Informe sobre la nacionalización de la industria salitrera". Santiago, Chile.

SOCIETY OF CHEMICAL INDUSTRY

1925 "Precipitating (crystallizing) solid substances in coarse-granular condition". *Journal of the Society of Chemical Industry*, 44 (51), Pp. b977. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jctb.5000445110>

SOTO, Alejandro

1998 "Influencia británica en el salitre. Origen naturaleza y decadencia". Editorial U. de Santiago; Santiago, Chile.

TARAPACÁ AND TOCOPILLA NITRATE CO.

1930 "Costo de salitre Oficina San Andrés enero/diciembre 1930". Colección documental P. Espejo.

TÉLLEZ, Eduardo.

1984 "Óscar Bermúdez: su concepción de la historia y su proyección en el universo del salitre". Estudio introductorio en Óscar Bermúdez, "Historia del Salitre desde la Guerra del Pacífico hasta la Revolución de 1891". Ediciones Pampa Desnuda; Santiago, Chile.

UNITED STATES PATENTS OFFICE

1928 "Method of precipitating solid substances in coarse granular condition from solution". [N°1693786. Isak Isaachsen, assignor to Aktieselskapet Krystal]. <https://patents.google.com/patent/US1693786>

1929 "Method of precipitating solid substances in coarse granular condition from solution". [N°1704611. Finn Jeremiassen, assignor to Aktieselskapet Krystal]. <https://patents.google.com/patent/US1704611>

VÁSQUEZ, Juan (Productor)

2020 "Historia de la industria de Tarapacá". Asociación de Industriales de Iquique; Iquique, Chile.

ZOLEZZI, Mario

1990 "La oficina salitrera Victoria". *Camanchaca*, 12-13, Pp. 97-99.

Recibido: Julio 2022

Aceptado: Noviembre 2022