



## DEPARTAMENTO MATERIALES NUCLEARES

Jefe Departamento: Sr. **Gonzalo Torres Oviedo**

Ingeniero Civil Mecánico y Nuclear

Master en Gerencia Pública

[gtorres@cchen.cl](mailto:gtorres@cchen.cl)

### Objetivos

Acorde con el mandato legal para la CCHEN, el DMN asume la misión de disponer de **conocimientos, tecnologías y capacidades en etapas del ciclo del combustible nuclear** con el fin de satisfacer los requerimientos del estado chileno y los propios de la institución en conexión con la explotación de reactores nucleares, y en áreas de la ciencia de los materiales contribuyendo al desarrollo científico y tecnológico del país.

### Líneas de Trabajo del DMN

- Fomento y apoyo a la minería del uranio en el país en cumplimiento al marco legal de la CCHEN, a través de la I+D en tecnología de procesos minero metalúrgicos para recuperación de uranio
- Desarrollo de capacidades tecnológicas para el desarrollo y producción de combustible para los reactores chilenos y para exportación a otros reactores

### Jefatura del Departamento

Desde la jefatura del DMN se ha impulsado el desarrollo de actividades en forma más intensiva relacionadas con la minería y metalurgia del uranio en el país, incluyendo procesos de hidrometalurgia y de análisis químico elemental, junto con ciertas etapas de la parte frontal del ciclo de combustible de reactores experimentales: conversión de uranio enriquecido y fabricación de combustible en base a uranio de bajo enriquecimiento.

Se ha fomentado la participación de los profesionales del DMN en proyectos, congresos y reuniones con alcance internacional en sus respectivas disciplinas con notorios avances: reuniones internacionales sobre combustible, participación del JDMN en reuniones nacionales, internacionales y del OIEA en materias de combustible para reactores experimentales, seguridad de reactores experimentales, entre otras.





## Participación Internacional

- Durante el ejercicio 2010 el JDMN participó en el Simposio Anual de la Sección Latinoamericana de la American Nuclear Society, realizado en Río de Janeiro-Brasil, entre el 21 y el 25 de junio de 2010.
- Participó en la 32<sup>a</sup> Reunión del Programa de Reducción de Enriquecimiento para Reactores de Investigación (siglas en inglés RERTR), que es organizada por el Departamento de Energía de EE.UU. con el auspicio del Organismo Internacional de Energía Atómica y que se llevó a cabo en Lisboa, Portugal, entre el 9 y el 16 de octubre de 2010.





## LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Jefe de Laboratorio: Sr. **Sergio Marín Arrieta**

Licenciado en Química

[smarin@cchen.cl](mailto:smarin@cchen.cl)

### Líneas de Trabajo

- Prestación de servicio en análisis químico elemental a proyectos desarrollados dentro de CCHEN, mediante las técnicas de espectrometría de absorción atómica, espectrometría de emisión óptica de plasma inductivo, cromatografía líquida de alta resolución y técnicas clásicas.
- Mantenimiento del sistema de Calidad dentro de normas internacionalmente aceptadas.
- Apoyo en análisis químico especializado a organismos nacionales, en el área de los materiales de interés nuclear, medioambiente y ciencia de los materiales.

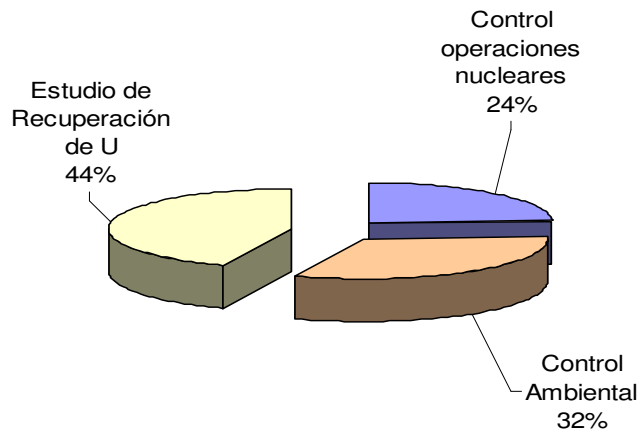
### Resultados Relevantes del Período

Servicio de Análisis Químico a Proyectos Institucionales

Durante el año 2010 se efectuó el análisis de 3.578 muestras en apoyo a proyectos desarrollados dentro de la CCHEN, lo que implicó la realización de 3.954 determinaciones mediante técnicas instrumentales. Las muestras analizadas provinieron principalmente de:

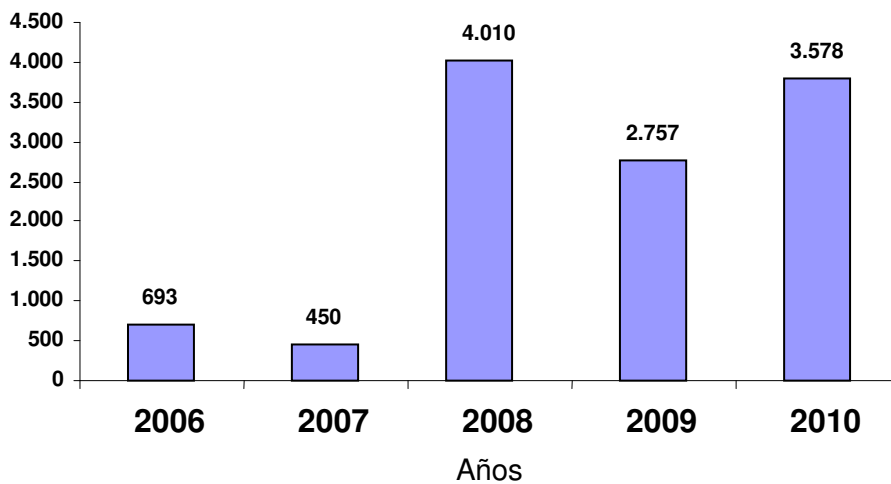
- **Control de Operaciones y Materiales Nucleares:** Se realizó el control en química analítica de los materiales provenientes de los procesos de la fabricación de elementos combustibles, de los estudios sobre la conversión de compuestos de uranio, de las aguas de los reactores de investigación y de los procesos de producción de radiofármacos.
- **Estudios de Recuperación de Uranio:** Se realizó el control en análisis químico de los procesos geológicos y metalúrgicos en muestras provenientes de los estudios sobre recuperación de uranio, realizados por la CCHEN.
- **Control Ambiental:** Se realizó el control de los materiales de desecho nuclear y de las aguas reconsumo del Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre.





**Figura 1:** Distribución porcentual de las determinaciones realizadas para proyectos institucionales

Muestras analizadas

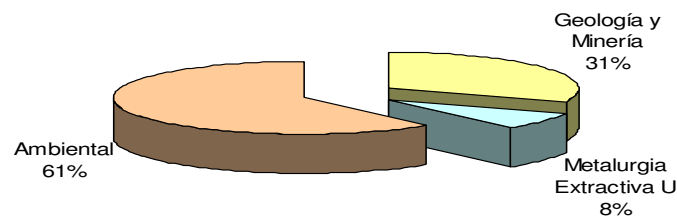


**Figura 2.** Evolución en los últimos 5 años del servicio de análisis químico a proyectos institucionales.

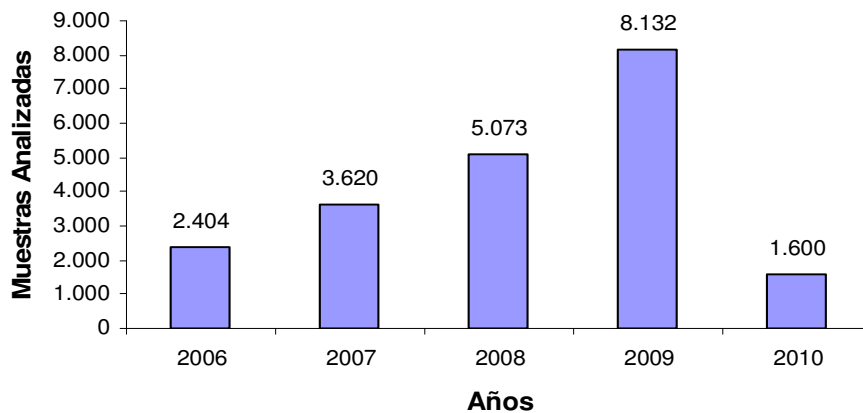
### Apoyo en Análisis Químico a Instituciones Externas a CCHEN

Durante el año 2010 se efectuó el análisis de 1.600 muestras en apoyo a instituciones externas a CCHEN, lo que implicó la realización de 3.330 determinaciones mediante técnicas instrumentales. Las muestras analizadas provinieron principalmente de los siguientes sectores:

- **Medioambiental:** Se realizó el análisis de aguas naturales, y de descarte y material particulado sedimentable de procesos de tratamiento de minerales por posible contaminación de suelos agrícolas.
- **Geología y Minería:** Se determinó uranio en muestras de minerales, ripios y soluciones de procesos metalúrgicos, provenientes de Codelco Norte, en el marco del convenio CCHEN-CODELCO.
- **Metalurgia Extractiva del Uranio:** En cumplimiento al convenio CCHEN-CODELCO sobre Recuperación de Uranio en Codelco Norte, a partir de noviembre de 2010 se inició el control en análisis químico de las muestras provenientes de la planta de recuperación de Uranio y Molibdeno operada por CCHEN.



**Figura 3.** Áreas de participación en las determinaciones realizadas.



**Figura 4.** Evolución del servicio de análisis químico para sector externo.

### Sistema de Garantía de Calidad

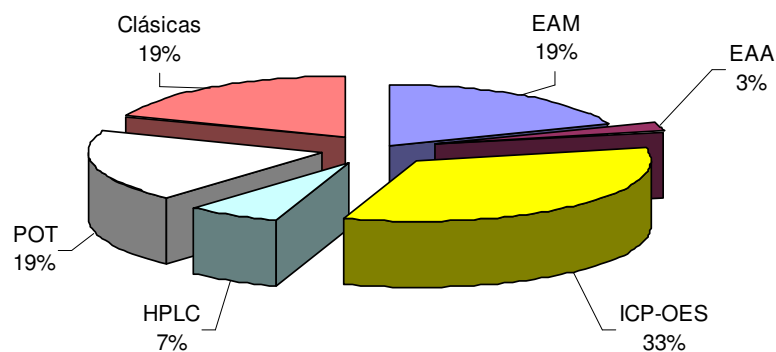
- Durante el año 2010 se mantuvo el mejoramiento del Sistema de Aseguramiento y Gestión de la Calidad del laboratorio dando cumplimiento a la auditoria interna programada y el posterior tratamiento de los hallazgos de la misma.
- Se realizó el seguimiento a las actividades propias del laboratorio y se efectuó reuniones de coordinación con integrantes de otros laboratorios de la CCHEN para actualizar la documentación del Sistema de Calidad de los Laboratorios.
- Con la finalidad de comprobar la confiabilidad de los procedimientos utilizados en el análisis químico de diferentes tipos de materiales, el laboratorio participó en ejercicios de aptitud (ver participación Internacional), donde las matrices analizadas correspondieron a aguas de precipitación, aguas naturales y sedimentos marinos. Los resultados obtenidos en estos ensayos mostraron un alto grado de concordancia con los informados.

### Técnicas de Análisis Químico Utilizadas

Diferentes técnicas de análisis químico fueron utilizadas en el desarrollo de las actividades de servicio. En la figura 5 se puede apreciar la incidencia porcentual de cada técnica en el trabajo realizado, medido este por la cantidad de determinaciones realizadas.

- Técnicas Clásicas (**Clásica**): Corresponde a las técnicas de volumetría y gravimetría.
- Espectrofotometría de Absorción Molecular (**EAM**): Esta técnica se utilizó para la determinación de uranio mediante la metodología de Br-Padap y la medición de turbidez en agua.
- Espectrometría de Absorción Atómica (**EAA**): En esta técnica están consideradas tanto la espectrometría de absorción atómica con llama, como con generador de hidruros.

- Cromatografía Líquida de Alta Resolución (**HPLC**): Se utilizó solamente para la medición de aniones en aguas puras y soluciones acuosas.
- Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma de Acople Inductivo (**ICP-OES**): En esta técnica está considerada solamente la espectrometría de emisión óptica con sistema de nebulización neumática.
- Electroanálisis (**POT**): Se consideran las técnicas potenciométricas y con electrodo específico.



**Figura 5.** Técnicas empleadas de acuerdo con las determinaciones realizadas

### Participación Internacional

- Participación en el cuadragésimo segundo (42<sup>nd</sup>) y cuadragésimo tercero (43<sup>rd</sup>) Programa Anual de Comparación entre laboratorios para la determinación de cationes y aniones en muestra de precipitaciones ácidas. Evento organizado por el Organismo Mundial de Meteorología.
- Participación en el vigésimo octavo (28<sup>nd</sup>) programa Inter-Laboratorio "Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP)" para la determinación de metales traza y ultratrazas en muestras sintéticas de lluvia ácida. Este evento fue organizado por el Instituto Noruego para la Investigación del Aire.
- Participación en Ensayos de Aptitud (IAEA-456) para la determinación de elementos traza en sedimento marino, organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).



## Participación Nacional

- El Laboratorio de Análisis Químico participó en el convenio CCHEN-CODELCO apoyando al avance de las actividades relacionadas con la recuperación de Uranio de las soluciones de proceso de CODELCO Norte. Actualmente está en desarrollo la segunda fase de este programa en la cual tendrá participación activa el laboratorio.
- Actualmente esta participando en el análisis químico de aguas naturales, en apoyo al Proyecto OIEA CHI 8/029 "Evaluación del Recurso Hídrico en Cuencas Áridas del Norte de Chile Usando Isótopos y Técnicas Hidrogeoquímicas para un Manejo Sustentable del Recurso", que está desarrollando la Universidad de La Serena y la Pontificia Universidad Católica.







## **SECCIÓN GEOLOGÍA Y MINERÍA**

Jefe Sección: Sr. **Pedro A. Orrego Alfaro**

Mg. Cs.- Ingeniero Civil Metalurgista

[porrego@cchen.cl](mailto:porrego@cchen.cl)

### **Información General**

La Sección de Geología y Minería (SGM) comprende las actividades de Geología y de Metalurgia Extractiva de los Materiales Atómicos Naturales, MAN y de los Materiales de Interés Nuclear, MIN. Se dispone de conocimientos y del equipamiento necesario para el cumplimiento de sus objetivos y desarrollo de investigación integral de recursos mineros. La Sección está integrada por 3 ingenieros civiles metalúrgicos, 2 ingenieros de ejecución y memoristas universitarios de pre grado en ingeniería.

En relación al ciclo de combustible nuclear, realiza actividades relacionadas con prospección, exploración y beneficio de minerales radiactivos, se ha logrado un avanzado estado de conocimiento tanto en geología como en metalurgia extractiva, alcanzando la etapa de producción de yellow cake de pureza nuclear a nivel de planta piloto.

### **Objetivos**

- Establecer, incrementar y mantener una estimación geológica actualizada, del potencial de los MAN y MIN del país, para las consideraciones del Estado en las políticas nacionales.
- Desarrollar e investigar tecnologías destinadas a la obtención, concentración y purificación de los MAN y MIN y/o soluciones que los contengan.

### **Líneas de Trabajo**

- Investigar el potencial geológico Uranífero del país
- Desarrollar tecnologías para obtener, concentrar y purificar MAN o MIN.
- Aplicar el conocimiento adquirido, en la investigación del Uranio, a la búsqueda geológica y a la recuperación metalúrgica de elementos de interés económico.
- Optimizar procesos mineros existentes que conduzcan al desarrollo de procesos innovadores.
- Buscar alternativas para proporcionar valor agregado a los productos actuales, poniendo énfasis en trabajos orientados al desarrollo tecnológico de procesos.





## **Metalurgia Extractiva**

Actualmente esta Sección utiliza el know-how adquirido en la obtención, concentración y purificación de Uranio, para investigar y/o desarrollar procesos aplicables a la minería nacional en la recuperación de otros minerales de interés comercial.

### **Publicaciones Nacionales**

“Obtención de Uranil Carbonato de Amonio a partir de un mineral nacional”. Alonso Emiliano Reyes Azagra. Trabajo de titulación para obtener el Título de Ingeniero de Ejecución en Metalurgia, Departamento de Ingeniería en Metalurgia, Universidad de Santiago de Chile.

“Obtención de Peróxido de Uranio bihidratado a partir de mineral nacional”. María Monserrat Melendez Muñoz. Trabajo de titulación para obtener el Título de Ingeniero de Ejecución en Química, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Santiago de Chile.

### **Participación Nacional**

- Convenio Específico CCHEN-CODELCO NORTE

Con fecha 28 de Mayo del año 2009 se aprueba el convenio N° 092/2009, llamado FASE II, suscrito entre la COMISIÓN CHILENA DE ENERGÍA NUCLEAR y CODELCO CHILE DIVISIÓN CODELCO NORTE, con duración de 10 meses, siendo el objeto del convenio el que ambas partes se comprometen a realizar en conjunto un programa de actividades destinadas al estudio a nivel piloto, en dependencias de la mina Radomiro Tomic, de la recuperación de Uranio y Molibdeno contenidos en soluciones de lixiviación ácida de sus faenas productivas. Para esto, CODELCO efectúa un aporte directo de US\$ 1.362.986., para ser destinados al desarrollo de este convenio específico. A partir de Octubre del 2010, bajo el marco del convenio de cooperación técnica está en marcha una planta piloto para la recuperación y producción de concentrados de Uranio y Molibdeno.

### **Logros Obtenidos**

En el período Octubre - Diciembre 2010, se ha logrado producir 20 kilos de concentrado de Uranio y 5 kilos de concentrado de Molibdeno, tratando aproximadamente 800 m<sup>3</sup> de PLS de la mina Radomiro Tomic de CODELCO NORTE.





## Geología y Minería

- Participación de CCHEN en el Proyecto Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)

El Ingeniero en Geomensura, Sr. Mauricio Núñez R., en representación de la CCHEN, participa en las actividades de la mesa de trabajo Recursos Naturales del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

### Logros Obtenidos

- En el marco del Convenio Cooperación CCHEN - CODELCO, durante el año 2010 se realizó actividades tendientes a reconocer scintilométrica y espectrométricamente del yacimiento RADOMIRO TOMIC (RT) de la División CODELCO NORTE. efectuándose espectrometría y scintilometría preliminar en Mayo de 2010, selección de sondajes en octubre de 2010 y espectrometría y scintilometría en Noviembre de 2010.
- Servicio a la Sociedad Punta de Lobos S.A. (SPL), donde se realizó prospección auto portada con toma de datos radiométricos (gamma), mediante espectrómetro, en una superficie aproximada de 7,2 Km<sup>2</sup>; y la scintilometría de unos 75 metros de zanjas, todo ello en el sector Sur Este del Salar Grande de Tarapacá, I Región, Iquique, Agosto 2010.
- Revisión de trabajos realizados por la Empresa Nacional de Minería, ENAMI, en el prospecto Cerro Carmen, III Región, Comuna de Diego de Almagro. Ubicación de hitos de referencia (10) de propiedad Minera Uranio 1-70, III Región, Comuna de Vallenar. Septiembre de 2010.
- Servicio a la Sociedad Punta de Lobos S.A. (SPL), consistente en la integración de datos radiométricos (gamma), realizados con espectrómetro, existentes en una superficie aproximada de 7,2 Km<sup>2</sup>; todo ello en el sector Sur Este del Salar Grande de Tarapacá, I Región, Iquique. Noviembre 2010.
- Se ha ingresado 107 fichas de presentación de informes técnicos de geología al archivo de MetaData del Sistema de Información Territorial.





## SECCIÓN COMBUSTIBLES NUCLEARES

Jefe Sección: Sr. **Jorge Marín Espinoza**

Ingeniero Civil Metalúrgico

[jmarin@cchen.cl](mailto:jmarin@cchen.cl)

Esta Sección está conformada por la Planta de Elementos Combustibles, PEC, y el Laboratorio de Conversión, LCONV. La Sección está integrada por 5 profesionales y 4 técnicos en la Planta de Elementos Combustibles, y 4 profesionales en el Laboratorio de Conversión.

### Objetivos

- Diseñar, desarrollar y producir elementos combustibles con Uranio de bajo enriquecimiento y componentes para irradiación de materiales en reactores nucleares de investigación y ensayo.
- Investigación y desarrollo de procesos de producción de Uranio y compuestos uraníferos, tanto metálicos como cerámicos, para su aplicación en la fabricación de combustibles nucleares.

### Líneas de Trabajo

#### Planta de Elementos Combustibles

- Mantención de "know how" en fabricación de combustibles

Comprende actividades de ensamblado de prototipos y el desarrollo de metodologías de inspección, ensayo y verificación de elementos combustibles y sus componentes de modo de mantener operativos los principales procesos involucrados en la fabricación de combustibles. Especial relevancia cobra esta actividad en aquellos períodos en que, por no existir requerimientos específicos, no se contempla la fabricación de EECC dentro de la programación de actividades de la instalación.

- Desarrollo de combustibles basados en aleaciones U-Mo

Investigar y desarrollar nuevos compuestos para combustibles nucleares para reactores experimentales, con densidades de Uranio por sobre los  $8 \text{ gU/cm}^3$ , en el estado del arte sobre esta tecnología, al mismo tiempo de desarrollar un tipo de combustible con mejores expectativas de tratamiento y acondicionamiento posterior a su utilización en los reactores (back-end solution). Consecuencia del empleo futuro con este nuevo tipo de combustible es el mejoramiento de la eficiencia en la gestión de combustible para los reactores experimentales que posee Chile.



- Uranio metálico para combustible nuclear

La materia prima para esta actividad la constituye el uranio metálico obtenido por el Laboratorio de Conversión a partir de la transformación de  $UF_6$ . La actividad considera la caracterización del uranio metálico y de la escoria productos del proceso de conversión. Se contempla la refinación posterior mediante refusión de este producto con lo cual se persigue disminuir los contenidos de impurezas, especialmente estaño, además de otros elementos perjudiciales para la utilización de este Uranio en combustibles.

- Mantención del Sistema de Gestión de la Calidad

Actividades destinadas a mantener y mejorar continuamente el sistema de gestión de la calidad - SGC, basado en el estándar ISO 9001:2008 que posee la instalación, cuya primera certificación fue otorgada el año 2003 por la empresa Bureau Veritas Quality International, BVQI, con acreditación internacional otorgada por ANSI-RAB de EE.UU.

- Servicios PEC

Esta línea de trabajo consiste en la aplicación de capacidades disponibles de la fabricación de combustibles, a la elaboración de dispositivos o componentes estructurales que, sin contener materiales nucleares, tienen como destino su utilización en el núcleo de los reactores de investigación que, en definitiva, mejoran la confiabilidad y seguridad de estos dispositivos.

- Desarrollo de Blancos en base a Uranio de bajo enriquecimiento para producir Molibdeno de fisión.  
Esta actividad se inició en la Sección hace cinco años como parte de un proyecto de investigación con el OIEA desarrollado junto con el Departamento de Aplicaciones Nucleares de la CCHEN, cuyo principal objetivo es disponer de la tecnología de obtención del Molibdeno de fisión para aplicaciones médicas, a partir de la irradiación de blancos fabricados con uranio metálico de bajo enriquecimiento (UBE).

- Desarrollo de láminas delgadas de uranio metálico para Mo de fisión.  
En paralelo a la anterior, esta línea de trabajo consiste en diseñar, planificar y ejecutar actividades tendientes a disponer de una metodología local validada por resultados experimentales, para la fabricación por laminación, de láminas delgadas de uranio metálico tales que cumplan especificaciones internacionales de calidad y seguridad para este tipo de productos.

## Laboratorio de Conversión

Iniciado en el año 2009, el proyecto “Desarrollo de procesos para la recuperación de Uranio Enriquecido” remanente en materiales generados en la obtención de uranio metal y en la fabricación de elementos combustibles tipo MTR. Se divide en las siguientes líneas de trabajo:

- Recuperación de uranio desde escorias de magnesioterapia  
En la etapa de reducción con Mg para producir U metal se generaron una treintena de kg de escoria formada principalmente por  $MgF_2$ , uranio metal y compuestos de uranio, con un contenido de este elemento de alrededor de 15 %.
- Recuperación de uranio desde placas y compactos rechazados  
Durante la fabricación de elementos combustibles tipo MTR, se produce un bajo porcentaje de placas no conformes y otro tanto de placas utilizadas en ensayos destructivos, como requerimientos de calidad. Para recuperar este uranio, se deben realizar los siguientes procesos obteniendo solución de nitrato de uranio de pureza nuclear.
  - Recuperación de uranio desde scrap generado en la síntesis de  $U_3Si_2$   
Durante la síntesis de siliciuro de uranio, etapa previa a la fabricación de placas combustibles, se genera un scrap, compuesto en su mayor parte de  $U_3Si_2$ ,  $UO_2$ , grafito y  $Al_2O_3$ .
  - Recuperación de uranio desde soluciones líquidas

## Resultados Relevantes del Período

Planta de Elementos Combustibles:

- Producción de polvos por atomización centrífuga por electrodo rotatorio; desarrollo de técnicas de pegado  $UMo - Al6061$  para combustible monolítico, determinación de parámetros de fabricación para combustible tipo disperso y se concluyó de la fabricación, inspección y caracterización de miniplacas  $UMo$  tipo disperso con uranio de bajo enriquecimiento para pruebas de irradiación en el Advanced Test Reactor - ATR, del Laboratorio Nacional de Idaho, EE.UU.
- Uranio metálico para combustible nuclear; durante el 2010 se logró fundir y colar aleación  $UMo$  mediante fusión por inducción. Con el producto fundido fue posible preparar muestras de polvos mediante metodología de hidruración y también mediante atomización por electrodo rotatorio.
- Sistema de Gestión de la Calidad; Durante el 2010 se mantuvo la certificación por BVQI del Sistema de Gestión de Calidad de la PEC.



- Fabricación de cápsulas para irradiación de materiales para los laboratorios de Producción de Radioisótopos y Radiofármacos y de Industria y Medio Ambiente
- Desarrollo de Blancos para molibdeno de fisión; se logró ensamblar y aprobar 3 prototipos de blancos usando láminas de uranio producidas en Asia por proceso de colada continua. También en este período se lograron avances en la documentación para licenciamiento del proceso por parte del regulador DSNR.
- Desarrollo de láminas delgadas de uranio metálico para Mo de fisión, se registraron avances en el desarrollo de recubrimientos electrolíticos de níquel sobre láminas de uranio y láminas de aleaciones UMo.

### **Laboratorio de Conversión**

En etapa a nivel laboratorio, se llevó a cabo las siguientes actividades:

- Recuperación de Uranio desde escorias de magnesioterapia
- Recuperación de Uranio desde soluciones líquidas
- Regularización de inventario de HEU líquido del RECH-2

### **Publicaciones Nacionales**

Informes Técnicos Planta de Elementos Combustibles

- Informe Técnico 1-2010: Fabricación de Blancos Anulares LEU  
ID-PEC-DMN-CCHEN-01/2010. Diciembre 2010
- Informe Técnico 2-2010: Desarrollo de Combustibles UMo  
ID-PEC-DMN-CCHEN-02/2010. Diciembre 2010
- Informe Técnico 3-2010: Obtención de Polvos por Atomización Centrifuga.  
ID-PEC-DMN-CCHEN-03/2010. Noviembre 2010

### **Informes Técnicos Laboratorio de Conversión**

- Descripción general del proceso de recuperación de uranio enriquecido desde scrap generado en la síntesis de  $U_3Si_2$ . INF-DMN-CONV-001/2010 - Octubre 2010
- Informe "Bajada de enriquecimiento HEU a LEU". INF-DMN-CONV-002/2010 - Abril 2010
- Informe "Desarrollo del proceso de purificación de soluciones de nitrato de uranio provenientes de lixiviación de escorias de magnesioterapia". INF-DMN-CONV-003/2010 - Diciembre 2010



## Publicaciones en Congresos Internacionales

- XI IBEROMET, CONAMET/SAM 2010 Congreso Iberoamericano de Metalurgia, Viña del Mar - Chile. "Atomización de Metales y Aleaciones por Técnica de Electrodo Rotatorio", Jorge Marin, Jaime Lisboa, Luis Olivares, Mario Barrera, 2 - 5 noviembre 2010
- XI IBEROMET, CONAMET/SAM 2010 Congreso Iberoamericano de Metalurgia, Viña del Mar - Chile. "Fabricación de blancos anulares para Mo-99 utilizando láminas de Uranio natural, uranio LEU, níquel y aluminio estructural Al-3003", Jorge Marin, Jaime Lisboa, Mario Barrera. 2 - 5 noviembre 2010.
- XI IBEROMET, CONAMET/SAM 2010 Congreso Iberoamericano de Metalurgia, Viña del Mar - Chile. "Desarrollo de procesos de recuperación de uranio LEU", Felipe Valdés, Hernán Contreras, Peter Fleming, Arturo Garrao y Patricia Rojas, 2 - 5 noviembre 2010.
- 32 International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors - RERTR, Lisboa - Portugal, "Microstructural characterization of dispersion fuel miniplates made of hydrided U + 7wt% Mo powder", Luis Olivares, Jorge Marin, Mario Barrera, Jaime Lisboa, 10 al 14 de octubre 2010.

## Participación Internacional

- Acuerdo de Cooperación CCHEN - INL  
Durante el 2010 se continuó con la serie de comunicaciones y reuniones entre el DMN y la PEC con personeros a cargo del Programa de desarrollo y experimentos de irradiación de combustible U-Mo del Laboratorio Nacional de Idaho (INL) - Departamento de Energía de EE.UU. llevadas a cabo tanto en Chile como en el extranjero, con el propósito de realizar en el reactor experimental ATR de INL, pruebas de irradiación de miniplacas U-Mo fabricadas en la CCHEN, tipo disperso en base polvos de U-Mo obtenidos por hidruración.
- Proyecto de Cooperación Técnica  
La PEC, representada por su Jefatura y con la participación de todos sus integrantes han continuado su contribución durante el 2010 en el desarrollo de un Proyecto Coordinado de Investigación (CRP - T1.20.18) patrocinado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) bajo el título de "Developing Techniques for Small-Scale, Indigenous Production of <sup>99</sup>Mo Using Low-Enriched Uranium (LEU) or Neutron Activation".





- Reunión IBEROMET

En noviembre del 2010 el Jefe de la Sección junto con los ingenieros Sres. Hernán Contreras, Felipe Valdés, Jaime Lisboa y Luis Olivares participaron como expositores en el XI Congreso Iberoamericano de Metalurgia, IBEROMET 2010 realizado en Viña del Mar, Chile. El propósito fue la presentación de trabajos científicos relativos al tema de desarrollo de combustibles en base a aleaciones UMo.

- Reunión RERTR

En octubre del 2010 junto con el Jefe del Departamento de Materiales Nucleares, el ingeniero de la PEC Sr. Luis Olivares participaron en la versión N° 32 del International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactor - RERTR realizado en Lisboa, Portugal. Esto permitió la interacción con grupos de otros países afines a la temática de combustibles nucleares, además de la presentación de una publicación con los más recientes resultados de las actividades del programa de bajada de enriquecimiento en la CCHEN, especialmente en los temas desarrollo de miniplacas combustibles en base a polvos fabricados por hidruración de aleaciones UMo.





## **SECCIÓN CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES**

Jefe Sección: Sr. Iván Escobar Pérez

Ingeniero Civil Químico

[iescobar@cchen.cl](mailto:iescobar@cchen.cl)

### **Objetivos**

- El objetivo de esta sección es apoyar, en el área de comportamiento y caracterización de materiales, las actividades desarrolladas por el Departamento de Materiales Nucleares (DMN), esto es, ciclo del combustible.
- Generar actividades que complementen proyectos del Departamento.
- Prestar servicios instrumentales para el resto de las actividades de la CCHEN, así como para usuarios externos.

### **Líneas de Trabajo**

Durante el año 2010 se desarrollaron tres líneas de trabajo:

#### **Uso de Cobre para Contenedores HLW**

Objetivo del proyecto

Estudiar la corrosión del cobre dopado con fósforo, tipo UNS C10100 en particular el efecto del ión sulfuro y el efecto de las radiaciones ionizantes. La importancia del material radica en su aplicación en la fabricación de contenedores para desechos radiactivos de alta actividad.

#### **Control de la Corrosión en Reactores de la CCHEN**

Objetivo de la actividad

Evaluación desde el punto de vista de la corrosión de sistemas y componentes de los reactores RECH-1 y RECH-2. Los resultados de esta evaluación permitirían recomendaciones para minimizar el deterioro o en su defecto, el efecto de la corrosión y asegurar la integridad estructural del sistema o componentes en el tiempo.

#### **Caracterización de Materiales**

Objetivo del proyecto:

El Servicio de Caracterización de Materiales, tiene como objetivo la prestación de servicio en la medición de características y propiedades de los materiales, para ello cuenta con capacidad instrumental y personal competente.





## Resultados Relevantes del Período

### Uso de Cobre para Contenedores

En el desarrollo del Proyecto "Uso del Cobre como Contenedor de Desechos Radiactivos de Alta Actividad", se determinó el efecto de la temperatura y la radiación en la resistencia a la corrosión que experimenta el cobre OFP. Para tal efecto se prepararon soluciones que simulan la composición promedio de las aguas subterráneas existentes en los alrededores de un repositorio nuclear sueco. Se sometió las soluciones y las probetas de cobre a 40, 30, 10 R/h y para cada una de estas tasas de exposición se determinó el potencial de corrosión a 80, 40, 25, 10 °C, respectivamente.

Los resultados experimentales fueron presentados en el XIX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Electroquímica, realizada en la Universidad de Alcalá de Henares, en Madrid España entre los días 27 de junio al 02 de julio de 2010.

### Control de la Corrosión en Reactores de la CCHEN

Se ha continuado con las actividades relacionadas con el control de la corrosión en los reactores experimentales de la CCHEN, RECH-1 y RECH-2 como una necesidad permanente para preservar los componentes de los reactores.

Se destaca la participación de la Ing. Claudia Lamas en la preparación de los catálogos de los elementos combustibles del RECH-1 y RECH-2, mediciones de dosis de los elementos combustibles del reactor RECH-2 y participación directa en el traslado de los elementos combustibles, especialmente en el manejo de las placas combustibles previo a su traslado a USA.

Durante el periodo posterior al retiro y transporte de los elementos combustibles gastados provenientes de los reactores RECH-1 y RECH-2, el trabajo se enfocó principalmente en evaluar el estado de deterioro por corrosión de algunos de los sistemas del reactor RECH-2. Para ello, se inspeccionó varios sistemas con sus respectivos componentes, cuyos resultados se muestran en los siguientes informes:

- Informe "Planta Agua desmineralizada RECH-2", Agosto 2010
- Informe "Sistema de Purificación RECH-2", Agosto 2010
- Informe "Inspección de componentes del núcleo del reactor RECH-2", Nov 2010.
- Informe Final "Circuito Secundario de Refrigeración RECH-2", Diciembre 2010
- Informe "Antecedentes para la conservación de los componentes del núcleo del reactor RECH-2 desde el punto de vista de la Corrosión", Diciembre 2010.

De los resultados obtenidos es posible tomar acciones, algunas ya realizadas, para mejorar el estado actual del reactor RECH-2 desde el punto de vista de deterioro por corrosión.



## Caracterización de Materiales

Durante el año 2010 se trabajó en la determinación de la cantidad de Sílice Libre Cristalina en muestras de Calidad de Aire provenientes de la Provincia de Palena, principalmente de las localidades afectadas por la erupción del Volcán Chaitén. Esto debido a que el laboratorio de la CCHEN es el único en el país que cuenta con la técnica de determinación de Sílice respirable vía DRX, la cual es la más recomendada para este análisis. Este trabajo se ha realizado en conjunto con el MINSAL y por tratarse de un tema de interés nacional la CCHEN cobró solamente los costos de los análisis. Además, se extendió el alcance del análisis a la determinación de sílice libre cristalina total presente en 100 muestras de sedimentos provenientes de las localidades de Chaitén y Santa Bárbara.

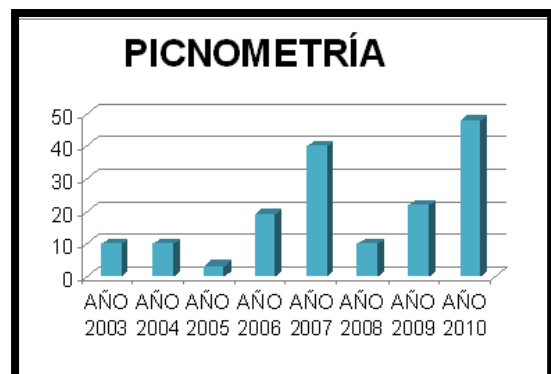
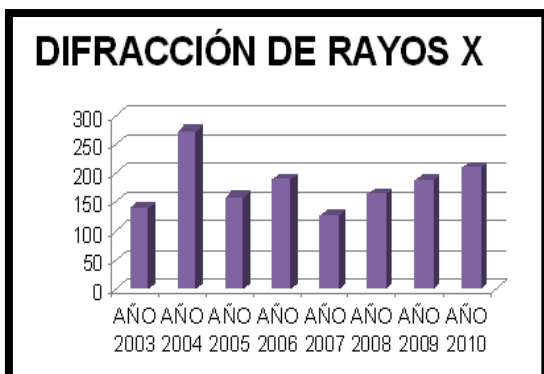
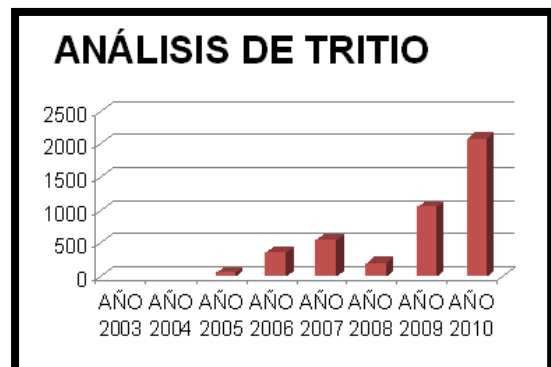
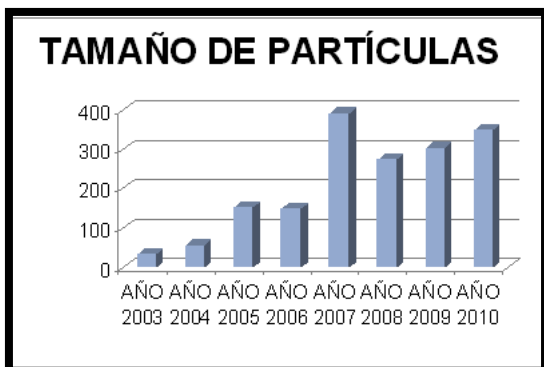
Por concepto de facturación, el servicio ingresó un total de \$ 38.474.542. El número de demandas de servicio interno y externo, pueden verse en el cuadro N° 1 y las demandas en años anteriores en el cuadro N° 2.

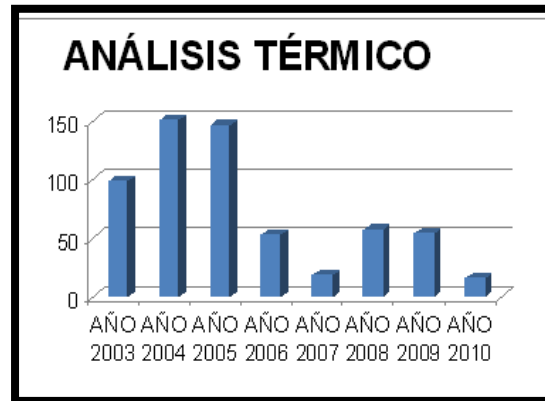
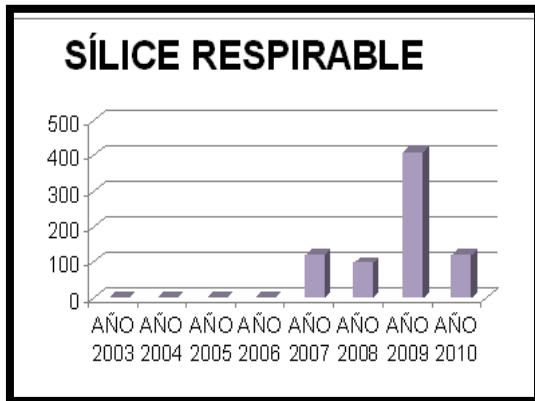
**TABLA N° 1: Demandas de Servicios 2010: Servicios Internos y Externos**

Técnica	Muestras Internas	Nº Análisis Internos	Muestras Externas	Nº Análisis Externos	Nº Total Muestras	Nº Total Análisis	% De Muestras
Análisis Térmico	4	9	12	36	16	45	0.6
Análisis de Tritio	2088	2214	0	0	2088	2214	73.2
Porosimetría de Mercurio	21	30	0	0	21	30	0.7
Difracción de Rayos X	51	67	158	192	209	259	7.3
Picnometría	38	81	10	30	48	111	1.7
Tamaño de Partículas	4	42	345	2508	349	2550	12.2
Sílice Respirable	0	0	122	710	122	710	4.3
<b>TOTAL</b>	<b>2206</b>	<b>2443</b>	<b>647</b>	<b>3476</b>	<b>2853</b>	<b>5919</b>	<b>100</b>

**TABLA Nº 2 : Tabla histórica de servicios prestados, año 2003 - 2010**

Técnica	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010
Análisis Térmico	99	150	146	53	18	57	54	16
Análisis de Tritio			47	350	541	199	1.042	2.088
Área Superficial	22	3	0	5	2	0	0	0
Difracción de Rayos X	140	273	159	188	127	163	187	209
Picnometría	10	10	3	19	40	10	22	48
Propiedades Mecánicas	7	67	83	23	60	4	7	0
Tamaño de Partículas	33	55	151	148	391	274	303	349
Ensayo Granulométrico	-	-	-	3	1	0	0	0
Porosimetría de Hg	-	-	-	-	-	-	6	21
Sílice Respirable	-	-	-	-	121	98	410	122
<b>TOTAL</b>	<b>317</b>	<b>562</b>	<b>589</b>	<b>789</b>	<b>1.301</b>	<b>805</b>	<b>2.031</b>	<b>2.853</b>





## Participación Internacional

En el proyecto: "Uso del Cobre para la Fabricación de Contenedores de Desechos Radiactivos de Alta Actividad (HLW)", se ha trabajado en uno de los requisitos importantes exigido a todo material que sea candidato a contenedor para desechos radiactivos de alta actividad como es la resistencia a la corrosión, debido a que este material debe mantenerse íntegro por al menos 100.000 años, en el repositorio en el cual será dispuesto. Este proyecto se realiza en conjunto con la empresa SKB de Suecia, que es la empresa encargada de la gestión de los desechos radiactivos en dicho país.

## Publicaciones Internacionales

- Iván S. Escobar , Claudia J. Lamas, Lars Werme y Virginia Oversby, "Efectos de la radiación y la temperatura en la resistencia a la corrosión en cobre OFP, usado en contenedores de desechos de alta actividad (HLW)". enviada y presentada en el XIX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Electroquímica y XXXV Reunión del Grupo de Electroquímica de la Real Sociedad Española de Química, SIBAE 2010, Madrid España.
- R. E. Avila, L. A. Peña, y J. C. Jiménez, "Surface desorption and bulk diffusion models of tritium release from Li<sub>2</sub>TiO<sub>3</sub> and Li<sub>2</sub>ZrO<sub>3</sub> pebbles", Journal of Nuclear Materials (2010), vol. 405, pp. 244-451.

## Publicación Nacional

F. López-Vergara, A. Galdámez y Ricardo Ávila "Síntesis, caracterización y propiedades eléctricas de fases tiopnictido". Encuentro de Investigación Universidad de Chile: Desafíos en el Bicentenario. Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, 13-14 de abril 2010, Santiago.



## Participación Nacional

### Proyecto a Fondecyt

"Design, development and performance analysis of low temperature operating planar Gd-CeO<sub>2</sub> SOFC cells: An economical next generation energy source" presentado por el Dr. R. V. Mangalaraja (U. de Concepción) como Investigador Principal, con los co-investigadores: Ricardo Ávila (CCHEN), y Marta López Jenssen (U. de Concepción).

